



SUSTGREENHOUSE
www.sustgreenhouse.eu



LIFE + Environment Policy and Governance

**Progetto: SUSTGREENHOUSE “La serra sostenibile: azione dimostrativa per una
serricoltura intensiva a zero emissioni” (LIFE+ 07 ENV/IT/000516)**

RAPPORTO

ATTIVITA' ANALITICA

TERZO ANNO E BILANCIO GLOBALE

Azione progettuale 3

“Bilancio globale input/output”

GENNAIO 2011



Contenuto

PREMESSA.....	4
PROVE DIMOSTRATIVE AGRONOMICHE 4° CICLO COLTURALE (POMODORO)	8
ANALISI ECONOMICA	27
CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI AGRONOMICI ED ECONOMICI.....	36
PROVE DIMOSTRATIVE SULL'IDROSERRA.....	38
TEST N.1 DEL 20-21 DICEMBRE 2009	40
TEST N. 2 DEL 23 GENNAIO 2010	46
CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEL PRIMO CICLO DIMOSTRATIVO	50
TEST N. 3 DEL 16-17 DICEMBRE 2010	52
TEST N. 4 DEL 3-4 GENNAIO 2011.....	56
TEST N. 5 DI GENNAIO – FEBBRAIO 2011	59
CONTO ECONOMICO E CONFRONTO TRA L'IDROSERRA E LO SCHERMO TERMICO	67
DISCUSSIONE SULLE PROVE DIMOSTRATIVE SULL'IDROSERRA.....	74
EFFETTI AGROAMBIENTALI LCA E BILANCIO GLOBALE	76
IL LIFE CYCLE ASSESSMENT, IN RELAZIONE AGLI ALTRI STRUMENTI AMBIENTALI	76
METODOLOGIA	78
OBIETTIVI DELLO STUDIO	82
DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	82
UNITÀ FUNZIONALE	84
QUALITÀ E ORIGINE DEI DATI DELL'INVENTARIO.....	84
CATEGORIE D'IMPATTO E METODOLOGIA LCA	85
MATERIALI E METODI PER IL LIFE CYCLE INVENTORY (LCI) NEL PROGETTO SUSTGREENHOUSE.....	86
PRODUZIONE DEL COMPOST	86
PRODUZIONE FERTILIZZANTI MINERALI.....	87
ESTRAZIONE ZEOLITI.....	87
TRASPORTO COMPOST	88
TRASPORTO CONCIMI	88
TRASPORTO ZEOLITE	88
COLTIVAZIONE	88
SERRA.....	90



CARICA AMBIENTALE EVITATA, RELATIVA AI RESIDUI ORGANICI URBANI E ALLA MATERIA VEGETALE FRESCA SMALTITI IN DISCARICA	90
RISULTATI LCA SUSTGREENHOUSE: ZUCCHINO	91
CONTRIBUTO AMBIENTALE DELLE VARIE FASI DEL SISTEMA(1° CICLO)	91
CONTRIBUTO AMBIENTALE DELLE VARIE FASI DEL SISTEMA(2° CICLO)	96
RISULTATI LCA SUSTGREENHOUSE: POMODORO	103
CONTRIBUTO AMBIENTALE DELLE VARIE FASI DEL SISTEMA(1° CICLO)	103
CONTRIBUTO AMBIENTALE DELLE VARIE FASI DEL SISTEMA(2° CICLO)	107
CONSUMI IDRICI E DINAMICA DELL'ACQUA NEL TERRENO.....	115
CONSUMI DI AZOTO E PROFILO DEI NITRATI NEL TERRENO.....	122
DISCUSSIONE SUI RISULTATI COMPLESSIVI	125
RINGRAZIAMENTI.....	135
AUTORI	135



Premessa

Il presente rapporto, che fa riferimento all'azione progettuale 3 "Bilancio globale input/output", consiste nell'analisi dei dati raccolti nel terzo anno di attività con le rilevazioni analitiche e strumentali dell'"Azione 2 – Modello di gestione di serra sostenibile" per elaborare i bilanci globali dei flussi in entrata e uscita di componenti energetiche, gassose, chimiche, idriche, produttive ed economiche rispetto ad entrambi i modelli colturali presenti nelle tesi dimostrative: quello sostenibile e quello tradizionale. Le analisi svolte sono state suddivise in analisi delle pratiche agronomiche e delle tecnologie antibrina adottate sul modello dimostrativo. Per le modalità di dimostrazione agronomica e di raccolta dei dati si rimanda al: *"Rapporto della produzione orticola del terzo anno e conclusivo"*, relativo all' Azione progettuale 2 "Gestione modello di serra sostenibile".

Si ricorda inoltre che l'attività produttiva e dimostrativa del terzo anno ha coinvolto un ciclo colturale: il pomodoro primaverile-estivo, corrispondente al quarto ed ultimo ciclo colturale condotto nelle prove dimostrative.

Il progetto Sustgreenhouse riguarda lo studio di pratiche agricole sostenibili applicate all'orticoltura in serra con un'azione integrata che prevede l'adozione combinata di diverse tecnologie atte a ridurre l'impatto dei sistemi colturali sull' ambiente. Le tecnologie previste riguardano in particolare:

- l'introduzione di substrati di crescita che favoriscano l'aumento della fertilità e biodiversità del suolo, aumentino l'efficacia dell'adsorbimento radicale, riducano le necessità di somministrazione di sostanze nutritive di sintesi e di apporti idrici, favorendo l'effetto di assorbimento ed immobilizzazione della CO₂;
- un sistema di protezione delle colture in serra dal gelo, basato sulla distribuzione di un velo d'acqua sulla copertura delle serre. Questo sistema antibrina è un sistema a ciclo chiuso ed è denominato *"idrosera"*. Il criterio usato è quello di attivare gli impianti antibrina nei giorni più freddi, cioè nei giorni di assenza di copertura nuvolosa e con una temperatura esterna in grado di arrecare danni irreversibili alle colture presenti in serra.

Oltre all'utilizzazione di tecniche di "agricoltura di precisione", basate su di un ridotto input di irrigazioni e fertilizzazioni in base ad elaborazioni ricavate dal monitoraggio strumentale delle colture. Tale riduzione di



input è stata paragonata ai sistemi di input convenzionali, basati sul disciplinare regionale per le pratiche agricole basate sulla lotta integrata.

In riferimento al sistema di protezione antibrina sono stati condotti diversi test dimostrativi con l'obiettivo di verificare l'efficacia di diversi sistemi accessori e migliorativi della pratica in uso localmente di spandere sui tetti delle serre acqua di falda a 14° C prelevata da pozzi privati, non appena la temperatura si avvicina a 0° C, con enormi consumi di acqua. I test hanno previsto l'uso di:

- una vasca di recupero per realizzare un sistema chiuso a ricircolo (Test 1 e 2)
- un diverso accorgimento per lo spandimento sui tetti (Test 3)
- un doppio rivestimento in plastica della serra per aumentarne il grado di isolamento (Test 4)
- l'utilizzazione di uno schermo termico (test 5)

Quest'ultimo accorgimento è stato di notevole efficacia e può essere considerato come particolarmente risolutivo della problematica. Lo schermo termico in realtà è già diffuso nel settore delle serre per vivai o per floricoltura già da anni, ma deve essere considerata innovativa la sua applicazione in orticoltura protetta, dove non veniva preso in considerazione dagli agricoltori per i suoi alti costi di investimento. Attraverso le prove dimostrative Sustgreenhouse si è dimostrato un vantaggio tale ed un risparmio che rendono il suo acquisto economicamente vantaggioso anche per questo settore della serricoltura, con ammortamenti minimi annui sul costo di investimento iniziale.

In riferimento alle analisi svolte, si evidenzia che il minor grado di approfondimento elaborativo nel primo ciclo, evidenziato dalla mancanza di alcune tabelle comparative, è dovuto al fatto che questo primo ciclo è servito a mettere a punto tutto il sistema di monitoraggio ed analisi svolto e che quindi alcuni dei dati raccolti nel primo ciclo non sono stati sufficientemente precisi da permettere le relative elaborazioni.

Si fa rilevare, inoltre che il tipo di analisi svolta, LCA (Life Cycle Assessment) o Valutazione del Ciclo di Vita, è stato applicato per la prima volta in Italia su colture ortive in serra ed è inoltre anche uno dei primi esempi europei di questo tipo di valutazione, con casi precedenti solo in Spagna ed Olanda.

La struttura del presente rapporto è organizzata in base ai seguenti contenuti:



Analisi del 4° ed ultimo ciclo colturale:

- Descrizione pratiche colturali 4° ciclo, calendari, interventi fertirrigui, stato nutrizionale e sviluppo della coltura, analisi della produzione e sue componenti, efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione e dell'azoto (Wue e Nue).
- Calcolo della produzione lorda vendibile, calcolo della reddito netto, calcolo delle quote di ammortamento, calcolo del costo per l'energia elettrica, calcolo di altre voci di costo, bilancio economico.
- Interesse per i risultati ottenuti sulla produzione e sull'efficienza degli interventi di concimazione e irrigazione, effetto positivo sulle produzioni commerciabile con la riduzione dell'irrigazione, effetti di rilievo sullo stato nutrizionale e di sviluppo della coltura influenzato dal substrato di coltivazione, di grande interesse i risultati conseguiti sull'efficienza di riduzione dell'irrigazione e della fertilizzazione.

Analisi dei risultati globali dei 4 cicli colturali svolti:

- Test 1 comparazione idroserra a ciclo aperto e a ciclo chiuso (vasca di recupero) 2009; test 2 comparazione idroserra a ciclo aperto e a ciclo chiuso (vasca di recupero) 2010 e considerazioni; sui risultati; test 3 comparazione tubo Sbrinex – diffusori dinamici; test 4 comparazione con doppio rivestimento in plastica della serra; test 5 comparazione con schermo termico, descrizione degli schermi termici, rendimento a confronto, conto economico e confronto con imbiancatura a calce.
- Miglioramento del microclima interno alla serra, risparmio di trattamenti fitosanitari, confronto dei costi di difesa, conto economico e confronto con imbiancatura a calce, bilanci sintetici costi con ammortamento annuo.
- Il “costo zero” dell'acqua di falda, vantaggi dei diffusori dinamici, vantaggio dello schermo termico, altre alternative individuate che necessiterebbero di verifica.
- Per la prima volta in Italia la LCA viene applicata alle colture in serra; descrizione generale della metodica e dell'approccio al ciclo di vita; le scelte operate: definizioni ufficiali, l'approccio e i fattori da tenere in considerazione, gli obiettivi definiti e la descrizione del sistema operata, l'unità funzionale utilizzata, il reperimento dei dati.



- I valori di produzione di riferimento; descrizione dei fattori coinvolti: la produzione di compost e fertilizzanti, l'estrazione delle zeoliti, i trasporti, gli impianti di fertirrigazione, i prodotti fitosanitari, i macchinari e le attrezzature, le lavorazioni, le emissioni, la serra, la carica ambientale evitata.
- Differenze nelle procedure di analisi fra i due cicli di zucchino; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel primo ciclo: l'impatto delle operazioni colturali si dimostra prioritario, l'impatto dell'incorporamento dei residui vegetali; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel secondo ciclo: la struttura della serra si dimostra di impatto prioritario sul Riscaldamento Globale e Consumo di Risorse non rinnovabili, l'incorporamento dei residui vegetali riduce le emissioni di CO₂ del 25% sul tal quale e del 15% con il compost; tabella sintetica con tutti i risultati di impatto in riferimento all'adozione di substrati addizionali e all'agricoltura di precisione.
- Differenze nelle procedure di analisi fra i due cicli di pomodoro; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel primo ciclo: analisi dei processi per categoria di impatto, anche qui l'impatto del ciclo produttivo risulta prioritario sulle emissioni di CO₂; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel secondo ciclo: l'effetto del compost ancora una volta risulta prioritario per carica ambientale evitata; tabella sintetica con tutti i risultati di impatto in riferimento all'adozione di substrati addizionali e all'agricoltura di precisione.
- Calcolo del risparmio del consumo di acqua ottenuto ed ottenibile nel caso le tecnologie progettuali venissero applicate nell'intera area, influenza dei substrati sulle dinamiche di assorbimento dell'acqua.
- Calcolo del risparmio di consumo di azoto per la fertilizzazione ottenuto, commento sui risultati ottenuti attraverso l'utilizzazione di diversi substrati e diversi tipi di input (agricoltura di precisione), valutazione della presenza di azoto nel profilo del terreno.
- Analisi dei risultati, diversità di esiti in relazione alla categoria di riferimento, motivazioni, interesse dell'uso del compost ai fini dell'abbassamento della carica ambientale, interesse dell'uso dello schermo termico ai fini della riduzione del consumo di acqua di falda per il riscaldamento delle serre. Tabelle comparative globali.



Prove dimostrative agronomiche 4° ciclo colturale (pomodoro)

Descrizione pratiche colturali 4° ciclo, calendari, interventi fertirrigui, stato nutrizionale e sviluppo della coltura, analisi della produzione e sue componenti, efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione e dell'azoto (Wue e Nue).

In questo terzo anno di prova si sono conservate le impostazioni tecniche avviate nel 2010 sia per quanto riguarda le lavorazioni del terreno (che hanno interessato solo lo strato superficiale interessato dalle radici), sia per quanto riguarda l'inoculo micorrizico utilizzato. Il ciclo colturale si è svolto tra il 29 gennaio ed il 26 giugno 2011 (anche se la coltura ai fini commerciali è proseguita in serra fino al 25 luglio),

Il pomodoro cv Caramba, adatto alla coltura in serra nell'area centro-meridionale con raccolta dei frutti allo stadio di maturazione verde, è stato seminato il 26 novembre 2010 in contenitori di polistirolo da 90 alveoli su torba. Per le piantine destinate al trapianto sul terreno addizionato di compost, si è utilizzato substrato torboso miscelato con inoculo micorrizico in quantità pari a g 300 di prodotto per 1000 piante.

Nella serra, coltivata precedentemente a zucchino, la preparazione del terreno ha previsto la trinciatura dei residui colturali, ripuntatura a circa 40 cm di profondità e fresatura per la preparazione del letto di semina.

Il trapianto è stato effettuato il 29 gennaio 2011, con piantine allo stadio di 2a - 3a foglia vera, disposte in fila singola alla distanza di 0,90 m tra le file e 0.40 m sulla fila, per una densità colturale effettiva di 2,77 piante m⁻². Non è stata considerata alcuna concimazione di fondo e non è stata effettuata pacciamatura del terreno.

La coltura, dopo la messa a dimora, a fini della protezione di danni da gelo, è stata protetta con l'apertura/chiusura degli schermi termici, per circa 4 mesi, ma in maniera discontinua. (se la temperatura era elevata, o in caso di pioggia, lo schermo non veniva utilizzato).

Il giorno 9 febbraio è stata eseguita una fresatura dell'interfila.

Il giorno 10 febbraio è stata eseguita la posa dei tutori formati da spago in politene.



Il giorno 22 febbraio è stata eseguita la prima scacchiatura.

Il giorno 12 marzo sono stati posizionati i bombi.

Nei primi 40 giorni dopo il trapianto, per superare il periodo di stress da trapianto e uniformare la coltura, la gestione dell'irrigazione è stata la stessa per tutte le tesi a confronto. Successivamente questa è stata differenziata seguendo lo schema sperimentale previsto dal progetto. Nelle tesi I_{max} (irrigazione massima), infatti, la distribuzione dell'acqua avveniva nei momenti e volumi normalmente adottati dall'azienda ospite, mentre nelle tesi I_{rid} (irrigazione ridotta) il momento dell'irrigazione veniva stabilito ogni qualvolta le sonde FDR (Decagon Devices Inc.) poste alla profondità di 5 e 15 cm evidenziavano un contenuto medio d'umidità pari a circa il 50% della riserva idrica utile (RU), con volumi d'adacquamento pari al 70% di quelli utilizzati nelle tesi I_{max}.

Per l'irrigazione e la fertirrigazione si è adottato un impianto con manichetta a doppia camera, con punti goccia ogni 20 cm e portata teorica 5 litri h⁻¹ m⁻¹ (1 litro h⁻¹ per gocciolatore).

La difesa fitosanitaria è stata effettuata principalmente mediante la prevenzione, ponendo particolare cura alla gestione del microclima in serra, per evitare il più possibile eccessi di umidità e sviluppo di malattie. L'uso degli schermi termici ha permesso un migliore controllo dell'umidità e conseguente ridotta incidenza delle malattie fungine, come evidenziato dal ridotto uso di prodotti fitosanitari, rispetto al Pomodoro 1° ciclo (cfr. tab. 1).

Tutti i trattamenti sono stati effettuati seguendo le normative vigenti le quali prevedono il rispetto di dosi e tempi di carenza.

Il controllo delle infestanti è stato effettuato tramite scerbatura.



La raccolta è iniziata il 10 maggio e si è conclusa il 26 giugno 2011. Gli interventi di raccolta sono stati eseguiti 2-4 volte alla settimana in funzione dell'andamento climatico, su un'area di saggio comprendente tre piante per ogni parcella. I frutti di ogni grappolo sono stati contati, pesati, suddivisi in produzione di scarto e nelle varie classi commerciali (in base al calibro).

Data	Tipologia	Nome commerciale	Kg o l ha ⁻¹	Principio attivo
07/03/11	Fungicida+ insetticida	Combi	2	Metalaxil puro g 3,5 = 49g/L; Rame metallico 18,5 g= 259g/L
		Biobit DF	1.5	Bacillus Thuringiensis, varietà Kurstaki, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)
09/04/11	Fungicida	Curzate RWG 12193	2.2	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g
19/04/11	fungicida	Curzate RWG 12194	2.2	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g
23/04/11	Insetticida	Ridomil gold	4	Metalaxil-m puro g 2,4; Rame metallico g 40
27/04/11	Insetticida	Affirm	1.5	Amanectina benzoato puro 0,95g
07/05/11	Fungicida + insetticida	Cuproxat	3	
		Biobit DF	1	Bacillus Thuringiensis, varietà Kurstaki, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)
14/05/11	Insetticida	Biobit DF	2	Bacillus Thuringiensis, varietà Kurstaki, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)
26/05/11	insetticida	Lepinox	1.5	Bacillus Thuringiensis, varietà Kurstaki, sierotipo H- 3A,3b; ceppo EG 2348, g 15,0 (potenza 32000 UI/mg di formulato)

Tab. 1 Calendario trattamenti fitosanitari

Tutti i trattamenti, sono stati eseguiti con atomizzatore a spalla, e le dosi riportate, sono riferite al totale applicato in serra, (superficie 1500 m²).

INTERVENTI E VOLUMI IRRIGUI

La differenziazione dell'irrigazione è avvenuta dopo 40 giorni dal trapianto e dopo avere effettuato 7 interventi con lo stesso volume d'adacquamento in tutte le tesi, in modo da uniformare la coltivazione e superare il periodo di stress da trapianto; dopo questo primo periodo si è provveduto alla riduzione dell'apporto idrico nelle tesi Irid-Cmax e Irid-Crid, in misura del 30% rispetto alle due tesi con irrigazione massima (Imax-Cmax e Imax-Crid). Nelle nelle tesi Irid (irrigazione ridotta), inoltre, il momento

dell'irrigazione veniva stabilito ogni qualvolta le sonde FDR (Decagon Devices Inc.) poste alla profondità di 5 e 15 cm evidenziavano un contenuto medio d'umidità pari a circa il 50% della riserva idrica utile (RU). Come si può osservare dalla tabella sottostante, alla fine del ciclo, i volumi irrigui totali sono stati pari a 3545 m³ ha⁻¹ nelle due tesi che prevedevano la gestione dell'irrigazione con i criteri adottati dal produttore (Imax-Cmax e Imax-Crid) e 2571 m³ ha⁻¹ nelle tesi in cui era prevista una riduzione delle quantità d'acqua (Irid-Cmax e Irid-Crid), con un risparmio quindi del 27% circa (Cfr. tab. 2)

Data	Intervento	Imax-Cmax	Imax-Crid	Irid-Cmax	Irid-Crid
29/01/11	irrigazione trapianto	20	20	20	20
03/02/11	irrigazione	20	20	20	20
07/02/11	irrigazione	27	27	27	27
10/02/11	irrigazione	27	27	27	27
15/02/11	irrigazione	20	20	20	20
21/02/11	irrigazione	20	20	20	20
25/02/11	irrigazione	27	27	27	27
06/03/11	irrigazione	27	27	27	27
09/03/11	fertirrigazione	20	20	20	20
11/03/11	fertirrigazione	27	27	27	27
14/03/11	1° irrigazione differenziata	40	40	28	28
17/03/11	1° fertirrigazione differenziata	50	50	35	35
20/03/11	2° irrigazione differenziata	81	81	57	57
23/03/11	2° fertirrigazione differenziata	27	27	19	19
25/03/11	3° irrigazione differenziata	81	81	57	57
27/03/11	3° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
29/03/11	4° irrigazione differenziata	81	81	57	57



Data	Intervento	Imax-Cmax	Imax-Crid	Irid-Cmax	Irid-Crid
01/04/11	5° irrigazione differenziata	81	81	57	57
05/04/11	4° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
07/04/11	6° irrigazione differenziata	54	54	38	38
09/04/11	5° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
14/04/11	Fertirrigazione Fe	81	81	57	57
16/04/11	7° irrigazione differenziata	54	54	38	38
18/04/11	8° irrigazione differenziata	40	40	28	28
21/04/11	9° irrigazione differenziata	54	54	38	38
25/04/11	10° irrigazione differenziata	40	40	28	28
27/04/11	11° irrigazione differenziata	34	34	23	23
28/04/11	6° fertirrigazione differenziata	114	114	80	80
03/05/11	7° fertirrigazione differenziata	94	94	82	82
06/05/11	12° irrigazione differenziata	121	121	85	85
09/05/11	8° fertirrigazione	121	121	85	85
11/05/11	13° irrigazione differenziata	81	81	57	57
13/05/11	9° fertirrigazione differenziata	121	121	85	85
15/05/11	14° irrigazione differenziata	121	121	85	85
16/05/11	15° irrigazione differenziata	81	81	57	57
18/05/11	16° irrigazione differenziata	81	81	57	57
20/05/11	10° fertirrigazione differenziata	54	54	40	40
21/05/11	17° irrigazione differenziata	81	81	57	57

Data	Intervento	I _{max} -C _{max}	I _{max} -C _{rid}	I _{rid} -C _{max}	I _{rid} -C _{rid}
23/05/11	18° irrigazione differenziata	81	81	57	57
25/05/11	19° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
28/05/11	20° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
30/05/11	21° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
01/06/11	11° fertirrigazione differenziata	148	148	104	104
03/06/11	22° irrigazione differenziata	121	121	85	85
06/06/11	23° irrigazione differenziata	81	81	57	57
08/06/11	12° fertirrigazione differenziata	81	81	57	57
10/06/11	24° irrigazione differenziata	81	81	57	57
12/06/11	25° irrigazione differenziata	81	81	57	57
15/06/11	26° irrigazione differenziata	121	121	85	85
18/06/11	27° irrigazione differenziata	81	81	57	57
21/06/11	28° irrigazione differenziata	81	81	57	57
TOTALE		3545	3545	2571	2571

Tab. 2. Calendario interventi irrigui e volumi di acqua ($m^3 ha^{-1}$) apportati nelle tesi a confronto

FERTIRRIGAZIONI E DOSI DI AZOTO

Sulla base del bilancio semplificato si è stimato che le dosi di azoto da distribuire dovevano essere pari a circa 150 kg ha⁻¹ di N per le tesi Cmax e 120 kg ha⁻¹ per le tesi Crid e le dosi sono state frazionate tenendo conto del fabbisogno della coltura durante il ciclo colturale, seguendo le indicazioni della bibliografia riportate in Tab. 3.

Fase fenologica (orientativa)	GdT	Fabbisogno N (%)	Dosi N (kg ha ⁻¹)	
			Cmax	Crid
inizio fioritura (1° grappolo)	40	10	15.0	12.0
fioritura (3° grappolo)	60	25	37.5	30.0
fioritura (6° grappolo)	80	30	45.0	36.0
maturazione (1° grappolo)	120	20	30.0	24.0
maturazione (2° grappolo)	130	10	15.0	12.0
maturazione (4° grappolo)	140	5	7.5	6.00
TOTALE		100	150	120

Tab. 3. Stima del fabbisogno di N (totale e nelle diverse fasi fenologiche) per le tesi Cmax e Crid

Dal quadro completo riportato nella tabella successiva, si può osservare che con le fertirrigazioni si sono apportate complessivamente le dosi di circa 114, 90, 114 e 90 kg ha⁻¹, rispettivamente nelle tesi Imax-Cmax, Imax-Crid, Irid-Cmax e Irid-Crid, con un risparmio azoto nelle tesi Crid del 21%. Tenendo conto anche l'azoto distribuito con l'acqua di irrigazione che presentava un tenore in nitrati pari a 47,2 mg L⁻¹, l'azoto complessivamente distribuito alla coltura è risultato pertanto di 152, 128, 141, 117 kg ha⁻¹, rispettivamente nelle tesi Imax-Cmax, Imax-Crid, Irid-Cmax e Irid-Crid, con un risparmio medio di azoto nelle tesi Crid del 16-17% (Cfr Tab. 4).



Data	Concime	Imax-Cmax	Imax-Crid	Irid-Cmax	Irid-Crid
07/03/11	Phytos 35-23	0.01	0.01	0.01	0.01
11/03/11	Phytos 35-24	0.01	0.01	0.01	0.01
17/03/11	Nitrato ammonico	9.2	9.2	6.9	6.9
23/03/11	Nitrato ammonico	9.2	9.2	6.9	6.9
27/03/11	Nitrato ammonico	15.6	15.6	15.6	15.6
05/04/11	Nitrato ammonico	15.6	15.6	15.6	15.6
09/04/11	Nitrato ammonico	14.7	14.7	10.3	10.3
14/04/11	chelato ferro	0.0	0.0	0.0	0.0
28/04/11	Nitrato di calcio	8.4	8.4	5.8	5.8
03/05/11	Nitrato di calcio	8.4	8.4	5.8	5.8
09/05/11	Nitrato di potassio	7.3	7.3	5.1	5.1
13/05/11	Nitrato di potassio	7.3	7.3	5.1	5.1
20/05/11	Nitrato Calcio	4.2	4.2	2.9	2.9
01/06/11	Nitrato di potassio	7.3	7.3	5.1	5.1
08/06/11	Nitrato di potassio	7.3	7.3	5.1	5.1
TOTALE		114.1	114.1	90.1	90.1

Tab. 4. Calendario interventi di fertirrigazione e quantitativi di N (kg ha^{-1}) applicati nelle tesi a confronto

STATO NUTRIZIONALE E SVILUPPO DELLA COLTURA

Lo stato nutrizionale della coltura, indicato dalle concentrazioni di nitrati nella linfa della pianta, ha evidenziato differenze significative per il fattore substrato per buona parte del ciclo colturale. Dai grafici sottostanti si può infatti osservare che la concentrazione di nitrati si è mantenuta più alta per gran parte del ciclo colturale in corrispondenza del substrato addizionato di compost, mentre i valori più ridotti si sono riscontrati su substrato tal quale e sulla zeolite, senza differenze di rilievo tra questi due mezzi di coltura. Solamente verso fine ciclo le piante allevate su compost hanno evidenziato uno stato nutrizionale non diverso rispetto a quello delle altre tesi. Gli altri fattori allo studio non hanno influenzato in modo apprezzabile questa caratteristica (Cfr. Fig. 1).

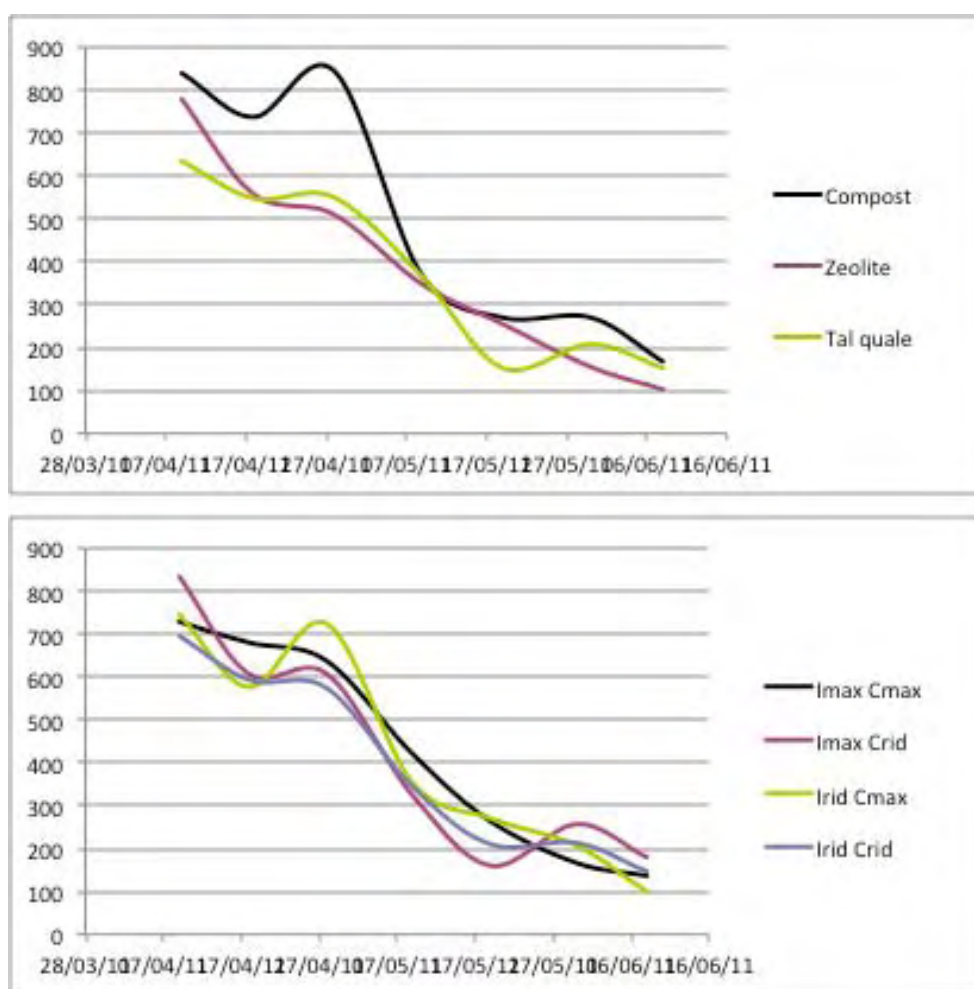


Fig. 1. Andamento della concentrazione di nitrati (mg l^{-1}) nelle linfa delle piante di pomodoro durante il ciclo colturale. Effetto del fattore principale substrato (sopra) significativo per $P = 0,030$. Effetto dell'interazione "gestione dell'irrigazione x gestione della concimazione" (sotto) ns = non significativo.

Per quanto riguarda l'accrescimento dell'apparato radicale, a differenza del pomodoro_1° ciclo (nel quale non si erano trovate sostanziali differenze tra le tesi), l'unico effetto significativo è stato evidenziato nel terreno addizionato con compost o con zeolite, dove con la riduzione dell'irrigazione si è assistita a una minore esplorazione del profilo del terreno da parte delle radici (Cfr. Fig. 2).

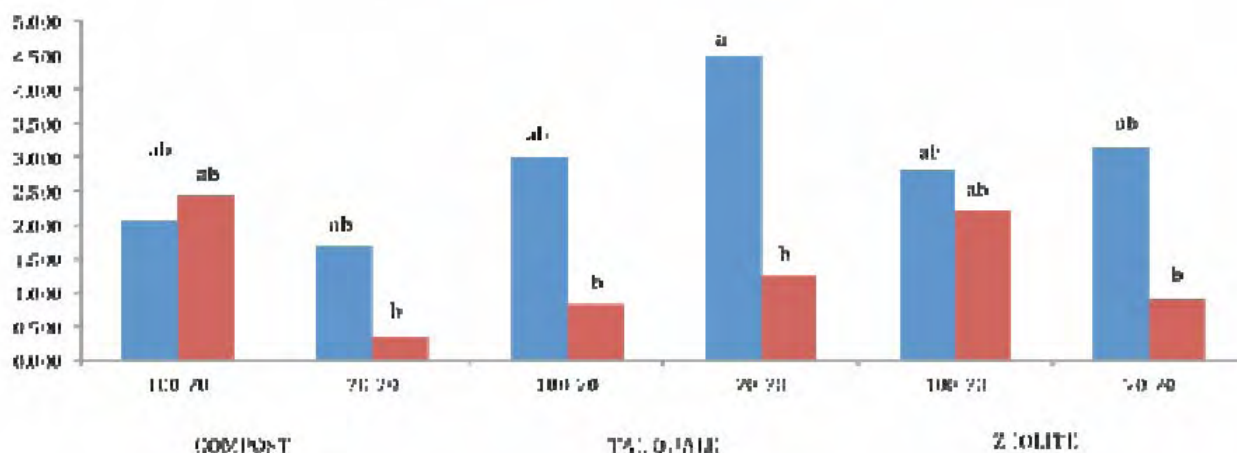


Fig. 2. Effetto del substrato di coltivazione e della gestione dell'irrigazione (100-70= Imax-Crid, 70-70= Irid-Crid) sull'accrescimento radicale (area radicale:area sezione di terreno; %). Interazione "Substrato x Gestione dell'irrigazione" significativo per $P=0,002$. A lettere diverse corrispondono valori significativamente diversi. Barre blu = pomodoro_1° ciclo; Barre rosse = pomodoro_2° ciclo.

PRODUZIONE E SUE COMPONENTI

Nel grafico successivo (Cfr Fig. 3) vengono riportati gli andamenti medi delle produzioni per singolo palco. Come si può osservare, in tutte le tesi la produzione più consistente si è verificata in corrispondenza del primo palco, che è risultata di molto superiore ai quantitativi ottenuti negli altri palchi. Le quantità di bacche raccolte sono molto diminuite in corrispondenza del 7° e 8° palco.

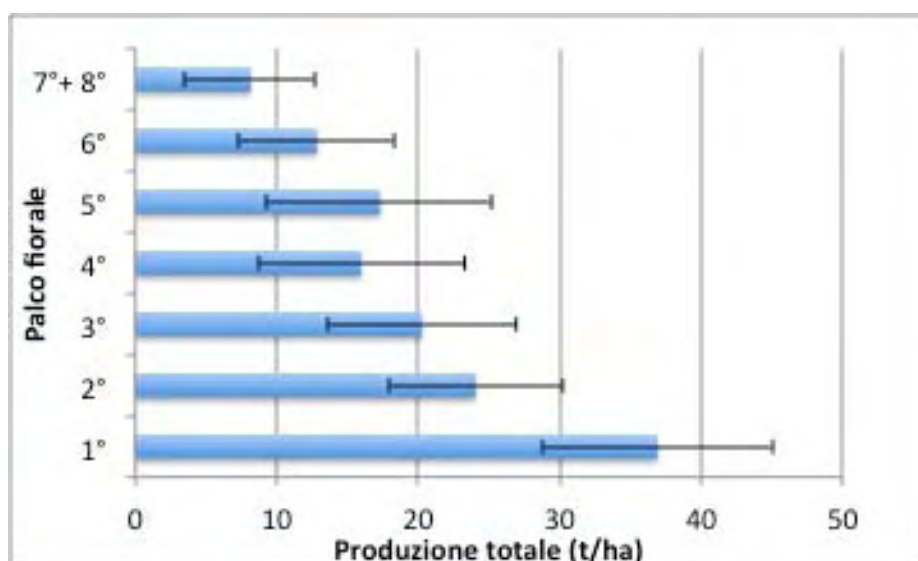


Fig. 3. Valori medi tra le tesi a confronto della produzione totale per i singoli palchi fiorali. Ogni punto è la media di 36 parcelle. Le linee orrizzontali rappresentano la Deviazione Standard (S.D.) dalla media

Tra i fattori a confronto, la produzione del pomodoro è stata influenzata solamente dalla gestione dell'irrigazione, con rese totali e commerciabili più elevate in corrispondenza delle tesi I_{max} (cfr. Fig. 4 e 5). Con I_{max}, infatti si sono ottenuti incrementi di produzione pari a 20,1% e 19,5%, rispettivamente per la produzione totale e commerciabile. L'incidenza della produzione di scarto non è stata influenzata dai fattori a confronto ed è risultata mediamente del 1,5%.

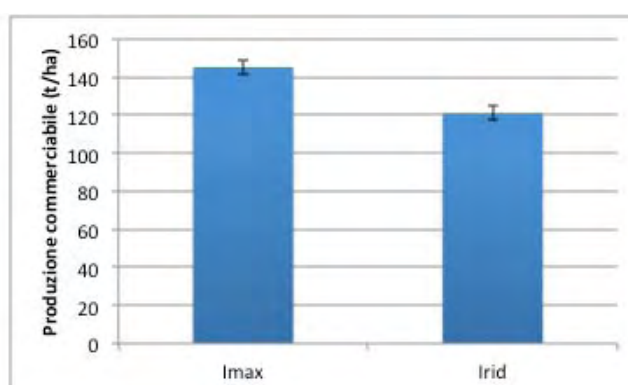
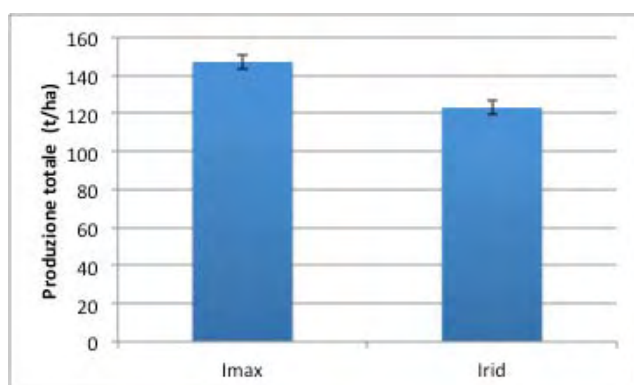


Fig. 4 e 5. Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione totale (sinistra) e commerciabile (destra). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P \leq 0,001$ sia per la produzione totale che commerciabile.

In particolare, la gestione dell'irrigazione ha influenzato la produzione di 2°, 4°, 5° e degli ultimi 2 palchi (Cfr. Fig. 6 e 7, 8 e 9).

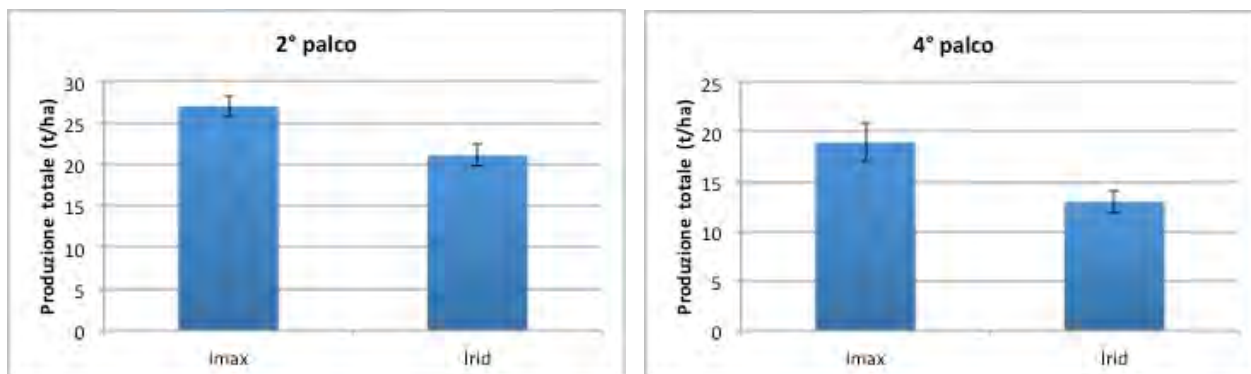


Fig. 6 e 7. Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione del 2° e 4° palco. Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P=0,003$ (2° palco) e $P=0,011$ (4°palco).

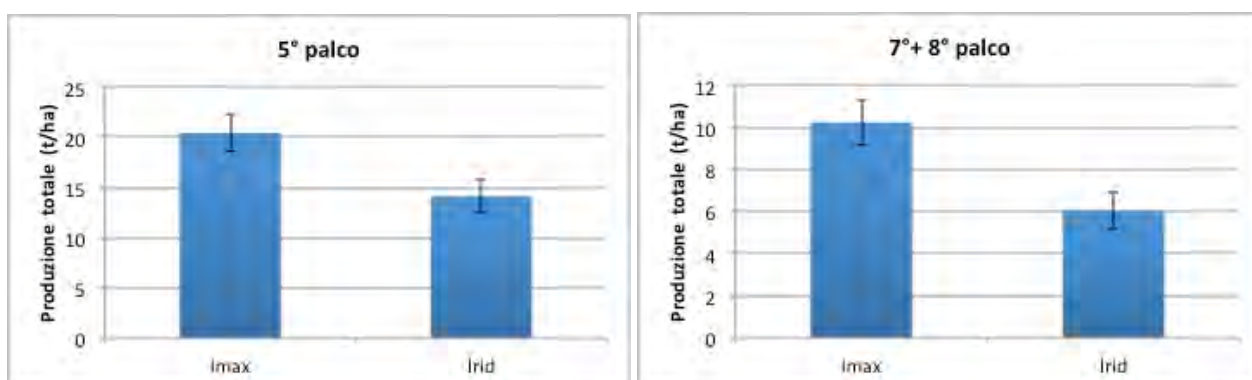


Fig. 8 e 9. Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione del 5° e 7° + 8° palco. Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P=0,022$ (5° palco) e $P=0,013$ (7° + 8° palco).

L'unico effetto significativo determinato dagli altri fattori allo studio è stato evidenziato dall'interazione "Gestione dell'irrigazione x Gestione della concimazione" sulla produzione del 3° palco (Cfr. fig. 10). In questo caso, la tesi I_{max} ha espresso la sua superiorità solo quando abbinata a C_{max}. La diversa gestione della concimazione non ha invece manifestato alcuna influenza quando associata a I_{rid}.

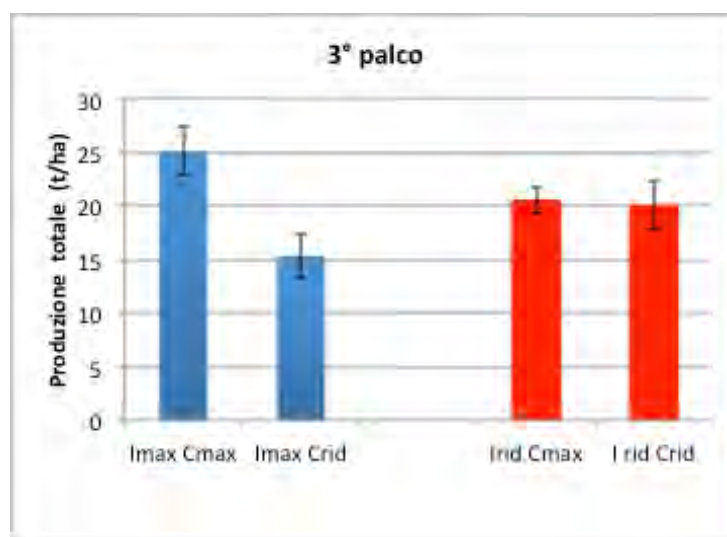


Fig. 10. Effetto della gestione dell'irrigazione e della concimazione sulla produzione del terzo palco. Ogni punto è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Gestione dell'irrigazione x Gestione della concimazione" significativo per $P=0,014$.

La diversa gestione dell'irrigazione ha anche permesso di differenziare significativamente i valori delle produzioni commerciabili cumulate che hanno evidenziato l'andamento riportato nel grafico successivo. Imax, infatti, ha consentito maggiori produzioni a partire dai primi di giugno fino a fine ciclo. Le pendenze delle curve rilevabili nel grafico (Cfr. Fig. 11) mettono in luce che mentre con Imax le piante hanno prodotto in modo costante ed equilibrato durante tutto il periodo di raccolta, con Irid si è assistito ad una flessione di produzione proprio nella seconda metà dello stesso.

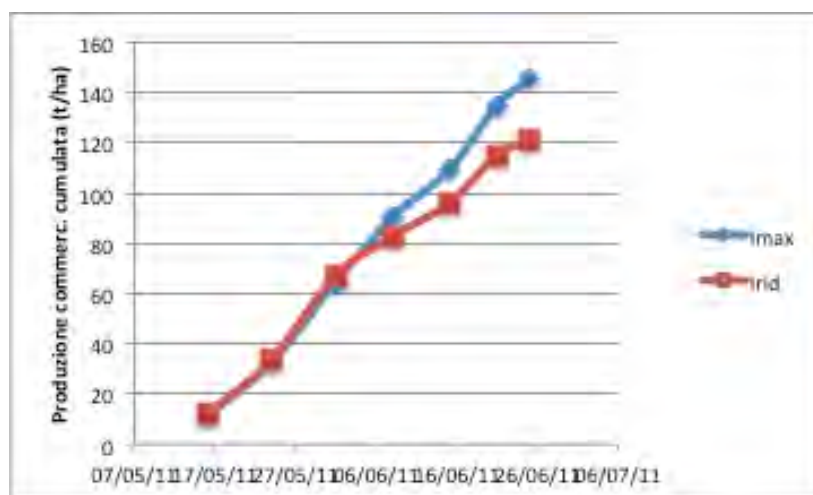


Fig. 11. Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione commerciabile cumulata. Ogni punto è la media di 18 parcelle. Nelle ultime 3 raccolte il fattore "Gestione dell'Irrigazione" è risultato significativo per $P=0,013$, $P\leq 0,001$ e $P\leq 0,001$, rispettivamente.

L'andamento delle produzioni cumulate sono giustificate dalle produzioni settimanali di Imax che sono apparse costantemente più elevate durante le ultime 4 settimane di raccolta (cfr. Fig. 12,13,14,15)).

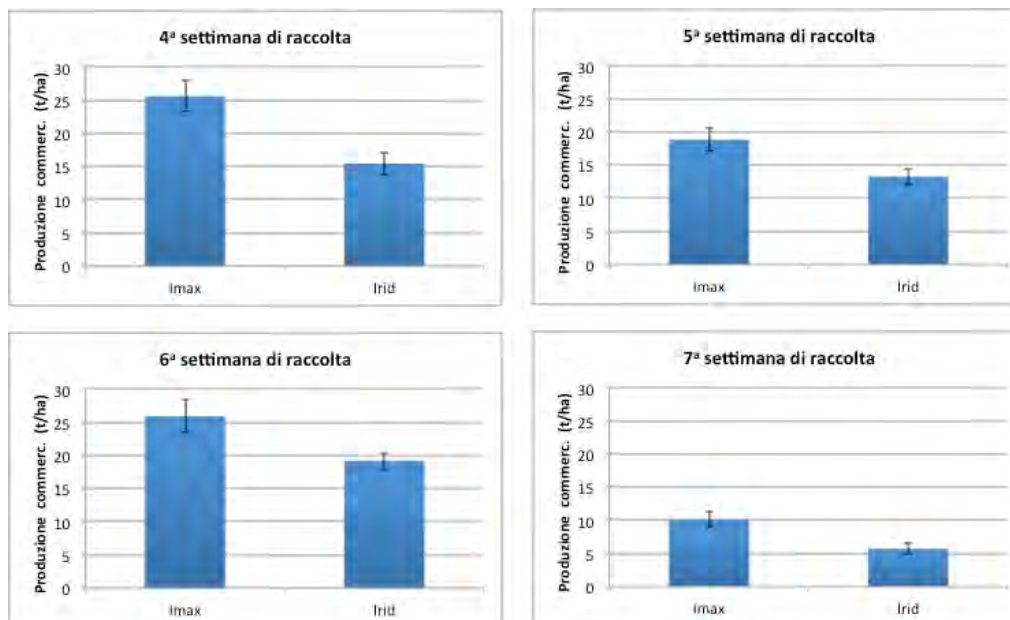


Fig. 12,13,14,15. Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione ottenuta durante la 4ª, 5ª, 6ª e 7ª settimana di raccolta. Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P=0,001$. (4ª settimana) , $P=0,012$. (5ª settimana), $P=0,033$. (6ª settimana) e $P=0,008$. (7ª settimana)

Per quanto riguarda la precocità di produzione, in Fig. 16 vengono sotto riportati gli andamenti medi relativamente all'Indice Medio di Raccolta (IMR) per singolo palco.

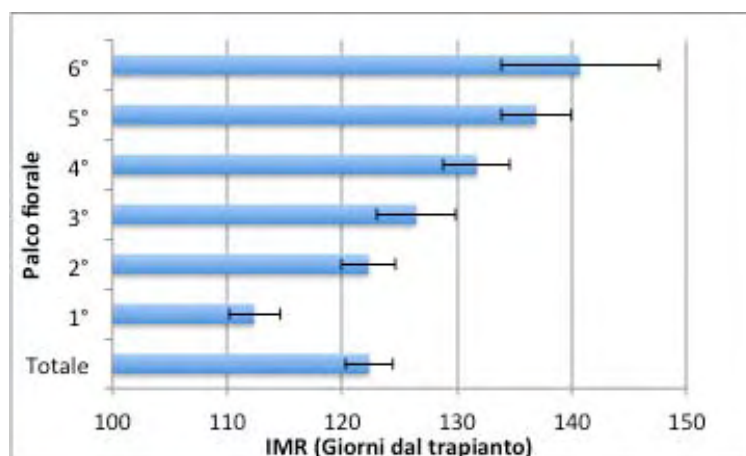


Fig. 16. Valori medi tra le tesi a confronto dell'Indice Medio di Raccolta (IMR), per i singoli palchi fiorali. Ogni punto è la media di 36 parcelle. Le linee orrizzontali rappresentano la Deviazione Standard (S.D.) dalla media.

Nel grafico sottostante (Fig. 17) viene evidenziato l'effetto della gestione dell'irrigazione che ha favorito modesti ma significativi anticipi di produzione

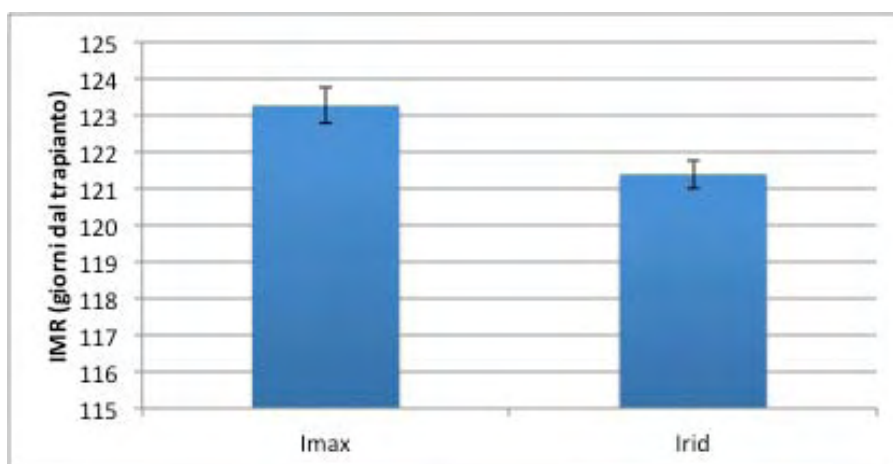


Fig. 17 Effetto della gestione dell'irrigazione sull'Indice Medio di Raccolta (IMR). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P=0,004$.

In linea generale, la differenziazione produttiva è stata dovuta ad un maggior numero di bacche prodotte nelle tesi I_{max}, mentre nessuno dei fattori allo studio ha evidenziato differenze di rilievo per quanto riguarda i pesi unitari delle bacche e la suddivisione nelle diverse classi di calibro della produzione commerciabile.

EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE E DELL'AZOTO

L'efficienza dell'uso dell'acqua di irrigazione è stata valutata per mezzo dell'indice WUE (Water Use Efficiency) che è stato calcolato come rapporto tra il peso dei frutti prodotti (in grammi) e la quantità d'acqua distribuita con l'irrigazione (in litri). Questo indice permette di determinare quanti grammi di prodotto si sono ottenuti in corrispondenza di 1 litro di acqua d'irrigazione somministrata. In linea generale valori bassi di WUE stanno ad indicare che una certa frazione di acqua irrigua non è stata utilizzata dalla pianta e quindi può essere soggetta a perdite di vario tipo (es. percolazione, evaporazione). Al contrario, valori elevati

stanno a significare una sua maggiore utilizzazione con minori perdite e sprechi. La WUE è stata calcolata in riferimento alla produzione totale di frutti (WUE tot) e alla produzione di frutti commerciabili (WUE comm).

Nella prova oggetto di studio, come c'era da attendersi, l'unico fattore che si dimostrato influire sulla WUE è stata la gestione dell'Irrigazione. Nei riguardi sia della WUE tot sia della WUE comm (Cfr. Fig. 18,19), la tesi Irid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 6 g di frutti totali (WUE tot) e commerciabili (WUE comm) in più per ogni litro d'acqua distribuito, rispetto alla tesi Imax. A fronte della riduzione del 27% di acqua distribuita, quindi, con la tesi Irid si è avuto un incremento dell'efficienza irrigua pari al 15.3% e 14.8% nei confronti della tesi Imax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.

Per questi indici non si sono osservati effetti di interazione con gli altri fattori allo studio.

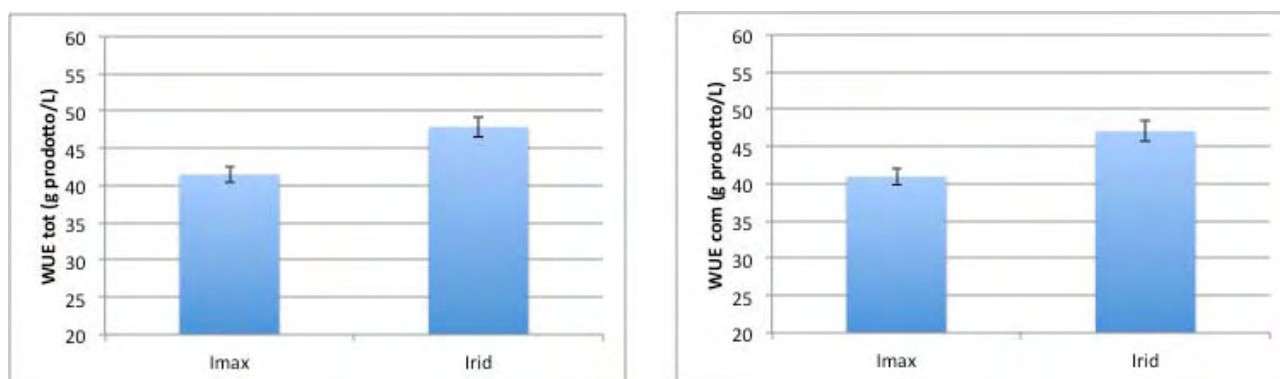


Fig. 18, 19. Effetto della gestione dell'irrigazione sull'efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione (WUE) rispetto alla produzione totale (WUE tot) e alla produzione commerciabile (WUE comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P \leq 0,001$ (WUE tot) e $P \leq 0,001$ (WUE comm).

L'efficienza dell'uso dell'azoto distribuito durante la coltura è stata valutata per mezzo dell'indice NUE (Nitrogen Use Efficiency) che è stato calcolato come rapporto tra il peso dei frutti prodotti (in kg) e la quantità di azoto distribuito (in kg). Questo indice permette di determinare quanti kg di prodotto si sono ottenuti in corrispondenza di 1 chilogrammo di azoto distribuito. In linea generale valori bassi di NUE stanno ad indicare che una certa frazione di azoto non è stata utilizzata dalla pianta e quindi può essere soggetta a perdite di vario tipo (es. lisciviazione, volatilizzazione). Al contrario, valori elevati stanno a significare una sua maggiore utilizzazione con minori perdite e sprechi. Sono stati calcolati 2 indici NUE: NUE_1 prende in

considerazione solo l'azoto distribuito con i fertilizzanti ed è stata calcolata in riferimento alla produzione totale di frutti (NUE_1 tot) e alla produzione di frutti commerciabili (NUE_1 comm); NUE_2, oltre all'azoto distribuito con i fertilizzanti, tiene conto anche del nitrato presente nell'acqua irrigua e quindi dell'azoto distribuito con l'irrigazione. Anche in questo caso l'indice è stato calcolato in riferimento alla produzione totale di frutti (NUE_2 tot) e alla produzione di frutti commerciabili (NUE_2 comm).

Il fattore di variazione che si dimostrato influire significativamente sulla NUE, come c'era da attendersi, è stata la gestione della concimazione, ma un interessante effetto della gestione dell'irrigazione è stato messo in luce sia sulla NUE_1 che sulla NUE_2. Nei riguardi della NUE_1 tot e della NUE_1 comm (Cfr. Fig. 20, 21), la tesi Crid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 235 kg di frutti totali (NUE-1 tot) e 239 kg di frutti commerciabili (NUE-1 comm) in più per ogni kg di azoto distribuito con i fertilizzanti, rispetto alla tesi Cmax. In questo caso, quindi, a fronte della riduzione del 21% di azoto distribuito con i fertilizzanti, con la tesi Crid si è avuto un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto pari al 19,3% e 20,0% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.

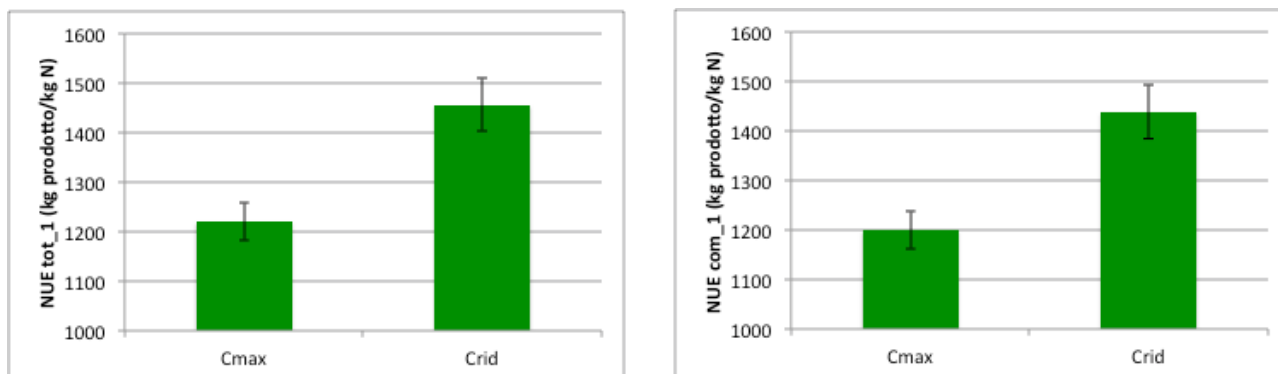


Fig. 20, 21. Effetto della gestione della concimazione sull'efficienza d'uso dell'azoto distribuito con i fertilizzanti (NUE_1) rispetto alla produzione totale (NUE_1 tot) e alla produzione commerciabile (NUE_1 comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione della Concimazione" significativo per $P \leq 0,001$ (NUE_1 tot) e $P = 0,003$ (NUE_1 comm).

Nei riguardi sia della NUE_2 tot sia della NUE_2 comm (Cfr. Fig. 22, 23), la tesi Crid si è dimostrata ancora una volta la più efficiente permettendo di produrre circa 122 kg di frutti totali (NUE-2 tot) e 125 kg di frutti commerciabili (NUE-2 comm) in più per ogni kg di azoto distribuito con i fertilizzanti e l'acqua di irrigazione, rispetto alla tesi Cmax. In questo caso, quindi, a fronte della riduzione del 16% di azoto distribuito sia con i fertilizzanti che con l'acqua di irrigazione, con la tesi Crid si è avuto un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto pari al 12,8% e 13,4% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.

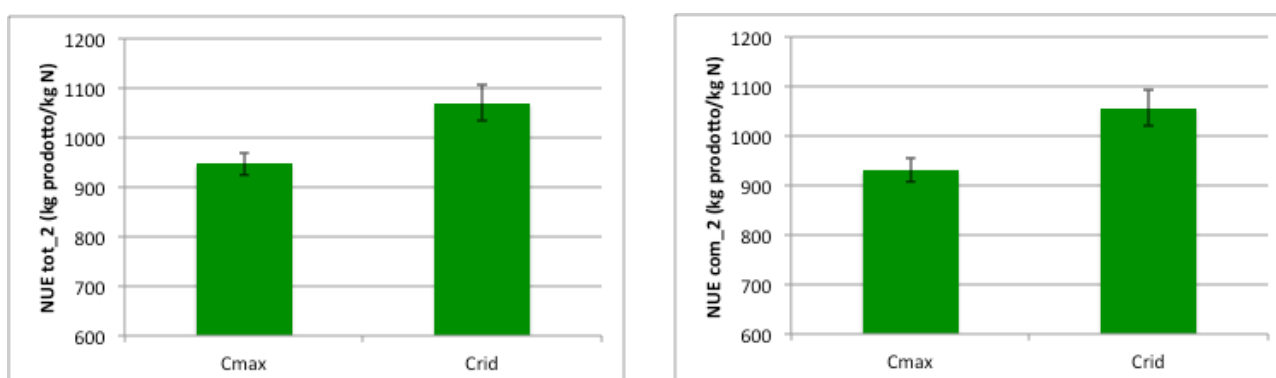


Fig. 22, 23. Effetto della gestione della concimazione sull'efficienza d'uso dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE_2) rispetto alla produzione totale (NUE_2 tot) e alla produzione commerciabile (NUE_2 comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione della Concimazione" significativo per $P \leq 0,001$ (NUE_2 tot) e $P = 0,003$ (NUE_2 comm).

Come precedentemente affermato, un interessante effetto della gestione dell'irrigazione è stato messo in luce sulla NUE_1 e sulla NUE_2. Infatti, in entrambi i casi (Fig. 24, 25, 26, 27), la tesi Imax si è dimostrata più efficiente permettendo, rispetto alla tesi Irid, incrementi dell'efficienza d'uso dell'azoto di circa il 19% (NUE_1 tot e NUE_1 com) e 10% (NUE_2 tot e NUE_2 com).

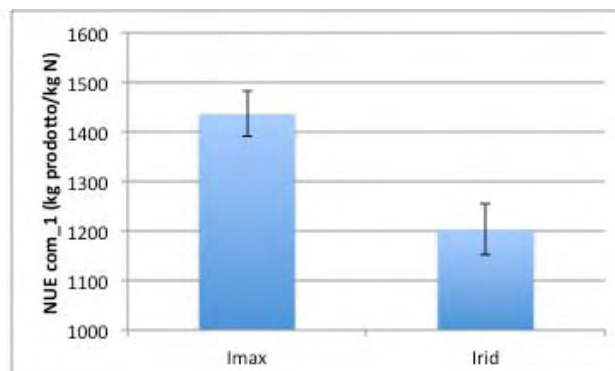
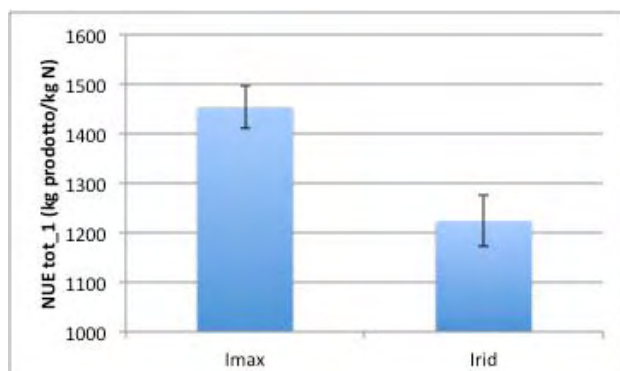


Fig. 24, 25. Effetto della gestione dell'irrigazione sull'efficienza d'uso dell'azoto distribuito con i fertilizzanti (NUE_1) rispetto alla produzione totale (NUE_1 tot) e alla produzione commerciabile (NUE_1 comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P \leq 0,001$ (NUE_1 tot) e $P \leq 0,001$ (NUE_1 comm).

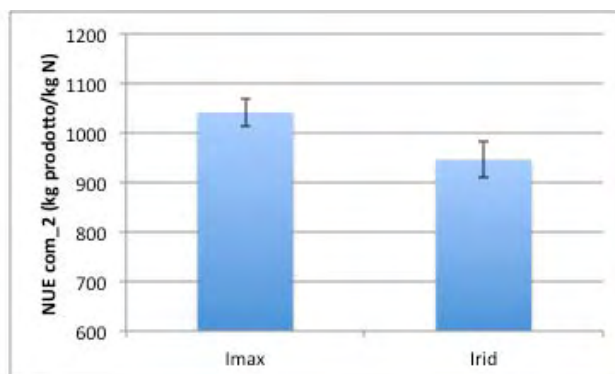
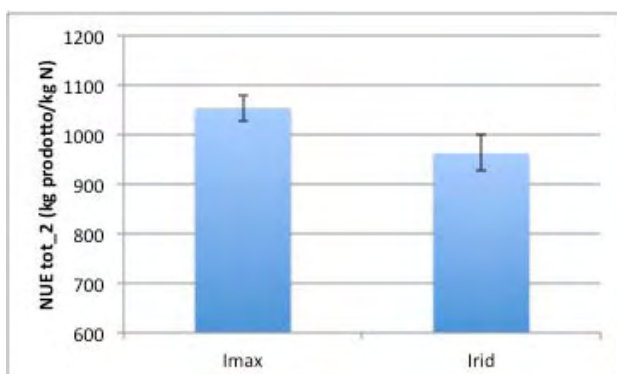


Fig. 26, 27. Effetto della gestione dell'irrigazione sull'efficienza d'uso dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE_2) rispetto alla produzione totale (NUE_2 tot) e alla produzione commerciabile (NUE_2 comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per $P=0,020$ (NUE_2 tot) e $P=0,019$ (NUE_2 comm).



Analisi economica

Calcolo della produzione lorda vendibile, calcolo della reddito netto, calcolo delle quote di ammortamento, calcolo del costo per l'energia elettrica, calcolo di altre voci di costo, bilancio economico.

PREMESSA

I bilanci economici della coltura di pomodoro (raccolto a maturazione verde-invaio), di seguito formulati, sono riferiti alle colture condotte con le tecniche di coltivazione applicate nella serra del progetto "Sustgreenhouse", situata nell'areale agricolo di Fondi (LT), con conferimento del prodotto presso la Cooperativa Salto di Fondi. Pertanto, tariffe, listini dei mezzi tecnici, salari e prezzi al mercato riportati nel procedimento di calcolo, per definire i costi culturali e la Produzione Lorda Vendibile (PLV), sono quelli praticati e di uso corrente nella zona.

Nella rassegna che segue viene preso in esame ogni singolo fattore che entra a formare il bilancio economico delle singole tesi (Imax-Cmax, Imax-Crid, Irid-Cmax, Irid-Crid) poste a confronto nei diversi substrati di coltivazione allo studio (tal quale, compost, zeolite).

CALCOLO DELLA PRODUZIONE LORDA VENDIBILE (PLV)

Per le singole tesi a confronto, oltre alla PLV media (PLVmed), è stata calcolata anche una PLV minima (PLVmin) e una PLV massima (PLVmax) ottenute, rispettivamente, sottraendo o sommando ai valori medi della produzione commerciabile (PRcomm) le relative Deviazioni Standard (SD). Per il calcolo della PLV si è inoltre preso in considerazione il prezzo medio (€) del pomodoro raccolto nella prova dimostrativa e conferito alla Cooperativa Salto di Fondi:

- 1) $PLV_{med} = PR_{comm} \times €$
- 2) $PLV_{min} = (PR_{comm} - SD) \times €$
- 3) $PLV_{max} = (PR_{comm} + SD) \times €$



CALCOLO DELLA REDDITO NETTO (RN)

Dall'applicazione di PLVmed, PLVmin e PLVmax, si sono calcolati i rispettivi reddito netto medio (RNmed), minimo (RNmin) e massimo (RNmax) conseguibili con i sistemi colturali proposti. Si sono inoltre valutate le due ipotesi:

- 1) reddito netto dell'imprenditore puro,

$$RN_1(\text{med, min, max}) = PLV (\text{med, min, max}) - (Sv + Sm + Q + Imp + Sa + St + I + Bf) = \pm T$$

- 2) reddito netto dell'imprenditore reale, tipico della zona (imprenditore-proprietario-coltivatore) che utilizza anche manodopera esterna per alcune operazioni colturali (trapianto, tutoraggio delle piante, raccolta),

$$RN_2(\text{med, min, max}) = PLV (\text{med, min, max}) - (Sv + Sm + Q + Imp + \Delta 1Sa + I) = \Delta 2Sa + St + Bf \pm T$$

dove,

Sv = spese varie (materiale per la solarizzazione, fertilizzanti, micorrize, antiparassitari, acqua per irrigazione e per protezione antibrina, piantine, manichette per l'irrigazione, materiale per il tutoraggio delle piante, energia per il funzionamento delle pompe)

Sm = spese per le macchine calcolate sulla base delle tariffe conto terzi applicate nella zona (valore aggregato di costo carburante, salari, quote di assicurazione, manutenzione ed ammortamento, interessi)

Q = quote di assicurazione, manutenzione ed ammortamento (escluse Q per l'utilizzo delle macchine)

Imp = Imposte, tasse e contributi

Sa = salari (esclusi Sa per l'utilizzo delle macchine). Poiché nell'azienda oggetto di studio l'imprenditore si è avvalso di 2 operai per le operazioni di trapianto, tutoraggio delle piante e raccolta, nel caso dell'ipotesi 2 per il calcolo del RN (imprenditore-proprietario-coltivatore), $\Delta 1Sa$ rappresenta il monte salari per 2/3 della manodopera utilizzata per le suddette operazioni, mentre $\Delta 2Sa$ è la restante parte di SA. Nel calcolo di $\Delta 2Sa$ si è tenuto conto anche del 30% del costo delle macchine (tale si è ritenuta l'incidenza del salario dell'autista).

St = stipendi per amministrazione e sorveglianza

I = interessi (4%) su capitale di anticipazione, serra e impianti fissi



Bf = beneficio fondiario

T = tornaconto o profitto

CALCOLO DELLE QUOTE DI AMMORTAMENTO

Per calcolare l'ammortamento degli ammendanti impiegati, della serra, degli impianti e del pozzo artesiano si è proceduto nel rispetto dei principi dettati dalla prassi estimativa normalmente adottati in casi simili.

Per quanto riguarda l'ammendante minerale tufaceo contenente le zeolite si è tenuto conto delle caratteristiche mineralogiche di queste sostanze appartenenti alla famiglia dei tectosilicati e delle loro proprietà fisico-chimiche (ritenzione idrica, capacità di scambio cationico). Infatti, come viene ampiamente confermato nella bibliografia scientifica, questi materiali sono da considerarsi "ammendanti permanenti" in quanto, una volta inseriti e amalgamati nel terreno, non esauriscono il loro effetto nell'arco di uno o più anni. La loro presenza e quindi la loro azione permane inalterata per un lungo arco temporale che possiamo considerare "illimitato".

Questo aspetto, sul piano economico-estimativo, può essere affrontato in due modi:

- 1) considerare il costo dell'ammendante come incremento del capitale fondiario, in quanto capitale comprensivo del valore della terra nuda e dei miglioramenti fondiari, facendolo così rientrare nella casistica di un miglioramento strutturale permanente
- 2) calcolare la quota di ammortamento del mezzo tecnico su un periodo coincidente con la durata tecnica delle sole parti strutturali della serra: archi e montanti in ferro zincato, impianti irrigui, accessori vari (durata normale pari a 20 anni).

Nel primo caso, si deve considerare che il valore attuale di mercato di un ettaro di terra nuda, di pari condizioni pedologiche e qualità agronomiche (tessitura, struttura, ecc.) dell'azienda oggetto di studio, nel contesto agricolo della zona del Salto di Fondi, è di circa 70.000 euro. Quindi il costo d'uso del capitale fondiario viene ad essere incrementato di 13.500 euro (l'ammontare della spesa di acquisto di 150 tonnellate di zeoliti al prezzo unitario di 90 euro t^{-1}) attestandosi attorno a 83.500 euro ha^{-1} .



Nel secondo caso, il costo a bilancio dell'investimento delle zeoliti deve essere ammortizzato, al tasso di sconto corrente del 4%, su 40 cicli colturali (20 anni x 2 cicli annuali). Applicando al capitale il coefficiente della quota di ammortamento annuale:

$$(13.500 \times 0,073581) / 2 = 496,12 \text{ euro ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$$

pari a 49,6 euro ciclo⁻¹ per una serra di 1.000 m².

La scelta tra i due metodi di calcolo è ricaduta sulla seconda soluzione in quanto ritenuta più congeniale al caso oggetto di studio

Per quanto riguarda l'ammortamento del compost, bisogna considerare che la sua azione ammendante e fertilizzante può protrarsi per un periodo di 3 anni, quindi il suo costo va suddiviso su 6 cicli colturali. Poiché la quantità di compost, in forma pellettata, utilizzato ai fini sperimentali è di 3 kg m⁻² pari a 3 tonnellate per 1000 m² e che il prezzo di listino è di 150 euro t⁻¹, il costo per ciclo colturale è pari a 450 : 6 = 75 euro.

Il valore della struttura portante della serra (in tubi di ferro zincato di 60 mm di diametro, compreso lo scavo dei plinti, montaggio e opere varie), ai prezzi correnti di mercato, è di 10,8 euro m⁻² coperto. Per una superficie di 1000 mq, il costo totale, pari a 10.800 euro, viene ammortizzato al tasso di sconto corrente del 4%, su 40 cicli colturali (20 anni x 2 cicli annuali). Applicando al capitale il coefficiente della quota di ammortamento annuale:

$$(10.800 \times 0,073581) / 2 = 397,33 \text{ euro ciclo}^{-1}$$

La plastica utilizzata per la copertura della serra e il relativo montaggio hanno un costo complessivo di 2,10 euro m⁻² coperto. Per una superficie di 1000 mq, il costo totale, pari a 2.100 euro, viene ammortizzato al tasso di sconto corrente del 4%, su 6 cicli colturali (3 anni x 2 cicli annuali). Applicando al capitale il coefficiente della quota di ammortamento annuale:

$$(2.100 \times 0,360348) / 2 = 378,37 \text{ euro ciclo}^{-1}$$

Il valore attualizzato del pozzo artesiano presente in azienda, comprensivo della pompa sommersa (potenza di 3,5 Kw con una portata di 400 l min⁻¹), è di 2.500 euro. Poiché il periodo di ammortamento del pozzo è di anni 10, risulta:

$$2.500 \times 0,123290 = 307,50 \text{ euro anno}^{-1}$$



Con un prelievo annuo aziendale stimato in 14.000 m³, si ha una incidenza di 0,02 euro per ogni m³ sollevato.

CALCOLO DEL COSTO PER L'ENERGIA ELETTRICA

Alle attuali tariffe dell'energia elettrica, con fornitura Enel, il costo è di 0,29 euro Kw h⁻¹. Stimando un prelievo medio di acqua pari a 14.000 m³ anno⁻¹ (uso irriguo + uso antibrina), si ha un periodo di attività della pompa di 583,33 h anno⁻¹ con un assorbimento di 1,01 Kw h⁻¹ da cui, il consumo e il costo anno di energia elettrica risulta:

$$583,33 \times 1,01 = 589,17 \text{ Kw anno}^{-1}$$

$$589,17 \times 0,29 = 170,86 \text{ euro anno}^{-1}$$

Suddividendo il costo totale per il numero di m³/ anno di acqua distribuita (14.000) si ha il costo unitario per m³ pari a 0,012 euro. Pertanto, il costo totale di uso per ogni m³ di acqua risulta essere di euro 0,032 comprensivo di ammortamenti, manutenzione e consumi di energia elettrica.

CALCOLO DI ALTRE VOCI DI COSTO

Manichette e collettori per la fertirrigazione si presume possano essere utilizzati per 3 cicli, per cui la quantità utilizzata (81 kg) è stata divisa per tre.

Per l'allestimento dell'idroserra con tubo PE Sbrinex, su una superficie di 1000 m², vengono utilizzati 90 kg di tubo di PE. Considerando una durata media del tubo di 5 anni, questa quantità è suddivisa su dieci cicli colturali.

L'ammortamento dell'inoculo microbiologico è stato conteggiato conteggiato per il suo costo, pari a 34 euro kg⁻¹ per ogni ciclo colturale, in proporzione alla quantità impiegata per la preparazione delle piantine in vivaio.

Il costi della solarizzazione - circa 130 kg di polietilene (0,05 mm) più 12 ore per stesura e rimozione - e della letamazione sono stati suddivisi in parti uguali fra i due cicli colturali.



I costi, quali: manutenzione e assicurazione del capitale fondiario, spese generali, imposte, tasse e contributi, interessi sul capitale di anticipazione sono riportati nel rispetto della prassi della contabilizzazione normalmente seguita in questi casi. Nel caso specifico, la proprietà ospitante il progetto è gravata per una superficie di ha 2 da : contributi di bonifica per 500 euro, IRAP per 1800 euro, INPS per 2800 euro.

BILANCIO ECONOMICO

Poiché in termini di produzione commerciabile (Cfr. Fig. 24, 25 a pag 26) si sono osservate differenze significative solamente in seguito alla differente gestione dell'irrigazione (con più elevate rese in corrispondenza delle tesi I_{max}), per il calcolo della PLV si sono considerate separatamente solo la media generale delle produzioni di tutte le tesi "I_{max}" e la media generale di tutte le tesi "Irid".

Anche in questo caso, per ottenere il costo colturale totale nelle diverse tesi a confronto, ai costi espliciti comuni (Tab. 5) vanno sommati i costi di distribuzione del compost (solo tesi compost) e delle zeoliti (solo tesi zeolite), oltre ai costi d'irrigazione e dei concimi minerali, secondo lo schema riportato in tabella 9. Inoltre, va tenuto conto dei costi di manodopera per raccogliere ed incassettare il prodotto (Tab. 8), che varia con le tesi in relazione ai quantitativi ottenuti. Analogamente, ai costi impliciti comuni (Tab. 6) vanno sommati i costi di ammortamento del compost (solo tesi compost) e delle zeoliti (solo tesi zeolite) (Tab. 7) e le spese generali che variano con la PLV (Tab. 8).

In tabella 18 vengono riportati i risultati economici nelle diverse tesi a confronto, da cui emerge che tutti i sistemi colturali indicati sono stati in grado di produrre, nella maggior parte dei casi, utile per l'imprenditore puro. Rispetto al primo anno di coltura, in quest'annata il prezzo medio di mercato attuato durante il periodo di raccolta è stato assai ridotto (0,52 euro kg⁻¹, rispetto 0,74 euro kg⁻¹ dell'anno precedente), tanto che il punto di pareggio o soglia minima di efficienza si è attestata tra 104 e 112 t ha⁻¹ in relazione alle strategie applicate, quindi assai vicino alle produzioni effettivamente ottenute in serra. I prezzi minimi al mercato in grado di remunerare l'imprenditore puro anche nell'ipotesi peggiore di produzione (produzione media - SD) sono risultati compresi tra 0,43 e 0,52 euro kg⁻¹.

In linea generale, su tutti i substrati di coltivazione i redditi più elevati sono stati permessi in regime di irrigazione massima e adottando la gestione di riduzione della concimazione. Tra i vari substrati, i risultati economici migliori sono stati ottenuti sul terreno tal quale, seguito da quello addizionato con zeolite.

In linea generale si è osservato che nel caso dell'imprenditore reale, il punto di pareggio o soglia minima di efficienza si è attestata tra 72 e 77 t ha⁻¹ in relazione alle strategie applicate, mentre i prezzi minimi al mercato in grado di remunerare la sua attività, anche nell'ipotesi peggiore di produzione (produzione media - SD), sono variati tra 0,30 e 0,36 euro kg⁻¹.

Tab 5

Voci di spesa	Impieghi			Costo (€)				totale
	materie prime	macchine	manodopera	unitario	parziale			
					Sv	Sm	Sa	
1) lavorazioni del terreno								179,00
- trinciatura residui colturali (zucchino)		2		20,00		40,00		
- rippatura		1		41,00		41,00		
- fresatura		1,5		46,00		69,00		
- rifiniture manuali (h)			4	7,25			29,00	
2) fertilizzazione								195,00
- s.organica (letame) (t)	5			15,00	75,00			
- distribuzione		3		40,00		120,00		
3) solarizzazione								186,50
- polietilene mm 0,05 (kg)	65			2,20	143,00			
- stesura film (h)			5	7,25			36,25	
- rincalzi / rimozione (h)			1	7,25			7,25	
4) trapianto								789,90
- piantine (n°)	2770			0,22	609,40			
- tutore, spago (kg)	30			3,60	108,00			
- manodopera trapianto (h)			10	7,25			72,50	
5) irrigazione e fertirrigazione								155,20
- manichette + collettori (kg)	27			3,60	97,20			
- allestimento (h)			8	7,25			58,00	
6) protezione antibirina								77,72
- idroserra : materiale (kg)	4,5			1,16	5,22			
- sorveglianza (h)			10	7,25			72,50	
- acqua (m³)	0			0,03	0			
7) difesa fitosanitaria								100,75
- antiparassitari (vedi Tab.5)					28,25			
- distribuzione (inclusi concimi fogliari)(h)			10	7,25			72,50	
8) legatura								101,50
- manodopera (h)			14	7,25			101,50	
9) raccolta e trasporto								600,00
- trasporto al magazzino		24		25,00		600,00		
10) rimozione impianto								259,50
- manodopera (h)			22	7,25			159,50	
- trattore		4		25,00		100,00		
11) altre operazioni								454,96
- bombi, calce ombr, rete per tuta, ecc.					237,46			
- manodopera lavori vari			30	7,25			217,50	
A ₁) Totale costi espliciti					1303,53	970,00	826,50	3.100,03

Tab 5. Costi espliciti comuni per tutte le tesi a confronto, A₁ (calcolati per 1000 m² di serra)

Tab 6

Voci di spesa	Costo (€)
11) manutenzione ed assicurazione capitale fondiario	60,00
12) Imposte, tasse, contributi consortili	127,50
13) ammortamento serre e impianti + pozzo artesiano	929,45
14) interessi serra e impianti fissi	154,00
15) prezzo d'uso del capitale fondiario	140,00
16) interessi sul capitale di anticipazione	50,00 – 75,00
B ₁) Totale costi impliciti	1.460,95 - 1.485,95

Tab. 6. Costi impliciti comuni per tutte le tesi a confronto, B₁ (calcolati per 1000 m² di serra)
Tab 7

Voci di spesa	Tesi	Quantità	Costo (€)		
			unitario	totale (A ₂ , B ₂)	
				(A ₂)	(B ₂)
Costi espliciti (A ₂)					
2) fertilizzazione					
- concimi minerali (vedi Tab. 11) (kg)	Cmax	-	-	70,20	
- concimi minerali (vedi Tab. 11) (kg)	Crid	-	-	53,30	
- distribuzione compost pellettato (q.li)	compost	3	60,00	30,00 ⁽¹⁾	
- micorrize	compost	-	-	34,00	
- distribuzione zeolite (q.li)	zeolite	9	60,00	13,50 ⁽²⁾	
5) irrigazione e fertirrigazione					
- irrigazione (vedi Tab. 9) (m³)	Imax	355	0,03	11,36	
- irrigazione (vedi Tab. 9) (m³)	Irid	257	0,03	8,22	
Costi impliciti (B ₂)					
17) ammortamento compost	compost	-			75,00
18) ammortamento zeolite	zeolite	-			49,60

⁽¹⁾ costo di distribuzione del compost suddiviso in 3 anni (6 cicli);

⁽²⁾ costo di distribuzione della zeolite suddiviso in 20 anni (40 cicli).

Tab. 7. Costi espliciti (A₂) e impliciti (B₂) caratteristici di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m² di serra)
Tab 8

Voci di costo	Imax	Irid
Costi espliciti (A₃) (€)		
9) raccolta e trasporto - stacco + incassettamento		
- medi	526,77	438,73
- min	466,04	383,38
- max	587,50	494,08
Costi impliciti (B₃) (€)		
18) spese generali (6% PLV)		
- medi	449,72	374,56
- min	397,87	327,31
- max	501,57	421,81
Totale costi (A₃ + B₃) (€)		
- medi	976,49	813,29
- min	863,91	710,69
- max	1.089,07	915,89

Tab. 8 Costi espliciti (A₃) e impliciti (B₃) variabili in relazione alla produzione ottenuta e alla PLV di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m² di serra)

Tab 9

Tesi	tal quale				compost				Zeolite			
	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}
	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}
Costi espliciti (A) (€)												
- medi	3.708	3.617	3.691	3.600	3.772	3.681	3.755	3.664	3.722	3.630	3.705	3.614
- min	3.647	3.561	3.630	3.545	3.712	3.626	3.695	3.609	3.661	3.575	3.644	3.558
- max	3.769	3.672	3.752	3.752	3.833	3.737	3.816	3.720	3.783	3.686	3.766	3.669
Costi impliciti (B) (€)												
- medi	1.934	1.856	1.934	1.856	2.011	1.934	2.011	1.934	1.985	1.907	1.985	1.907
- min	1.882	1.809	1.882	1.809	1.958	1.886	1.958	1.886	1.932	1.859	1.932	1.859
- max	1.988	1.906	1.988	1.906	2.064	1.982	2.064	1.982	2.038	1.956	2.038	1.956
Costi totali (A + B) (€)												
- medi	5.643	5.475	5.625	5.458	5.784	5.615	5.766	5.598	5.707	5.538	5.689	5.521
- min	5.529	5.371	5.512	5.354	5.670	5.512	5.652	5.494	5.593	5.435	5.575	5.417
- max	5.757	5.579	5.740	5.562	5.897	5.719	5.880	5.702	5.820	5.820	5.803	5.625
Produzione comm. (kg)												
- media	14.532	12.103	14.532	12.103	14.532	12.103	14.532	12.103	14.532	12.103	14.532	12.103
- min	12.856	10.576	12.856	10.576	12.856	10.576	12.856	10.576	12.856	10.576	12.856	10.576
- max	16.207	13.630	16.207	13.630	16.207	13.630	16.207	13.630	16.207	13.630	16.207	13.630
Costo unitario (€ kg ⁻¹)												
- medio	0,39	0,45	0,39	0,45	0,40	0,46	0,40	0,46	0,39	0,46	0,39	0,46
- max	0,43	0,51	0,43	0,51	0,44	0,52	0,44	0,52	0,44	0,51	0,43	0,52
- min	0,36	0,41	0,35	0,41	0,36	0,42	0,36	0,42	0,36	0,41	0,36	0,41
Prezzo di vendita (€ kg ⁻¹)												
- medio	0,52											
PLV (euro)												
- media	7.495	6.243	7.495	6.243	7.495	6.243	7.495	6.243	7.495	6.243	7.495	6.243
- min	6.631	5.455	6.631	5.455	6.631	5.455	6.631	5.455	6.631	5.455	6.631	5.455
- max	8.359	7.030	8.359	7.030	8.359	7.030	8.359	7.030	8.359	7.030	8.359	7.030
RN_1 (€), reddito netto dell'imprenditore puro												
- medio	1.852	768	1.869	784	1.712	627	1.729	645	1.789	704	1.806	721
- min	1.102	84	1.119	101	961	- 57	979	- 39	1.038	20	1.056	38
- max	2.602	1.451	2.620	1.468	2.462	1.311	2.479	1.328	2.539	1.388	2.556	1.405
RN_2 (€), reddito netto dell'imprenditore reale												
- medio	3.642	2.453	3.659	2.470	3.567	2.378	3.585	2.395	3.593	2.403	3.610	2.420
- min	2.820	1.703	2.837	1.720	2.744	1.628	2.762	1.645	2.770	1.653	2.787	1.671
- max	4.465	3.203	4.483	3.220	4.390	3.128	4.408	3.145	4.416	3.153	4.433	3.170
Prezzo di vendita minimo remunerativo (€ kg ⁻¹)												
- imprend. puro	0,43	0,51	0,43	0,51	0,44	0,52	0,44	0,52	0,44	0,51	0,43	0,52
- imprend. reale	0,30	0,35	0,30	0,35	0,30	0,36	0,30	0,36	0,30	0,36	0,30	0,36

Tab. 9. Bilancio economico della coltura di pomodoro in funzione dei sistemi colturali adottati (valori calcolati per 1000 m² di serra). RN_1 = reddito netto dell'imprenditore puro, RN_2 = reddito netto dell'imprenditore reale



Considerazioni sui risultati agronomici ed economici

Dai risultati ottenuti nel terzo anno di prova è possibile fare alcune considerazioni anche sulla base di quanto osservato durante il primo ciclo colturale. Innanzitutto, bisogna partire dal presupposto che il terreno di partenza è un terreno ricco o molto ricco di elementi nutritivi, per cui le esigenze in termini di fertilizzanti delle colture è piuttosto contenuta rispetto a quanto usualmente praticato in zona. In uno scenario di questo tipo risulta obiettivamente difficile differenziare in modo drastico le gestioni di irrigazione e concimazione, a meno di intervenire in modo arbitrario e irrazionale nelle tesi I_{max} e C_{max} con distribuzioni massicce di acqua e fertilizzanti. Poiché lo scopo della prova era quello di confrontare sistemi colturali a minor impatto ambientale rispetto a quelli normalmente utilizzati dal produttore, ci si è limitati ad affinare le tecniche adottate da quest'ultimo per aumentarne la sostenibilità economica ed ambientale.

Queste modeste variazioni per quanto riguarda acqua irrigua e azoto distribuiti sulle tesi a confronto, non hanno permesso di evidenziare differenze di rilievo sullo stato nutrizionale e di sviluppo della coltura durante il ciclo colturale. Tuttavia, interessanti risultati si sono ottenuti sulla produzione e sull'efficienza degli interventi di concimazione e irrigazione.

In linea generale, le produzioni più elevate si sono ottenute in seguito all'utilizzo di compost e zeolite, ma si è osservato anche un interessante effetto di interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione". In questa annata, infatti, si è ottenuto un effetto positivo sulle produzioni commerciabile con la riduzione dell'irrigazione: effetto positivo, tuttavia, riscontrato solo sul substrato tal quale e in quello addizionato di zeolite. Col compost non si sono osservate invece differenze di rilievo.

Nel caso del pomodoro (ciclo effettuato tra fine inverno ed inizio estate, con disponibilità energetiche indubbiamente elevate) la strategia di riduzione dell'irrigazione e della concimazione ha portato a consistenti risparmi d'acqua e d'azoto. Per quanto riguarda i primi, questi sono risultati pari a 974 m³ ha⁻¹, in termini assoluti, e 27%, in termini relativi. Per il fertilizzante azotato, si è avuto in media un risparmio di circa 24 kg N ha⁻¹, pari al 21%. Tenendo tuttavia conto dell'azoto distribuito con l'acqua di irrigazione, il risparmio relativo di azoto si è ridotto al 16-17%. L'adozione di diverse strategie di distribuzione di acqua e azoto non ha evidenziato effetti di rilievo sullo stato nutrizionale e di sviluppo della coltura, che è stato invece influenzato



dal substrato di coltivazione. Per buona parte del ciclo colturale, infatti, questo si è mantenuto più elevato in corrispondenza del substrato ammendato con compost;. Di fatto, i diversi substrati e le diverse tesi di fertilizzazione non hanno permesso di differenziare le produzioni totali e commerciabili di bacche che però sono state influenzate dalle diverse gestioni dell'irrigazione. In questa annata tuttavia, la strategia di riduzione dell'irrigazione non ha sortito effetti positivi. Infatti, consistenti riduzioni dei quantitativi si sono osservate con la tesi Irid a partire dalla seconda metà del periodo di raccolta (in concomitanza, quindi, con la crescente domanda evapotraspirativa della coltura). Una meno drastica riduzione dell'irrigazione a partire dalla fase di fruttificazione del 3-4 palco avrebbe forse consentito di ottenere performances produttive più soddisfacenti. In questo anno si è osservata un minore accrescimento dell'apparato radicale in corrispondenza delle tesi Irid (soprattutto su compost e zeolite) e questo potrebbe in parte spiegare la situazione di stress idrico riscontrata con questa strategia di irrigazione.

Ancora una volta, di grande interesse appaiono i risultati conseguiti in regime di riduzione dell'irrigazione e della fertilizzazione sull'efficienza di queste due operazioni, con incrementi intorno al 17% e 20% per WUE e NUE.

Dal punto di vista del risultato economico, si può affermare che per quanto riguarda il pomodoro, tutti i sistemi colturali hanno permesso di ottenere risultati quasi in utile e di remunerare in modo adeguato l'imprenditore reale.

Rispetto all'anno precedente tuttavia, il basso prezzo di mercato del pomodoro ha permesso margini di guadagno più contenuti. I risultati migliori si sono osservati con le tesi Imax.



Prove dimostrative sull'idroserra

Premessa; test1 comparazione idroserra a ciclo aperto e a ciclo chiuso (vasca di recupero) 2009; test 2 comparazione idroserra a ciclo aperto e a ciclo chiuso (vasca di recupero) 2010 e considerazioni; sui risultati; test 3 comparazione tubo Sbrinex – diffusori dinamici; test 4 comparazione con doppio rivestimento in plastica della serra; test 5 comparazione con schermo termico, descrizione degli schermi termici, rendimento a confronto, conto economico e confronto con imbiancatura a calce.

Nella valutazione di bilancio globale delle attività dimostrative svolte in tema di ottimizzazione della gestione energetica del sistema di riscaldamento invernale in uso nella piana di Foni a scorrimento di acqua sulla copertura della serra, denominato "idroserra", nella consapevolezza dell'enorme impatto ambientale che questa "tecnologia" fa gravare sul territorio, erano due gli aspetti basilari da affrontare:

- 1) come massimizzare gli apporti energetici in termini di elevato indice di efficienza degli input
- 2) come massimizzare gli effetti dell'azione termoregolatrice del film d'acqua

In merito al punto 1) è stato importante indagare e acquisire la conoscenza dell'interazione dei fattori contestualmente presenti ed incidenti sulle modificazioni del bilancio energetico dell'idroserra orientando le ricerche sulle possibili migliorie apportate dall'adozione di:

- a) coperture ad elevata trasmittanza,
- b) allestimento di doppia camera
- c) schermi termici alluminizzati
- d) aumento della cubatura degli apprestamenti



Per il punto 2) è stato necessario verificare, con la doverosa attenzione, quali sono le migliori performance insite nelle possibili adozioni di metodiche alternative per la dispersione dell'acqua:

- tubo sbrinex
- diffusori statici
- diffusori dinamici

Nei paragrafi che seguono sono riassunti i risultati comparativi di tutte le prove effettuate sull'idroserra

In riferimento alle definizioni utilizzate si sottolinea che:

- il termine "S1" o "Serra 1" fa riferimento esclusivo alla serra sostenibile in cui sono state applicate le metodiche e le tecniche giudicate migliorative alle pratiche agricole consuete o tradizionali;
- il termine "S2" o Serra 2" o "testimone" fa riferimento alla serra considerata come controllo in cui le pratiche agricole sono state condotte con i metodi e le tecnologie in uso locale consueto, tradizionale o standard;
- il termine "S3" o "Serra 3" fa riferimento esclusivo ad una terza serra appositamente utilizzata ed attrezzata per la conduzione della prova sul doppio rivestimento plastico (test n.4) ai fini migliorativi del grado di isolamento termico.

Nella lettura dei capitoli successivi si dovrà tenere conto che spesso viene citato un differenziale di temperatura (T) interna alle serre citato come "T centro o centrale" e "T lato o laterale". Questo è dovuto al fatto di un diverso gradiente di temperatura interna alla serra in vicinanza dei lati interni dovuto al cosiddetto "effetto bordo", ovvero al fatto che le pareti laterali lasciano comunque trapelare una parte della temperatura esterna alla serra che si mischi a quella interna. Tale differenziale può raggiungere anche 1,5° o più a seconda delle temperature esterne e del grado di isolamento termico.

Test n.1 del 20-21 dicembre 2009 : idroserra con tubo Sbrinex. Rendimento termico del ciclo aperto (convenzionale) a confronto con il ciclo chiuso (recupero in vasca dell'acqua).

Nel corso del mese di novembre 2009 non sono stati attivati gli impianti antibrina in quanto le temperature minime della notte non sono mai scese al disotto dei 6 °C e, solamente nel mese di dicembre, limitatamente alla notte tra il 20 e 21 si è registrata l'attivazione dei due sistemi antibrina. Di seguito vengono evidenziati in dettaglio i dati dell'analisi sugli andamenti delle temperature (Cfr. Tab .10, Fig. 28,29), gli intervalli di attività delle pompe (Tab. 11) e la dinamica delle temperature dell'acqua (Fig. 30).

Analisi idroserra del 20-21/12/2009									
Ora e minuti dell'intervallo	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura aria centro S1 media °C	Temperatura aria centro S2 media °C	Temperatura aria lato S1 media °C	Temperatura aria laterale serra S2 media °C	diff. Centro/esterno testimone	diff. Centro/esterno idroserra	diff. Laterale/esterno testimone	diff. Laterale/esterno idroserra
1600	6,5	10,8	10,5	10,5	13,6	4,0	4,3	7,1	4,0
1700	5,4	5,8	7,5	5,6	6,7	2,2	0,4	1,4	0,2
1800	3,3	4,3	5,1	3,1	3,0	1,9	1,0	-0,3	-0,1
1900	3,0	3,2	2,8	1,8	1,1	-0,2	0,2	-2,0	-1,2
2000	0,8	2,8	2,2	1,2	0,7	1,3	1,9	-0,1	0,4
2100	0,4	3,8	3,4	2,2	1,5	3,0	3,4	1,1	1,8
2200	0,1	3,1	3,5	1,4	1,7	3,4	3,0	1,6	1,3
2300	-0,3	2,1	3,7	0,4	1,7	3,9	2,4	2,0	0,7
2400	0,3	1,8	3,6	0,1	1,8	3,3	1,5	1,6	-0,2
100	0,8	1,8	3,6	0,5	2,1	2,8	1,0	1,2	-0,3
200	1,4	1,8	3,8	0,7	2,3	2,4	0,4	0,9	-0,8
300	2,3	2,4	4,5	1,6	3,4	2,2	0,1	1,1	-0,7
400	2,5	2,6	5,3	1,9	4,2	2,8	0,2	1,8	-0,6
500	3,1	2,7	6,0	2,1	5,0	2,8	-0,4	1,9	-1,1
600	4,1	2,8	6,4	2,4	5,5	2,3	-1,3	1,3	-1,7
700	3,8	2,8	6,3	2,4	4,9	2,5	-1,0	1,1	-1,5
800	4,2	2,8	6,0	2,2	4,8	1,8	-1,4	0,7	-1,9
900	4,7	3,6	6,8	3,4	5,8	2,1	-1,2	1,1	-1,3
Media	2,6	3,4	5,1	2,4	3,9	2,5	0,8	1,3	-0,2

Tab. 10. Comparazione dati climatici idroserra (S1) e testimone (S2) tra il 20-21/12/2009

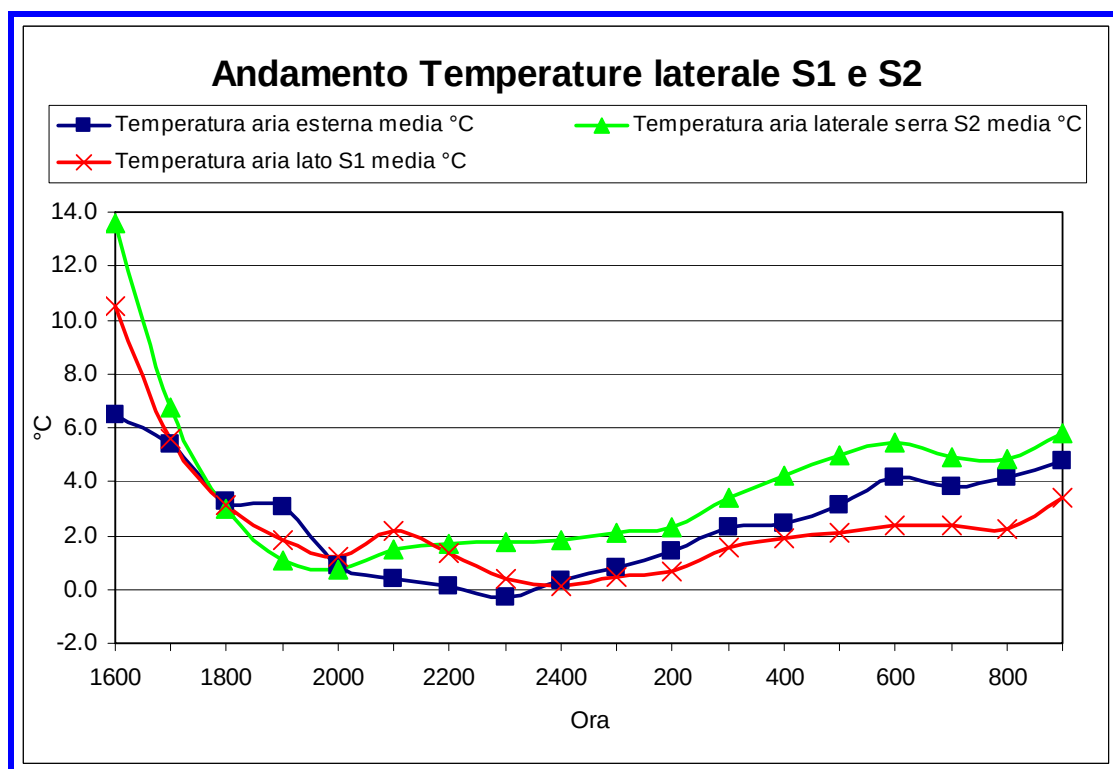
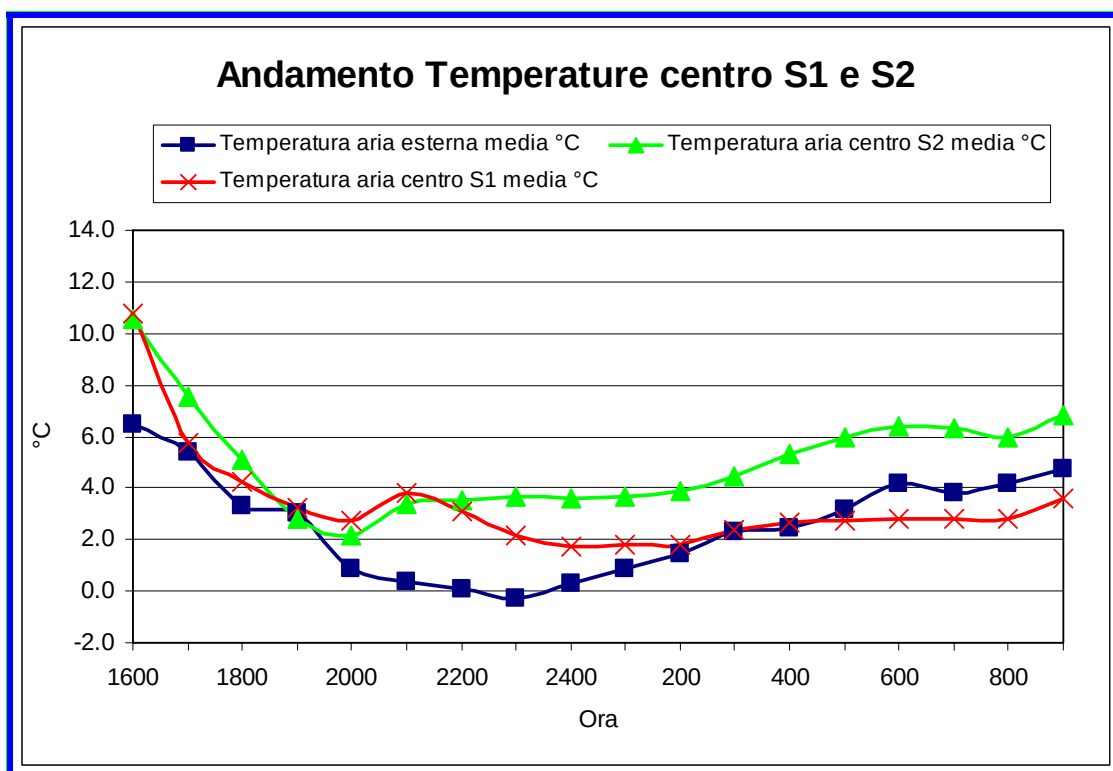


Fig. 28, 29. Andamento temperature interne centrali e laterali dell'idroserra (S1) e del testimone (S2) tra il 20-21/12/2009.

Tab. 11. Attività delle pompe

Intervallo attività idroserre 20-21/12/2009						
Ora e minuti dell'intervallo	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura acqua vasca S1 media °C	Temperatura acqua in uscita serra S2 media °C	Temperatura acqua pozzo serra S2 media °C	Volume acqua pompato nell'intervallo nella S1 metri cubi	Volume acqua pompato nell'intervallo nella serra S2 - metri cubi
1600	6,5	2,7	8,0	12,1	0,0	0,0
1700	5,4	2,6	6,4	13,5	2,6	3,1
1800	3,3	2,3	4,5	13,0	0,0	7,3
1900	3,0	1,6	6,1	9,3	0,0	7,2
2000	0,8	1,2	5,2	16,8	8,3	2,1
2100	0,4	2,0	4,2	17,8	9,2	0,6
2200	0,1	2,1	3,3	17,9	9,4	7,2
2300	-0,3	1,5	3,1	17,9	8,6	7,1
2400	0,3	1,0	2,9	17,9	8,3	7,1
100	0,8	0,6	2,9	17,9	8,6	7,0
200	1,4	0,4	2,3	17,9	8,6	7,0
300	2,3	0,2	4,2	17,9	8,6	6,9
400	2,5	0,1	5,1	17,9	8,6	6,9
500	3,1	0,1	6,4	17,9	8,6	6,8
600	4,1	0,1	6,0	17,9	8,6	6,8
700	3,8	0,0	4,5	17,9	8,6	6,7
800	4,2	0,0	5,8	17,9	7,7	6,7
Media		1,0	4,6	16,7		
Tot mc					114,2	96,3

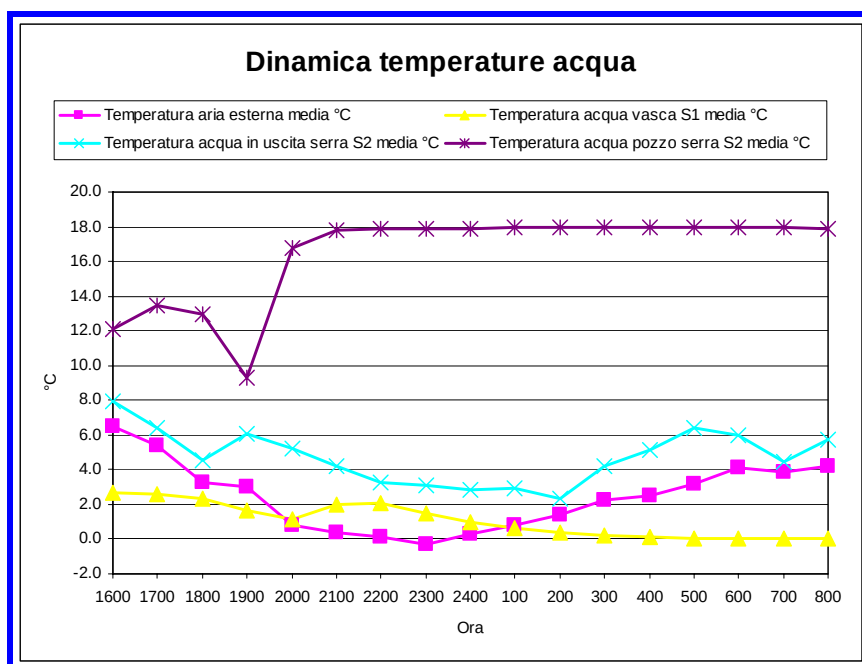


Fig. 30. Comparazione temperature e consumo acqua dell'idroserre (S1) e del testimone (S2) tra il 20-21/12/2009



ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

A partire delle ore 17 del 20/12 la T media aria esterna è iniziata a scendere, da + 5,4 °C per arrivare a toccare il minimo assoluto alle ore 23 con – 0,3°C.

All'avvio delle elettropompe (P1, P2) , alle ore 17, le T aria centro serra erano rispettivamente di + 4,3 °C per la S1 e di + 3,0 °C per la S2 con una modesta differenza di 1,3 °C.

La temperatura nell'indicatore del sensore che attiva le pompe era di + 4 °C , prossima al massimo teorico della temperatura minima letale che va da 0 a + 4 °C.

ATTIVITÀ DELLE POMPE E VOLUMI TRANSITATI

La portata oraria dei flussi due sistemi a confronto è stata resa simile agendo sulla regolazione dei lumi delle due valvole a sfera presenti a valle delle due pompe ed è risultato essere di 8,15 metri cubi /ora.

La pompa P1 è stata attivata alle ore 17 e si è spenta alle ore 8 per un totale di 14 ore di esercizio movimentando complessivamente 114,2 mc di acqua, interamente riciclati.

La pompa P2 è stata attivata alle ore 17 e si è spenta alle ore 7 per un totale di 13 ore di esercizio movimentando complessivamente 96,3 mc di acqua, lasciati a dispersione nel terreno e nel fosso aziendale.

Il volume di acqua disperso è pari 4,6 litri/m², rapportando questo volume su una superficie di un ettaro abbiamo una dispersione pari a 644 metri cubi di acqua dispersi nel corso di una durata di attività per 14 ore dell'idroserra a ciclo aperto

AZIONE TERMOREGOLATRICE DELL'IDROSERRA

Il fluire dell'acqua sulle volte delle serre S1 e S2 ha determinato delle dinamiche dei valori delle T aria centro e T aria lato ove si nota molto chiaramente come le T medie della S1 siano inferiori delle corrispondenti T della S2.

Alle ore 17 (avvio pompe) la T aria centro S1 era inferiore di 1,7 °C della T aria centro S2 (rispettivamente di +5,8 e 7,5 °C)

Alle ore 19 (del 20/12) per quanto riguarda la T aria centro si registrava una vicinanza di valori della TS1 e TS2 rispettivamente a +3,2 e 2,8 °C con l'aria esterna a +3,0 °C.

La differenza si è poi manifestata a partire dalle ore 23 quando la TCS 1 (Temp. Centro S1) risultava essere di + 2,1 °C e la TCS 2 è di +3,7 °C con una differenza di + 1,6 °C a vantaggio della S 2.

Differenza che si è pressoché mantenuta costante per tutto il periodo di attività delle due "aperture" dove il valore medio risulta essere di + 1,7 °C.

In merito alla dinamica delle temperature registrate in prossimità del lato serra S1 e S2 si evince chiaramente "l'effetto bordo" ove infatti abbiamo la T LS1 (Temp. Lato) di 1,6 °C rispetto alla T L S2 di 2,7 °C con una differenza di 1,1 °C.

La T L S1 nell'intervallo, dalle ore 20 alle ore 08, è di +1,5 °C con un valore minimo massimo di +0,1 °C alle ore 24 mentre la T L S2 è +3,1 con un minimo massimo di +0,7 °C la differenza media tra TL S1 e TL S2 era di +1,5 °C a vantaggio della S2.

Questo gradiente termico è imputabile a diversi fattori:

- ai moti convettivi dell'aria interna;
- alle perdite di calore per convezione/conduzione dalle superfici delle fiancate laterale e delle superfici delle testate;
- alla oggettiva impossibilità di ottenere una perfetta chiusura nei punti più critici delle strutture sul perimetro, in particolare nei punti di impluvio, nelle finestrate e altri ben individuabili, da queste aperture si ha fuoriuscita di aria interna (più calda) verso l'esterno si da compromettere il rendimento termico dell'idroserra.

Si vuole far notare che nel caso specifico della serra S1, a differenza della serra S2, le due superfici delle fiancate laterali non sono termoregolate del flusso laminare dell'acqua in quanto questo è captato dalle grondaie e convogliato, tramite calatoie e collettori, alla vasca di recupero/riciclo, viene quindi così a crearsi, tra le due serre una importante differenza di superficie non termoregolata pari 248 m².

Questo è un aspetto strutturale importante ai fini del rendimento termico dell'idroserra con riciclo che, associato alla temperatura dell'acqua accumulata/riciclata in vasca, determina la sensibile differenza della T aria ai lati delle due serre a confronto.



Fig. 31, 32. S2 (a sinistra) : formazione del ghiaccio sulle pareti laterali, S1 (a destra) assenza di ghiaccio sulle pareti laterali perché l'acqua è captata dalla grondaia.



INVERSIONE TERMICA

Questo fenomeno, molto frequente nel periodo invernale è più accentuato nelle “serre fredde” con le coperture di polietilene - per esempio rispetto al vetro - e si ha quando la temperatura dell'aria interna alla serra registra valori inferiori alla temperatura dell'aria esterna.

Il raffreddamento della copertura trasparente di polietilene dovuto alle perdite di calore per irraggiamento e conduzione è strettamente correlato alle caratteristiche di emissività del materiale plastico e alla formazione della condensa.

Nel caso specifico oggetto di studio cioè l'idroserra, in merito al bilancio energetico, alle caratteristiche di emissività proprie del polietilene vanno associate gli effetti indotti dal velo d'acqua permanentemente fluente sulla superficie delle volte, mentre non interviene l'azione della formazione di condensa in quanto il lato interno delle coperture è stato trattato con il prodotto ad azione anticondensa.

Alle ore 05, con la T aria minima esterna a +3,1 °C si presentavano le condizioni di temperatura “T aria serra/T aria esterna” tali da far insorgere, per la sola serra S1, il fenomeno dell'inversione termica: infatti si aveva +3,1 °C di minima esterna contro il +2,1 °C del lato serra e +2,7 °C della T centro serra.

TEMPERATURA DELL'ACQUA IN USO SULL'IDROSERRA

Così come previsto dal programma dimostrativo, la serra S2, è stata termoregolata da un flusso di acqua che registra alla partenza dal pozzo una T costante pari a +17,9 °C per poi dare una T media di + 4,9 °C al punto di scarico nel fosso aziendale con una perdita di 13,0 °C.

La serra S1 ha ricevuto un flusso di acqua che, già in partenza, in quanto accumulata in vasca a pelo libero e a contatto con l'aria registrava una temperatura pari a +2,6 °C, valore che ha conservato per un intervallo molto breve infatti si è rapidamente raffreddata per attestarsi a valori medi di + 0,1/0,2 °C .

Ciò ha generato un discreto aumento di formazione di ghiaccio sulle volte della serra S1 limitatamente all'area di scorrimento dell'acqua, rispetto alla stessa posizione della serra S2. Infatti nella serra S2, per effetto dello scorrimento continuo di acqua con T costante > di +10/12 °C tra il ghiaccio e la plastica si ha avuto una modesta produzione e deposizione di ghiaccio mentre ciò non avveniva nell'idroserra con riciclo dove la bassa temperatura dell'acqua accumulata in vasca facilitava la neoformazione di ghiaccio sottraendo così importanti volumi di acqua al sistema. E' intuibile prevedere quindi che, se nel corso della notte si fossero presentate delle condizioni climatiche con basse temperature e cielo sereno predisponenti gelate di tipo radiativo o peggio con la concomitante azione di venti freddi che danno luogo a gelate di tipo avvertivo si avrebbe avuto il blocco totale del corpo idrico in circolo per completo congelamento dell'acqua.

La formazione di ghiaccio iniziava all'interno delle grondaie predisposte per la raccolta dell'acqua e renderne così possibile il riciclo, ma una sua progressiva deposizione nell'alveo della grondaia stessa veniva ad ostacolare il regolare deflusso dell'acqua sino a provocarne la fuoriuscita compromettendo così la sostenibilità del metodo.

Test n. 2 del 23 gennaio 2010 : ripetizione test tubo Sbrinex a ciclo aperto e ciclo chiuso

La coltura presente all'interno delle serre, al momento del test era il pomodoro.

Le piantine, da vivaio sono state messe a dimora il giorno 20 gennaio, e protette con TNT (Tessuto Non Tessuto) appoggiato sulle stesche (Cfr. Fig. 33).

Questa protezione, con grammatura di 17 gr/mq, è adottata normalmente dalle aziende, per aumentare il livello di protezione delle piantine.

Dalle rilevazioni effettuate risulta che induce un incremento di + 1,8 / 2 °C dell'aria confinata tra il tessuto ed il terreno rispetto alla T dell'aria al di sopra del telo stesso.



Fig. 33. Protezione delle piantine con TNT

Analisi idroserra del 23/01/2010									
Ora e minuti dell'intervallo	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura aria centro S1 media °C	Temperatura aria centro S2 media °C	Temperatura aria lato S1 media °C	Temperatura aria laterale serra S2 media °C	diff. Centro/esterno testimone	diff. Centro/esterno idroserra	diff. Laterale/esterno testimone	diff. Laterale/esterno idroserra
100	5,3	4,0	5,0	4,4	4,2	-1,3	-0,2	-0,9	-1,1
200	4,1	2,8	4,4	3,3	3,5	-1,3	0,3	-0,7	-0,6
300	4,2	2,2	4,2	2,9	3,2	-2,0	0,0	-1,3	-1,0
400	3,4	2,2	4,1	2,3	3,2	-1,2	0,7	-1,1	-0,2
500	2,9	2,0	4,4	2,0	3,4	-0,9	1,5	-1,0	0,5
600	2,6	1,7	4,5	1,9	3,5	-1,0	1,9	-0,8	0,9
700	1,2	1,4	4,6	0,9	3,4	0,2	3,4	-0,2	2,2
800	1,7	1,5	4,8	0,8	3,7	-0,3	3,1	-1,0	2,0
900	4,2	3,6	8,8	3,3	7,2	-0,5	4,6	-0,8	3,0
Media	3,3	2,4	5,0	2,4	3,9	-0,9	1,7	-0,9	0,6

Tab. 12. Comparazione dati climatici idroserra (S1) e testimone (S2) il 23/01/2010

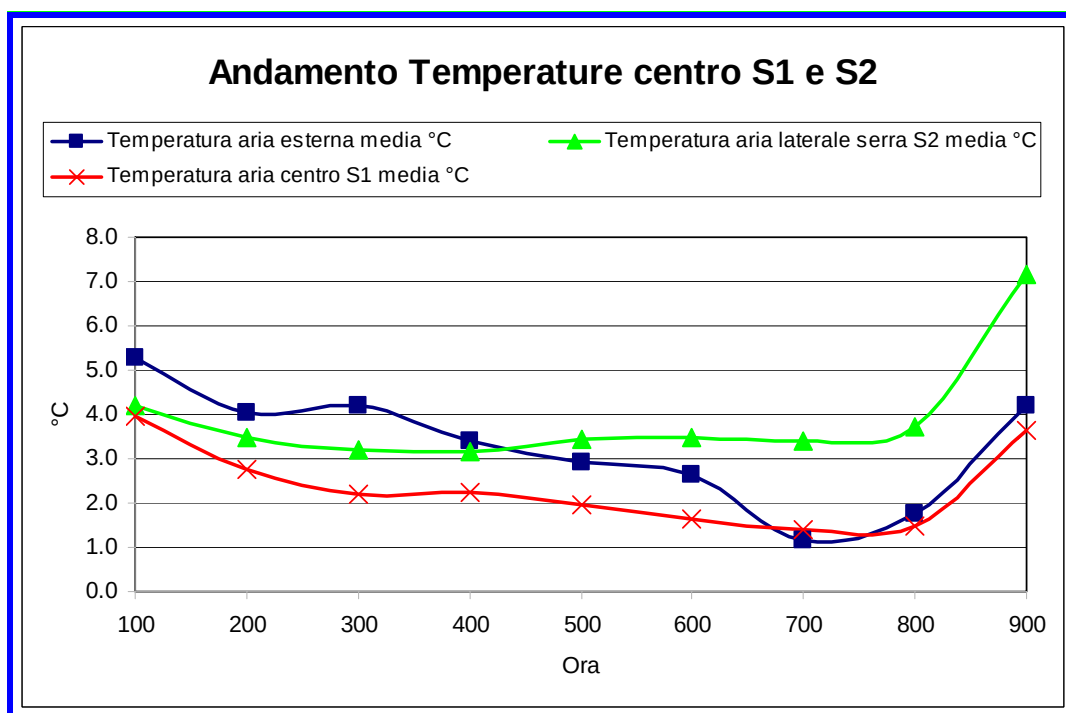


Fig. 34. Andamento temperature interne centrali dell'idroserra (S1) e del testimone (S2) il 23/01/2010.

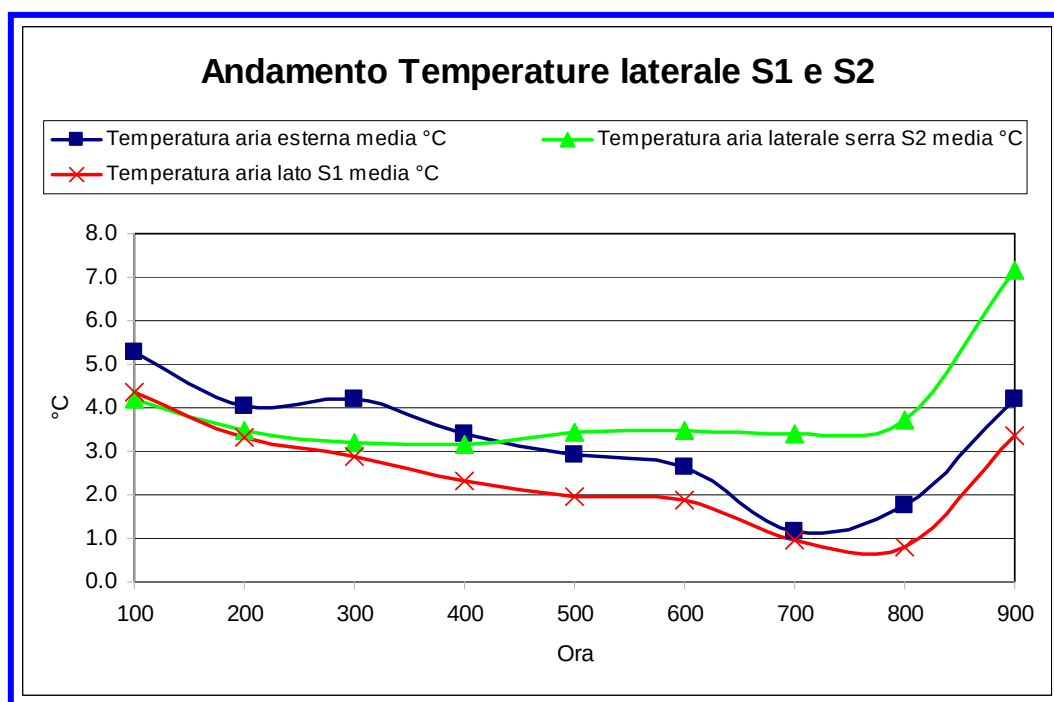


Fig. 35. Andamento temperature interne laterali dell'idroserra (S1) e del testimone (S2) il 23/01/2010.

Intervallo attività idroserre 23/01/2010						
Ora e minuti dell'intervallo	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura acqua vasca S1 media °C	Temperatura acqua in uscita serra S2 media °C	Temperatura acqua pozzo serra S2 media °C	Volume acqua pompato nell'intervallo nella S1 metri cubi	Volume acqua pompato nell'intervallo nella serra S2 - metri cubi
100	5,3	4,0	5,1	17,3	6,13	0
200	4,1	4,0	5,6	17,3	6,1	0
300	4,2	3,5	4,1	17,3	6,01	3,94
400	3,4	1,9	4,8	17,7	8,04	5,07
500	2,9	1,1	4,1	17,9	8,85	4,93
600	2,6	0,5	3,7	17,8	8,81	4,87
700	1,2	0,2	3,9	17,8	8,77	4,79
800	1,7	0,1	3,9	17,8	8,74	4,78
900	4,2	0,0	4,0	14,1	2,36	2,95
Media		1,7	4,4	17,2		
Tot mc					63,8	31,3

Tab. 13. Comparazione temperature e consumo acqua dell'idroserra (S1) e del testimone (S2) il 23/01/2010

Intervallo attività idroserre 23/01/2010						
Ora e minuti dell'intervallo	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura acqua vasca S1 media °C	Temperatura acqua in uscita serra S2 media °C	Temperatura acqua pozzo serra S2 media °C	Volume acqua pompato nell'intervallo nella S1 metri cubi	Volume acqua pompato nell'intervallo nella serra S2 - metri cubi
100	5,3	4,0	5,1	17,3	6,13	0
200	4,1	4,0	5,6	17,3	6,1	0
300	4,2	3,5	4,1	17,3	6,01	3,94
400	3,4	1,9	4,8	17,7	8,04	5,07
500	2,9	1,1	4,1	17,9	8,85	4,93
600	2,6	0,5	3,7	17,8	8,81	4,87
700	1,2	0,2	3,9	17,8	8,77	4,79
800	1,7	0,1	3,9	17,8	8,74	4,78
900	4,2	0,0	4,0	14,1	2,36	2,95
Media		1,7	4,4	17,2		
Tot mc					63,8	31,3

Tab. 14. Comparazione temperature e consumo acqua dell'idroserra (S1) e del testimone (S2) il 23/01/2010

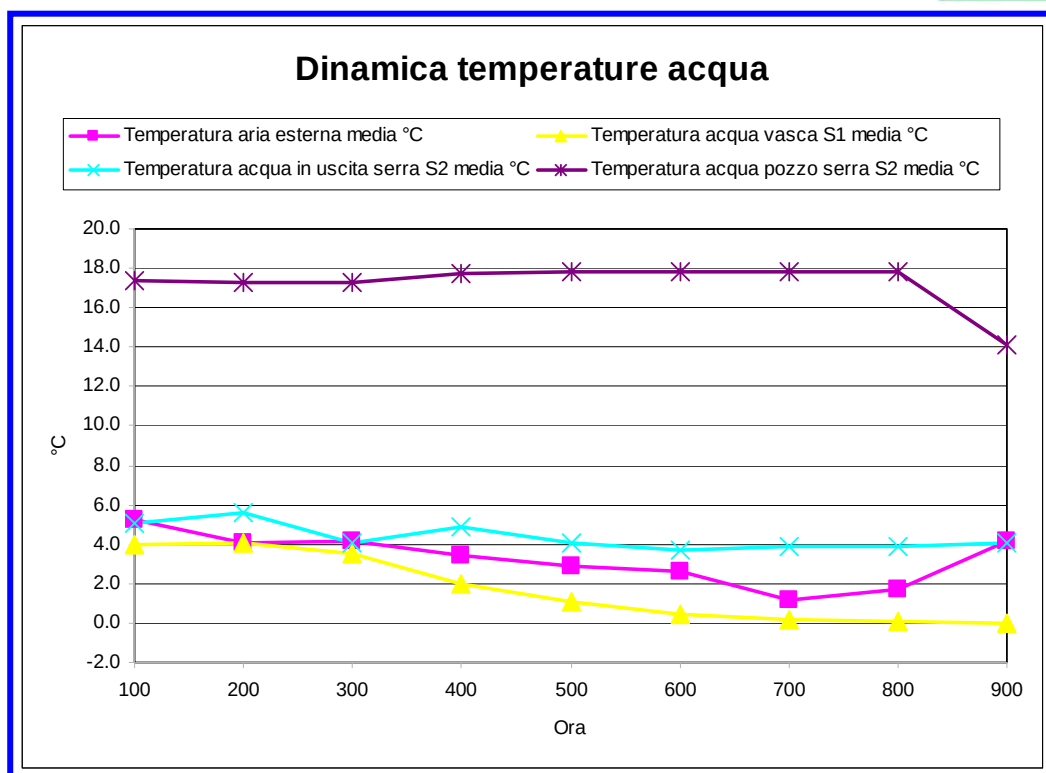


Fig. 36. Dinamica temperature dell'acqua

Come si evince dalla consultazione della Tab. 36 sulla dinamica temperature acqua, dove sono riportati i valori dei parametri normalmente monitorati nel corso della dimostrazione idroserra, risulta che, nella notte del 23 gennaio, l'idroserra S1 è entrata in attività alle ore 01 con la T aria esterna a + 5,26°C e la T C S1 a + 3,97°C. Tale attività è continuata sino alle ore 09 con una durata quindi di nove ore.

L'idroserra S2 è entrata in funzione alle ore 03 quando la TC S2 è di + 4,18 °C. Sono stati prelevati 31,32 metri cubo dal pozzo artesiano P2 a servizio della serra S2, mentre per la serra S1 si è praticato il recupero e riciclo del volume d'acqua già accumulato in vasca (circa 16 mc) tramite il ciclo chiuso.

La T minima media dell'aria esterna si è registrata alle ore 6.44 ed è risultata essere di + 1,2 °C. Alla stessa ora la T C S1 era di +1,4 °C, la T C S2 era di + 4,6 °C. Si aveva quindi un differenziale termico di 3,2 °C riferito al centro serra.

La T L S1 media era di + 2,4 °C mentre la T L S2 era di + 3,9 °C con un differenziale di + 1,5 °C.

I valori medi delle temperature (°C) nel periodo delle attività delle due serre sono stati i seguenti:



T aria esterna	T aria lato S1	T aria lato S2	T aria centro S1	T aria centro S2
3,3	2,4	3,9	2,4	5
Differenza (S2-S1)	-	1,5	-	2,6

Tab 15. Differenziale termico interno fra le serre S1 e S2 riscontrato il 23/01/2010

Il differenziale termico dei centro serra tra la serra S1 (a riciclo) e la serra S2 (a dispersione) risultava di +2,6 °C, mentre il differenziale sui lati era di + 1,5 °C.

Questi risultati sono molto prossimi a quelli del test effettuato il 20 Dic 2009 a conferma quindi che la differenza del rendimento termico tra le due serre è dovuto alla dispersione di calore della serra 1 riconducibile alla assenza di acqua sulle pareti laterali in quanto captata dalle grondaie e riportata nella vasca di accumulo.

E' importante sottolineare che anche per la idroserra S2 , con ciclo a perdere, si è comunque fatto ricorso al tessuto non tessuto a ulteriore protezione delle piantine di pomodoro, in quanto la T media della serra è prossima alla T minima letale del pomodoro (0-2 °C).

I valori ottenuti nella idroserra S1 sono stati prossimi al minimo letale, in particolare per le piante delle file esterne, in questo caso il posizionamento del TNT è stato indispensabile per evitare sicuri danni da gelo alle piante.

Considerazioni sui risultati conseguiti nel corso del primo ciclo dimostrativo

Questo primo ciclo dimostrativo consentiva di prendere atto che le performance in termini di rendimento energetico dell' idroserra a ciclo aperto (S2) confrontate con quelle dell'idroserra a ciclo chiuso (S1) sono state evidentemente dissimili anche se non molto distanti in valore assoluto.

Da notare che i valori della T aria centro della S1 non raggiungevano le soglie delle minime letali delle coltivazioni orticole normalmente presenti nel periodo invernale

Per facilitare le riflessioni si riportano in Tab. 16 i valori medi (°C) ottenuti nel periodo del primo ciclo di attività della serra S1 e S2:

T media esterna	T media centro S1	T media centro S2	T media lato S1	T media lato S2
1,8	2,6	4,5	1,5	3,1
Differenza		1,9		1,6

Tab. 16. Valori medi di temperature interne fra le due serre S1 e S2

E' doveroso porre l'attenzione su alcuni aspetti:

- 1) la T aria al centro della S1 (+2,6 °C) e S2 (+4,45°C) erano entrambe sempre al di sopra della soglia minima della T minima letale
- 2) la T aria lato della S1 (+1,5 °C) era più bassa di 1,6°C rispetto alla T aria lato della serra S2 (+3,1 °C)

La serra testimone (S2) condotta con le modalità del ciclo aperto, a dispersione dell'acqua, garantiva una maggiore protezione ed affidabilità in termini di risultati conseguiti tali da indurre i coltivatori a perseverare in questa pratica anche se crediamo che sia indispensabile intervenire con soluzioni tecnologiche che consentano agevolmente di limitare l'abuso dei prelievi dai pozzi artesiani.



Fig. 37. La formazione e deposito del ghiaccio nella parte centrale della copertura compresa tra due archi

Test n. 3 del 16 - 17 dicembre 2010. Confronto idroserra con tubo Sbrinex (S2) e idroserra con diffusore dinamico (S1), entrambi a ciclo aperto.



Fig. 38. Particolare del diffusore dinamico

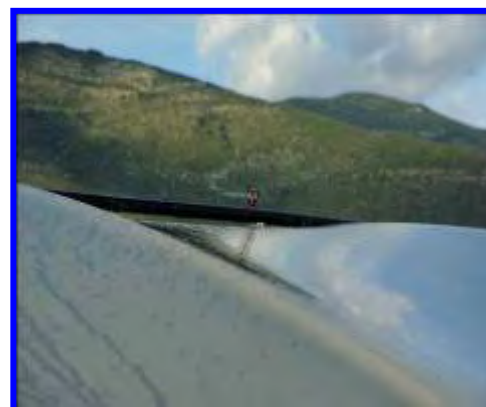


Fig. 39. Diffusore in funzione

Il test condotto per confrontare il rendimento termico dei due metodi messi a confronto è stato molto importante in quanto ho fornito un risultato che attesta una miglior efficienza di questa tecnica rispetto al tubo Sbrinex così come di seguito commentato (cfr. Tab. 17).

data	hhmm	Temperatura aria esterna media °C	Temperatura aria centro S1 media °C	Temperatura aria centro S2 media °C	Temperatura aria lato S1 media °C	Temperatura aria lato S2 media °C	diff Temperatur a centro esterno / S1	diff Temperatura centro esterno / S2	diff T lato esterno / S1	diff T lato esterno / S2
16-dic-10	1800	3,6	7,1	7,4	5,6	5,9	3,5	3,8	2,0	2,3
16-dic-10	1900	2,1	5,3	5,7	3,9	3,9	3,1	3,6	1,8	1,8
16-dic-10	2000	1,1	4,3	4,7	3,4	3,2	3,3	3,6	2,3	2,2
16-dic-10	2100	0,6	4,2	4,5	3,0	3,4	3,6	3,9	2,4	2,7
16-dic-10	2200	0,6	4,2	4,3	3,0	3,3	3,5	3,6	2,3	2,6
16-dic-10	2300	-0,2	3,9	4,0	2,8	3,0	4,1	4,2	3,0	3,2
17-dic-10	0	-0,4	3,8	3,7	2,5	2,8	4,2	4,2	2,9	3,3
17-dic-10	100	-0,5	3,6	3,5	2,4	2,7	4,1	4,0	2,9	3,2
17-dic-10	200	-1,3	3,5	3,3	2,2	2,4	4,8	4,6	3,5	3,7
17-dic-10	300	-1,7	3,4	3,2	2,1	2,1	5,1	4,8	3,7	3,8
17-dic-10	400	-2,2	3,0	3,0	1,8	1,9	5,2	5,1	4,0	4,0
17-dic-10	500	-1,8	2,5	2,7	1,6	1,7	4,4	4,5	3,5	3,5
17-dic-10	600	-1,5	2,3	2,4	1,6	1,6	3,9	3,9	3,1	3,1
17-dic-10	700	-1,6	2,3	2,2	1,5	1,4	3,9	3,8	3,2	3,0
17-dic-10	800	-2,2	2,2	2,1	1,3	1,2	4,3	4,3	3,5	3,4
17-dic-10	900	-0,4	4,3	4,2	3,3	3,1	4,7	4,6	3,6	3,5
17-dic-10	1000	1,5	8,3	8,3	7,1	7,1	6,7	6,8	5,5	5,5
17-dic-10	1100	3,3	10,9	11,9	8,9	10,2	7,6	8,5	5,6	6,9
		-0,1	4,4	4,5	3,2	3,4	4,4	4,5	3,3	3,4

Tab. 17. rendimento termico a confronto serra dotata i Tubo Sbrinex (S2) e di diffusori dinamici (S1)



Per poter condurre il test è stato necessario adottare la serra n.1 di 15 diffusori dinamici che producono, sul colmo della serra, una dispersione dell'acqua con la formazione di una area irrorata di forma circolare. Le goccioline che si formano nel punto di uscita dal diffusore dinamico hanno un calibro medio di 1,5 – 2 mm pertanto non subiscono deviazioni della loro traiettoria anche in presenza di venti di media intensità. Fenomeno al quale sono invece soggette le goccioline prodotte dai diffusori statici, in uso presso alcune aziende, che hanno un calibro inferiore al mm e pertanto sono soggette a sensibili turbative date da venti anche di modesta intensità in grado di allontanare dal colmo della serra la nube protettiva vanificandone così l'azione antibrina.

La distanza dei singoli irrigatori dinamici è di m 4 ed il loro raggio di azione, può variare, agendo sulle saracinesche, con il variare della pressioni di esercizio, normalmente si cerca di realizzare una sovrapposizione di 30-40 cm tra i cerchi contigui.

Questa metodica di idroserra permette un indice di copertura delle superfici, a parità di volumi idrici unitari erogati, notevolmente superiore a quello ottenuto con il tubo Sbrinex.

Le portate di ogni singolo irrigatore e quindi di tutto l'impianto vengono già stabilite al momento dell'installazione con l'adozione di ugelli che, in funzione del diametro del foro, hanno delle portate unitarie in litri/ora tali da consentire la distribuzione di un volume di acqua adeguato al fabbisogno calcolato.

Nel nostro caso sono stati adottati i diffusori dinamici con ugelli del diametro di mm 1 che danno una erogazione di circa 300 L/ora alla pressione di 0,8 -1 atm con un raggio di gittata di 2,5 – 2,8 m.

L'alimentazione dell'acqua agli irrigatori, sempre prelevata tramite la pompa sommersa del pozzo artesiano aziendale, viene addotta tramite dei tubi PE pn4 diametro 40 mm, posizionati all'interno della serra e dotati una piccola staffa che permette, grazie alla presenza di un tubicino in politene morbido dello spessore di mm 1 e diametro mm 6 di raccordarsi all'innesto degli irrigatori.

I test effettuati sono stati eseguiti a "ciclo aperto" in entrambi le serre S1 e S2, cioè con il rilascio dell'acqua nell'ambiente. Questa scelta è stata adottata a fronte delle problematiche emerse nella gestione del "ciclo chiuso con recupero e riuso dell'acqua" con l'impiego del tubo Sbrinex (formazione di ghiaccio nelle canalette).



Le portate unitarie degli impianti S1 (diffusori a 360°) e S2 (tubo Sbrinex) sono state sensibilmente ridotte rispetto a quelle adottate nel corso della precedente dimostrazione (2009-2010) dove venivano normalmente utilizzati volumi d'acqua pari a 8,15 mc/ora per passare a volumi di 5,10 mc/ora per la serra S2 e progressivamente ridotti per la serra S1 in forza di motivazione teoriche che si sono poi confermate valide, precisamente:

- a) – 8% nel test del 14/15 dic
- b) – 27% nel test del 15/16 dic
- c) – 22% nel test del 16/17 dic

Il test della notte tra il 14 e 15 dicembre 2010 è da intendersi come collaudo degli impianti, verifiche dei contaltri e delle portate unitarie.

Infatti l'avvio della pompa P1 è avvenuto alle ore 02 del 15 per un breve intervallo di 1 ora, nel corso del quale la T aria centro S1 (+4,2 °C) è prossima alla T aria centro S2 (+ 4,5°C) con una T aria esterno di + 1,6 °C.

Molto significativo è risultato il test del 16/17 dicembre 2010 dove, come risulta dalla tabella allegata, per diverse ore della notte la T aria esterna si è mantenuta al disotto di 0 gradi per arrivare a toccare un – 2,2 ° alle ore 8 del giorno 17.

L'avvio della protezione antibrina è avvenuto alle ore 22 del 16 per stopparsi alle ore 09 del 17 con un consumo di mc 61,2 per la protezione della S2 e di mc 47,8 per la protezione della S1.

La T media aria centro S1 è sostanzialmente simile a quella della T centro S2 infatti abbiamo + 4,4 ° per S1 e + 4,5 ° per S2 così come sono molto prossime le T aria lato con S1 a + 3,2°e S2 a + 3,4° questa leggera differenza è riconducibile all'assenza dell'acqua sulle pareti laterali della S1 perché, come ben noto, viene intercettata dalle grondaie ivi installate.

Anche nella notte del 15/16 dicembre si sono registrati andamenti simili seppur in presenza di una T aria esterna media sempre al di sopra dei zero gradi (dati disponibili).

I test effettuati con i diffusori dinamici hanno fornito dei risultati molto positivi e testimoniano la netta superiorità di questa metodica, rispetto al tubo Sbrinex, in termini di ottimizzazione dei volumi idrici impiegati, aspetto empiricamente già noto a diversi produttori che recentemente hanno abbandonato il tubo Sbrinex per orientarsi verso gli irrigatori dinamici.



Il risparmio di 14 mc conseguito nel corso del test si traduce in una riduzione dei volumi idrici emunti dalla falda, risparmio che possiamo ritenere nell'ordine del 22-25%, pertanto a parità di rendimento termico, i diffusori circolari, grazie all'elevato indice di copertura della volta e dalla uniformità della stessa, sono da ritenersi molto più performanti del tubo Sbrinex.

Test n. 4 del 3-4 gennaio 2011: doppia camera realizzata con plastica tipo EVA nell' idroserra S3 con tubo Sbrinex in attività, idroserra S2 con tubo Sbrinex in attività

Nota: il test è stato condotto all'interno di una serra, denominata S3, che ha le stesse identiche caratteristiche strutturali della serra S1 e S2, è stata dotata di 3 termometri con data logger impostati al rilevamento della T aria ogni 3 minuti e la restituzione del valore medio ogni 30 minuti, come riportato in Tab. 18..

Questo test è stato condotto per verificare il rendimento termico che si ottiene accessoriando una serra con un film plastico così da ottenere la formazione di una doppia camera. La funzione del film e del volume d'aria che occupa la camera superiore è quella di incrementare la temperatura dell'aria nel corso della giornata e di ridurre, nel corso delle ore notturne, le dispersioni per irraggiamento e conduzione/convezione.

La doppia parete, così come compare nelle immagini (Cfr. Fig. 40, 41), è stata realizzata sia come superficie continua in orizzontale, adagiando i teli sui tiranti trasversali, che in verticale sui lati della serra.



Fig. 40. Serra S3 dotata di doppia camera realizzata con film plastico tipo EVA



Fig. 41. Film disteso e adagiato sui tiranti



Fig. 42. Particolare di una sacca di acqua accumulata per effetto dell'umidità dell'aria.

test idroserra con doppia camera (EVA)				
Data	ore	T aria est.	S. controllo	S. test
03-gen-11	19.00	8,9	9,8	10,5
03-gen-11	19.30	9	9,8	10,5
03-gen-11	20.00	8,8	10	10,6
03-gen-11	20.30	8,3	9,8	10,4
03-gen-11	21.00	8	9,8	10,4
03-gen-11	21.30	8	9,9	10,4
03-gen-11	22.00	8,5	9,8	10,4
03-gen-11	22.30	8	9,6	10
03-gen-11	23.00	7,6	9	9,5
03-gen-11	23.30	7,9	9,1	9,7
03-gen-11	0.00	7,2	8,6	8,9
04-gen-11	0.30	4,3	6,6	7,2
04-gen-11	1.00	5,5	5,2	6,5
04-gen-11	1.30	4	4,7	6,1
04-gen-11	2.00	4,7	6	7,1
04-gen-11	2.30	3,9	5,7	6,7
04-gen-11	3.00	4,4	5,9	6,9
04-gen-11	3.30	5,4	6,3	7,2
04-gen-11	4.00	6,1	6,8	7,6
04-gen-11	4.30	5,4	6,7	7,7
04-gen-11	5.00	5,6	6,9	7,8
04-gen-11	5.30	5,5	7,2	8
04-gen-11	6.00	4,9	6,8	7,5
04-gen-11	6.30	5,1	7,1	7,8
04-gen-11	7.00	5,8	6,9	7,8
04-gen-11	7.30	5,5	7,1	7,8
04-gen-11	8.00	5,2	6,8	7,7
media		7,4	8,3	9

diff T media S diff T media S
 controllo/T test/T media
 media aria est. aria est.

0,9 1,6

Tab. 18. Andamento temperature aria esterna, in S2 (controllo) e S3 (Test EVA)



I valori registrati nell'intervallo che va dalle ore 19.00 del 3 gennaio alle ore 8.00 del 4 gennaio della T aria serra controllo (S2) e della serra con doppia camera (S3) rispetto alla T aria esterna attestano un modesto rendimento termico indotto dalla doppia camera, che ha prodotto un incremento di soli 0,7 °C , la T media della S2 era di 8,3°C contro la T media della S3 pari a 9 °C .

Nel corso della dimostrazione, che si è protratta per 3 settimane, sono emersi diversi inconvenienti, in particolare dovuti alla l'impossibilità della gestione dei teli stessi che, essendo permanentemente distesi sono il ricettacolo dell'acqua di condensazione che va poi a formare delle grosse e voluminose sacche di accumulo creando un potenziale pericolo per le colture sottostanti nel caso di rottura del telo stesso (Cfr Fig. 43).

Inoltre si è, come era prevedibile, avuto un incremento del tasso di umidità relativa a causa della impossibilità di operare sulle aperture laterali con un possibile aggravio di attacchi di patogeni certamente favoriti da umidità elevata.

Associando le considerazioni sino qui evidenziate e il peggioramento in termini di ridotta luminosità interna dovuta all'effetto schermante del secondo film, si conviene di ritenere che questa tecnica della doppia camera con film EVA non sia proponibile quale soluzione in grado di migliorare le performance dell'idroserra convenzionale.

Test n. 5 di gennaio – febbraio 2011: doppia camera con schermo termico e riflettente nella serra S1 con idroserra in pausa a confronto con idroserra S2 in attività

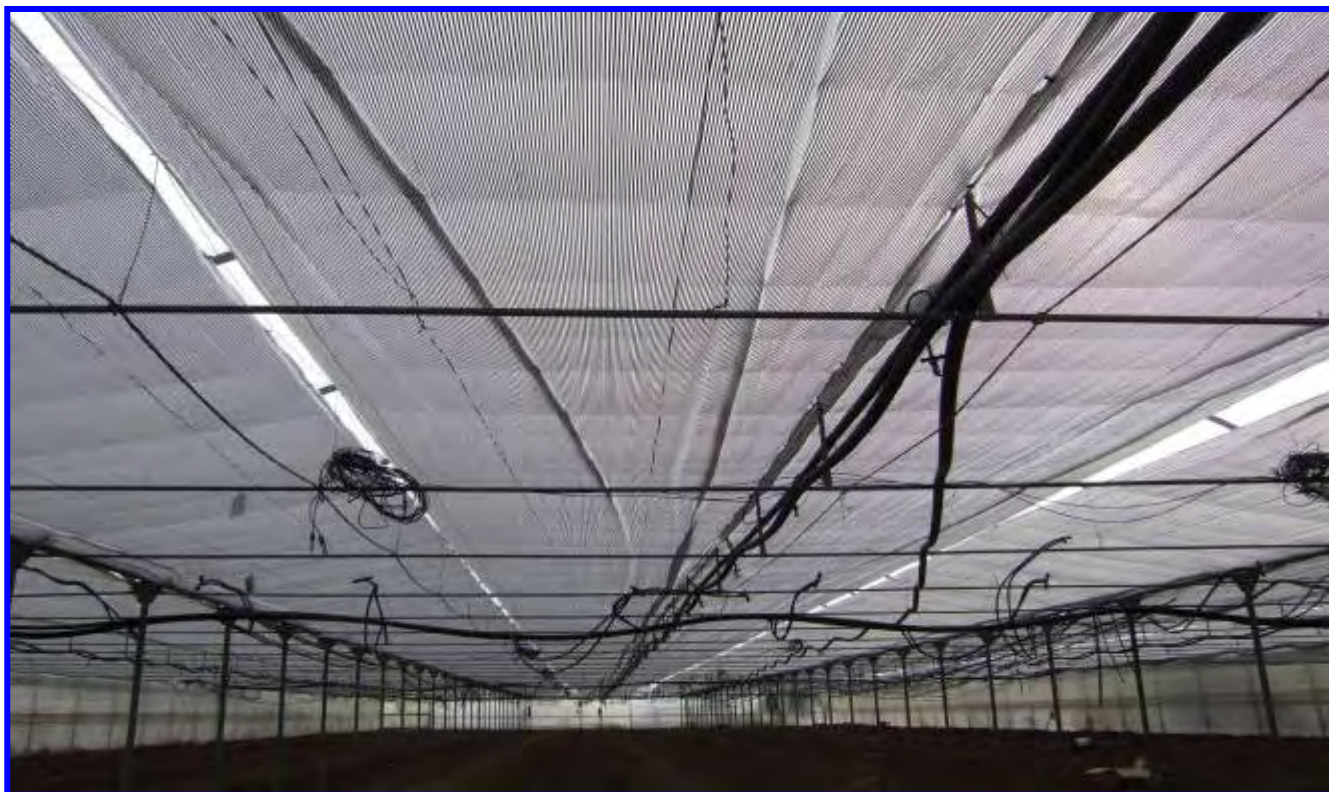


Fig. 44. Una visione degli schermi termici distesi sull'orditura dei cavetti che li sorreggono.

Nell'ambito della ricerca in soluzioni alternative all'idroserra convenzionale è stato realizzato un allestimento con schermi termici all'interno della serra S1 (la serra sostenibile) che consente la creazione di una doppia camera creata dalla presenza dello schermo continuo che veniva disteso in piano e andava a interessare tutta la superficie della serra ad una altezza di cm 240. Nel caso del sito dimostrativo questa altezza è stata ottenuta dotando la serra di una orditura di cavetti in polipropilene del diametro di 1,4 mm, posizionati in senso trasversale con passo di cm. 50 (Cfr. Fig. 44).

Per le installazioni ad hoc, così come realizzate in serre della zona dedite al vivaismo orticolo ed alla floricoltura, sono possibili più soluzioni tecnologiche che prevedono l'installazione di una orditura di cavetti di supporto e la totale meccanizzazione delle operazioni di recupero (chiusura) o di apertura (fase di attività)



degli schermi stessi in modalità elettro-moto assistite e corredate anche da apparecchiature che ne consentono la gestione in modo razionale in funzione delle esigenze micro-climatiche delle colture ospitate nella serra (termometri, misuratori dell'intensità luminosa) con lo scopo di sfruttare al massimo le potenziali produttive delle colture sia in termini quantitativi che qualitativi.

Gli schermi termici, come prima accennato, sono già da diversi anni, adottati in quelle realtà produttive più avanzate e attente alla razionale conduzione economica dell'impresa in quanto consentono, grazie alle loro proprietà, di condizionare il microclima e di permettere un sensibile risparmio nei costi sia del riscaldamento che del raffrescamento delle strutture serricole. Le riduzioni dei consumi energetici sono stimati nell'ordine del 40-50 % a seconda delle varie realtà strutturali e ambientali.

L'idroserra S1 dotata di schermi termici è riconducibile alla tipologia di "serra fredda" così come è l'idroserra convenzionale a ciclo aperto in quanto entrambe non prevedono l'entrata in funzione di generatori di aria calda qualora la T dell'aria interna la serra si avvicinasse alla temperatura minima letale per le colture in atto.

GLI SCHERMI TERMICI

Gli schermi termici utilizzati per il test erano in materiali già disponibili sul mercato, vengono forniti su misura e ben si adattano a tutte le tipologie di serre e prevedono, tramite un kit di accessori, la completa automazione delle loro gestione.

Grazie ai materiali che li compongono sono in grado di modificare sensibilmente i parametri microclimatici più importanti dell'ambiente serricolo:

- temperatura
- luminosità
- umidità relativa.

La tessitura dello schermo prevede un'alternanza di bandelle in alluminio e di bandelle di plastica trasparente intrecciate da fili di cotone naturale (Cfr. Fig. 45).

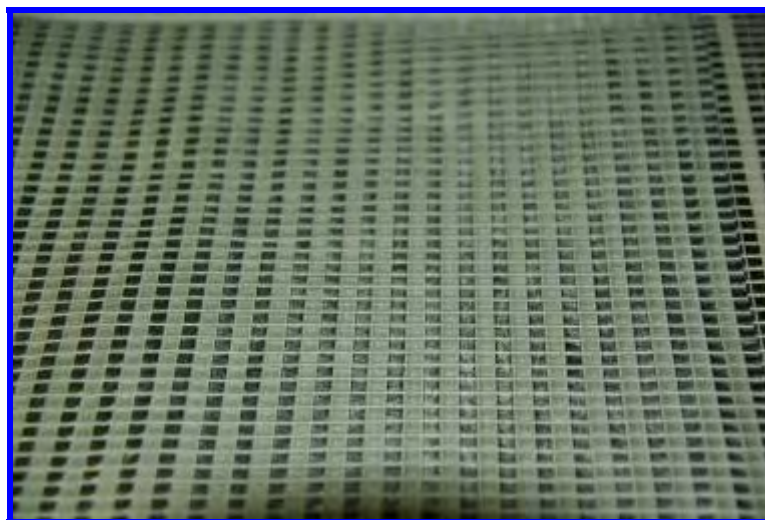


Fig. 45. Particolare dell'orditura dello schermo termico

Ogni bandella è larga mm. 4 e 0,20 mm di spessore. Sono disponibili diverse tipologie di orditura, variando il numero di bandelle in alluminio rispetto al numero delle bandelle in plastica si ottengono effetti termo-luminosi direttamente correlati al rapporto della superficie occupata da queste due componenti. Se aumenta la presenza delle bandelle trasparenti aumenta la percentuale di luce trasmessa e si riduce in proporzione l'azione termoregolatrice, viceversa se aumenta la presenza delle bandelle di alluminio. Questi

gradienti sono ben documentati e permettono agli utilizzatori di fare una scelta oculata in funzione delle esigenze colturali delle coltivazioni ospitate nelle serre.

Per la nostra dimostrazione è stato scelto il tipo intermedio catalogato come PH 55 FP prodotto dalla società BONAR BV (Olanda) che genera un 55% di ombreggiamento, è stabilizzato agli UV, ignifugo, peso: 84 gr al mq.

Da testimonianze dirette è emerso che questo schermo se installato in serra calda, permette un incremento di 5°C della T aria serra e previene la formazione di condensa mantenendo asciutte le colture con grande beneficio ai fini della prevenzione verso i tanti patogeni favoriti dall'umidità ambientale.

In merito alla verificata e confermata proprietà degli schermi termici di ridurre il tasso di umidità dell'aria sin dalle prime ore del mattino è molto importante confrontare il calendario di difesa della serra 1 rispetto al calendario della serra 2 come più avanti commentato.

Lo schermo termico è stato realizzato posizionando n.4 teli in senso longitudinale in ogni arcata per un totale di 12 teli larghi mt 2,15 e lunghi mt 66. La superficie totale dello schermo è di mq 1.485 coincidente con la superficie totale della serra.



Fig. 46. Copertura trattata con latte di calce, pratica resa necessaria per limitare l'eccessivo l'irraggiamento solare estivo che provoca elevate temperature dell'aria, con conseguenze sulla qualità del polline e danni per fisiopatie ai frutti (scottature).



La presenza dello schermo rende superflua la pratica della “calcitazione” o “imbiancatura” della copertura della serra (Cfr. Fig. 46) , infatti sfruttando la proprietà riflettente dell'alluminio, avremo una riduzione delle intense radiazioni solari estive che colpirebbero le colture, il terreno e le strutture di ferro, sortendo un beneficio in termini di riduzione della temperatura dell'aria.

Nel periodo invernale e primaverile, durante la giornata, i teli che compongono lo schermo termico sono raccolti a soffietto nella zona centrale dell'arcata. Questa operazione, anche se eseguita manualmente, avviene con relativa facilità in quanto tramite una serie di cavetti che permettono di operare simultaneamente su tutto il lato lungo del telo, si conclude in 25-30 minuti per una superficie di circa 1500 mq.

La raccolta dei teli si rende necessaria al fine di non ostacolare la penetrazione della luce all'interno della serra, che sappiamo essere un fattore di basilare importanza per quanto riguarda la predisposizione alla fioritura e dell'allegagione dei frutti.

Al contrario, nel periodo estivo, con l'innalzarsi delle temperature diurne si sfrutta la proprietà “rinfrescante” dello schermo ed è possibile data l'elevata intensità delle radiazioni solari proteggere le colture, nel nostro caso il pomodoro, dagli eccessi radiativi. In questo modo si riducono gli stress fisiologici dovuti agli eccessivi sbalzi termici tra il giorno e la notte a tutto vantaggio della produzione.



RENDIMENTO DELLO SCHERMO TERMICO A CONFRONTO CON IDROSERRA CONVENZIONALE (TUBO SBRINEX). TEST DEL 24/25 FEBBRAIO 2011.

Successivamente all'installazione, nella serra S1, dei teli che compongono lo schermo termico sono iniziati i rilievi strumentali. Di seguito riportiamo i dati raccolti nella notte del 24-25 febbraio, caratterizzata da basse temperature.

	Ora	T aria est.	T centro s1	T centro s2	T lato s2	T lato s1
24/02/2011	19	5,7	11,3	9,1	8,0	10,8
24/02/2011	20	5,2	9,2	6,9	5,5	8,4
24/02/2011	21	4,3	8,0	5,5	4,4	7,3
24/02/2011	22	3,7	6,5	5,2	4,1	5,9
24/02/2011	23	3,3	5,5	4,6	3,4	4,8
24/02/2011	24	3,0	4,5	3,9	2,7	3,9
25/02/2011	1	2,9	4,6	3,8	2,9	3,7
25/02/2011	2	2,5	5,5	4,4	3,5	4,4
25/02/2011	3	1,8	5,4	4,5	3,5	4,2
25/02/2011	4	1,5	5,3	4,4	3,5	4,2
25/02/2011	5	1,8	5,0	4,2	3,3	3,8
25/02/2011	6	1,5	4,9	4,1	3,3	3,6
25/02/2011	7	0,1	4,5	3,8	3,0	3,3
25/02/2011	8	1,9	5,1	6,5	4,7	3,7
25/02/2011	9	5,4	10,1	12,7	13,4	9,8
25/02/2011	10	9,2	21,2	19,0	18,6	20,4
media		3,4	7,3	6,4	5,5	6,4

Tab. 19. Andamento temperature esterna e serre S1 (Schermo) e S2 (testimone)

Lo schermo è stato disteso dalle ore 16,30 alle ore 17,00, l'avvio della pompa 1, a servizio solo della serra S2 è avvenuto alle ore 23 del 24/2 con stop alle ore 8 del 25/2 con una durata di ore 9 ed un consumo di 55 metri cubi transitati sulla idroserra S2. L'impianto antibrina sulla S1, invece, è rimasto in pausa.

E' da notare che l'azione termoregolatrice dello schermo ha già prodotto una riduzione delle perdite per irraggiamento sin dalle prime ore della sua entrata in funzione, infatti alle ore 19 la T aria centro e T aria lato della S1 erano sempre più alte di 1 – 1,5 ° C dei corrispettivi valori della S2.

In particolare nell'intervallo ante avvio pompa la T S1 era maggiore della T S2 di + 1,8° C mentre nell'intervallo di attività idroserra la T S1 era maggiore della T S2 di + 0,6 °C.

periodo ante avvio pompa						
	Ora	T aria est.	T centro s1	T centro s2	T lato s2	T lato s1
24/02/2011	19	5,7	11,3	9,1	8,0	10,8
24/02/2011	20	5,2	9,2	6,9	5,5	8,4
24/02/2011	21	4,3	8,0	5,5	4,4	7,3
24/02/2011	22	3,7	6,5	5,2	4,1	5,9
24/02/2011	23	3,3	5,5	4,6	3,4	4,8
media		4,4	8,1	6,3	5,1	7,4
periodo attività pompa						
	Ora	T aria est.	T centro s1	T centro s2	T lato s2	T lato s1
24/02/2011	23	3,3	5,5	4,6	3,4	4,8
24/02/2011	24	3,0	4,5	3,9	2,7	3,9
25/02/2011	1	2,9	4,6	3,8	2,9	3,7
25/02/2011	2	2,5	5,5	4,4	3,5	4,4
25/02/2011	3	1,8	5,4	4,5	3,5	4,2
25/02/2011	4	1,5	5,3	4,4	3,5	4,2
25/02/2011	5	1,8	5,0	4,2	3,3	3,8
25/02/2011	6	1,5	4,9	4,1	3,3	3,6
25/02/2011	7	0,1	4,5	3,8	3,0	3,3
25/02/2011	8	1,9	5,1	6,5	4,7	3,7
media		2,0	5,0	4,4	3,4	4,0

Tab. 20. Periodi di attività delle pompe S1 (Schermo) e S2 (testimone)

Grazie alla termoregolazione della serra indotta dallo schermo termico, per la notte del 24/25 febbraio 2011 è stato reso possibile un risparmio di 370 mc. di acqua per ettaro di serra, confermando lo schermo termico come una valida alternativa all'idroserra convenzionale, così come si è via via riconfermato per tutte le nottate che hanno richiesto l'avvio dell'idroserra convenzionale.

Riportiamo, come dato aggregato che, nel corso del mese di febbraio 2011, il sistema idroserra della S2 è entrato in funzione nel corso di sette nottate, per un totale di 67 ore di attività.

Questi interventi che hanno necessitato di un prelievo di 41,1 mc di acqua per ogni ora di attività, hanno dato un consumo totale per il mese di febbraio di ben 2.754,4 mc.

Il consumo di acqua usato a scopo antibrina, per 1 ettaro di serre, nel corso del mese di febbraio 2011 ha determinato il prelievo di circa 18.500 metri cubi di acqua, un enorme volume d'acqua



che supera di gran lunga il fabbisogno totale irriguo annuale di un ettaro di serra che possiamo individuare in 5.000 – 7.000 metri cubi.

La conduzione in alternativa, resa possibile con il ricorso agli schermi termici ha confermato la sua validità così come risulta dai dati dimostrativi acquisiti, offrendo quindi una soluzione oltremodo auspicabile in difesa della risorsa idrica profonda, che sappiamo essere un bene unico, limitato e da tutelare con la massima risolutezza.

I produttori dovranno soppesare con molta attenzione gli indubbi vantaggi apportati dalla installazione degli schermi termici alluminati, sia dal lato della loro reale e praticabile alternativa all'idroserra nel corso del periodo invernale, che dai vantaggi derivanti dall'azione rinfrescante nel periodo primaverile-estivo.



Conto economico e confronto tra l'idroserra con imbiancatura e lo schermo termico.

Miglioramento del microclima interno alla serra, risparmio di trattamenti fitosanitari, confronto dei costi di difesa, conto economico e confronto con imbiancatura a calce, bilanci sintetici costi con ammortamento annuo.

Per esprimere un giudizio di convenienza su basi economiche si riportano alcuni dati che sono utili per poter fare, anche se in modo sintetico, un raffronto dei costi derivanti dall'installazione dello schermo termico alternativo all'idroserra e alla imbiancatura estiva delle coperture.

Le condizioni climatiche tipiche dell'area mediterranea obbligano, i produttori che intendono sfruttare gli apprestamenti serricoli anche nel corso del ciclo estivo, ad approntare degli accorgimenti tesi alla mitigazione dell'eccesso di surplus energetico (calore da irraggiamento solare) che si viene inevitabilmente a creare all'interno delle serre.

E' noto che le condizioni micro climatiche della serra, in particolare temperatura, umidità, luminosità che condizionano in modo significativo i processi fisiologici delle piante, e il loro controllo sono determinante ai fini di ottenere dei buoni risultati produttivi sia sul piano quantitativo che qualitativo.

In merito al parametro "temperatura aria interna" le condizioni climatiche medie estive del Sud Pontino fanno sì che sia facilmente raggiunto e superato il livello di tolleranza della T max biologica che varia da un minimo di + 28°C a un massimo di 34° C a seconda delle specie coltivate. Il superamento di queste soglie, con episodi frequenti e prolungati nel corso della fase produttiva, provoca la comparsa di evidenti sintomi di stress e riduzioni delle performance produttive per mancata allegagione, minor pezzatura dei frutti, rallentamento delle attività metaboliche delle piante. Inoltre è frequente la comparsa di fisiopatie correlate all'eccesso di calore: marciume apicale, ustione da colpo di sole, etc.

Questi aspetti hanno trovato una significativa conferma a livello di produzione ottenuta nelle parcelle di pomodoro cv Caramba presenti nella S1 (termo-igro-regolazione operata dallo schermo) a partire dal mese di febbraio 2011 sino a fine ciclo (26 giugno) confrontata con la produzione delle serra S2 termoregolata dall'imbiancatura.



Dai dati di raccolta risulta che l'incremento di produzione è risultato essere del 16,25% come riportato in Tab. 21:

	Serra 1 con schermo termico	Serra 2 con imbiancatura	Differenza di produzione
Produzione Kg per 1000 m ²	14.730	12.670	+ 2.060 (+ 16,25 %)
Produzione per pianta in kg	5,45	4,69	+ 0,76

Tab. 21. Produzioni in kg per 1000 m² e kg per pianta del pomodoro "cv. Caramba" – anno 2011- nei due sistemi culturali a confronto

Inoltre, nel corso dei controlli quotidiani, si è potuto constatare, già dal momento in entrata in funzione dello schermo e per tutto il periodo vegeto-produttivo, un sensibile calo della umidità relativa dell'aria della serra 1 rispetto alla serra 2, attestata da una scarsa se non assente bagnatura delle foglie sin dalle prime ore del mattino. Questa proprietà dello schermo ha reso possibile una riduzione degli interventi di difesa fitosanitaria in particolare nei confronti delle malattie provocate da agenti patogeni fungini e batteriosi.

Come riportato nelle tabelle 22 e 23, si noti il minor numero di interventi nella S1 rispetto alla S2: n. 8 interventi anziché 11, con un risparmio di prodotti e costi accessori di 124,8 euro pari al 36,3% ed un risparmio in termini ambientali di 3,4 Kg di fitofarmaci / 1000 mq. E' importante notare che è stata evitata l'applicazione di sali rameici, resa possibile dall'assenza di condizioni climatiche favorevoli a batteriosi.

La riduzione dei trattamenti, oltre ad un evidente e immediato vantaggio economico (Cfr. Tab. 24) si riflette quindi sul piano ambientale in quanto consente di ridurre gli apporti di sostanze di sintesi (principi attivi) nell'ambiente con tutti i benefici che ne derivano a livello di ambiente, inoltre semplificare il calendario di difesa significa un minor residuo sui frutti con la possibilità di offrire sul mercato un prodotto certamente più salubre e sicuro (Fig. 47, 48).

Serra sostenibile (S1) Trattamenti fungicidi e insetticidi, per 1000 m ²						
Data	Tipologia	Nome commerciale		dose Kg x 1000 mq	listino euro kg / lt	costo intervento €
07/03/11	f + i	Ridomil gold R	Metalaxil puro g 3,5 = 49g/L; Rame metallico 18,5 g= 259g/L	0,2	14	2,8
		Biobit DF	Btk, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,15	24	3,6
09/04/11	f	Curzate RWG 12193	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g	0,2	11	2,2
19/04/11	f	Curzate RWG 12194	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g	0,2	11	2,2
23/04/11	f	Ridomil gold R	Metalaxil-m puro g 2,4; Rame metallico g 40	0,2	14	2,8
27/04/00	f	Cabrio duo	Pyraclostrobin g 3,8 + dimetomorf g 6,9	0,2	28	5,6
	i	Affirm	Abanectina benzoato puro 0,95g	0,15	33	4,95
07/05/2011	f + i	Cuproxat		0,3	6,5	1,95
	i	Biobit DF	B t K, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,1	24	2,4
14/05/2011	i	Biobit DF	B t K, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,1	24	2,4
26/05/2011	i	Lepinox	B t K	0,1	25	2,5
costo totale presidi fitosanitari legenda: f = fungicidi, i = insetticidi				totale	1,9	33,4

Serra testimone (S2) Trattamenti fungicidi e insetticidi, per 1000 m ²						
Data	Tipologia	Nome commerciale		dose Kg x 1000 mq	listino euro kg / lt	costo intervento €
20/02/2011	f	Coprantol	rame metallo 40%	3	9	
07/03/11	f	Ridomil gold R	Metalaxil puro g 3,5 = 49g/L; Rame metallico 18,5 g= 259g/L	0,2	14	2,8
15/03/11	f	Ridomil gold R	Metalaxil puro g 3,5 = 49g/L; Rame metallico 18,5 g= 259g/L	0,2	14	2,8
	i	Biobit DF	Btk, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,15	24	3,6
09/04/11	f	Curzate RWG 12193	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g	0,2	11	2,2
19/04/11	f	Curzate RWG 12194	Cimoxanil puro 4,2g; Rame metallico 39,75g	0,2	11	2,2
23/04/11	f	Ridomil gold R	Metalaxil-m puro g 2,4; Rame metallico g 40	0,2	14	2,8
27/01/00	f	Cabrio duo	Pyraclostrobin g 3,8 + dimetomorf g 6,9	0,2	28	5,6
04/04/11	f	cabrio duo	Pyraclostrobin g 3,8 + dimetomorf g 6,9	0,2	28	5,6
	i	Affirm	Abanectina benzoato puro 0,95g	0,15	33	4,95
07/05/2011	f	Cuproxat		0,3	6,5	1,95
	i	Biobit DF	B t K, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,1	24	2,4
14/05/2011	i	Biobit DF	B t K, ceppo HD-1 sierotipo 3a3b; g 6,4 (potenza 32000 UI/mg di formulato)	0,1	24	2,4
26/05/2011	i	Lepinox	B t K	0,1	25	2,5
costo totale presidi fitosanitari				totale	5,3	41,8

Tab. 22, 23 calendario interventi fitosanitari serre S1 e S2

	Serra 1	Serra 2
Numero dei trattamenti	8	11
Costo dei fitofarmaci	33,4	41,8
Costo m.opera+macchine	320	440
Totale	353,4	481,8
Differenza		+ 128,4

*Tab. 24. Confronto dei costi per la difesa fitosanitaria del pomodoro cv. Caramba nel ciclo colturale 2011
n.b.: la tariffa applicata per trattamento, comprensiva di operatore e macchina è di euro 40,0 di cui euro 20,0 di mano d'opera ed euro 20,0 di macchina.*



Fig. 47. Serra 1: effetto dello schermo ai fini del microclima, che ha consentito un sensibile risparmio di fitofarmaci



Fig. 48. Serra 2: evidenti attacchi di patogeni fungini nonostante una maggior apporto di fitofarmaci rispetto alla serra 1

<u>Materiali</u>	<u>Prezzo(€)</u>	<u>Quota ammortamento annuale (€)</u>
tubo sbrinex mt. 200 x 0,50 €	100	
tubo PE + raccordi+ saracinesche	100	
mano d'opera per montaggio		
ore 20 x 7	140	
materiali vari	50	
Totale materiali (da ammortizzare in anni 10)	390	39
<u>Quota ammortamento pozzo + centralina start/stop</u>		50
<u>Consumi ENEL per 250 ore di attività</u>		100
<u>Sorveglianza e assistenza</u> <u>Ore 25 x 7,00</u>		175
<u>Imbiancatura estiva della copertura</u> <u>Materiali</u>		50
<u>mano d'opera : ore 2 x 7,0</u>		14
<u>pompa irroratrice: ore 1 x 25</u>		25
<u>Costo ammortamento anno</u>		453
<u>VALORE (COSTO)</u> <u>di 7000 / 8000 metri cubi d'acqua</u>		?

Tab. 25. Materiali e costi accessori dell'idroserra per una superficie di 1500 mq
N.B. Il valore (costo) di 7-8.000 metri cubi di acqua di falda è attualmente economicamente nullo, ma
ambientalmente altissimo e non quantificabile

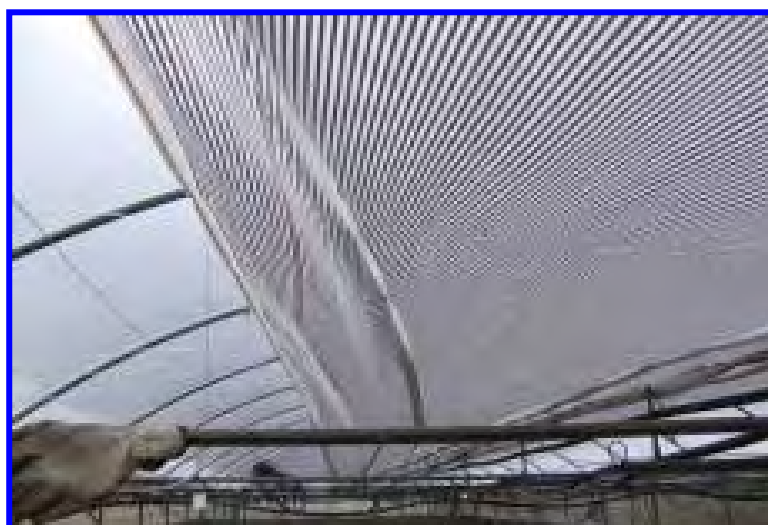


Fig. 49 Schermo termico in fase di apertura



<u>materiali</u>	Prezzo (€) iva comp.	Quota ammortamento annuale (€)
Telo in alluminio tipo PH 55 FP Carrucole di testata, tubolare zincato, fili di supporto in poliestere trasparente, clips, ganci, misura e taglio dei teli	Garanzia del fornitore: anni 6 Durata tecnica: anni 10 4.200	420
<u>Preparazione materiali e montaggio:</u> <u>ore 40 x 7.0</u>	280	28
Gestione e movimentazione teli periodo invernale (antibrina) Previste 25 interventi x ore 1 x 7.0		175
<u>Totale costo per ciclo invernale</u>		623
Gestione e movimentazione teli periodo primavera-estate(raffrescamento) Previsti 10 interventi x ore 1 x 7.0		70
Totale costi gestione invernale+ estiva		693
Incremento della produzione lorda vendibile +10% (pomodoro prod.media:15 t su 1000 mq) = 1,5 T x € 600 = 900 Riduzione dei costi di difesa chimica		900* 100*
Saldo annuale della gestione economica dello schermo termico		+ euro 307

Tab. 26. Materiali e costi di gestione per schermo termico di 1500 mq
Bilancio sintetico per allestimento a movimentazione manuale

**n.b.: l'incremento della produzione è indicato con % cautelativo, nella realtà sono confermati incrementi superiori, così come la minor spesa della difesa fitosanitaria*



<u>materiali</u>	Prezzo (€) iva comp.	Quota annuale (€)
Telo in alluminio tipo PH 55 FP, motori Ridder/De geer, con fine corsa, riduttori, carrucole di testata, tubolare zincato, fili di supporto in poliestere trasparente, clips, ganci, misura e taglio dei teli	Garanzia del fornitore: anni 6 Durata tecnica: anni 10 8.000	820
<u>Preparazione materiali e montaggio:</u> <u>ore 60 x 7.0</u>	420	42
Gestione e movimentazione teli periodo invernale (antibrina) Previste 25 interventi x minuti 6 = ore 2,30 x 7.0		17,5
<u>Totale costo per ciclo invernale</u>		879,5
Gestione e movimentazione teli periodo primavera-estate(raffrescamento) Previsti 10 interventi = ore 1 x 7.0		7
<u>Totale costi gestione invernale+ estiva</u>		<u>886,5</u>
Incremento della produzione lorda vendibile +10% (pomodoro prod.media:15 t su 1000 mq) = 1,5 T x € 600 = 900 Riduzione dei costi di difesa chimica		900 100
Saldo annuale della gestione economica dello schermo termico		+ euro 113,5

Tab. 27. Bilancio sintetico con allestimento a movimentazione assistita

In riferimento alla successiva analisi LCA si evidenzia che tale tipo di analisi non è stata applicata all'utilizzo di uno schermo termico perché nella bibliografia scientifica esistente mancano dati di riferimento su tale tecnologia.



Discussione sulle prove dimostrative sull'idroserra

Il “costo zero” dell'acqua di falda, vantaggi dei diffusori dinamici, vantaggio dello schermo termico, altre alternative individuate che necessiterebbero di verifica.

I test effettuati nel corso del triennio di dimostrazione hanno fornito delle informazioni molto importanti da considerarsi come un valido supporto per ulteriori approfondimenti in materia di idroserra.

Occorre richiamare l'attenzione in merito all'aspetto più importante che sta alla base di questa pratica che necessita definire come fortemente impattante sul piano ambientale, con uno spreco di ingenti volumi di acqua di falda prelevati praticamente a “costo zero” e di cui non si ha sufficiente consapevolezza in termini di valore quale bene limitato, unico ed irriproducibile.

Grazie alla dimostrazione effettuata si è verificato il non soddisfacente funzionamento dell'ipotizzato sistema di recupero dell'acqua a ciclo chiuso attraverso la vasca esterna di raccolta, che nonostante la mancanza di periodi prolungati di freddo intenso durante le fasi dimostrative, non ha comunque permesso di raggiungere temperature soddisfacenti all'interno della serra ed in particolare nelle aree laterali della stessa.

Alcune soluzioni tecnologiche provate con successo nella dimostrazione sono facilmente adottabili dai serricoltori come l'abbandono del tubo Sbrinex a vantaggio dei diffusori dinamici (vedi test n. 3), consentendo comunque risparmi significativi nel consumo idrico.

Ma la soluzione dimostratasi più efficace in termini di risparmio idrico ed energetico in generale è costituita dall'utilizzazione di schermi termici, che anche se ostacolati da un alto costo di investimento iniziale, possono rappresentare anche per gli orticoltori in serra (come già per i florovivaisti) una utilissima soluzione per ridurre gli impatti ambientali e migliorare gli output produttivi ammortizzando in pochi anni i costi di investimento iniziale attraverso i vantaggi ottenibili. Data anche la lunga durata di vita media di tale strumento tecnico si auspica un intervento anche di incentivazione al loro utilizzo da parte delle autorità regionali, ad esempio inserendolo nelle sovvenzioni del PSR.

A titolo di ipotesi scaturite dall'esperienza conseguita con la dimostrazione Sustgreenhouse, sono comunque state individuate altre alternative all'idroserra convenzionale, che dovrebbero richiedere ulteriori lavori dimostrativi di analisi e verifica pratica. In particolare, in tema di recupero e riciclo dell'acqua, si possono suggerire le seguenti proposte:



- l'inserimento di scambiatori ipogei di calore realizzati in tubazioni di plastica corrugata posizionati a 50 -100 cm di profondità nel terreno, all'interno della serra, inseriti nel tratto tra la vasca di recupero e l'impianto diffusore. In questo modo si ipotizza che è possibile, incrementando di alcuni gradi la temperature dell'acqua per azione del calore del terreno che sappiamo avere una temperatura costante che oscilla da + 15 a + 18°C. Sarà così possibile evitare gli inconvenienti insorti nel corso dei test n. 1 e n. 2 con la formazione di ghiaccio nelle canalette di grondaia.
- Un aumento del volume dell'invaso dell'acqua di recupero associata alla realizzazione di un percorso a cielo aperto di "caldane" ottenute sfruttando la canalizzazione aziendale opportunamente adeguate allo scopo.
- Adeguare l'assetto dell'invaso in modo da poter conservare almeno il 40 - 60 % dell'acqua prelevata dal pozzo e destinata allo smaltimento, trattenendo questi volumi recuperati in vasca e miscelati con volumi ridotti provenienti dal pozzo aziendale.
- Adozione di serre con maggiore cubatura e quindi maggiore inerzia termica, ciò è già fattibile e lo attesta la realizzazione di nuovi apprestamenti serricoli in corso presso alcune aziende locali, che hanno optato per la posa di strutture più alte, con m 3 – 3,5 in gronda e m 4,4 – 5 in colmo.
- L'adozione di schermi ad azione termica, in alternativa a quelli termico-riflettenti (vedi test n. 5) che presentano il vantaggio di essere più economici (1,2 € /mq contro 4–4,2 € /mq) e quindi potrebbero incontrare il favore dei produttori restii ad investimenti onerosi, anche se è bene sottolineare che gli schermi a doppia azione si sono confermati validi sia sul piano tecnico che economico così come risulta dal test n. 5.

Certamente sono possibili altre soluzioni, quelle riportate hanno il vantaggio che non implicano alcuna ricaduta negativa a livello di impatto ambientale ed escludono il riscaldamento della serra con il consumo di fonti energetiche da combustibili (gasolio, gas GPL, metano) che rilasciano CO², anidride carbonica, nell'aria, uno dei gas che contribuisce al surriscaldamento del pianeta per l'ormai a tutti noto "effetto serra".



Effetti Agroambientali LCA e Bilancio globale

Per la prima volta in Italia la LCA viene applicata alle colture in serra; descrizione generale della metodica e dell'approccio al ciclo di vita; le scelte operate: definizioni ufficiali, l'approccio e i fattori da tenere in considerazione, gli obiettivi definiti e la descrizione del sistema operata, l'unità funzionale utilizzata, il reperimento dei dati.

Nella presente sezione sono riportate le valutazioni costi-benefici dal lato ambientale sulla base dei risultati analitici e di monitoraggio strumentale rilevati nei diversi modelli di culture in serra posti a confronto. In particolare verranno presi in considerazione:

- 1) LCA - Life CycleAssesment (Analisi del Ciclo di Vita);
- 2) i consumi di acqua di falda;
- 3) il profilo della sostanza organica e dell'azoto nitrico nel terreno.

Si sottolinea che, grazie alla dimostrazione Sustgreenhouse, per la prima volta in Italia è stata applicata una valutazione LCA a colture in serra. Esempi esistenti in Europa di valutazioni analoghe sono stati recentemente svolti solo in Spagna ed in Olanda. Quindi i seguenti paragrafi introdurranno e spiegheranno la metodica del Life CycleAssessment o Analisi del Ciclo di Vita allo scopo di fornire le motivazioni e la definizione dello strumento ambientale applicato a questo progetto.

Il Life Cycle Assessment, in relazione agli altri strumenti ambientali

Per sostenere gli obbiettivi degli aspetti della sostenibilità ambientale sono stati sviluppati diversi strumenti di supporto decisionale, come l'Environmental Impact Assessment (EIA), EnvironmentalRiskAssessment (ERA), Input-Output Analysis (IOA), Life CycleAssessment (LCA), Material Flow Accounting/Substance Flow Analysis or MaterialIntensity Analysis (MIA).

Alcuni di questi strumenti contengono al loro interno il concetto di ciclo di vita nella loro stessa definizione. La semplicistica prospettiva del controllare le fonti di emissione (end-of-pipe technologies), come un modo per sviluppare il senso di benessere ambientale a livello industriale o a livello di attività umana, è stato



sostituito dall'idea che si può salvaguardare l'ambiente nel suo insieme se si adotta un approccio sistematico che consideri l'intero ciclo di vita di un'attività, di un prodotto o un servizio.

Questo è conosciuto come “life cycle approach” anche chiamato approccio “dalla culla alla tomba”, in quanto segue un'attività dall'estrazione delle materie prime (culla) fino al ritorno dei rifiuti al suolo (tomba).

Gli impatti di tutti i cicli di vita di ogni fase inclusa nel processo produttivo necessitano di essere considerati, in maniera tale da consentire decisioni ragionate riguardo all'intero processo produttivo e al consumo e alle eventuali strategie gestionali da adottare.

Per considerare sistematicamente gli impatti ambientali del ciclo di vita di un prodotto o un servizio, la metodologia Life Cycle Assessment è quella maggiormente accettata e condivisa, essendo il solo strumento che presenta un processo di armonizzazione.

Il Life Cycle Assessment (LCA), o Analisi del Ciclo di Vita, è uno strumento di gestione che permette di valutare gli impatti sull'ambiente derivanti da tutto il ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione delle risorse fino alla gestione dei residui, includendo tutti gli stadi di produzione, trasporto ed uso dello stesso.

Fondamentalmente, l'LCA è un bilancio di materiali ed energia applicato a un prodotto (o sistema prodotto), combinato con una valutazione degli impatti ambientali relazionati con gli inputs e outputs da e verso il sistema, o prodotto stesso.

Da questa analisi, l'LCA indica i criteri per il decision-making in questioni riguardanti lo sviluppo di prodotto, pianificazione strategica, linee politiche di intervento, ecc. La prima definizione ufficiale della metodologia LCA fu fatta dalla Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) dopo sette workshop e conferenze internazionali tra il 1990 ed il 1993, attraverso un documento che rappresenta una delle fonti più citate in questo settore.

In questo documento si afferma che “ il Life Cycle Assessment è un processo obiettivo per valutare i carichi ambientali associati a un prodotto, processo o un'attività mediante l'identificazione e la quantificazione di energia e materiali utilizzati e i rifiuti rilasciati nell'ambiente, per valutare l'impatto di questi usi e rilasci di energia e materiali nell'ambiente e per valutare ed implementare opportunità per influire su miglioramenti ambientali. La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, comprendendo i processi di estrazione e lavorazione delle materie prime, lavorazioni intermedie, trasporti e distribuzione, usi,



ri-usi, manutenzione, riciclaggio e smaltimento finale.” La ISO (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione) ha provveduto a dare un grosso input al processo per la definizione dell'LCA. Seguendo gli standard della ISO 14040, l'LCA è (ISO 14040:1997) una tecnica per valutare gli aspetti ambientali e i potenziali impatti associati a un prodotto mediante:

- Compilazione di un inventario di rilevanti inputs e outputs del prodotto.
- Valutazione dei potenziali impatti ambientali derivanti dagli inputs e outputs stessi.
- Interpretazione dei risultati dell'analisi dell'inventario e valutazione dell'impatto ambientale di ogni singola fase in relazione agli obiettivi dello studio.

L'LCA studia gli aspetti ambientali e i potenziali impatti lungo tutto il ciclo di vita del prodotto (dalla culla alla tomba), dall'acquisizione delle materie prime alla produzione, uso e destino finale. Come si può vedere, entrambe le definizioni sono piuttosto simili, sottolineando che l'analisi deve tenere in considerazione l'intera catena di produzione e le potenziali conseguenze sull'ambiente. In entrambi i casi l' LCA si basa sulla compilazione di un bilancio di massa ed energia del prodotto e/o del sistema produttivo.

Metodologia

Gli standard ISO 14040 prevedono quattro stadi principali per lo studio dell'LCA:

- Definizione dei confini del sistema e dell'unità funzionale (obiettivi dello studio)
- Inventario (Life Cycle Inventory)
- Valutazione degli impatti (Life Cycle Impact Assessment)
- Interpretazione e miglioramento (Life Cycle Interpretation)

La Definizione dei confini del sistema e dell'unità funzionale rappresenta il primo stadio dello studio e probabilmente il più importante, già da qui sono definiti lo scopo, le possibilità e le ipotesi principali che si intendono perseguire nello studio. Questa definizione costituisce l'obiettivo dello studio ed è il primo punto che deve essere definito, la ragione per cui si fa e se i risultati ottenuti sono per scopo uso interno (per aziende, per esempio) o per uso esterno (per divulgazione).



Successivamente c'è la definizione dello scopo, questo implica, tra le altre cose, la definizione del sistema, i suoi limiti (concettuali, geografici e temporali), la qualità dei dati utilizzati, l'ipotesi oggetto di studio e le limitazioni dello studio stesso. Punto fondamentale dello scopo è la definizione dell'unità funzionale (ISO 14040:2006); questa è l'unità di prodotto o servizio sul quale gli impatti ambientali verranno valutati e comparati. L'unità funzionale è spesso espressa in termini di quantità di prodotto, ma potrebbe essere relazionato anche alla quantità di prodotto necessario per ottenere una data funzione.

L'analisi di inventario è un processo tecnico di raccolta dati in maniera tale da quantificare gli inputs e gli outputs del sistema come definite nello scopo (ISO 14040:2006,, ISO 14041:1998).

L'energia e le materie prime consumate, le emissioni nell'aria, nell'acqua, e al suolo e i residui solidi prodotti dal sistema oggetto di studio sono suddivisi in numerosi sub sistemi ed unità di processo ed i dati ottenuti sono raggruppati in differenti categorie nella tabella del Life Cycle Inventory (LCI).

La Valutazione di Impatto di ciclo di vita o Life Cycle Impact Assessment (LCIA) è un processo per identificare e caratterizzare i potenziali effetti prodotti nell'ambiente dal sistema oggetto di studio (ISO 14040:2006,ISO 14042:1999).

Il punto di partenza dell'LCIA sono le informazioni ottenute nella fase di inventario: ne consegue che la qualità dei dati ottenuti da quest'ultimo sono il punto fondamentale per questo tipo di valutazione.

Si considera che l'LCIA consista di quattro fasi fondamentali brevemente descritte qui sotto

Prima fase Classificazione: le risorse consumate e cioè le emissioni nell'ambiente, identificate nella fase di analisi d'inventario, vengono raggruppate in differenti categorie d'impatto o indicatori d'impatto, secondo l'effetto ambientale che ci si attenda che producano. Per esempio, le emissioni di CO₂ e CH₄ vengono classificate sotto la categoria Global Warming Potential.

Tutte le metodologie esistenti per la redazione di un LCIA fanno capo a due approcci fondamentali:

Metodo Problem-oriented

Metodo Damage-oriented

Nel metodo problem-oriented tutti i carichi ambientali determinati dai dati dell'LCIA vengono associati ad una o più categorie di impatto sulla base di meccanismi ambientali nei quali sono coinvolti. Questo metodo, detto anche "midpoint" si limita quindi a determinare e quantificare i carichi di ogni categoria di impatto (ad



esempio il quantitativo di CO₂ emesso in atmosfera e non il potenziale aumento di temperatura che ne deriva). Il metodo damage-oriented punta invece ad aggregare le varie categorie di impatto in base agli effetti che esse hanno sulla salute umana, sull'ecosistema e sull'esaurimento delle risorse. Questi tre grandi gruppi sono definiti indicatori "endpoint" in quanto sono centrati sui danni che i risultati della fase LCIA possono determinare in ambiti da tutelare.

Gli indicatori endpoint possono essere combinati secondo criteri predefiniti per dare un unico indicatore globale; in questa fase però entra una componente soggettiva di "ponderazione" dei diversi indicatori. L'analisi degli impatti ambientali ha come obiettivo fondamentale l'imputare i consumi e le emissioni ottenuti nella fase di inventario a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti: tentano di quantificare, con opportuni metodi di standardizzazione, l'entità del contributo complessivo che il processo o il prodotto arreca al comparto ambientale potenzialmente danneggiato. In questo modo l'impatto risulta rappresentato da valori numerici ottenuti elaborando i risultati dell'LCIA con operazioni di raggruppamento e classificazione.

Per costituire le categorie d'impatto sono stati utilizzati i seguenti principali endpoints:

- 1) Ecologia (ecological effects), effetti sulla popolazione vegetale ed animale dell'ecosistema
- 2) Salute (human health and safety effects), effetti sulla sicurezza e salute dell'uomo
- 3) Risorse (resource depletion), esaurimento di risorse di energie e di materiali.

Su questa base vengono scelti gli specifici effetti caratterizzanti le varie categorie d'impatto (midpoint), che risultano definite come segue:

- 1) C1- Riscaldamento Globale (Global Warming)
- 2) C2- Assottigliamento della fascia di ozono (Stratospheric ozone depletion)
- 3) C3- Acidificazione delle acque (Acidification)
- 4) C4- Eutrofizzazione delle acque (Nutrient Enrichment)
- 5) C5- Formazione di smog fotochimico (Photosmog formation)
- 6) C6- Tossicità per l'uomo e per l'ambiente (Human and Eco-Toxicology)
- 7) C7- Consumo di risorse non rinnovabili (Resource depletion)



Operativamente la classificazione consiste nell'organizzare i dati dell'inventario, ovvero tutti i valori delle emissioni provocate direttamente ed indirettamente dalle operazioni considerate, distribuendoli nelle varie categorie di impatto. Il problema però non è semplice, poiché una stessa sostanza costituente un'emissione può contribuire a più fenomeni di impatto, provocando effetti a catena sovente di difficile interpretazione.

Gli effetti ambientali sono inoltre caratterizzati da una diversa sfera di influenza, che può essere locale, regionale oppure globale.

Seconda fase, Caratterizzazione: consiste nel pesare il differente contributo delle sostanze appartenenti alla medesima categoria di impatto. Per ogni categoria di impatto incluse nell'LCIA, viene prodotto un risultato aggregato, in una determinata unità di misura. Per esempio, il Global Warming Potential viene espresso come kg equivalenti di CO₂, provenienti dalle emissioni di CO₂, CH₄ ed altri gas serra. A questo punto, si ottiene il cosiddetto profilo ambientale del sistema costituito da un set di punteggi.

Facendo riferimento all'uso dei midpoints, i dati dell'inventario vengono moltiplicati per fattori di standardizzazione (characterization factor, CF), che rappresentano il potenziale che ogni singola emissione o risorsa utilizzata ha nel contribuire all'incremento della specifica categoria di impatto. Questo permette di ottenere indicatori da inserire nella relativa categoria di impatto ambientale, come si evince nell'equazione generale:

$$\text{indicatori della categoria di impatto} = \sum (E_j) \times CF_{i,j}$$

indicatori della categoria di impatto = valore dell'indicatore per unità funzionale della categoria di impatto i;

E_j = rilascio di emissioni j o consumo di risorsa j per unità funzionale;

$CF_{i,j}$ = fattore di standardizzazione per l'emissione j o risorsa j che incide sulla categoria di impatto i.

I fattori di caratterizzazione sono specifici per ogni categoria, ad esempio, per GWP, che esprime l'effetto serra di una sostanza, la CO₂ è pari a 1, mentre il metano è 21. Pertanto un grammo di metano emesso ha effetto equivalente a 21 grammi di CO₂.

Terza fase, la Normalizzazione: mette in relazione il profilo ambientale del sistema con un sistema più ampio e generico, ad esempio relaziona il Global Warming Potential del sistema con il Global Warming Potential annuo di una nazione. L'ultima fase è il Weighting (pesatura): in questa fase il profilo ambientale è ridotto, da una serie di indicatori, a singoli punteggi di impatto, usando fattori di ponderazione basati su valori arbitrari



soggettivi. Per questo un panel di esperti o membri delle amministrazioni pubbliche potrebbe essere costituito per dare indicazioni di ponderazione delle categorie di impatto. Il vantaggio di questa fase è che differenti classi di valori (categorie di impatto) possono essere convertite in valori numerici, rendendo più chiaro il peso che ognuna di esse comporta e agevolare gli utilizzatori della metodologia nel fare valutazioni e azioni sui processi considerati a rischio o pericolosi.

L'interpretazione è il corollario in uno studio di LCA, dove i risultati ottenuti sono presentati in una maniera sintetica, mostrando le fonti critiche di impatto e le opzioni per ridurle. L'interpretazione coinvolge un riesame di tutte le fasi di un processo di LCA, in modo da comprovare la veridicità dei dati ottenuti e la qualità dei dati utilizzati, in relazione agli obiettivi e agli scopi dello studio.

Obiettivi dello studio

Le finalità di questo studio di LCA sono di valutare le differenze a livello ambientale che a livello agronomico di diversi sistemi colturali caratterizzati principalmente dall'utilizzo di diversi substrati (compost, terreno tal quale e terreno con zeolite) e gestioni di acqua (Imax e Irid) e azoto (Cmax e Crid) in una rotazione orticola tipo (zucchino-pomodoro) nella piana di Fondi (LT).

Per le prime due colture (zucchino 1°ciclo e pomodoro 1°ciclo) lo studio di LCA e la sua valutazione è stata approfondita e affinata per evidenziare il contributo dei tre differenti substrati di coltivazione (tal quale, compost, zeolite); in seguito si sono prese in considerazione anche le gestioni di acqua e fertilizzanti

Descrizione del sistema

L'immagine sottostante (Fig. 50) mostra gli stadi e i sottostadi presi in considerazione nella coltivazione. L'intero sistema, dall'ottenimento delle materie prime utilizzate per manufatti e attrezzi, fino alla gestione dei rifiuti prodotti, è stato considerato in ogni stadio.

La commercializzazione del prodotto non è inclusa nello studio.

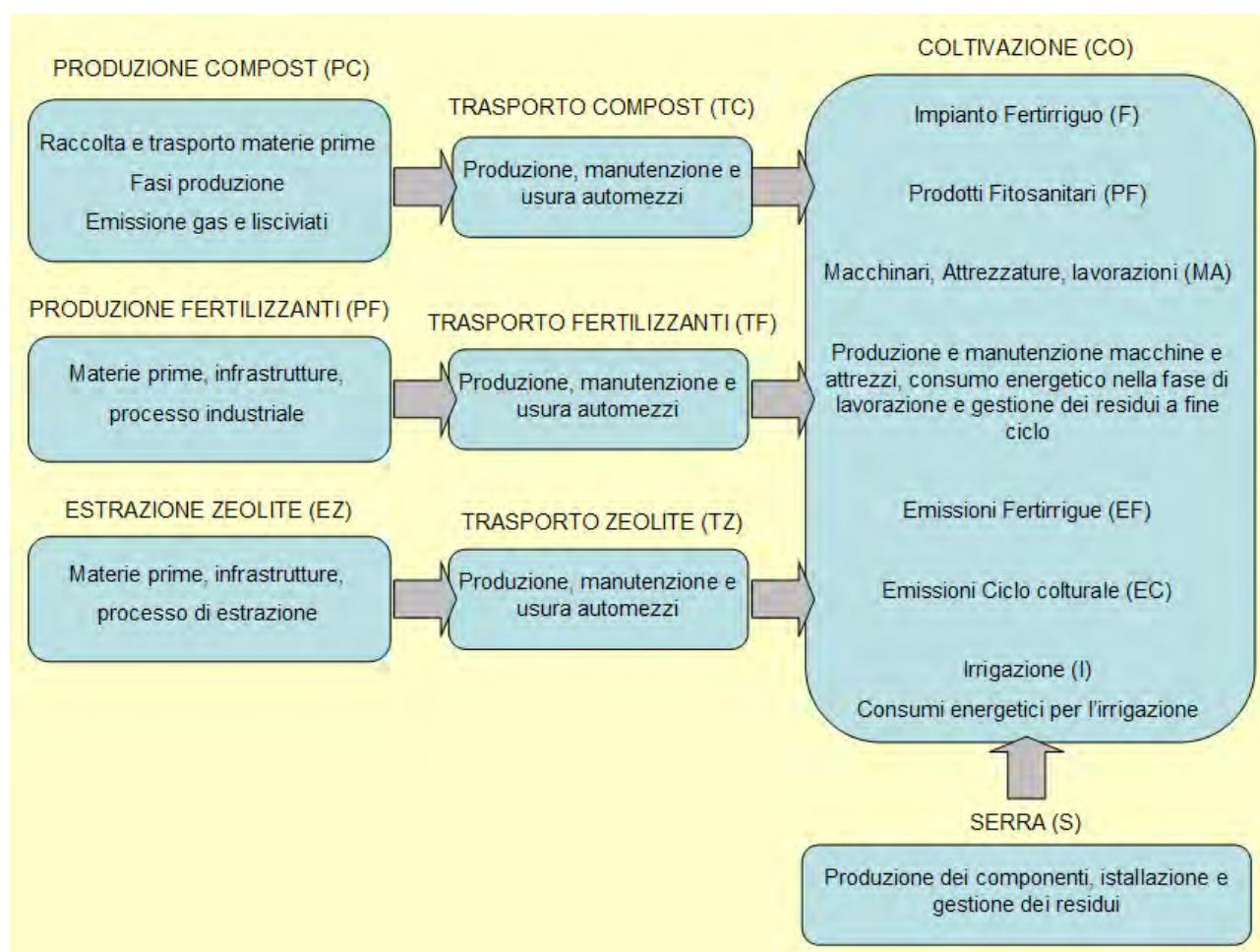


Fig. 50. Processi presi in considerazione e limiti del sistema

Più in particolare, per le tre tesi a confronto sono presi in considerazione gli specifici processi produttivi (Fig.51)

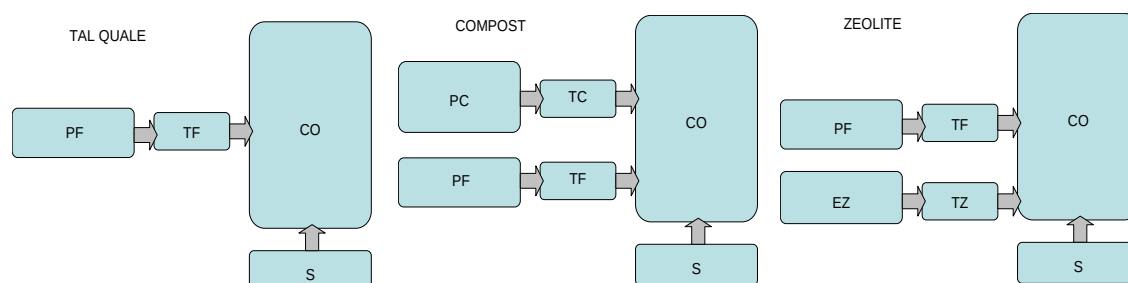


Fig. 51. Processi specifici di ogni sistema colturale a confronto



Unità funzionale

Come unità funzionale è stata scelta la tonnellata di prodotto finale, come riferimento per la normalizzazione dei flussi in entrata e in uscita dal sistema produttivo (International Organisation for Standardisation, 2006). In un sistema agricolo, infatti, come fattore principale dello studio deve essere considerata la produzione

Qualità e origine dei dati dell'inventario

L'intero sistema oggetto di studio richiede un processo di raccolta dati dettagliato.

La maggior parte di questi dati sono stati ottenuti sperimentalmente e direttamente in campo. Quando non erano presenti informazioni locali, si sono utilizzati dati da bibliografia o il database Ecoinvent v2.0 (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007), il quale è stato usato per completare la fase di inventario della LCA.

Dati della produzione di compost e trasporto. L'impianto di compostaggio da cui proveniva il compost utilizzato era situato a Ozzano dell'Emilia, provincia di Bologna. L'impianto ha una capacità di 4000t di materiale organico lavorato l'anno (frazione organica da residui solidi urbani e frazioni vegetali in genere) il quale prevede una prima preselezione e vagliatura del prodotto, una miscelazione dei materiali di partenza, poi una fase di produzione del compost mediante rivoltamento costante della massa all'aria aperta, per tutta la durata del periodo di maturazione. Non avendo a disposizione dati specifici dell'impianto di compostaggio di Ozzano, le emissioni relative alla produzione di compost sono state desunte utilizzando dati da bibliografia e dati non pubblicati, ma gentilmente offerti dall'Università Autonoma di Barcellona, relativi a impianti con stesso procedimento industriale di produzione, riadattati ai volumi reali lavorati dallo stabilimento di Ozzano (Colón et al 2010 (ES&T), Huerta et al 2008 (ESAB), Martínez-Blanco et al 2010 (WM), Cadena et al 2009 (IJLCA) Cisneros et al 2006, Antoni Sánchez).

Le caratteristiche del compost sono già state descritte in precedenza nel *Rapporto sulla produzione orticola del primo anno*.

Produzione concimi chimici e trasporto. I dati di produzione dei concimi chimici e del trasporto del compost provengono dai processi inventariati nel database ecoinvent v2.0 (Swiss Centre for Life Cycle Inventories., 2007).



Dati della struttura. I dati riguardanti la serra sono stati ottenuti mediante misure dirette sul campo e interviste ai costruttori. La serra è un multitunnel a tre navate con pareti verticali; è costruita in archi di ferro zincato piantati direttamente a terra senza l'utilizzo di cemento; presenta finestre laterali su tutti e quattro i lati ad apertura manuale ed una finestra sul tetto nella sola navata centrale ad apertura elettrica. La superficie coperta è di circa 1500 m² e la copertura è costituita da film plastico di polietilene a bassa densità. I dati mancanti, soprattutto per i processi di estrazione e produzione dei materiali, sono stati estrapolati dal database ecoinvent v2.0 (Swiss Centre for Life Cycle Inventories., 2007).

Dati dell'impianto di fertirrigazione. I dati relativi all'impianto fertirriguo sono stati rilevati direttamente in campo. L'impianto consta di pompa elettrica sommersa, filtri, aspiratore venturi per la fertirrigazione, tubazioni principali, tubazioni secondarie, impianto di distribuzione a manichetta ed impianto di irrigazione per aspersione con microaspersori. Per quanto riguarda i dati riguardanti l'estrazione delle materie prime e i processi di produzione dei materiali utilizzati si è fatto riferimento al database ecoinvent v2.0 (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007).

Dati del ciclo colturale. I dati di emissione di CO₂ del ciclo colturale sono stati rilevati direttamente in campo, mediante campionature e determinazione del C organico in suolo e piante

Categorie d'impatto e metodologia LCA

Sono state considerate sei categorie di impatto, più specificatamente, Potenziale Riscaldamento Globale (Global Warming), Assottigliamento della fascia di ozono (Ozone Depletion), Acidificazione delle acque (Acidification), Eutrofizzazione delle acque (Eutrophication), Formazione di smog fotochimico (Photosmog formation), Consumo di risorse non rinnovabili (Abiotic Depletion) definite dal CML 2001 (Guinée, 2001).

Per l'analisi di impatto ed elaborazione dati è stato utilizzato il SimaPro v. 7.1.8 (PRéConsultants, 2008) con la classificazione e fase di caratterizzazione obbligatoria definita dalle norme ISO 14040 (International Organisation for Standardisation, 2006).



Materiali e metodi per il Life Cycle Inventory (LCI) nel progetto Sustgreenhouse

I valori di produzione di riferimento; descrizione dei fattori coinvolti: la produzione di compost e fertilizzanti, l'estrazione delle zeoliti, i trasporti, gli impianti di fertirrigazione, i prodotti fitosanitari, i macchinari e le attrezzature, le lavorazioni, le emissioni, la serra, la carica ambientale evitata.

I valori di produzione ottenuti dalla prova sperimentale sono stati riferiti all'ettaro, così come tutti i fattori della produzione. Per quanto riguarda la struttura serra (superficie coperta 1500 m²), riferire il valore dei materiali della serra oggetto di studio all'ettaro, porta di fatto a un sovradimensionamento del valore in quanto i valori riguardanti le testate vanno a incidere notevolmente sulle quantità finali di materiale utilizzato. La zona di Fondi però è caratterizzata prevalentemente da strutture di questo tipo e per questo motivo si è deciso di mantenere questo modus operandi anche per la struttura.

Compost. Il compost è normalmente applicato in cicli di 2 anni. Di conseguenza, con il proposito di distribuire i carichi ambientali dei trasporti e dello spandimento, ad ogni coltura della successione (zucchino-pomodoro) è stata attribuita metà della quota di compost totale.

Trasporti. In quasi tutte le fasi, per i trasporti è stato considerato il doppio della distanza tra la sorgente e il la destinazione del prodotto. Questo, ovviamente, per tener in considerazione anche il viaggio di ritorno a vuoto.

Produzione del compost

Questa fase include la produzione di rifiuti organici, gli input e gli output del processo industriale di compostaggio dell'impianto di Ozzano dell'Emilia (BO).

Raccolta e trasporto. Le materie prime per la produzione di compost sono state ottenute dalla raccolta differenziata della città di Bologna e dai comuni adiacenti, in un'area di 30 km di raggio dalla struttura. Il trasporto del materiale avviene mediante camion di 21t di portata massima. In questa fase è stata considerata anche il processo di produzione dei cassonetti di raccolta e la loro pulizia (Martínez-Blanco et al., 2009; Martínez-Blanco et al., 2010).



Processo di compostaggio. I dati di emissioni e consumi del processo di compostaggio sono stati ottenuti adattando i dati sperimentali di un impianto di compostaggio (Torrellas de Llobregat, Barcellona, Spagna) con caratteristiche, sia di processo che di prodotto finale, simili a quelle dell'impianto di Ozzano .

Il prodotto in entrata viene pesato, tritato e vagliato una prima volta per eliminare i materiali non compostabili. Successivamente, vengono mescolati i residui organici urbani con materiale vegetale fresco (ramaglie, foglie, ecc), in rapporti ottimali per il processo di compostaggio. La massa viene poi inumidita, secondo necessità.. La fase successiva prevede la formazione dei cumuli di compostaggio, in un capannone aperto lateralmente, i quali vengono periodicamente rimescolati, dapprima 1 volta al giorno, poi man mano che il processo prosegue con frequenza ridotta (fino a 1 volta la settimana). In questo tipo di impianti, non è previsto il trattamento dei gas emessi durante il processo. Dopo sei settimane si passa alla fase di maturazione che avviene sempre rivoltando la massa, senza più aggiungere acqua, ottenendo una temperatura di 40°C circa al centro dei cumuli; questa fase dura circa 14 settimane. Alla fine della fase di maturazione, il materiale viene vagliato in un setaccio cilindrico, o trommel, per separare la frazione organica da eventuali inerti e da materiali non compostati, i quali andranno in discarica. Il materiale vagliato viene poi compresso per la produzione dei pellets.

Dall'intero processo si emetterebbero 0,25 kg di N₂O, 4,37 kg di CH₄, 8,63 kg di NH₃ e 5,70 kg di VOC (Volatile OrganicCompounds) per ogni tonnellata di residuo organico urbano e residuo verde compostato.

Produzione fertilizzanti minerali

I dati di produzione dei fertilizzanti minerali provengono dal database ecoinventv2.0 (Swiss Centre for Life CycleInventories., 2007), i quali includono infrastrutture, trasporto della materia prima, sintesi dei composti chimici necessari, deposito e trattamento dei rifiuti generati (Nemecek et al., 2004).

Estrazione Zeoliti

I dati di estrazione delle zeoliti provengono dal database ecoinvent. Non essendo presente il processo vero e proprio, si è utilizzato il processo di estrazione della bentonite il quale è molto simile; per la giusta



ponderazione dei dati di emissioni e consumi, essendo la zeolite un materiale inerte, si è considerata una vita utile di 100 anni, come avviene per le sabbie e ghiaie.

Trasporto compost

Il compost è stato trasportato dall'impianto di compostaggio (Ozzano Emilia, Bologna) al luogo di utilizzo (Salto di Fondi, Latina) mediante camion 16t per una distanza di 330 km.

Trasporto concimi

I concimi azotati utilizzati provenivano tutti dalla ditta Yara, con stabilimento di produzione a Ferrara, è stato ipotizzato un trasporto con camion 16t per una distanza di 400 km; per tutti gli altri, non sapendone la provenienza, si è considerato come punto di partenza la sede legale della ditta produttrice.

Trasporto Zeolite

Per il trasporto della zeolite è stato considerato con camion di 28t di portata, con partenza dal luogo della cava (Pitigliano,AR), per un totale di km 280.

Coltivazione

La gestione della coltura è stata condotta utilizzando le normali pratiche agricole della zona.

Impianto di fertirrigazione. La somministrazione di acqua e fertilizzanti è stata effettuata mediante l'utilizzo di un impianto di fertirrigazione standard con pompa elettrica sommersa, filtro, tubo Venturi, manometri, condotte principali, secondarie, manichetta per la distribuzione microirrigua dell'acqua ed impianto ad aspersione con micro-aspersori. Sono stati considerati la produzione di questi elementi, il loro trasporto e la gestione dei rifiuti, in rapporto alla vita utile ed al ciclo produttivo della coltivazione.

Prodotti fitosanitari. I prodotti fitosanitari utilizzati sono tutti prodotti ammessi e registrati per la coltura e le dosi sono quelle riportate in etichetta. Il calcolo delle emissioni ha fatto riferimento non solo alla fase di



produzione (database Ecoinvent) ma anche alla distribuzione dei prodotti nei diversi comparti ambientali, in funzione della grandezza delle piante (LAI) e tempo di degradazione delle molecole utilizzate. Menzione particolare la merita il Rame, il quale pur essendo utilizzato come antiperonosporico di copertura anche in regimi di produzione biologica, a livello di tossicità ambientale è piuttosto dannoso in quanto chimicamente è considerato un metallo pesante con tempi di degradazione superiori agli 8000 anni. Questo porta, durante la fase di elaborazione dei dati, ad essere tra i fitofarmaci il fattore maggiormente impattante.

Macchinari, attrezzature e lavorazioni. Sono stati presi in considerazione la produzione, la manutenzione, il trasporto e la gestione dei rifiuti di trattori ed attrezzature per la lavorazione. Sono state considerate le lavorazioni comuni ai tre substrati di coltivazione ed anche quelle specifiche per le tesi Compost e Zeolite.

Irrigazione e fertirrigazione. Per queste due pratiche, sono state conteggiate le ore di funzionamento ed i consumi di energia elettrica della pompa durante tutto il ciclo di coltivazione.

Emissioni da concimazione e fertirrigazione. Per il calcolo delle emissioni dei concimi distribuiti in fertirrigazione sono state considerate le diverse forme di azoto contenute in essi secondo la metodica proposta da Audsley (Audsley, 1997) e da Bentrup e Küesters (Bentrup, 2000). Le emissioni in atmosfera sono state conteggiate come NH_3 , N_2O , NO_x ed N_2 , mentre le emissioni nelle acque come NO_3 .

Emissioni dal ciclo colturale. Le emissioni di CO_2 del ciclo colturale sono state effettuate mediante misura diretta, a fine ciclo. Il valore utilizzato proviene dal differenziale di C del suolo a fine ciclo rispetto a quello a inizio ciclo, epurato della quota organicata dalla pianta e allocata nelle parti vegetative (pianta e frutti in formazione) e nella produzione.

Gestione dei residui colturali. Nel caso della coltura di zucchino si sono analizzate due ipotesi. La prima prevedeva la rimozione e lo smaltimento dei residui colturali a fine ciclo; la seconda, l'incorporamento degli stessi nel terreno. Nella pratica, nell'Azienda oggetto di studio, delle due ipotesi è stata seguita la seconda che ha lo scopo principale di innalzare il livello di sostanza organica nel terreno. Nel caso del pomodoro, invece, è stata considerata solo la prima opzione in quanto, per motivi di carattere fitosanitario, non è mai consigliabile interrare i residui colturali in serra.

Gestione degli altri residui dal sistema. Non sono stati tenuti in considerazione gli smaltimenti e la gestione dei residui dal sistema alla fine della propria durata tecnica.



Serra

Per lo studio di LCA, sono stati considerati per la serra la produzione, il trasporto, l'installazione e la gestione dei residui dei componenti. Per il ferro della struttura degli archi è stato considerato il 90% della materia prima proveniente dal riciclo e solo il 10% da nuove materie prime di estrazione in accordo con le dichiarazioni dei produttori delle strutture. Tutti i componenti metallici sono stati galvanizzati e rivestiti di uno strato di zinco per la protezione dall'ossidazione. Si è assunta una durata di venti anni della struttura, mentre per il materiale di copertura tre anni. Per quanto riguarda la struttura sono stati tenuti in considerazione anche i fili di ferro passanti sopra le piante e il filo di rafia per il tutoraggio delle piante. Tutte le finestre laterali sono ad apertura manuale, quindi non conteggiate, mentre la finestra al colmo della navata centrale è a comando elettrico, con associato consumo elettrico, per un utilizzo medio di 5 minuti al giorno.

Carica ambientale evitata, relativa ai residui organici urbani e alla materia vegetale fresca smaltiti in discarica

L'utilizzo del compost per la coltivazione non può essere considerato come semplice surrogato di una concimazione minerale o di un ammendante in genere, al compost bisogna comunque riconoscere una funzione in più: la riduzione dei volumi dei residui ed una minore quantità di materiale destinato alle discariche.

Per questo, all'impatto ambientale della tesi compost viene sottratto l'impatto ambientale che avrebbe avuto la quantità di residui organici urbani e materia vegetale fresca utilizzati per la produzione di compost se fossero stati smaltiti in discarica.

In riferimento all'utilizzazione dello schermo termico si evidenzia che l'analisi LCA non è stata applicata al suo utilizzo perché nella bibliografia scientifica esistente mancano dati di riferimento su tale tecnologia.



Risultati LCA Sustgreenhouse: zucchini

Differenze nelle procedure di analisi fra i due cicli di zucchini; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel primo ciclo: l'impatto delle operazioni colturali si dimostra prioritario, l'impatto dell'incorporamento dei residui vegetali; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel secondo ciclo: la struttura della serra si dimostra di impatto prioritario sul Riscaldamento Globale e Consumo di Risorse non rinnovabili, l'incorporamento dei residui vegetali riduce le emissioni di CO₂ del 25% sul tal quale e del 15% con il compost; tabella sintetica con tutti i risultati di impatto in riferimento all'adozione di substrati addizionali e all'agricoltura di precisione.

Come precedentemente affermato, per lo zucchini 1°ciclo lo studio di LCA e la sua valutazione è stata approfondita e affinata per evidenziare il contributo dei tre differenti substrati di coltivazione (tal quale, compost, zeolite); per lo zucchini 2°ciclo si sono prese in considerazione anche le gestioni di acqua e fertilizzanti. I risultati riportati nelle figure e nelle tabelle successive sono già riferiti all'unità funzionale (tonnellata di prodotto)

Contributo ambientale delle varie fasi del sistema(1° ciclo)

E' stato valutato il contributo ambientale delle varie fasi del sistema all'impatto totale delle tre tesi a confronto (coltivazione sui tre substrati: tal quale, compost, zeolite), considerando le due opzioni:

- 1) rimozione e smaltimento dei residui colturali ;
- 2) incorporamento nel terreno dei residui colturali(opzione effettivamente seguita durante le prove dimostrative).

Dalla tabella sottostante (Tab. 28) si può osservare che la tesi compost ha evidenziato valori più bassi rispetto sia alla coltivazione su substrato tal quale sia su zeolite in quasi tutte le categorie di impatto, eccetto che per le due che riguardano l'acidificazione delle acque (Ac) e l'eutrofizzazione delle acque (Eu).

Impact category	Unit	Rimozione residui colturali			Incorporamento residui colturali		
		Tal quale	Compost	Zeolite	Tal quale	Compost	Zeolite
AD	kg Sb eq	4.141	3.382	4.429	4.141	3.382	4.429
Ac	kg SO ₂ eq	2.517	22.319	2.729	2.517	22.319	2.729
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.376	1.741	0.413	0.376	1.741	0.413
GW	kg CO ₂ eq	942	913	1126	298	16	317
OD	kg CFC-11 eq	3.16E-05	1.74E-05	3.48E-05	3.16E-05	1.74E-05	3.48E-05
PO	kg C ₂ H ₄	0.107	-0.020	0.114	0.107	-0.020	0.114

Tab. 28. Zucchino 1° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione e della rimozione o incorporamento nel terreno dei residui colturali su le varie categorie di impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico

Se si considera l'opzione "rimozione residui colturali", possiamo notare come ci sia stata una riduzione di circa il 20% per il consumo di risorse non rinnovabili (categoria AD), una lieve riduzione di emissione di CO₂ (GW) - non tanto rispetto alla coltivazione normale ma rispetto alla zeolite(- 18%) -, un dimezzamento delle emissioni che riducono lo strato di ozono (OD) e una mancata produzione di agenti provocanti ossidazione fotochimica (PO). Per contro si ha un notevole aumento del potere acidificante (fino a dieci volte) e del potere eutrofizzante (fino a 4 volte). La coltivazione su zeolite ha influenzato le categorie d'impatto in modo non molto diverso della coltivazione sul substrato tal quale. Di sostanziale si è osservato, rispetto a quest'ultima, un incremento del 20% delle emissioni di CO (GW).

Considerando l'opzione "incorporamento dei residui colturali", l'impatto della coltura non cambia per quasi tutte le categorie di impatto: fa eccezione il riscaldamento globale (GW), dove il compost ha per messo una riduzione delle emissioni di CO₂ del 95% sia nei confronti del substrato tal quale che della zeolite.

Nelle Fig. 52, 53, 54, per l'opzione "rimozione dei residui colturali", viene riportata per ogni categoria di impatto, l'incidenza o contributo dovuto ai diversi fattori d'impatto.

E' da notare, innanzitutto che nei sistemi tal quale e zeolitei fattori d'impatto hanno effetti assai simili con le emissioni dovute all'estrazione della zeolite che incidono per ben poca cosa sull'impatto totale. In entrambi



questi sistemi e per tutte le categorie d'impatto, eccetto che per il "Riscaldamento Globale" (GW), la struttura (serra) è il fattore di impatto che ha evidenziato l'incidenza maggiore, spesso superiore al 50%. Questi risultati provengono principalmente dalle materie prime utilizzate, le quali vanno a incidere in maniera considerevole sulla categoria "Consumo di risorse non rinnovabili" (AD) - ben oltre il 60% - e per valori molto alti anche per le altre categorie d'impatto. Questo è da imputare principalmente al processo di lavorazione e galvanizzazione dei materiali.

Il processo maggiormente impattante, successivo per ordine d'importanza, sono le operazioni colturali, soprattutto per quanto riguarda le categorie "Acidificazione delle acque" (Ac), con circa 20%, "Eutrofizzazione delle acque" (Eu), con circa 25% e "Assottigliamento della fascia di ozono" (OD), con circa 30%. In contrapposizione alle operazioni colturali, si può notare come nelle categorie "Consumo di risorse non rinnovabili" (AD) e "Formazione di smog fotochimico" (PO), siano più elevati i valori provenienti dall'impianto di fertirrigazione - rispettivamente 20% e 15% circa - dove l'utilizzo di materie prime non rinnovabili e il processo di lavorazione portano un contributo significativo.

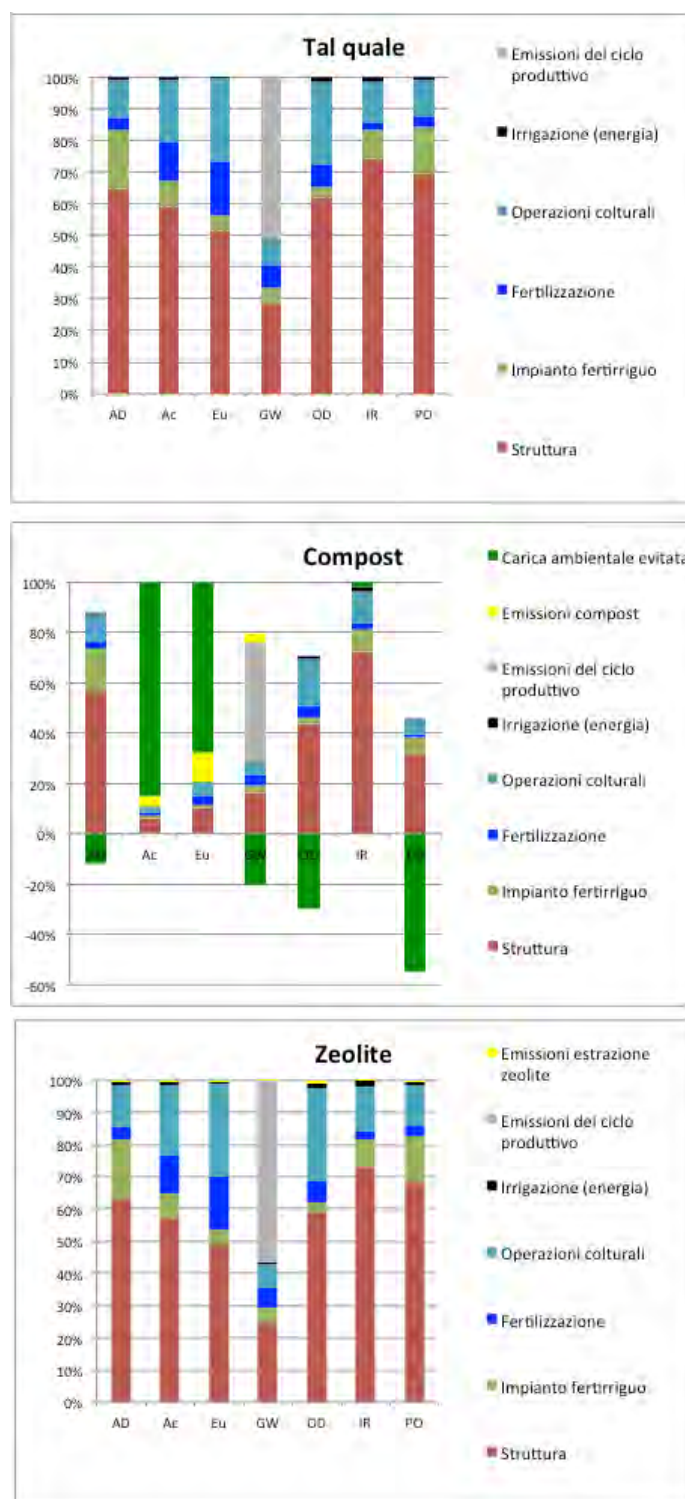


Fig. 52,53, 54. Zucchino 1° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite, nell'ipotesi di rimozione e smaltimento dei residui colturali. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico.



Per quanto riguarda la categoria “Riscaldamento Globale” (GW) le emissioni preponderanti, in questo caso di CO₂, derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come respirazione del terreno, il tutto rapportato ovviamente alla produzione ottenuta. Nel tal quale si è osservata un'incidenza pari al 52%, mentre per la zeolite circa il 56%; questi valori, nonostante il tasso di respirazione sia stato simile nei due substrati per tutto il ciclo colturale, differiscono per il fatto che la produzione è stata leggermente inferiore nel terreno ammendato con zeolite, anche se non differente significativamente.

Per quanto riguarda il compost possiamo notare l'effetto nel sistema della carica ambientale evitata. Da un lato possiamo vedere come per certe categorie d'impatto si sia avuta una riduzione più o meno marcata degli impatti come in AD, GW, OD e PO, mentre in altre categorie si siano osservati degli aumenti (Ac ed Eu). Più in particolare l'impiego del compost come ammendante ha permesso di ridurre le emissioni o impatti con la seguente incidenza: 12% nella categoria AD, 20% nella categoria GW, 30%, nella categoria OD e 50% nella categoria PO. Per contro, nella categoria AC abbiamo un 85% da attribuire alla produzione di compost mentre nella categoria EU un 70%. Questi maggiori impatti sono da attribuire principalmente al processo di produzione del compost e più in particolare all'elevato dispendio energetico, alla produzione di composti volatili e ai colaticci, che vanno ad interessare principalmente queste categorie di impatto. Sempre nel sistema compost la struttura rimane preponderante nella categoria AD (58%) e di notevole entità anche nelle categorie OD (45%) e PO (35%). Elevata rimane anche l'importanza relativa del ciclo di coltivazione nella categoria GW (45% circa).

Dalla Fig. 55, 56, 57, dove viene riportato il contributo dei diversi fattori d'impatto per l'opzione “incorporamento dei residui colturali”, si nota sostanzialmente che tale opzione contribuisce a ridurre unicamente le emissioni di CO₂ per un 25% circa nel caso del tal quale e della zeolite e per un 17% circa nel caso del compost

Fig. 55, 56, 57. Zucchini 1° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria di impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite, nell'ipotesi di incorporamento nel terreno dei residui colturali. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac =

Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico

Contributo ambientale delle varie fasi del sistema(2° ciclo)

Nel secondo ciclo, come nel primo, è stato valutato il contributo ambientale delle varie fasi del sistema all'impatto totale delle tre tesi a confronto (coltivazione sui tre substrati: tal quale, compost, zeolite), considerando le due opzioni:

- 1) rimozione e smaltimento dei residui colturali;
- 2) incorporamento nel terreno dei residui colturali

I risultati ottenuti nella tabella e nelle figure sono già riferiti all'unità funzionale (tonnellata di prodotto).

Dalla Tab. 29 si può osservare che anche in questo ciclo la tesi compost ha evidenziato valori più bassi rispetto sia alla coltivazione su substrato tal quale sia su zeolite in quasi tutte le categorie di impatto, eccetto che per le due che riguardano l'acidificazione delle acque (Ac) e l'eutrofizzazione delle acque (Eu).

Impact category	Unit	Rimozione residui colturali			Incorporamento residui colturali		
		Tal quale	Compost	Zeolite	Tal quale	Compost	Zeolite
AD	kg Sb eq	5.201	3.900	5.532	5.201	3.900	5.532
Ac	kg SO ₂ eq	3.122	24.510	3.338	3.122	24.510	3.338
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.458	1.803	0.484	0.458	1.803	0.484
GW	kg CO ₂ eq	1504	283	154	388	-9	449
OD	kg CFC-11 eq	4.03E-05	3.49E-05	4.25E-05	4.03E-05	3.49E-05	4.25E-05

Tab. 29. Zucchini 2° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione e della rimozione o incorporamento nel terreno dei residui colturali sulle varie categorie di impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono



Se si considera l'opzione "rimozione residui colturali", possiamo notare come rispetto a tal quale il compost abbia permesso una riduzione di circa il 25% per il consumo di risorse non rinnovabili (categoria AD), di oltre l' 80% per le emissioni di CO₂ (GW) e di un 13% delle emissioni che riducono lo strato di ozono (OD). Per contro si ha un notevole aumento del potere acidificante (fino a sei volte) e del potere eutrofizzante (fino a 3 volte).

La coltivazione su zeolite ha influenzato le categorie d'impatto in modo non molto diverso della coltivazione sul substrato tal quale (variazioni dell'ordine del 5%), ad esclusione delle emissioni di CO₂ (GW) che in questo ciclo sono apparse notevolmente ridotte (90% in meno rispetto a tal quale). Ciò è stato determinato da un bilancio più favorevole tra fotosintesi e respirazione del terreno.

Considerando l'opzione "incorporamento dei residui colturali", l'impatto della coltura non è cambiato per quasi tutte le categorie di impatto: ha fatto eccezione il riscaldamento globale (GW), dove il compost ha permesso un azzeramento delle emissioni e il tal quale una riduzione delle emissioni di CO₂ del 75%. Con zeolite, invece, GW ha subito un incremento di circa il 200% rispetto all'opzione "rimozione dei residui colturali"; questo è chiaramente dovuto alla rimessa in circolo di sostanza organica soggetta a processi respirativi.

Nelle Fig. 58, 59, 60, per l'opzione "rimozione dei residui colturali", viene riportata per ogni categoria di impatto, l'incidenza o contributo dovuto ai diversi fattori d'impatto.

E' da notare che anche per questo ciclo le emissioni dovute all'estrazione della zeolite incidono per ben poca cosa sull'impatto totale di questo sistema. Inoltre, nei sistemi tal quale e zeolite il fattore d'impatto che ha evidenziato l'incidenza maggiore per tutte le categorie d'impatto, eccetto che per il "Riscaldamento Globale" (GW), è la struttura (serra) la cui incidenza è porsa spesso superiore al 50%. Questi risultati provengono principalmente dalle materie prime utilizzate, le quali vanno a incidere in maniera considerevole sulla categoria "Consumo di risorse non rinnovabili" (AD) - ben oltre il 60% - e per valori molto alti anche per le altre categorie d'impatto. Questo è da imputare principalmente al processo di lavorazione e galvanizzazione dei materiali.

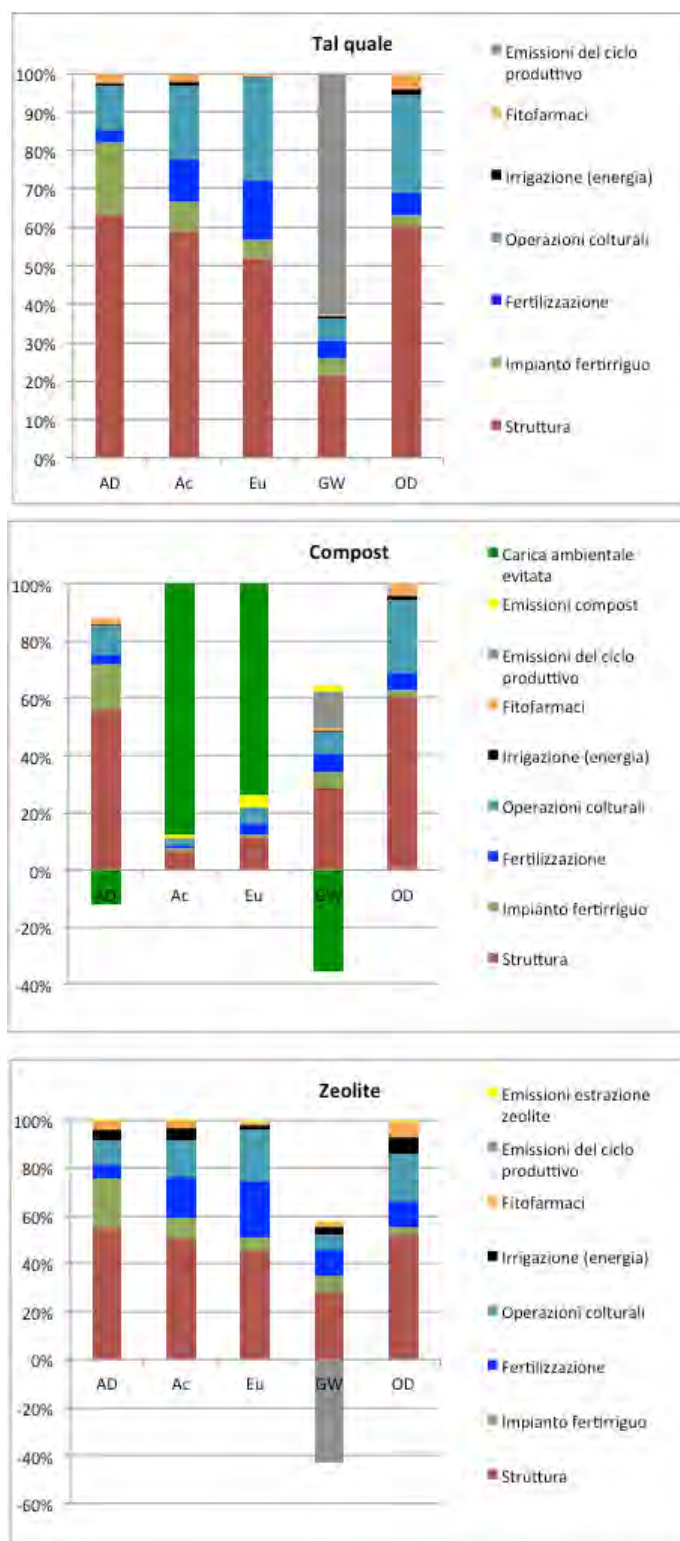


Fig. 58, 59, 60. Zucchini 2° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite, nell'ipotesi di rimozione e smaltimento dei residui culturali. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono



Nel sistema tal quale, il processo maggiormente impattante, successivo per ordine d'importanza, sono apparse le operazioni colturali, soprattutto per quanto riguarda le categorie “Acidificazione delle acque” (Ac), con circa 19%, “Eutrofizzazione delle acque” (Eu), con circa 26% e “Assottigliamento della fascia di ozono” (OD), con circa 25%. In contrapposizione alle operazioni colturali, si può notare come nelle categorie “Consumo di risorse non rinnovabili” (AD), siano più elevati i valori provenienti dall'impianto di fertirrigazione con il 18% circa, dove l'utilizzo di materie prime non rinnovabili e il processo di lavorazione portano un contributo significativo.

Nel sistema zeolite, il processo maggiormente impattante, successivo per ordine d'importanza alla struttura, è risultata la fertilizzazione seguita a breve distanza dalle operazioni colturali, soprattutto per quanto riguarda le categorie “Acidificazione delle acque” (Ac), con circa 17% e 15% rispettivamente e “Eutrofizzazione delle acque” (Eu), con circa 24% e 21%, rispettivamente.

Per quanto riguarda la categoria “Riscaldamento Globale” (GW), gli effetti si differenziano notevolmente tra il sistema tal quale e il sistema zeolite. Nel tal quale, le emissioni preponderanti di CO₂ derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come respirazione del terreno, che incide per il 62% su tale categoria d'impatto. In zeolite, invece, la ridotta respirazione del terreno ha spostato decisamente l'equilibrio CO₂ organica:CO₂ emessa verso il primo termine, determinando una sostanziale riduzione nella categoria GW.

Per quanto riguarda il compost, ancora una volta si è potuto notare l'effetto nel sistema della carica ambientale evitata. Da un lato possiamo vedere come per certe categorie d'impatto ciò ha permesso una riduzione più o meno marcata degli impatti come in AD e GW, mentre in altre categorie si siano osservati degli aumenti (Ac ed Eu). Più in particolare l'impiego del compost come ammendante ha permesso di ridurre le emissioni o impatti per oltre il 10% e 35% nella categoria AD e GW, rispettivamente. Per contro, nella categoria AC abbiamo un 87% da attribuire alla produzione di compost mentre nella categoria EU un 74%. Questi maggiori impatti sono da attribuire principalmente al processo di produzione del compost e più in



particolare all'elevato dispendio energetico, alla produzione di composti volatili e ai colaticci, che vanno ad interessare principalmente queste categorie di impatto. Sempre nel sistema compost la struttura rimane preponderante nelle categorie AD (63%) e OD (60%) e di notevole entità anche nella categoria GW (44%). In questo ciclo più contenuto è l'effetto del ciclo di coltivazione nella categoria GW (incidenza del 20% circa).

Nelle Fig. 61, 62, 63, dove viene riportato il contributo dei diversi fattori d'impatto per l'opzione "incorporamento dei residui colturali", si nota sostanzialmente che tale opzione contribuisce a ridurre unicamente le emissioni di CO₂ per un 25% circa nel caso del tal quale e per un 15% circa nel caso del compost. Come precedentemente affermato, nel caso della zeolite con l'incorporamento dei residui vegetali viene aumentato il potenziale di respirazione del terreno e, di conseguenza il valore di GW.

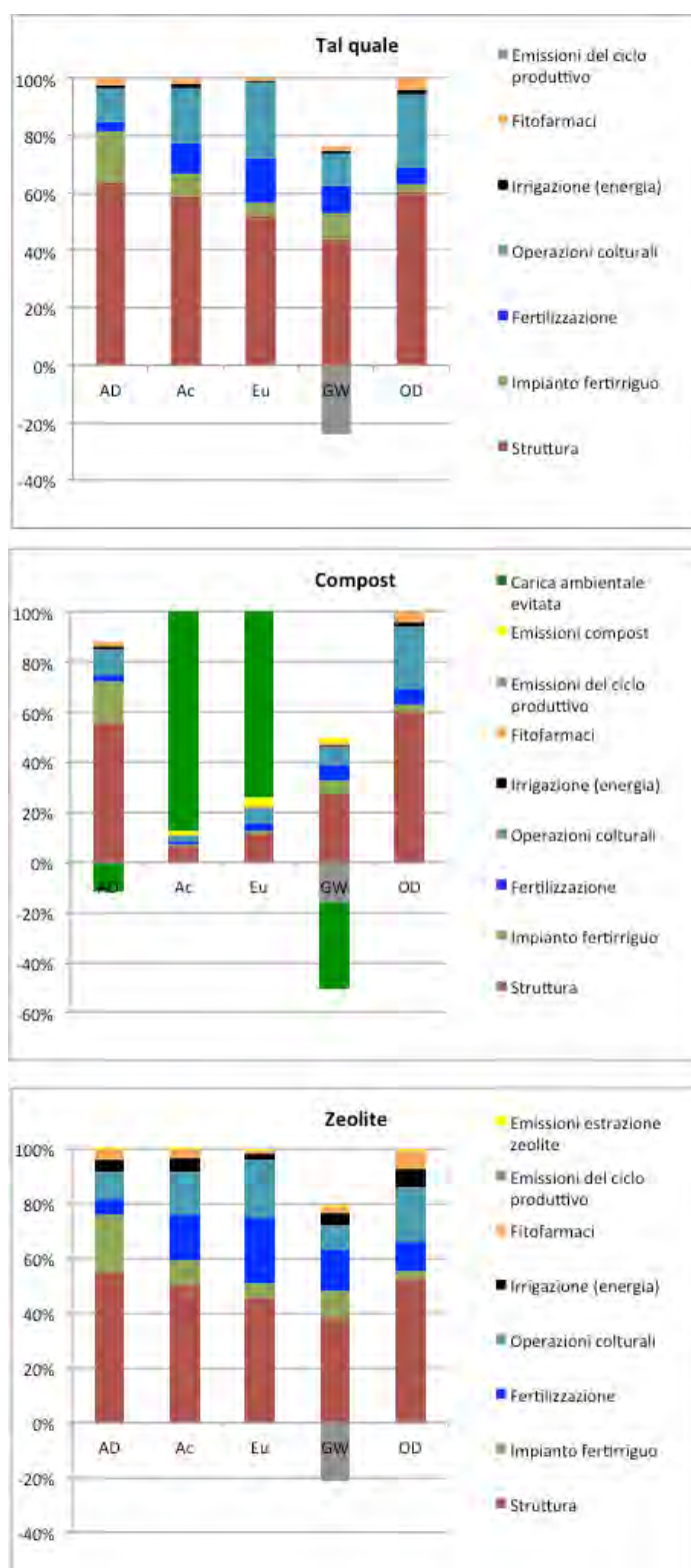


Fig. 61, 62, 63. Zucchini 2° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite, nell'ipotesi di incorporamento nel terreno dei residui culturali. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Nella Tab. 30 vengono riportati più in dettaglio tutti gli effetti dei fattori a confronto sulle categorie di impatto. E' interessante osservare come su tal quale e zeolitela riduzione sia dei volumi irrigui (Irid) sia dei concimi (Crid) abbia permesso di ridurre le emissioni in tutte le categorie di impatto, con effetti più evidenti dovuti alla gestione irrigua. Ad esempio per quanto riguarda la categoria GW sia su tal quale sia su zeolite, passando dalla tesi ImaxCmax (controllo) a IridCmax, ImaxCrid e IridCrid si sono registrate riduzioni dei valori sull'ordine del 18%, 7% e 24%, rispettivamente. Su compost, invece, le diverse strategie agronomiche hanno avuto un effetto molto più modesto.

Tesi	tal quale				compost				Zeolite			
	Imax	Irid	Imax	Irid	Imax	Irid	Imax	Irid	Imax	Irid	Imax	Irid
	Cmax	Cmax	Crid	Crid	Cmax	Cmax	Crid	Crid	Cmax	Cmax	Crid	Crid
AD - kg Sb eq												
- medi	5.834	4.627	5.769	4.575	3.933	3.918	3.883	3.868	6.154	5.039	6.032	4.937
- min	4.652	4.135	4.600	4.089	3.535	3.522	3.490	3.477	5.197	4.436	5.094	4.346
- max	7.832	5.251	7.745	5.193	4.432	4.415	4.375	4.358	7.534	5.837	7.384	5.719
Ac - kg SO₂eq												
- medi	3.550	2.814	3.415	2.708	24.567	24.557	24.463	24.452	3.728	3.162	3.508	2.980
- min	2.830	2.515	2.723	2.420	22.082	22.073	21.988	21.979	3.148	2.784	2.963	2.623
- max	4.766	3.194	4.585	3.073	27.682	27.671	27.565	27.553	4.564	3.663	4.295	3.452
Eu - kg PO₄³⁻eq												
- medi	0.525	0.417	0.497	0.395	1.814	1.813	1.792	1.792	0.542	0.470	0.496	0.432
- min	0.419	0.372	0.396	0.353	1.630	1.630	1.611	1.610	0.457	0.414	0.419	0.381
- max	0.705	0.473	0.668	0.448	2.044	2.043	2.019	2.019	0.663	0.544	0.608	0.501
GW - kg CO₂eq												
- medi	441.1	360.1	412.9	337.8	2.9	0.8	-19.0	-21.1	517.5	424.5	472.7	387.3
- min	351.7	321.9	329.2	301.8	2.6	0.7	-17.1	-19.0	437.0	373.7	399.2	341.0
- max	592.2	408.8	554.3	383.4	3.3	0.9	-21.5	-23.8	633.5	491.7	578.7	448.6
OD - kg CFC-11 eq												
- medi	4.54 E-05	3.60 E-05	4.45 E-05	3.52 E-05	3.54 E-05	3.52 E-05	3.46 E-05	3.45 E-05	4.68 E-05	4.02 E-05	4.51 E-05	3.87 E-05
- min	3.62 E-05	3.22 E-05	3.54 E-05	3.15 E-05	3.18 E-05	3.16 E-05	3.11 E-05	3.10 E-05	3.96 E-05	3.53 E-05	3.81 E-05	3.41 E-05
- max	6.09 E-05	4.08 E-05	5.97 E-05	4.00 E-05	3.99 E-05	3.97 E-05	3.90 E-05	3.89 E-05	5.74 E-05	4.65 E-05	5.52 E-05	4.48 E-05

Tab. 30. Zucchini 2° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione, della gestione dell'irrigazione e della gestione della concimazione sulle varie categorie d'impatto. Coltura di zucchini i cui residui colturali sono stati incorporati nel terreno a fine ciclo. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono



Risultati LCA Sustgreenhouse: pomodoro

Differenze nelle procedure di analisi fra i due cicli di pomodoro; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel primo ciclo: analisi dei processi per categoria di impatto, anche qui l'impatto del ciclo produttivo risulta prioritario sulle emissioni di CO₂; il contributo ambientale delle fasi del sistema nel secondo ciclo: l'effetto del compost ancora una volta risulta prioritario per carica ambientale evitata; tabella sintetica con tutti i risultati di impatto in riferimento all'adozione di substrati addizionali e all'agricoltura di precisione.

Come per lo zucchini, anche per il pomodoro 1° ciclo lo studio di LCA e la sua valutazione è stata approfondita e affinata per evidenziare il contributo dei tre differenti substrati di coltivazione (tal quale, compost, zeolite); per il pomodoro 2° ciclo si sono prese in considerazione anche le gestioni di acqua e fertilizzanti.

I risultati riportati nelle figure e nelle tabelle sono già riferiti all'unità funzionale (tonnellata di prodotto).

Contributo ambientale delle varie fasi del sistema (1° ciclo)

Dalla tabella 31 si può osservare che la tesi compost ha evidenziato valori più bassi rispetto sia alla coltivazione su substrato tal quale sia su zeolite in quasi tutte le categorie di impatto, eccetto che per le due che riguardano l'acidificazione delle acque (Ac) e l'eutrofizzazione delle acque (Eu).

Impact category	Unit	Tal quale	Compost	Zeolite
AD	kg Sb eq	0,422	0,382	0,455
Ac	kg SO ₂ eq	0,266	2,185	0,287
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0,039	0,178	0,043
GW	kg CO ₂ eq	94,3	64,9	78,3
OD	kg CFC-11 eq	3,06E-06	1,96E-06	3,33E-06
PO	kg C ₂ H ₄	0,011	-0,001	0,011

Tab. 31. Pomodoro 1° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione sulle varie categorie di impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico.

Possiamo notare come rispetto a tal quale il compost abbia permesso una riduzione di circa il 10% per il consumo di risorse non rinnovabili (categoria AD), di oltre il 30% per le emissioni di CO₂ (GW) e di oltre il 35% delle emissioni che riducono lo strato di ozono (OD). Per contro si ha un notevole aumento del potere acidificante (oltre otto volte) e del potere eutrofizzante (oltre 4 volte).

La coltivazione su zeolite ha influenzato le categorie d'impatto in modo non molto diverso della coltivazione sul substrato tal quale (variazioni inferiori al 10%), ad esclusione delle emissioni di CO₂ (GW) che in questo ciclo sono apparse ridotte di circa il 20% rispetto a tal quale. Ciò è stato determinato da un bilancio più favorevole tra fotosintesi e respirazione del terreno.

Dalle figure 64, 65, 66, si può osservare che la distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto non si è molto differenziata tra i sistemi tal quale e zeolite. Anche per il pomodoro le emissioni dovute all'estrazione della zeolite incidono per ben poca cosa sull'impatto totale di questo sistema. Inoltre, in tutte le categorie di impatto, eccetto per il "Riscaldamento Globale" (GW), la struttura ha ancora evidenziato



l'incidenza maggiore, spesso superiore al 50%. I valori più elevati li possiamo riscontrare nelle categorie “Formazione di smog fotochimico” (PO), “Assottigliamento della fascia di ozono” (OD) e “Consumo di risorse non rinnovabili” (AD); questi valori sono molto simili tra di loro e vanno dal 55% al 60% circa, principalmente per i processi di estrazione e lavorazione delle materie prime (metallo e plastiche).

Seppur la struttura incida prevalentemente sulle categorie “Acidificazione delle acque” (AC), per circa il 45% e “Eutrofizzazione delle acque” (EU), per circa il 42%, i concimi hanno un ruolo importante in queste categorie attestandosi sul 21% per AC e sul 30% per EU.

Come per lo zucchini, in contrapposizione alle operazioni colturali, si può notare come nelle categorie “Consumo di risorse non rinnovabili” (AD) e “Formazione di smog fotochimico” (PO), siano più elevati i valori provenienti dall'impianto di fertirrigazione - rispettivamente 20% e 15% circa - dove l'utilizzo di materie prime non rinnovabili e il processo di lavorazione portano un contributo significativo.

Per quanto riguarda la categoria “Riscaldamento Globale” (GW) le emissioni preponderanti, in questo caso di CO₂, derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come respirazione del terreno: nel tal quale si è osservata un'incidenza pari al 50%, mentre per la zeolite circa al 35%; questi valori differiscono per il fatto che la produzione è stata leggermente inferiore nel terreno ammendato con zeolite. Gli altri fattori importanti per la categoria GW sono i processi di produzione della struttura (30% circa) e i processi di produzione dei concimi (18% circa).

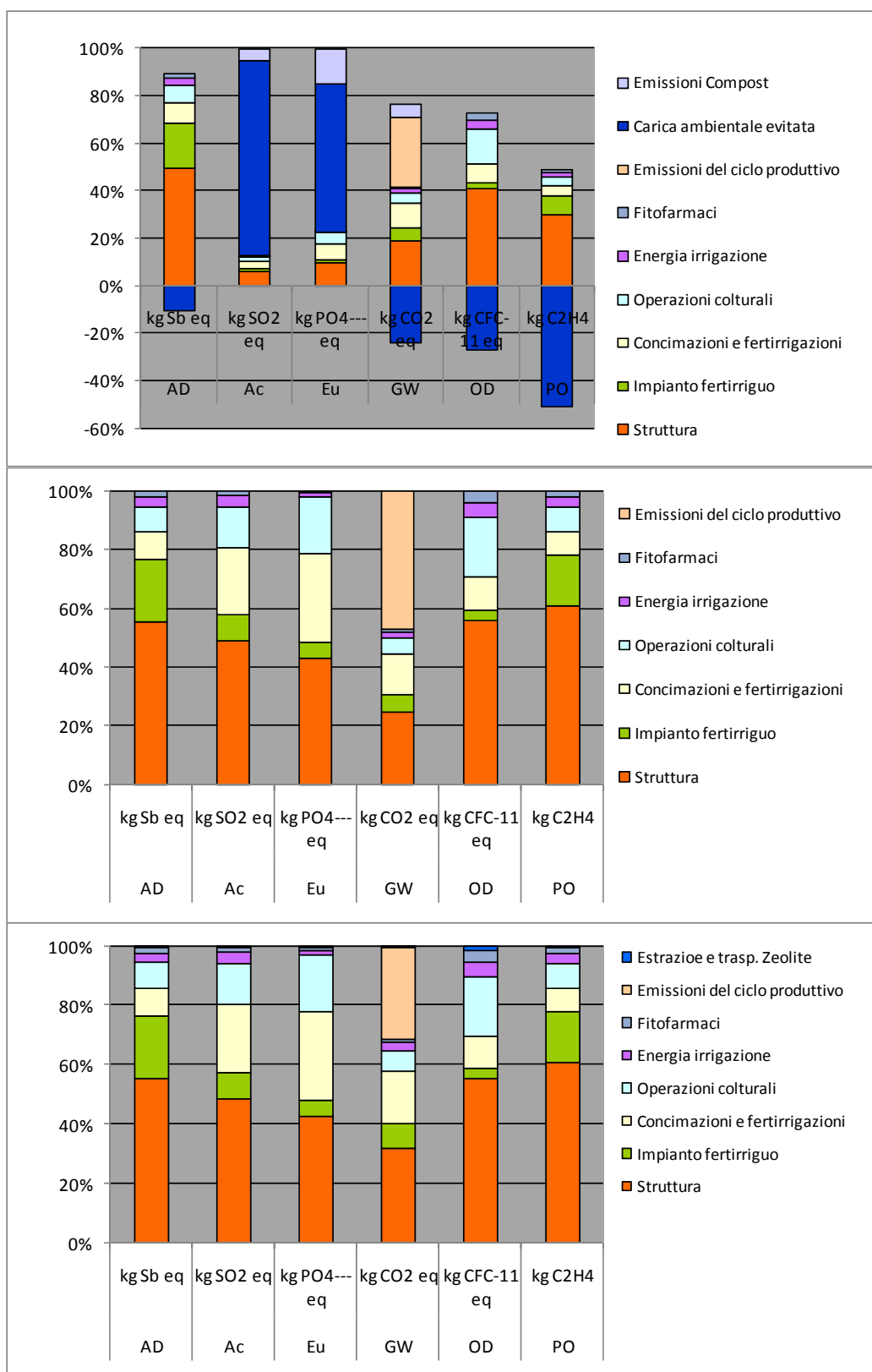


fig. 64, 65, 66. Pomodoro 1° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite (compost, in alto; tal quale, al centro; zeolite, in basso). AD = Consumo di risorse



non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico

Per quanto riguarda il compost, la carica ambientale evitata ha contribuito alla riduzione delle categorie di impatto per il 12% nel caso di AD, 20% per GW, 30% per OD e 50% per PO. Per contro, nella categoria Aced Eu abbiamo un 85% e 70% rispettivamente da attribuire alla produzione di compost. La struttura è preponderante nella categoria AD per un 50% e nella categoria OD per un 40%; rimane di notevole entità anche nella categoria PO con un 30%. Elevata rimane l'importanza relativa del ciclo di coltivazione con compost nella categoria GW (30% circa).

Contributo ambientale delle varie fasi del sistema(2° ciclo)

Nel secondo ciclo, oltre al contributo ambientale dei sistemi tal quale, compost, zeolite, sono stati valutati e approfonditi anche i contributi della gestione dell'irrigazione (Imax vs Irid) e della fertilizzazione (Cmax vs Crid).

Dalla tabella 32 si può osservare che in questo ciclo il substrato migliore si è rivelato il tal quale con valori nettamente più bassi di emissione di CO₂ rispetto sia al compost (circa 20% in meno) sia alla zeolite (circa 75% in meno). Rispetto a tal quale il compost conferma i risultati migliori per le categorie AD (oltre 10% in meno) e OD (circa 35% in meno), ma il notevole aumento di Ac (fino a otto volte) e di Eu (oltre a 4 volte).

Per le altre voci la coltivazione su zeolite ha influenzato le categorie d'impatto in modo assai simile alla coltivazione sul substrato tal quale (variazioni dell'ordine del 2%).

Impact category	Unit	Tal quale	Compost	Zeolite
AD	kg Sb eq	0.476	0.429	0.488
Ac	kg SO ₂ eq	0.290	2.324	0.295
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.042	0.175	0.043
GW	kg CO ₂ eq	104	123	181
OD	kg CFC-11 eq	3.67E-06	2.41E-06	3.77E-06

Tab. 32. Pomodoro 2° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione sulle varie categorie di impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Nella tabella 33 si può osservare che tutte le categorie di impatto sono state influenzate in maniera assai ridotta dalla gestione ridotta della concimazione Crid (rispetto a Cmax, si sono osservate riduzioni al massimo pari al 5 %).

Impact category	Unit	C_MAX	C_RID
AD	kg Sb eq	0.480	0.473
Ac	kg SO ₂ eq	0.296	0.285
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.043	0.041
GW	kg CO ₂ eq	105	103
OD	kg CFC-11 eq	3.71E-06	3.62E-06

Tab. 33. Pomodoro 2° ciclo. Influenza della gestione della fertilizzazione (valori medi del substrato tal quale) sulle varie categorie d'impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Nella tabella 34, invece, si può osservare che, sebbene la gestione ridotta dell'irrigazione Irid abbia incrementato del 17-19% rispetto a I_{max} le emissioni di AD, Ac, Eu e OD, ha permesso di ridurre del 28% circa le emissioni di CO₂ (GW).

Impact category	Unit	I_MAX	I_RID
AD	kg Sb eq	0.437	0.515
Ac	kg SO ₂ eq	0.267	0.314
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.038	0.046
GW	kg CO ₂ eq	121	87
OD	kg CFC-11 eq	3.38E-06	3.96E-06

Tab. 34. Pomodoro 2° ciclo. Influenza della gestione dell'irrigazione (valori medi del substrato tal quale) sulle varie categorie d'impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono.

Nelle figure 67, 68, 69 viene riportata, per ogni categoria di impatto, l'influenza dei sistemi tal quale, composte zeolite sull'incidenza o contributo dovuto ai diversi fattori d'impatto.

E' da notare che ancora una volta le emissioni dovute all'estrazione della zeolite incidono per ben poca cosa sull'impatto totale di questo sistema. Di conseguenza se si esclude la categoria "Riscaldamento globale (GW), i contributi dei diversi fattori d'impatto è parsa assai simile nei due sistemi tal quale e zeolite.

In tali sistemi il fattore d'impatto che ha evidenziato l'incidenza è ancora una volta la struttura (serra) la cui incidenza è stata di circa il 50%.

I fattori successivi per ordine d'importanza, sono apparsi la fertilizzazione e le operazioni colturali.



Per quanto riguarda la categoria “Riscaldamento Globale” (GW), gli effetti si differenziano notevolmente tra il sistema tal quale e il sistema zeolite. In zeolite, le emissioni preponderanti di CO₂ derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come respirazione del terreno, che incide per il 70% su tale categoria d'impatto. In tal quale, invece, tale fattore incide di meno (48%) e riprende importanza la struttura (25%).

Per quanto riguarda il compost, ancora una volta si è potuto notare l'effetto nel sistema della carica ambientale evitata. Da un lato possiamo vedere come per certe categorie d'impatto ciò ha permesso una riduzione più o meno marcata degli impatti come in AD, GW e OD mentre in altre categorie si siano osservati degli aumenti (Ac ed Eu). Più in particolare l'impiego del compost come ammendante ha permesso di ridurre le emissioni o impatti per oltre il 5%, 15 e 20% nella categoria AD, GW e OD, rispettivamente. Per contro, nella categoria AC abbiamo un 86% da attribuire alla produzione di compost mentre nella categoria EU un 70%. Questi maggiori impatti sono da attribuire principalmente al processo di produzione del compost e più in particolare all'elevato dispendio energetico, alla produzione di composti volatili e ai colaticci, che vanno ad interessare principalmente queste categorie di impatto.

Sempre nel sistema compost la struttura rimane preponderante nelle categorie AD (5%) e OD (52%). In questo ciclo rimane elevato l'effetto del ciclo di coltivazione nella categoria GW (incidenza del 65% circa).

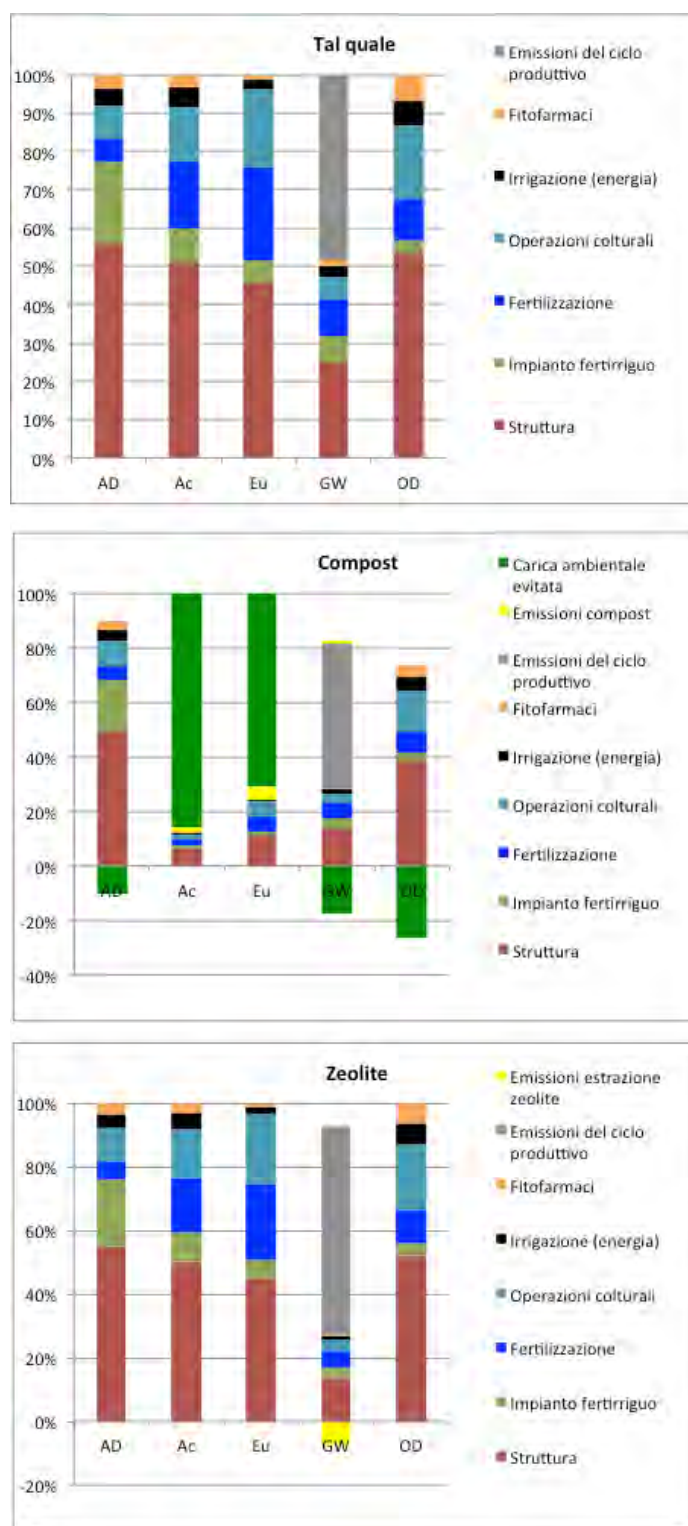


Fig. 67, 68, 69. Pomodoro 2° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi tal quale, compost e zeolite. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Dalle figure 70, 71, 72, dove viene riportato l'effetto della gestione della fertilizzazione sul contributo dei diversi fattori d'impatto, si nota sostanzialmente che Crid permette solo una lieve riduzione del contributo della fertilizzazione a tutte le categorie di impatto.

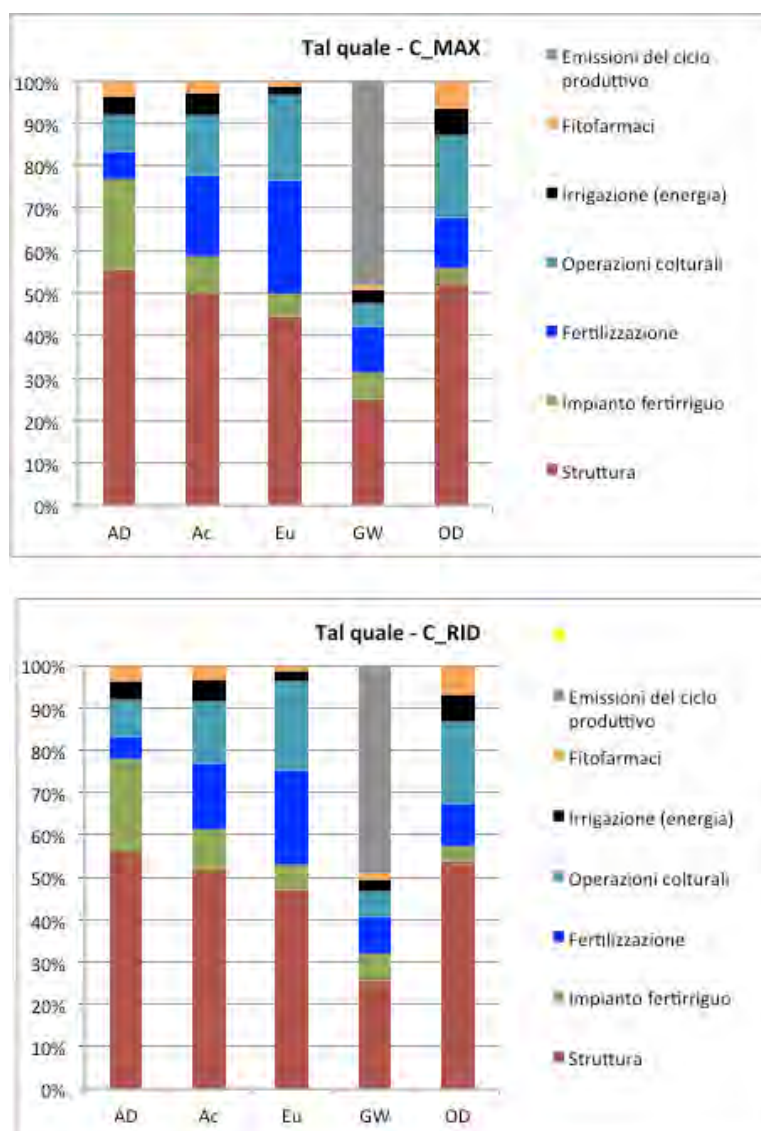


Fig. 70, 71, 72. Pomodoro 2° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi a differente gestione della fertilizzazione (valori medi del substrato tal quale). AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Per quanto riguarda la gestione dell'irrigazione (Fig. 73, 74, 75), con Irid, oltre ad avere una lieve riduzione del contributo dell'energia per la irrigazione su tutte le categorie di impatto, si è osservato un minore contributo delle emissioni del ciclo produttivo (34%, rispetto a 59% di Imax) su GW. Ciò è sostanzialmente determinato dalle migliori produzioni ottenute in questo ciclo con Irid.

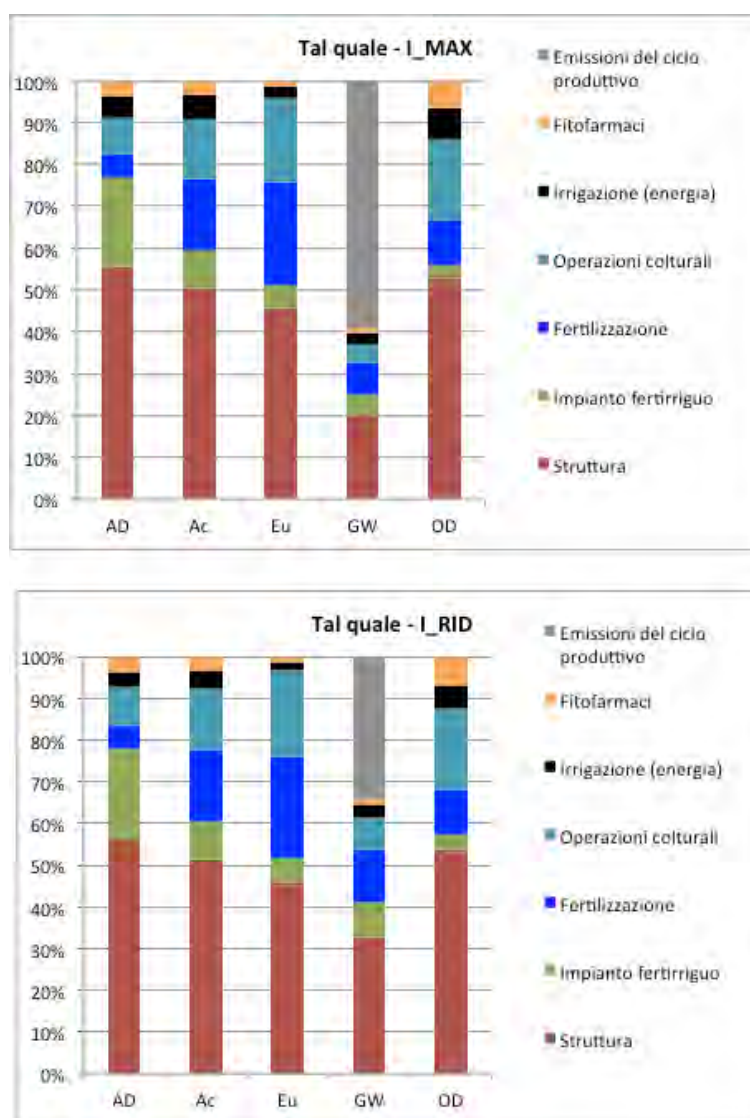


Fig. 73, 74, 75. Pomodoro 2° ciclo. Distribuzione percentuale dei processi per categoria d'impatto nei sistemi a differente gestione dell'irrigazione (valori medi del substratotal quale). AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono.

Nella tabella 35 vengono riportati più in dettaglio tutti gli effetti dei fattori a confronto sulle categorie di impatto. E' interessante osservare come su tutti i substrati la riduzione dei concimi (Crid) abbia permesso di ridurre, seppur di poco, le emissioni in tutte le categorie di impatto. La riduzione dei volumi irrigui (Irid),

invece ha permesso di ridurre solo, ma in modo consistente le emissioni di CO₂ (GW) su tal quale e zeolite. La maggiore respirazione del terreno ha invece indotto sul compost un sensibile aumento di GW in corrispondenza di Irid.

Tesi	tal quale				compost				zeolite			
	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}
	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}
AD - kg Sb eq												
- medi	0.440	0.519	0.435	0.512	0.397	0.467	0.391	0.460	0.451	0.531	0.445	0.524
- min	0.396	0.464	0.390	0.457	0.356	0.417	0.351	0.411	0.405	0.474	0.399	0.468
- max	0.497	0.589	0.490	0.581	0.447	0.530	0.441	0.522	0.508	0.603	0.501	0.595
Ac - kg SO₂eq												
- medi	0.272	0.320	0.262	0.307	2.120	2.541	2.109	2.528	0.271	0.331	0.260	0.318
- min	0.245	0.286	0.235	0.275	1.904	2.270	1.895	2.258	0.244	0.296	0.234	0.284
- max	0.307	0.364	0.295	0.349	2.390	2.886	2.378	2.872	0.306	0.376	0.294	0.362
Eu - kg PO₄³⁻eq												
- medi	0.039	0.047	0.037	0.044	0.159	0.192	0.157	0.190	0.039	0.049	0.037	0.046
- min	0.035	0.042	0.033	0.039	0.143	0.172	0.141	0.170	0.035	0.044	0.033	0.041
- max	0.044	0.053	0.042	0.050	0.180	0.219	0.177	0.216	0.044	0.056	0.042	0.053
GW - kg CO₂eq												
- medi	122.0	88.7	119.8	86.2	44.1	204.6	41.9	202.0	232.8	132.2	230.6	129.6
- min	109.6	79.3	107.7	76.9	39.6	182.8	37.7	180.4	209.1	118.1	207.2	115.8
- max	137.5	100.8	135.1	97.9	49.7	232.4	47.2	229.5	262.4	150.2	260.0	147.2
OD - kg CFC-11 eq												
- medi	3.42 E-06	4.01 E-06	3.34 E-06	3.90 E-06	2.17 E-06	2.73 E-06	2.09 E-06	2.63 E-06	3.42 E-06	4.22 E-06	3.33 E-06	4.12 E-06
- min	3.07 E-06	3.58 E-06	3.00 E-06	3.49 E-06	1.95 E-06	2.44 E-06	1.88 E-06	2.35 E-06	3.07 E-06	3.77 E-06	3.00 E-06	3.68 E-06
- max	3.86 E-06	4.55 E-06	3.76 E-06	4.43 E-06	2.45 E-06	3.10 E-06	2.35 E-06	2.99 E-06	3.85 E-06	4.79 E-06	3.76 E-06	4.68 E-06

Tab. 35. Pomodoro 2° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione, della gestione dell'irrigazione e della gestione della concimazione sulle varie categorie d'impatto. Le emissioni sono espresse per tonnellata di prodotto commerciabile. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono.

A titolo d'esempio per quanto riguarda la categoria GW su tal quale passando dalla tesi I_{max}C_{max} (controllo) a I_{rid}C_{max}, I_{max}C_{rid} e I_{rid}C_{rid} si sono registrate riduzioni dei valori sull'ordine del 27%, 2% e 29%, rispettivamente; su zeolite, passando dalla tesi I_{max}C_{max} (controllo) a I_{rid}C_{max}, I_{max}C_{rid} e I_{rid}C_{rid} si sono registrate riduzioni dei valori sull'ordine del 43%, 1% e 44%, rispettivamente. Su compost, invece, solo con la tesi I_{max}C_{rid} si è osservata una riduzione dei valori (-5%); passando dalla tesi I_{max}C_{max} (controllo) a I_{rid}C_{max} e I_{rid}C_{rid} i valori di GW sono aumentati di oltre 4 volte e mezzo.



Consumi idrici e dinamica dell'acqua nel terreno

Calcolo del risparmio del consumo di acqua ottenuto ed ottenibile nel caso le tecnologie progettuali venissero applicate nell'intera area, influenza dei substrati sulle dinamiche di assorbimento dell'acqua.

Considerando i consumi di acqua per l'irrigazione dei quattro cicli colturali, si può constatare che con le tesi I_{max} nel complesso si sono utilizzati 6828 m³/ha mentre nelle tesi Irid se ne sono utilizzati 4008, con un risparmio quindi di 2820 m³/ha (1410 m³/ha/anno).

Se si esclude il secondo ciclo di pomodoro, durante il quale la riduzione dell'irrigazione ha comportato una riduzione significativa della produzione, le tecniche adottate sono da considerarsi auspicabili al fine di risparmiare una elevata quantità di acqua prelevata dai pozzi e quindi scongiurare o almeno ridurre l'abbassamento della falda acquifera e conseguentemente il cuneo di intrusione salina. Sicuramente altri studi sono da compiere per ottimizzare gli interventi irrigui in termini di tempi e volumi di irrigazione per meglio conseguire, oltre al risparmio idrico, anche elevate produzioni commerciabili.

Calcolando che nell'area del progetto vi sono circa 250 ha di serre, il risparmio globale se l'esempio progettuale fosse recepito si aggirerebbe su 705 milioni di litri d'acqua per anno.

La citata eccessiva riduzione nella produzione di pomodoro dell'ultimo ciclo, è dovuta nello specifico ad una eccessiva riduzione dell'irrigazione nei mesi caldi da giugno ad agosto. Tale riduzione era stata calcolata in similitudine agli effetti avuti sulla precedente coltura dello zucchini, che però era stata condotta nel periodo invernale. Questo risultato insegna che occorre differenziare le dosi dell'irrigazione di precisione (Irid) caso per caso.

Considerando i profili idrici nei tre tipi di terreno, si può affermare che con l'utilizzo del compost potrebbero essere possibili ulteriori risparmi idrici. Questo substrato di coltivazione ha permesso infatti, nella generalità dei casi (cfr figure 76-84), il mantenimento di livelli di umidità più elevati sia nei pressi del piede della pianta (distanza dalla fila 10 cm) che a maggiore distanza (distanza dalla fila 20 cm).

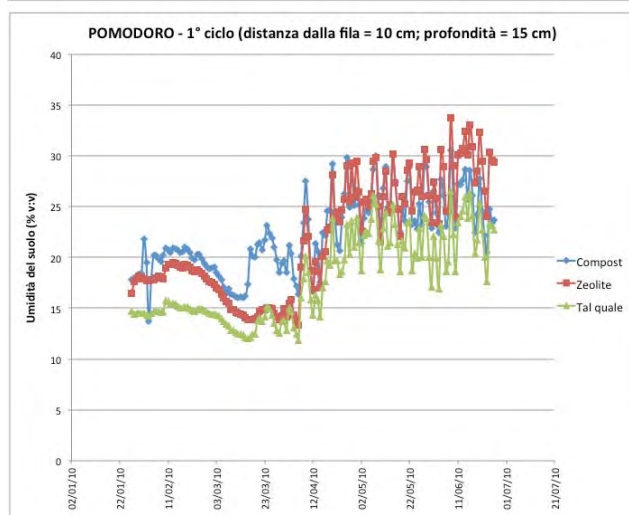
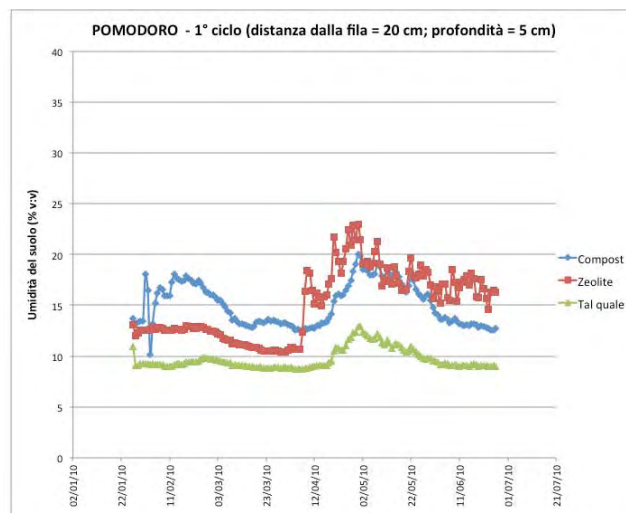
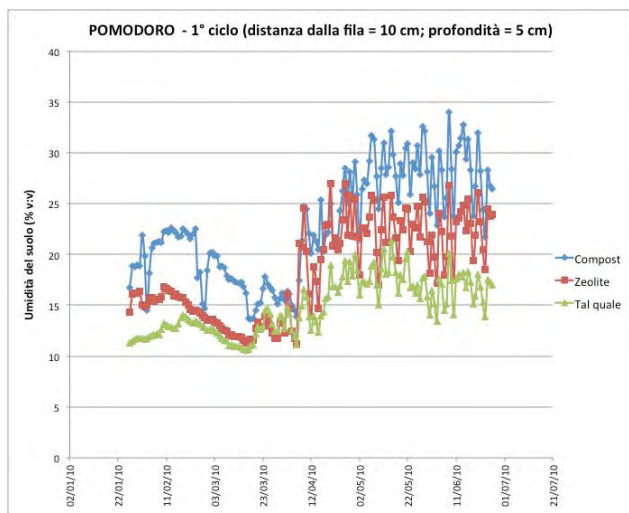


fig. 76, 77, 78. Pomodoro 1° ciclo. Influenza del substrato di coltivazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

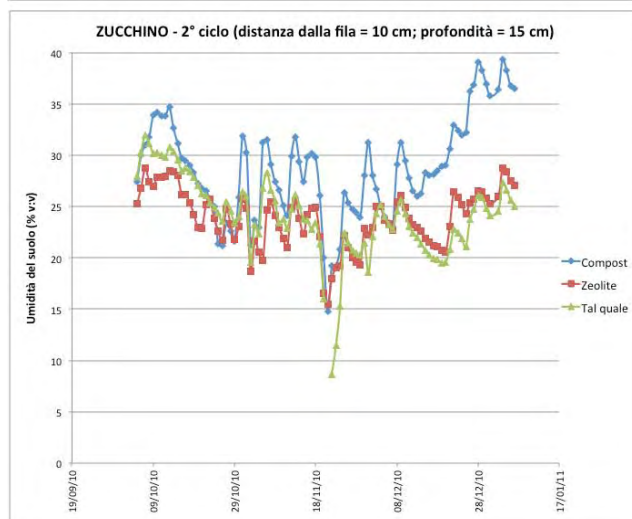
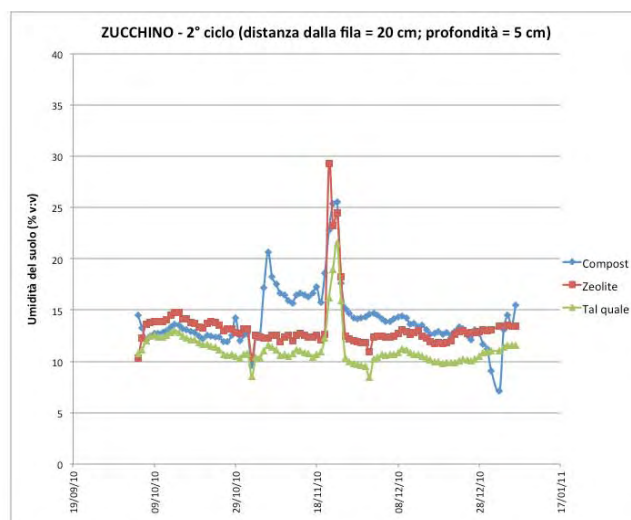
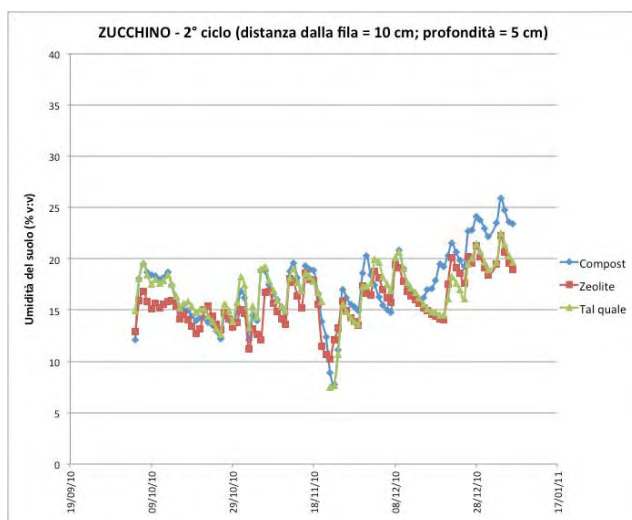


fig. 79, 80, 81. Zucchini 2° ciclo. Influenza del substrato di coltivazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

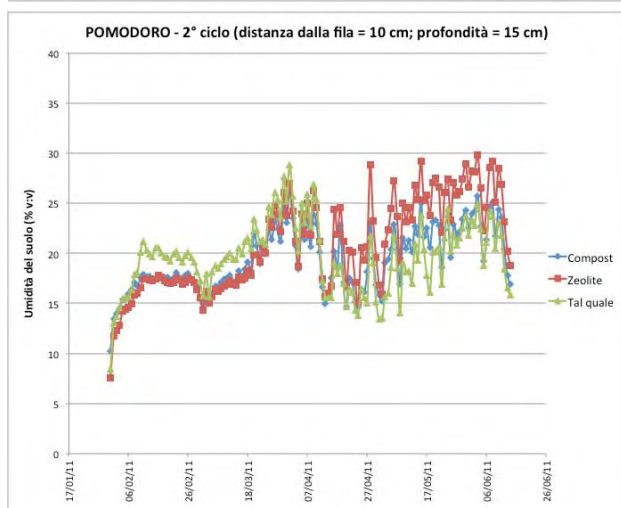
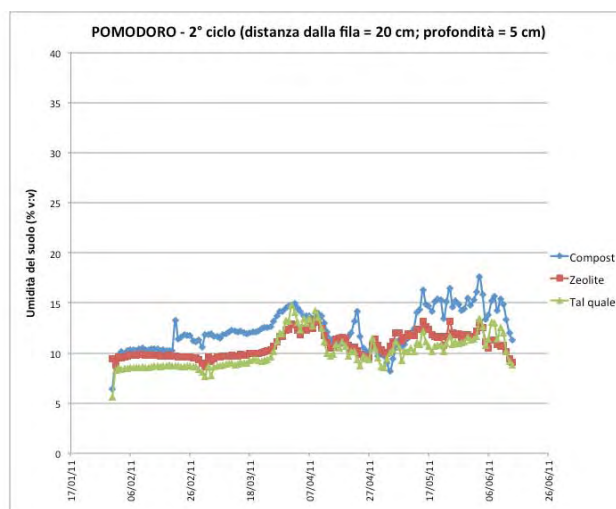
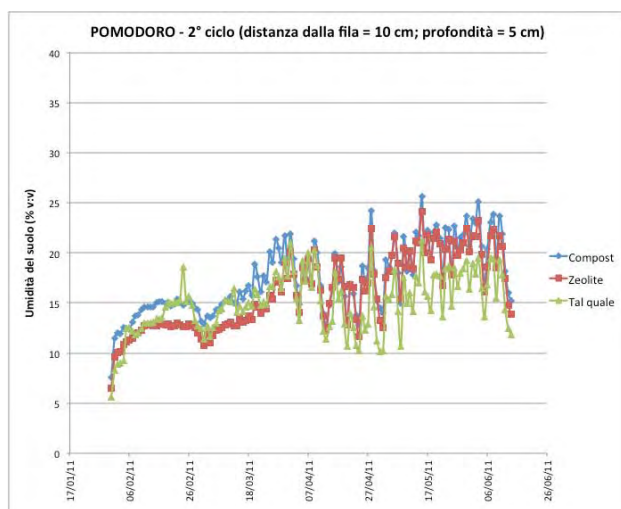


Fig. 82, 83, 84. Pomodoro 2° ciclo. Influenza del substrato di coltivazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

Nelle figure 85-93 vengono invece riportati i profili di umidità del terreno in relazione alla diversa gestione dell'irrigazione nei cicli colturali. E' possibile osservare la elevata umidità del terreno irrigato con I_{max} nello strato più profondo misurato. Questo può rappresentare un rischio, in quanto, se non trattenuta o assorbita dalle radici, tale quota d'acqua è più soggetta a perdite per percolazione profonda portando con se anche eventuali sali disciolti (es. nitrati).

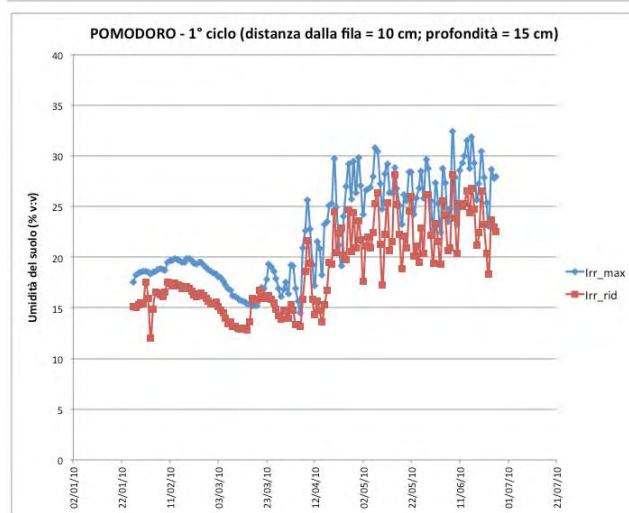
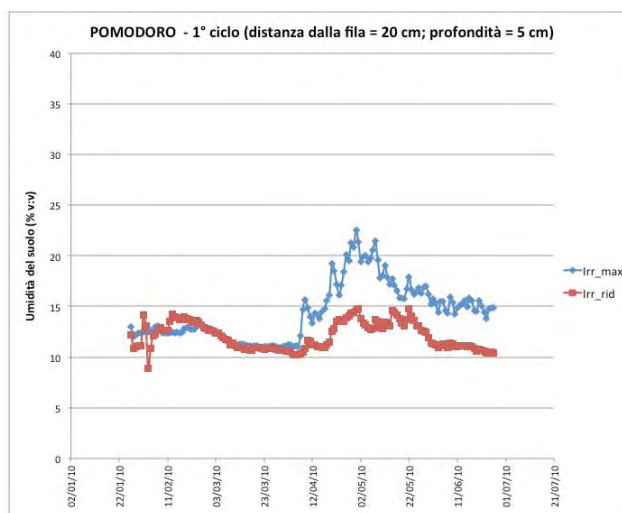
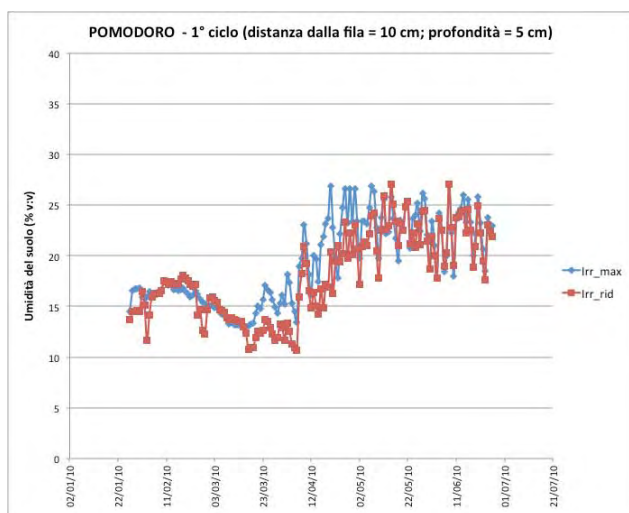


Fig. 85, 86, 87. Pomodoro 1° ciclo. Influenza della gestione dell'irrigazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

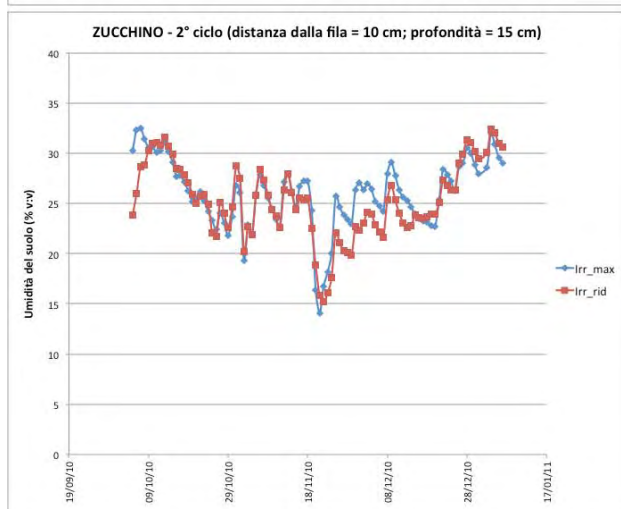
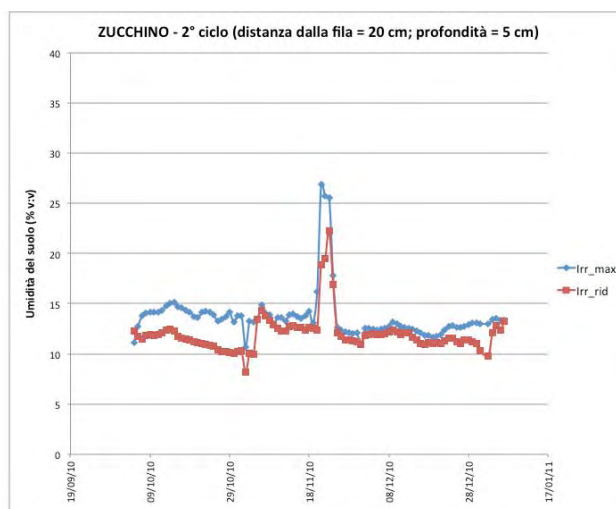
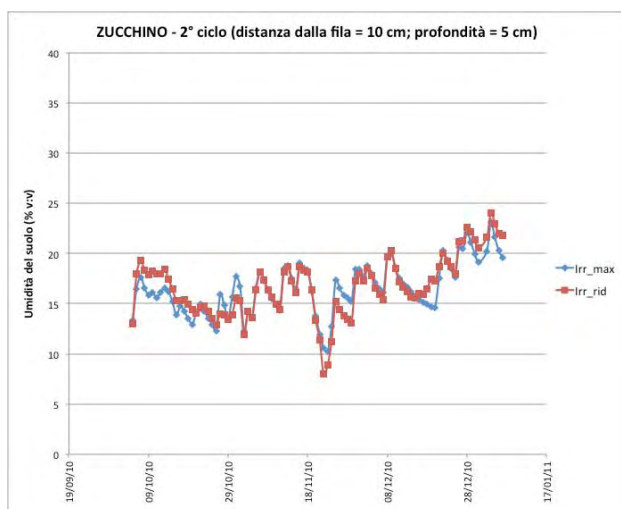


Fig. 88, 89, 90. Zucchini 2° ciclo. Influenza della gestione dell'irrigazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

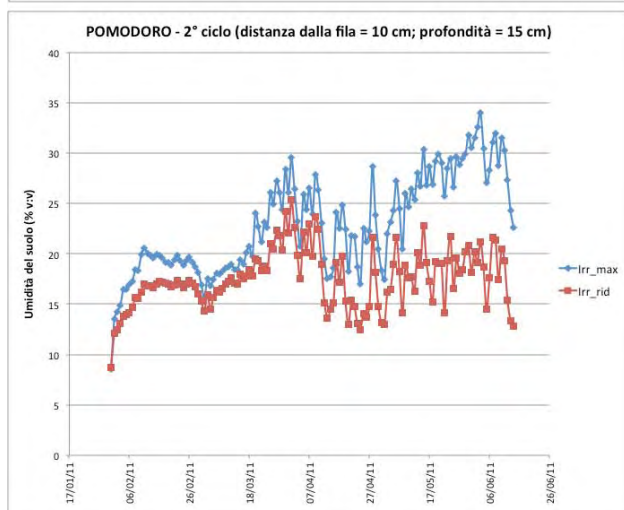
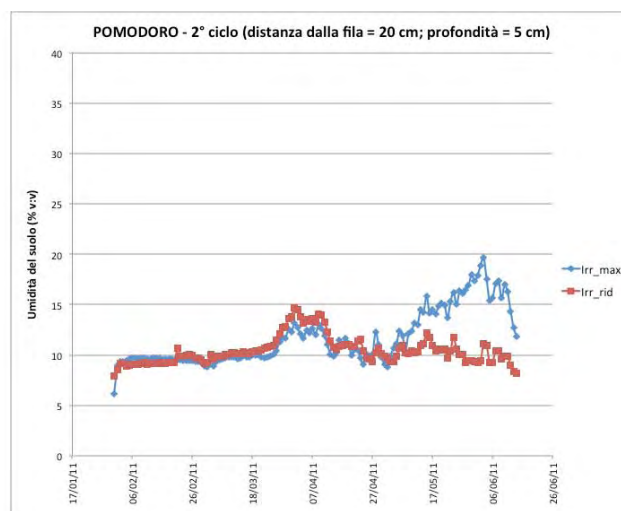
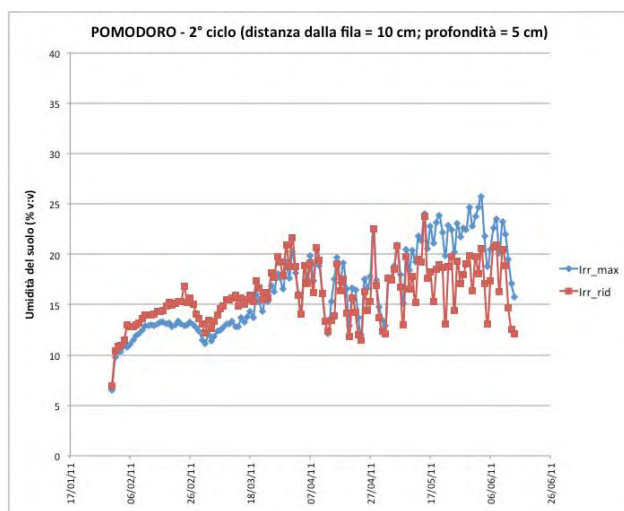


Fig. 91, 92, 93. Pomodoro 2° ciclo. Influenza della gestione dell'irrigazione sui profili di umidità del terreno, misurata con sonde FDR.

Per quanto riguarda le prove dimostrative sull'idroserra e considerando l'opzione testata nell'ultimo ciclo colturale che prevede la sostituzione dell'idroserra tradizionale con serre dotate di schermi termici, è stato dimostrato che è possibile conseguire risparmi di acqua pari a circa 41 m³/ha per ogni ora di normale utilizzo dell'idroserra.

Considerando che mediamente per ogni notte in cui è previsto gelo, l'idroserra funziona per circa 9 ore e che gli impianti possono essere azionati anche 20-30 volte durante l'inverno - fine primavera, il risparmio d'acqua complessivo può raggiungere 7400-11100 m³/ha per anno.



Calcolando i 250 ha di serre nell'area del progetto, il risparmio globale se l'esempio progettuale fosse recepito si aggirerebbe tra 1.850 e 2.775 milioni di litri d'acqua per anno che si andrebbero ad aggiungere ai 705 milioni di litri risparmiati per la più razionale gestione dell'irrigazione.

Questo, non solo senza danni da gelo per le colture, ma addirittura con incrementi produttivi e minor utilizzo di fitofarmaci permessi dal miglioramento del microclima in seguito all'adozione degli schermi termici nella serra.

Consumi di azoto e profilo dei nitrati nel terreno

Calcolo del risparmio di consumo di azoto per la fertilizzazione ottenuto, commento sui risultati ottenuti attraverso l'utilizzazione di diversi substrati e diversi tipi di input (agricoltura di precisione), valutazione della presenza di azoto nel profilo del terreno.

Considerando i consumi di Azoto dei quattro cicli colturali, si può constatare che con le tesi Cmax nel complesso si sono utilizzati 363kg/ha di N mentre nelle tesi Crid se ne sono utilizzati 259, con un risparmio quindi di 104kg/ha (52kg/ha/anno).

Si è osservato che le tecniche adottate sono da considerarsi auspicabili al fine di ridurre gli sprechi di nutrienti poiché con la riduzione dei quantitativi di fertilizzante si sono comunque ottenute produzioni soddisfacenti.

Dai profili relativi all'azoto nitrico nel terreno a conclusione dei cicli di coltivazione, riportati nelle figure 94-96, è possibile fare alcune considerazioni:



1) la zeolite ha evidenziato i minori contenuti di N-NO_3 nei primi 40 cm di profondità, mentre tra compost e tal quale non si sono osservate differenze sul contenuto totale in tale strato di terreno. Tuttavia si può osservare che con il tal quale l' N-NO_3 tende a spostarsi più in profondità con maggiori rischi di lisciviazione e contaminazione delle falde.

2) I_{max} tende a spostare più in profondità N-NO_3 con maggiori rischi di lisciviazione e contaminazione delle falde.

3) più elevate concentrazioni di N-NO_3 si possono osservare nel terreno in corrispondenza delle tesi C_{max} .

Anche per questa tematica ambientale, quindi, appare più favorevole ammendare il terreno con compost e rivolgersi verso sistemi di riduzione/ottimizzazione di acqua e nutrienti attraverso più razionali sistemi di irrigazione e concimazione.

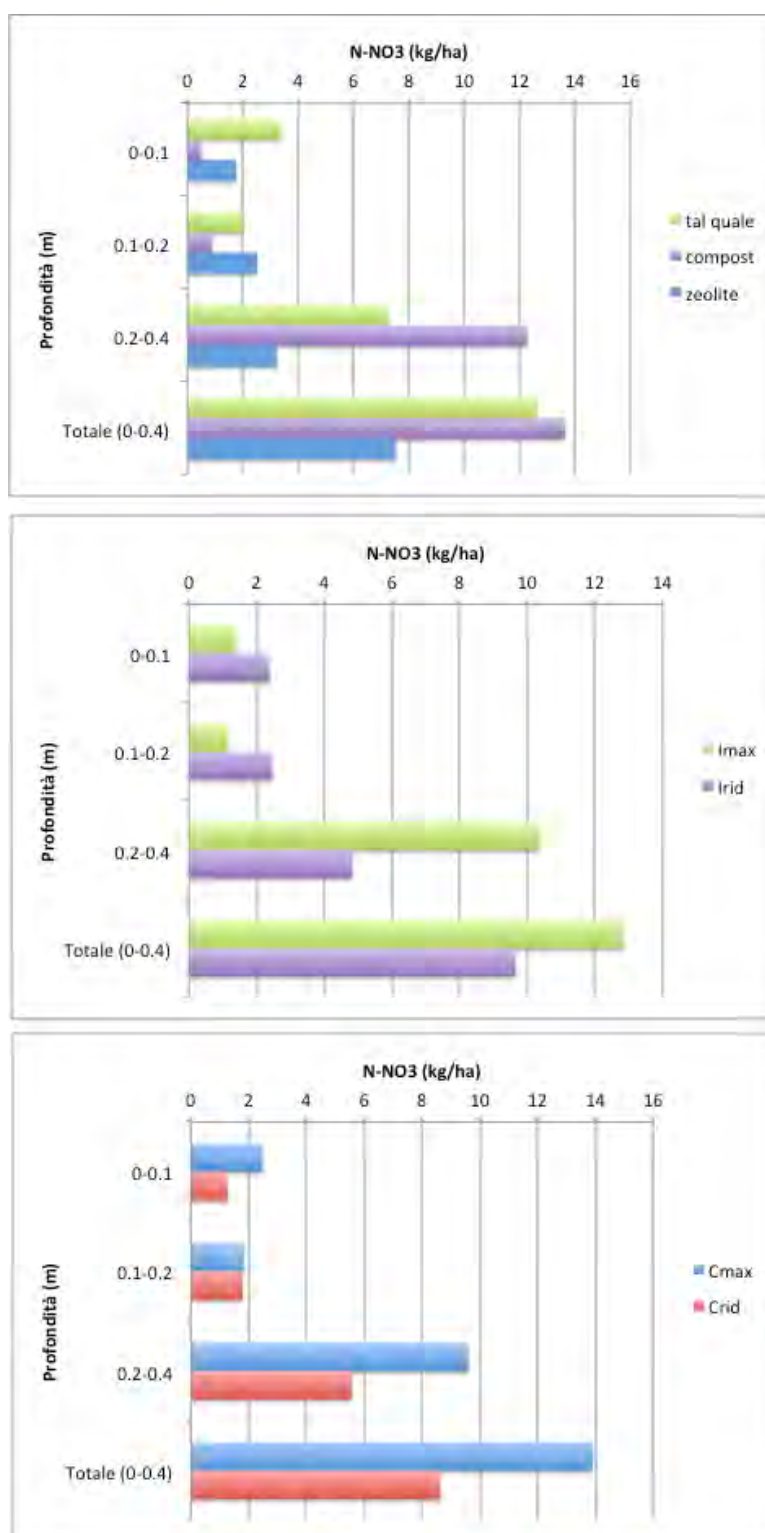


Fig. 94, 95, 96. Influenza di substrato di coltivazione, gestione dell'irrigazione e gestione della fertilizzazione azotata sui profili dell'azoto nitrico nel terreno, alla fine dei due anni di prova in serra.



Discussione sui risultati complessivi

Analisi dei risultati, diversità di esiti in relazione alla categoria di riferimento, motivazioni, interesse dell'uso del compost ai fini dell'abbassamento della carica ambientale, interesse dell'uso dello schermo termico ai fini della riduzione del consumo di acqua di falda per il riscaldamento delle serre. Tabelle comparative globali.

Considerando la media dei 4 cicli colturali (cfr. tabella 36), è possibile osservare che per quanto riguarda i differenti substrati di coltivazione, l'analisi ambientale di LCA non ha permesso di evidenziare grosse differenze tra il tal quale e la zeolite.

Un discorso a parte merita il compost. Infatti, se prendiamo in considerazione tutti i carichi ambientali imputati al compost, come precedentemente descritto nell'elaborazione, il risultato dipende dalle categorie di impatto considerate.

L'uso di compost infatti determina un netto miglioramento della categoria "Riscaldamento Globale" e un sostanziale miglioramento anche di "Consumo di risorse non rinnovabili", "Assottigliamento della fascia di ozono" e "Formazione di smog fotochimico", ma un forte peggioramento di "Acidificazione delle acque" ed "Eutrofizzazione delle acque".

Il peggioramento di queste due categorie di impatto è dovuto principalmente al tipo di processo utilizzato dall'impianto di compostaggio, molto semplice caratterizzato da un eccessivo uso di energie e produzione di sostanze volatili, senza il loro recupero e riciclo, e senza trattamento dei colaticci, i quali sono i principali responsabili dell'aumento dell'impatto ambientale nelle due categorie di impatto incriminate.

La produzione di compost con sistemi di ultima generazione (a maggior efficienza e con recupero e filtrazione dei gas emessi) potrebbe permettere l'abbassamento della carica ambientale apportata dal

prodotto finito, rendendo il compost ancora più interessante, in questo caso, non solo dal punto di vista economico/agronomico, e per la riduzione delle emissioni di CO₂ ma dal punto di vista ambientale nel suo complesso, tanto da farlo rientrare in una politica provinciale/regionale/nazionale di gestione dei rifiuti.

Impact category	Unit	Tal quale	Compost	Zeolite
AD	kg Sb eq	100	84	106
Ac	kg SO ₂ eq	100	824	106
Eu	kg PO ₄ ³⁻ eq	100	432	107
GW	kg CO ₂ eq	100	48	120
OD	kg CFC-11 eq	100	68	107
PO	kg C ₂ H ₄	100	-14	103

Tab. 36. Influenza dei substrati di coltivazione sulle varie categorie d'impatto. Le emissioni sono espresse da indici (**tal quale** = 100) e rappresentano la media dei 4 cicli colturali. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono; PO = Formazione di smog fotochimico

Considerando anche gli altri fattori allo studio e osservando i valori indicizzati e medi degli ultimi 2 cicli colturali (cfr. tabella 37), viene confermata la validità del compost indipendentemente dalla gestione dell'irrigazione e concimazione nel ridurre considerevolmente le emissioni di CO₂ rispetto al controllo (valori migliori sono stati ottenuti tuttavia con le tesi Imax).

Tali emissioni possono essere anche sensibilmente ridotte sul substrato tal quale adottando una gestione dell'irrigazione più oculata (Irid).

Su zeolite invece non appaiono strategie in grado di ridurre sostanzialmente gli impatti rispetto al controllo.

Tesi	tal quale				compost				zeolite			
	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}	I _{max}	I _{rid}
	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}	C _{max}	C _{max}	C _{rid}	C _{rid}
AD - kg Sb eq	100	99	99	97	79	87	78	85	104	103	102	102
Ac - kg SO ₂ eq	100	98	96	95	735	813	732	809	102	105	97	100
Eu - kg PO ₄ ³⁻ eq	100	99	95	94	375	417	370	411	101	107	94	100
GW - kg CO ₂ eq	100	77	96	74	18	84	15	80	154	102	148	97
OD - kg CFC-11 eq	100	98	98	96	71	79	69	76	102	106	98	103

Tab. 37. Media valori 3° e 4° ciclo. Influenza dei substrati di coltivazione, della gestione dell'irrigazione e della gestione della concimazione sulle varie categorie d'impatto. Le emissioni sono espresse da indici (**tal quale**–I_{max}C_{max}, controllo = 100) e rappresentano la media degli ultimi 2 cicli colturali. AD = Consumo di risorse non rinnovabili; Ac = Acidificazione delle acque; Eu = Eutrofizzazione delle acque; GW = Riscaldamento Globale; OD = Assottigliamento della fascia di ozono

Altra osservazione da fare riguarda la struttura (serra) che ha sempre occupato uno spazio predominante a livello di impatto. I contributi riscontrati sono riconducibili a quanto riscontrato in bibliografia (Antón, 2004; Antón et al, 2005).

Tuttavia gli impatti elevati sono attribuibili al fatto che la serra è quasi totalmente priva di automazioni, con bassi consumi energetici e di piccola dimensione (superficie coperta), il che porta a una sovrastima dei materiali impiegati se rapportati all'ettaro.

Un miglioramento della tecnologia adoperata in serra e l'adozione di serre di forma e dimensione più adatte all'ambiente di coltivazione potrebbero contribuire notevolmente alla riduzione degli impatti.

In conclusione, l'analisi LCA mediante utilizzo di indicatori mid-point CML 2001 ha permesso di condurre un'analisi approfondita di tutti i processi che intervengono all'interno del ciclo produttivo, nonostante ciò non



dobbiamo dimenticare che questo strumento è nato nel settore chimico, quindi vengono discriminati molto bene tossicità ed impatti di prodotti, molecole e processi industriali, mentre, in campo agronomico, è ancora necessario un approfondimento delle dinamiche e dei meccanismi di relazione tra i diversi comparti ambientali dato che il sistema agricolo (relazioni microfauna-suolo, suolo-pianta, ecc.) è tra i più complessi in assoluto.

Tuttavia i dati riportati richiedono successive conferme, ma a livello di processi coinvolti, possiamo affermare che sono il frutto di una buona sintesi, ancor più perché l'analisi LCA è stata condotta principalmente su parametri misurati e non estrapolati da database generici, cosa che in questo momento manca un po' in questo genere di studi.

Per quanto riguarda i consumi idrici, è stata dimostrata la possibilità di ridurre drasticamente gli sprechi d'acqua utilizzando al posto della tradizionale idroserra, schermi termici che permettono, oltre alla difesa delle colture dalle gelate, anche un miglioramento generale del microclima e di conseguenza migliori produzioni con minor impiego di fitofarmaci.

La sostituzione dell'idroserra con queste tecnologie permetterebbe, infatti, se adotta su larga scala nell'area del progetto (250 ha di serre), risparmi d'acqua fino a oltre 2.500 milioni di litri per anno, ai quali potrebbero aggiungersi altri 700 milioni di litri circa determinati dall'adozione di sistemi di ottimizzazione dell'irrigazione.

La razionalizzazione dell'irrigazione permetterebbe inoltre di ridurre i rischi di lisciviazione dell'azoto nitrico nel terreno, rischi che verrebbero sostanzialmente ridotti anche con la razionalizzazione/ottimizzazione della concimazione e con l'impiego di compost come ammendante del terreno.

Nelle seguenti tabelle (Cfr. tab 38, 39, 40, 41) sono riportati i dati per un confronto sintetico fra i principali risultati dei 4 cicli colturali svolti. Le caselle evidenziate in diverse gradazioni di verde rappresentano le situazioni più favorevoli (a seconda dell'intensità di colore) rispetto al controllo (caselle grigie). Le caselle evidenziate in diverse gradazioni di rosso rappresentano le situazioni peggiorative (a seconda dell'intensità di colore) rispetto al controllo.



Le situazioni più favorevoli sono rappresentate da:

- 1) riduzione di acqua per l'irrigazione,
- 2) riduzione di concimi,
- 3) riduzione di AD (AD = Consumo di risorse non rinnovabili, espresso in kg di antimonio (Sb) equivalenti per tonnellata di frutti prodotti),
- 4) riduzione di GW (GW = Riscaldamento Globale, espresso in kg di CO₂ equivalenti per tonnellata di frutti prodotti),
- 5) riduzione di CPU (CPU = Costo di Produzione Unitario, espresso in € per kilogrammo di frutti prodotti),
- 6) aumento di produzione.

Per risultare più sostenibili rispetto alle tecniche di coltivazione normalmente applicate nella zona di progetto, i sistemi colturali proposti devono presentare:

- 1) situazioni più favorevoli per acqua, azoto, AD, GW e CPU contestualmente a situazioni più favorevoli o non diverse dal controllo per le produzioni
oppure,
- 2) situazioni non diverse dal controllo per acqua, azoto, AD, GW e CPU contestualmente a situazioni più favorevoli per le produzioni.

Per rendere la comprensione e la confrontabilità con dati di altra origine AD e GW sono stati espressi in sia termini di unità di prodotto ottenuto (per t di prodotto = AD₁, GW₁) sia di unità di superficie (per ha = AD₂, GW₂).



Zucchini (1° ciclo)		Dati indicizzati		Tal quale lmax-Cmax (controllo)= 100						
Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU	AD ₁	GW ₁	AD ₂	GW ₂
Tal quale	max	max	100	100	100	100	100	100	100	100
		rid	100	74	115	88	100	100	115	115
	rid	max	88	98	100	100	100	100	100	100
		rid	88	72	115	88	100	100	115	115
Compost	max	max	100	100	107	97	82	5	88	6
		rid	100	74	107	97	82	5	88	6
	rid	max	88	98	107	97	82	5	88	6
		rid	88	72	107	97	82	5	88	6
Zeolite	max	max	100	100	107	95	107	106	115	114
		rid	100	74	107	95	107	106	115	114
	rid	max	88	98	107	95	107	106	115	114
		rid	88	72	107	95	107	106	115	114
		100 =	609 (mc/ha)	83 (kg/ha)	15.1 (t/ha)	2.57 (€/kg)	4.14 (kg Sb eq./t prodotto)	298 (kg CO2 eq./t prodotto)	62.5 (kg Sb eq. /ha)	4.50 (t CO2 eq./ha)

Zucchini (2° ciclo)		Dati indicizzati		Tal quale lmax-Cmax (controllo)= 100						
Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU	AD ₁	GW ₁	AD ₂	GW ₂
Tal quale	max	max	100	100	100	100	100	100	100	100
		rid	100	70	100	100	99	94	99	94
	rid	max	73	100	126	81	79	82	100	103
		rid	73	70	126	81	78	77	99	96
Compost	max	max	96	100	129	82	67	1	87	1
		rid	96	70	129	82	67	-4	86	-6
	rid	max	70	100	129	82	67	0	86	0
		rid	70	70	129	82	66	-5	85	-6
Zeolite	max	max	125	100	112	92	105	117	118	131
		rid	125	70	112	92	103	107	115	120
	rid	max	91	100	135	77	86	96	116	129
		rid	91	70	135	77	85	88	114	118
		100 =	108 (mc/ha)	74 (kg/ha)	9.7 (t/ha)	3.88 (€/kg)	5.83 (kg Sb eq./t prodotto)	441 (kg CO2 eq./t prodotto)	56.5 (kg Sb eq./ha)	0.43 (t CO2 eq./ha)

Pomodoro (1° ciclo)		Dati indicizzati		Tal quale lmax-Cmax (controllo)= 100						
Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU	AD ₁	GW ₁	AD ₂	GW ₂
Tal quale	max	max	100	100	100	100	100	100	100	100
		rid	100	75	100	100	100	100	100	100
	rid	max	71	97	100	100	100	100	100	100
		rid	71	67	100	100	100	100	100	100
Compost	max	max	100	100	100	102	91	69	91	69
		rid	100	75	100	102	91	69	91	69
	rid	max	71	97	100	102	91	69	91	69
		rid	71	67	100	102	91	69	91	69
Zeolite	max	max	100	100	100	102	108	83	108	83
		rid	100	75	100	102	108	83	108	83
	rid	max	71	97	100	102	108	83	108	83
		rid	71	67	100	102	108	83	108	83
		100 =	2566 (mc/ha)	141 (kg/ha)	143 (t/ha)	0.44 (€/kg)	0.42 (kg Sb eq./t prodotto)	94.3 (kg CO2 eq./t prodotto)	60.3 (kg Sb eq./ha)	13.5 (t CO2 eq./ha)

Pomodoro (2° ciclo)		Dati indicizzati		Tal quale lmax-Cmax (controllo)= 100						
Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU	AD ₁	GW ₁	AD ₂	GW ₂
Tal quale	max	max	100	100	100	100	100	100	100	100
		rid	100	82	100	100	99	98	99	98
	rid	max	73	97	84	115	118	73	98	61
		rid	73	79	84	115	116	71	97	59
Compost	max	max	100	100	100	82	90	36	90	36
		rid	100	82	100	82	89	34	89	34
	rid	max	73	97	84	115	106	168	88	140
		rid	73	79	84	115	105	166	87	138
Zeolite	max	max	100	100	100	92	103	191	103	191
		rid	100	82	100	92	101	189	101	189
	rid	max	73	97	84	115	121	108	101	90
		rid	73	79	84	115	119	106	99	88
		100 =	3545 (mc/ha)	148 (kg/ha)	147 (t/ha)	0.40 (€/kg)	0.44 (kg Sb eq./t prodotto)	122 (kg CO2 eq./t prodotto)	63.9 (kg Sb eq./ha)	17.7 (t CO2 eq./ha)

Tab. 38, 39, 40, 41. Confronto sintetico fra i principali risultati dei 4 cicli colturali svolti (AD_1 = Consumo di risorse non rinnovabili in t di prodotto; AD_2 = Consumo di risorse non rinnovabili in Ha di superficie, GW_1 = Riscaldamento Globale in t di prodotto; GW_2 Riscaldamento Globale in Ha di superficie; CPU = costo di Produzione Unitario in €/kg.

Nella tabella 42, invece è riportata una media generale dei valori dei 4 cicli.

Media generale		Dati indicizzati		Tal quale lmax-Cmax (controllo)= 100						
Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU	AD_1	GW_1	AD_2	GW_2
Tal quale	max	max	100	100	100	100	100	100	100	100
		rid	100	73	104	97	99	98	103	102
	rid	max	76	99	102	99	99	89	100	91
		rid	76	71	106	96	99	87	103	92
Compost	max	max	99	100	109	96	82	28	89	28
		rid	99	73	109	96	82	26	88	26
	rid	max	75	99	105	100	86	61	88	54
		rid	75	71	105	100	86	59	88	52
Zeolite	max	max	106	100	105	97	106	124	111	130
		rid	106	73	105	97	105	121	110	126
	rid	max	81	99	106	98	105	99	110	104
		rid	81	71	106	98	105	96	109	101

Tab. 42. Raffronto media dei risultati fra i 4 cicli colturali svolti (AD_1 = Consumo di risorse non rinnovabili in t di prodotto; AD_2 = Consumo di risorse non rinnovabili in Ha di superficie, GW_1 = Riscaldamento Globale in t di prodotto; GW_2 Riscaldamento Globale in Ha di superficie; CPU = costo di Produzione Unitario in €/kg.

Nei Grafici Radar successivi (Cfr. Fig. 97, 98, 99, 100, 101, 102) le situazioni più favorevoli corrispondono a indici inferiori a 100 (valori corrispondenti al controllo) per acqua, azoto AD, GW e CPU, e a indici superiori a 100 per la produzione.

Dalle elaborazioni risulta evidente che le situazioni più favorevoli si differenziano di volta in volta in riferimento alla tipologia di risultati ottenibili a seconda del substrato addizionato al suolo e del differente grado di input apportato.

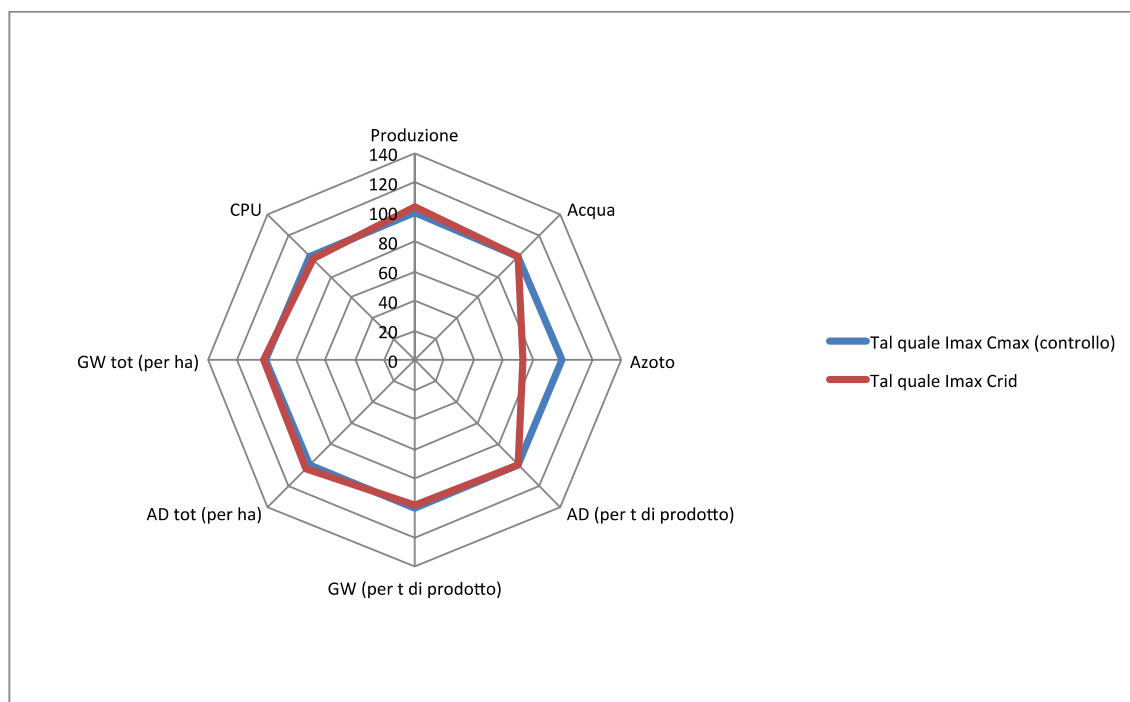


Fig. 97. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di fertilizzazione ridotta e standard (AD = Consumo di risorse non rinnovabili; GW = Riscaldamento Globale; CPU = costo di Produzione Unitario).

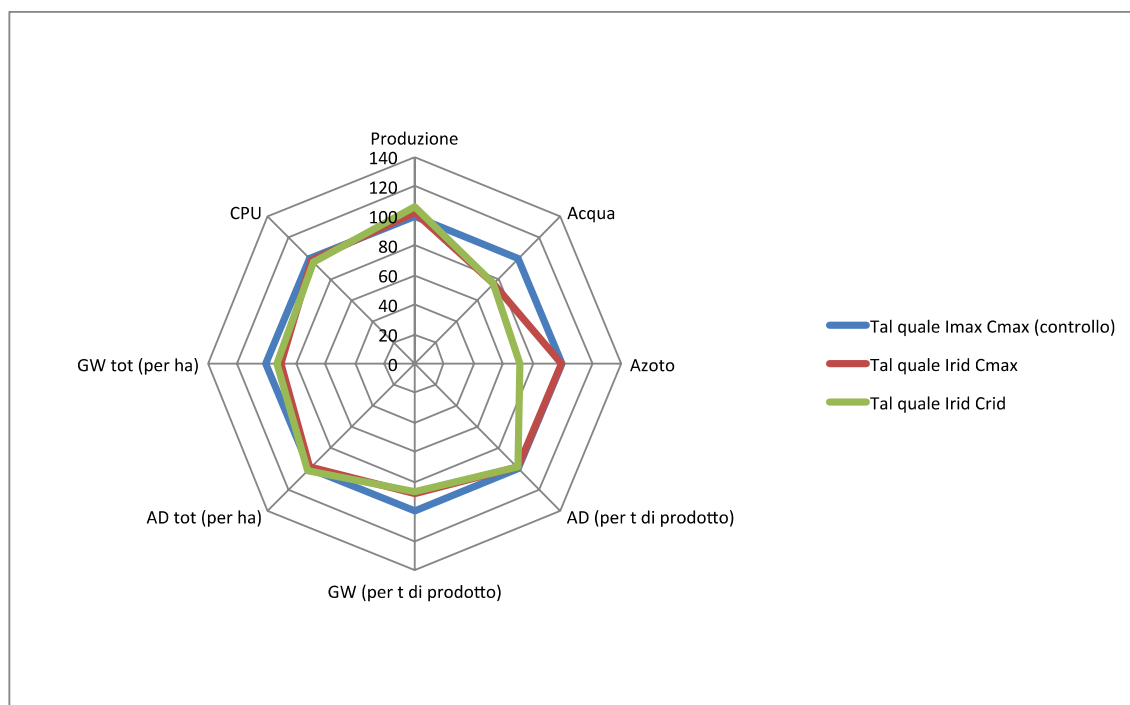


Fig. 98. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di controllo (blu), di irrigazione ridotta e fertilizzazione standard (rosso), irrigazione ridotta e fertilizzazione ridotta (verde). (AD = Consumo di risorse non rinnovabili; GW = Riscaldamento Globale; CPU = costo di Produzione Unitario).

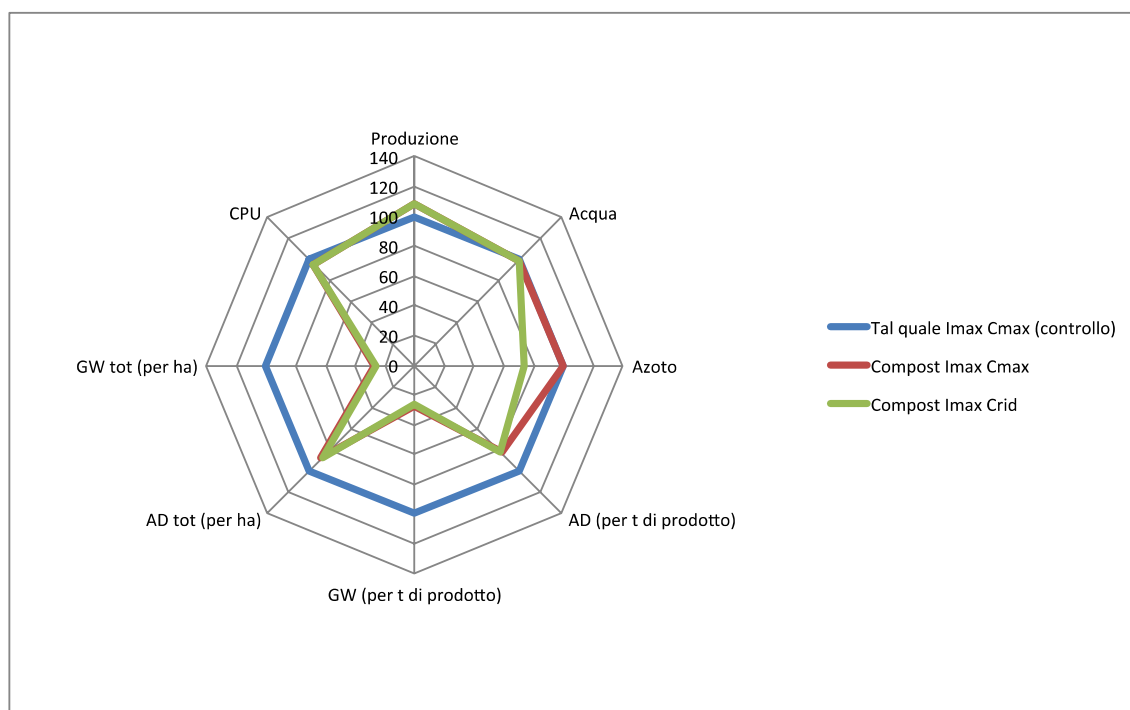


Fig. 99. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di controllo (blu), e di compost con irrigazione standard e fertilizzazione standard (rosso), e di compost con irrigazione standard e fertilizzazione ridotta (verde).

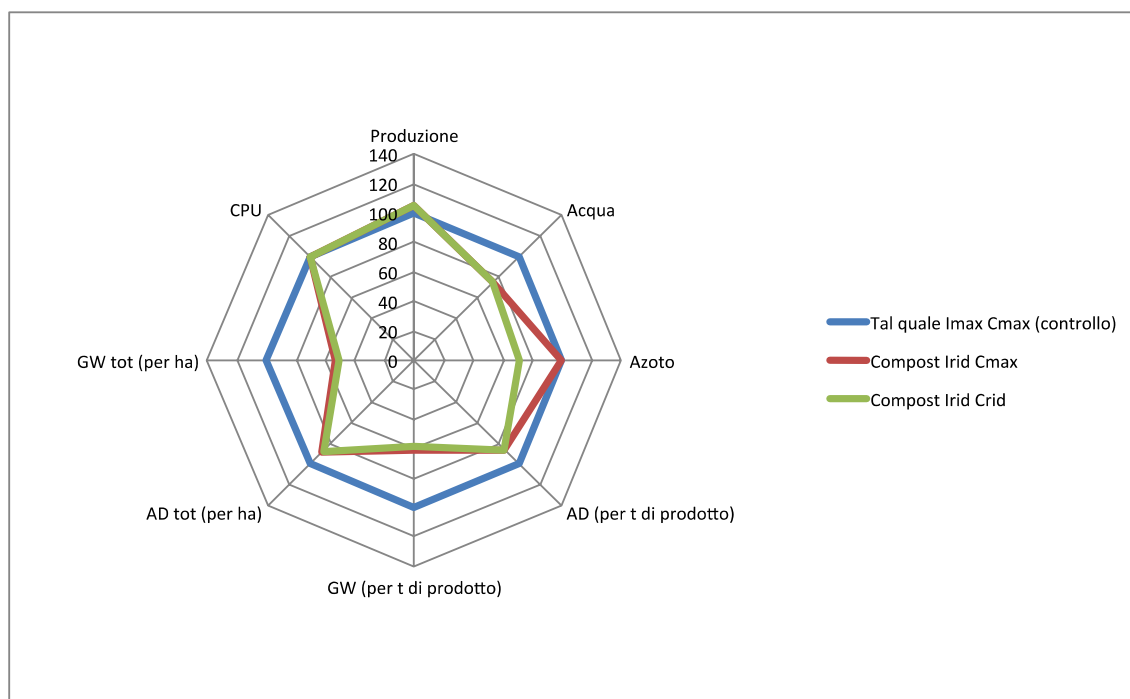


Fig. 100. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di controllo (blu), e di compost con irrigazione ridotta e fertilizzazione standard (rosso), e di compost con irrigazione ridotta e fertilizzazione ridotta (verde).

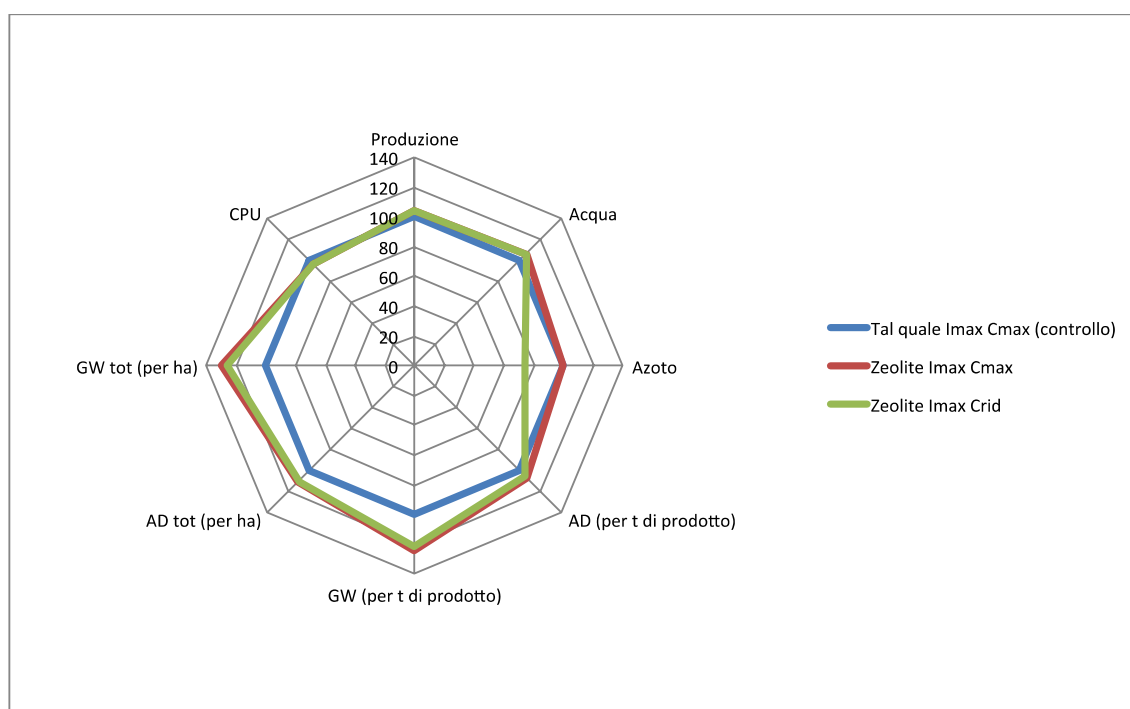


Fig. 101. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di controllo (blu), e di zeolite con irrigazione standard e fertilizzazione standard (rosso), e di zeolite con irrigazione standard e fertilizzazione ridotta (verde).

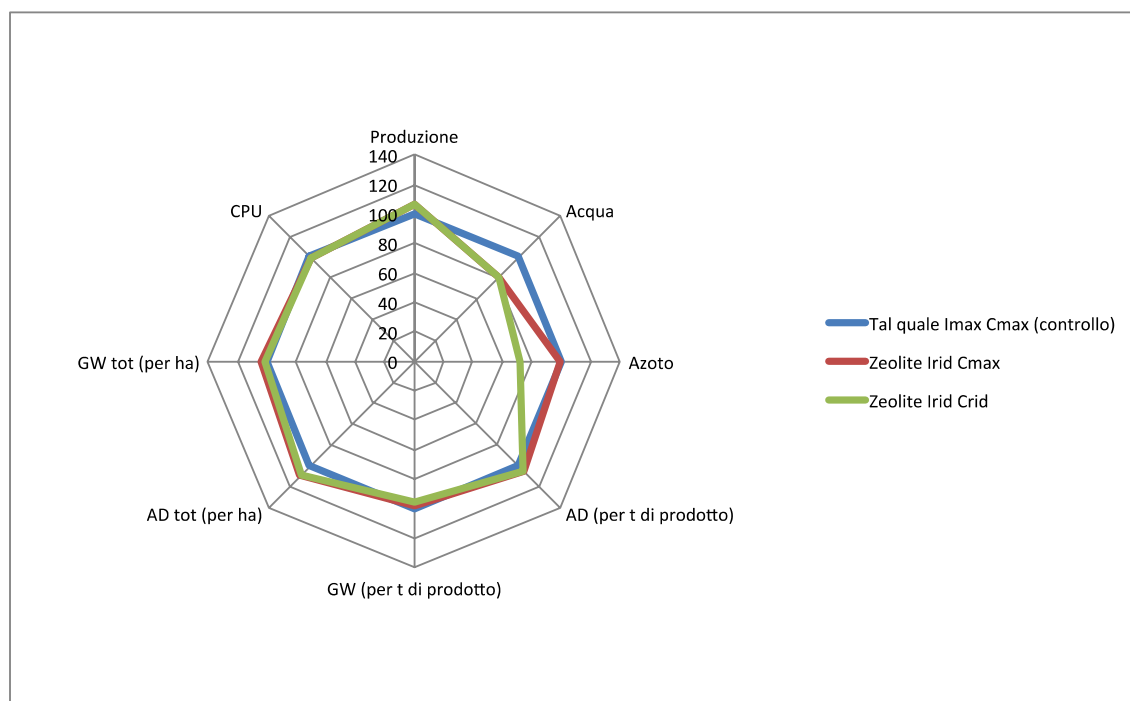


Fig. 102. Raffronto dei risultati medi fra i 4 cicli colturali in riferimento alle tesi di controllo (blu), e di zeolite con irrigazione ridotta e fertilizzazione standard (rosso), e di zeolite con irrigazione ridotta e fertilizzazione ridotta (verde).



Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto "SUSTGREENHOUSE - La serra sostenibile: azione dimostrativa per una serricoltura intensiva a zero emissioni" (LIFE07 ENV/IT/000516), nel mese di gennaio del 2011. Maggiori informazioni si possono reperire sul sito www.sustgreenhouse.eu

Si ringrazia in particolare il Programma LIFE+ che ha permesso la realizzazione del progetto co-finanziandolo al 50%.

Autori

Testo, tabelle e grafici:

Giorgio Gianquinto Prosdocimi - Dip. DISTA "Alma Mater Studiorum" – Università di Bologna

Mirco Mezzetti – collaboratore Dip. DISTA "Alma Mater Studiorum" – Università di Bologna

Stefano Poppi - consulente Agronomo – Università di Bologna

Stefano Zanini – consulente Agronomo – Università di Bologna

Paolo Onorati – ARSIAL Servizio SIARL

Revisione ed editing:

Stefano Carrano – ARSIAL Servizio STQ