



**SUSTGREENHOUSE**  
[www.sustgreenhouse.eu](http://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 DEL SECONDO ANNO**

**Azione progettuale 3  
“Bilancio globale input/output”**

**gennaio 2011  
(versione aggiornata a novembre 2011)**



## INDICE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>ANALISI DEL MODELLO AGRONOMICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2° CICLO COLTURALE: POMODORO.....</b>	<b>4</b>
ANALISI STATO NUTRIZIONALE E DI SVILUPPO DELLA COLTURA.....	10
ANALISI DELLA PRODUZIONE E SUE COMPONENTI.....	14
ANALISI DELL'EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE E DELL'AZOTO.....	21
ANALISI LCA .....	25
<b>BILANCIO ECONOMICI POMODORO.....</b>	<b>29</b>
<b>3° CICLO COLTURALE: ZUCCHINO.....</b>	<b>38</b>
ANALISI RILIEVI FISILOGICI.....	42
PRODUZIONE E SUE COMPONENTI.....	42
ANALISI DELL'EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE E DELL'AZOTO.....	47
ANALISI LCA .....	54
<b>BILANCIO ECONOMICO ZUCCHINO.....</b>	<b>59</b>
<b>CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI AGRONOMICI ED ECONOMICI.....</b>	<b>64</b>
<b>ANALISI DEL MODELLO DI IDROSERRA.....</b>	<b>68</b>
ANALISI DEL RENDIMENTO TERMICO DELLA SERRA 1 E SERRA 2 NEL CORSO DEI GIORNI 1 / 2 FEBBRAIO 2010 ...	68
TEST E RISULTATI OTTENUTI NEL CORSO DEL MESE DI DICEMBRE 2010 .....	69
CONFRONTO TRA I DIFFUSORI DINAMICI E IL TUBO SBRINEX.....	70
<b>RINGRAZIAMENTI.....</b>	<b>73</b>
<b>AUTORI.....</b>	<b>73</b>



## PREMESSA

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:

- a) 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 CO<sub>2</sub>;
- b) 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.

Il presente rapporto, che fa riferimento all'azione progettuale 3 "Bilancio globale input/output", consiste nell'analisi dei dati raccolti nel secondo 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 secondo anno*", relativo all' Azione progettuale 2 "Gestione modello di serra sostenibile".

Si ricorda infine che l'attività produttiva e dimostrativa del secondo anno ha coinvolto due cicli colturali distinti: pomodoro primaverile-estivo e zucchini autunno-invernale, per cui la presente relazione è divisa in riferimento a ciascuna delle due produzioni condotte



## **ANALISI DEL MODELLO AGRONOMICO**

### **2° CICLO COLTURALE: POMODORO**

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 3 dicembre 2009 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 zucchini, 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 20 gennaio 2010, con piantine allo stadio di 2a - 3a foglia vera, disposte in fila singola alla distanza di 0,95 m tra le file e 0.40 m sulla fila, per una densità teorica di circa 2,63 piante m-2 e una densità colturale effettiva di 2,50 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 la posa di un tessuto non tessuto a grammatura leggera posizionato direttamente sulle piante (pacciamatura soffice) per un periodo di circa 20 giorni. Successivamente è stata eseguita la posa dei tutori formati da spago in polietilene.

Nei primi 30 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 Irid (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 Imax.

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<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (1 litro h<sup>-1</sup> per gocciolatore).

Su tutte le tesi, durante il ciclo colturale, sono stati effettuate applicazioni di: Blackjack (N org. 0,6% ) alla dose di circa 5,5 kg ha<sup>-1</sup>, il 4 febbraio 2010; chelato di ferro EDDHA (ferro solubile in acqua 6%) alla dose di circa 2 kg ha<sup>-1</sup>, il 7 aprile 2010; macro- e micro-nutrienti con Green Sap 20-20-20 per via fogliare alla dose di circa 500 g ha<sup>-1</sup>, il 12 maggio 2010.

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. Nonostante queste precauzioni, all'inizio del ciclo si è verificato un forte attacco di peronospora che ha causato una consistente moria delle giovani piante e per il quale si sono resi necessari diversi interventi fungicidi e la sostituzione delle piantine morte.

Altra particolare attenzione è stata posta al monitoraggio e al controllo della tignola del pomodoro o Tuta (Tuta absoluta, Meyrick, Povolny) diffusa in Italia dal 2008 e che, nei casi più gravi, i danni prodotti dalle larve possono interessare l'intera vegetazione e rendere non commerciabile la totalità dei frutti. Il calendario dei trattamenti fitosanitari è riportato in tabella 6.

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.

Durante il ciclo colturale è stato monitorato lo stato nutrizionale e di sviluppo delle piante, con cadenza settimanale, mediante un radiometro multispettro MSR 87 (Cropscan) il quale ha permesso di analizzare lo spettro della radiazione emessa dalla pianta in funzione di quella ricevuta. Sulla base delle letture alle



lunghezze d'onda di 810 e 560 nm è stato calcolato l'indice vegetazionale NIR/Green, strettamente correlato con il contenuto di azoto della coltura e la sua biomassa.

La raccolta è iniziata il 4 maggio e si è conclusa il 26 giugno 2010. 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	Dosi kg ha <sup>-1</sup>	Principio attivo
29/01/10	Fungicida	Forum R	0,50	dimetamorf 6% + Cu ossicloruro 40%
		Signum	0,25	boscalid 267 g/l, piraclostrobin 67 g/l
04/02/10	Fungicida	Curzate R WG	0,67	cimoxanil 42 g/l, ossicloruro di Cu 397,5 g/l
13/02/10	Fungicida	Forum 50 WP	0,23	dimetamorf 50%
		Laser (spinosad)	0,07	spinosad
18/02/10	Fungicida	Curzate R WG	2,40	cimoxanil 42 g/l, ossicloruro di Cu 397,5 g/l
23/02/10	Fungicida	Curzate R WG	2,17	cimoxanil 42 g/l, ossicloruro di Cu 397,5 g/l
13/03/2010	Insetticida, Tuta	Ridomilgold R	4,00	metalaxil-m 24 g/l, ossicloruro 400 g/l
		Rapax BT	1,50	b. thuringiensis ceppo EG 2348; 71,25 g/L
20/03/2010	Insetticida, Tuta	Xentari	0,50	b. thuringiensis aizawai h7 10%
27/03/2010	Insetticida, Tuta	Xentari	1,00	b. thuringiensis aizawai h7 10%
		Fungicida	Cuposat	4,00
03/04/2010	Insetticida, Tuta	Curzate RWG	2,17	cimoxanil 42 g/l, ossicloruro di Cu 397,5 g/l
		Fungicida	Rapax BT	1,50
24/04/2010	Insetticida, Tuta	Rapax BT	1,50	b. thuringiensis ceppo EG 2348; 71,25 g/L
		Fungicida	Cruposat	3,00
	Fungicida, Botrite	Heliosoufre	2,00	zolfo 51,1%
				Pymetrozine 50%
17/04/2010	Insetticida, Tuta	Laser	0,30	spinosad 480 g/l
		Fungicida	Curzate R	2,00
01/05/2010	Insetticida, Tuta	Rapax BT	1,50	Ceppo EG 2348; 71,25 g/L
		Fungicida	Cruposat	3,00
08/05/10	Fungicida	Cruposat	3,00	rame metallico 195 g/l
12/05/10	Insetticida, coccinilia e mosca bianca	Juvinal 10EC	0,50	Pyriproxyfen 100g/L
		Insetticida, afidi	Epik	1,33
17/05/10	Trattamento fungicida	Serenade	3,00	B. subtilis ceppo QST713 gr 15,67/L

Tabella 1 Calendario trattamenti fitosanitari



## Interventi e volumi irrigui

Come precedentemente illustrato, la differenziazione dell'irrigazione è avvenuta dopo 30 giorni dal trapianto e dopo avere effettuato 4 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, alla fine del ciclo, i volumi irrigui totali sono stati pari a 2566 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> nelle due tesi che prevedevano la gestione dell'irrigazione con i criteri adottati dal produttore (Imax-Cmax e Imax-Crid) e 1821 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> nelle tesi in cui era prevista una riduzione delle quantità d'acqua (Irid-Cmax e Irid-Crid), con un risparmio quindi del 29% circa.

Data	Intervento	Imax-Cmax	Imax-Crid	Irid-Cmax	Irid-Crid
20/01/10	Irrigazione trapianto	27	27	27	27
04/02/10	Irrig.	16	16	16	16
09/02/10	Irrig.	27	27	27	27
23/02/10	Irrig.	13	13	13	13
01/03/10	Irrig. Differenziata	24	24	16	16
15/03/10	Irrig. Differenziata	13	13	9	9
16/03/10	Irrig. Differenziata	13	13	9	9
17/03/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
20/03/10	Irrig. Differenziata	54	54	38	38
23/03/10	Irrig. Differenziata	27	27	19	19
24/03/10	Irrigazione	7	7	7	7
29/03/10	Irrig. Differenziata	20	20	14	14
30/03/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
02/04/10	Irrig. Differenziata	27	27	19	19
07/04/10	Irrig. Differenziata	37	37	26	26
	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19





Data	Intervento	I <sub>max</sub> -C <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> -C <sub>rid</sub>	I <sub>rid</sub> -C <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub> -C <sub>rid</sub>
09/04/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	40	40	28	28
13/04/10	Irrig. Differenziata	30	30	20	20
16/04/10	Irrig. Differenziata	30	30	20	20
17/04/10	Irrig. Differenziata	40	40	28	28
19/04/10	Irrig. Differenziata	34	34	24	24
20/04/10	Irrig. Differenziata	47	47	33	33
	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
22/04/10	Irrig. Differenziata	0	0	40	40
24/04/10	Irrig. Differenziata	57	57	0	0
25/04/10	Irrig. Differenziata	27	27	19	19
26/04/10	Irrig. Differenziata	34	34	24	24
28/04/10	Irrig. Differenziata	67	67	47	47
	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
01/05/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
03/05/10	Irrig. Differenziata	47	47	33	33
07/05/10	Irrig. Differenziata	88	88	61	61
	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
11/05/10	Irrig. Differenziata	81	81	57	57
14/05/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
14/05/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
19/05/10	Irrig. Differenziata	61	61	42	42
21/05/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	27	27	19	19
24/05/10	Irrig. Differenziata	40	40	28	28
26/05/10	Irrig. Differenziata	61	61	42	42
28/05/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
01/06/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	61	61	42	42
04/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
07/06/10	Irrig. Differenziata	40	40	28	28
08/06/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	88	88	61	61



Data	Intervento	I <sub>max</sub> -C <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> -C <sub>rid</sub>	I <sub>rid</sub> -C <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub> -C <sub>rid</sub>
11/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
14/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
16/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
19/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
24/06/10	Irrig. Differenziata	101	101	71	71
26/06/10	Irrig. Differenziata	40	40	28	28
28/06/10	Irrig. Differenziata	20	20	14	14
TOTALE		2566	2566	1821	1821

Tabella 2. Calendario interventi irrigui e volumi di acqua (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) 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 105 kg ha<sup>-1</sup> di N per le tesi C<sub>max</sub> e 75 kg ha<sup>-1</sup> per le tesi C<sub>rid</sub> e le dosi sono state frazionate tenendo conto del fabbisogno della coltura durante il ciclo colturale, seguendo le indicazioni della bibliografia. Dal quadro completo riportato in tabella, si può osservare che con le fertirrigazioni si sono apportate complessivamente le dosi di circa 105, 69, 112 e 69 kg ha<sup>-1</sup>, rispettivamente nelle tesi I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub>, I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub>, I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub> e I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>, con un risparmio medio di azoto nelle tesi C<sub>rid</sub> del 36%. Tenendo conto anche l'azoto distribuito con l'acqua di irrigazione che presentava un tenore in nitrati pari a 62,7 mg L<sup>-1</sup>, l'azoto complessivamente distribuito alla coltura è risultato pertanto di 142, 105, 138, 94 kg ha<sup>-1</sup>, rispettivamente nelle tesi I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub>, I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub>, I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub> e I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>, con un risparmio medio di azoto nelle tesi C<sub>rid</sub> del 28%.

Fase fenologica (orientativa)	GdT	Fabbisogno N (%)	Dosi N (kg ha <sup>-1</sup> )	
			C <sub>max</sub>	C <sub>rid</sub>
inizio fioritura (1° grappolo)	40	15	16	11
fioritura (3° grappolo)	60	38	40	28
fioritura (6° grappolo)	80	23	24	17
maturazione (1° grappolo)	100	20	21	15
maturazione (2° grappolo)	120	4	4	3
TOTALE		100	105	75

Tabella 3 Stima del fabbisogno di N (totale e nelle diverse fasi fenologiche) per le tesi C<sub>max</sub> e C<sub>rid</sub>

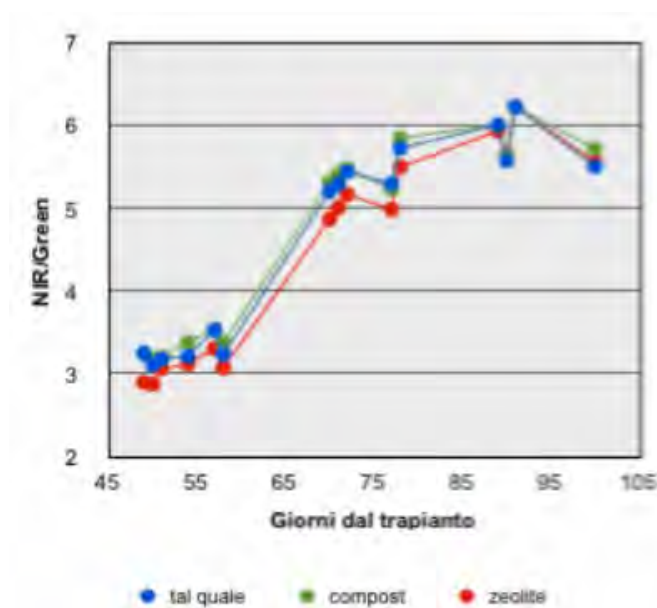


<i>Data</i>	<i>Intervento</i>	<i>I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub></i>	<i>I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub></i>	<i>I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub></i>	<i>I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub></i>
17/03/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	3,5	2,5	3,5	2,5
30/03/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	9,1	6,2	9,1	6,2
07/04/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	15,8	8,8	15,8	8,8
09/04/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	15,8	10,5	15,8	10,5
20/04/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	12,9	9,1	12,9	9,1
28/04/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	15,4	10,8	15,4	10,8
07/05/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	11,2	7,8	11,2	7,8
14/05/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	8,8	6,1	8,8	6,1
21/05/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	10,5	7,4	10,5	7,4
01/06/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	1,8	-	1,8	-
08/06/10	<i>Irrig. Diff. + concimazione</i>	-	-	7,0	-
<b>TOTALE</b>		<b>104,7</b>	<b>69,1</b>	<b>111,7</b>	<b>69,1</b>

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

#### Analisi stato nutrizionale e di sviluppo della coltura

Lo stato nutrizionale e di sviluppo della coltura, indicato dai valori dell'indice NIR/Green, ha evidenziato differenze significative per il fattore substrato per buona parte del ciclo colturale. Dalla figura sottostante si può infatti osservare che l'indice NIR/Green si è mantenuto più basso in corrispondenza del substrato addizionato di zeolite, mentre i valori più elevati si sono riscontrati su substrato tal quale e sul compost, senza differenze di rilievo tra questi due mezzi di coltura. Solamente verso fine ciclo le piante allevate su zeolite hanno evidenziato uno stato nutrizionale e di sviluppo non diverso rispetto a quello delle altre tesi. Gli altri fattori allo studio non hanno influenzato in modo apprezzabile questa caratteristica.



*Andamento dell'indice NIR/Green nei diversi substrati di coltivazione durante il ciclo colturale. Ogni punto è la media di 36 misure. Fattore "substrato" significativo per  $P \leq 0,05$  nelle seguenti osservazioni: 49, 50, 51, 58, 70, 71 e 78 giorni dal trapianto*

### Analisi rilievi fisiologici

Durante il ciclo produttivo sono stati eseguiti rilievi riguardanti lo stato fisiologico delle piante e del terreno in tutti i suoi aspetti più salienti. Tutta questa serie di dati che sono stati ottenuti mediante la strumentazione acquistata nell'ambito del progetto permette di poter valutare in maniera oggettiva la risposta fisiologica delle piante ai vari trattamenti effettuati e poter valutare il complesso di scambi di energia e di Carbonio.

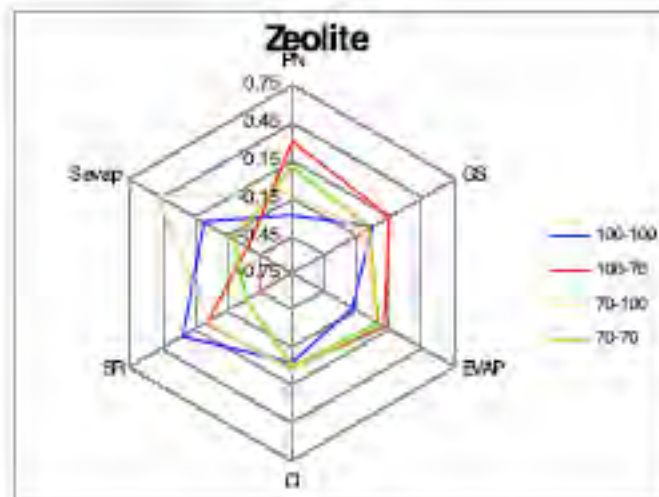
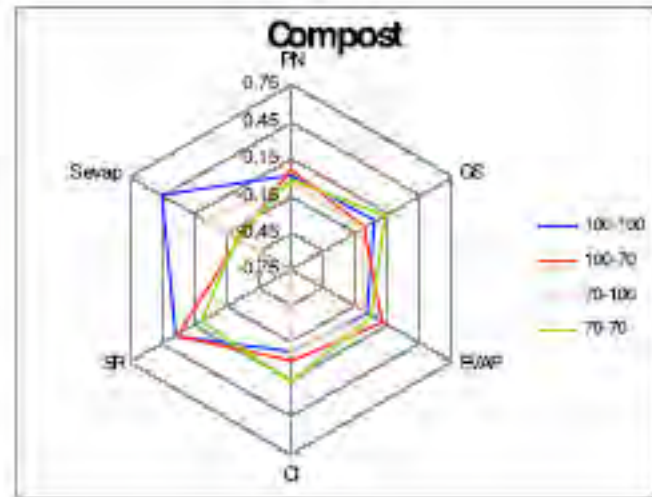
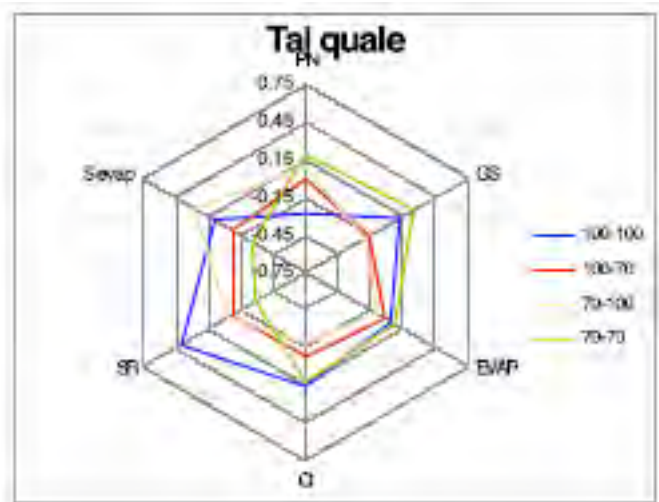


I rilievi sono stati effettuati settimanalmente durante tutto il ciclo colturale; i parametri presi in considerazione sono: fotosintesi netta (PN), conduttanza stomatica (GS), traspirazione fogliare (EVAP), concentrazione di anidride carbonica nella camera sottostomatica (CI), respirazione del suolo (SR) ed evaporazione dell'acqua del terreno (S evap). Vengono presentate le prime elaborazioni in forma sintetica. Infatti, per meglio comprendere come si è comportata la coltivazione e poter valutare tutti i parametri congiuntamente si è provveduto alla normalizzazione dei dati rispetto alla media in modo da ottenere una scala comune.

Diversa è stata la risposta nei tre terreni in seguito alla differenziazione del regime irriguo e della fertilizzazione (Fig. sottostante). Nel terreno tal quale si è avuta una maggiore fotosintesi netta e una minore evaporazione dal suolo in corrispondenza della tesi Irid-Crid (70-70). La tesi Irid-Cmax (70-100) ha evidenziato una elevata fotosintesi netta, ma anche i più elevati valori di evaporazione dal suolo. I più elevati valori di respirazione del suolo si sono osservati in corrispondenza della tesi Imax-Cmax (100-100).

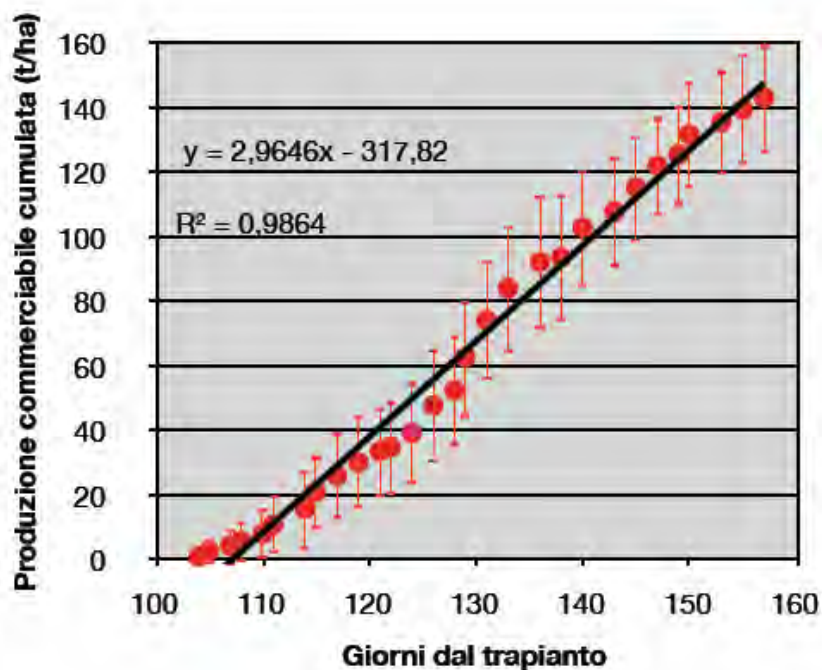
Nel terreno con compost, la tesi Imax-Cmax (100-100) ha fornito valori sopra la media per quanto riguarda evaporazione e respirazione del suolo. Nei riguardi di quest ultimo parametro valori elevati sono stati ottenuti anche con la tesi Imac-Crid (100-70). Le tesi non si sono discostate di molto per quanto riguarda gli altri parametri.

Nel terreno con zeoliti si riscontra nuovamente un forte respirazione ed evaporazione dal suolo in corrispondenza della tesi Imax-Cmax (100-100), mentre con la Irid-Cmax (70-100) si è osservata la più elevata evaporazione dal suolo. Le tesi Imax-Crid (100-70) e Irid-Crid (70-70) hanno evidenziato una elevata fotosintesi netta e i più elevati valori di traspirazione fogliare. Le tesi non si sono discostate di molto per quanto riguarda gli altri parametri.



## Analisi della produzione e sue componenti

La produzione, nel suo complesso, non si è diversificata tra le tesi a confronto e nella media è risultata pari a 148 t ha<sup>-1</sup> (±17,1 S.D.) e 143 t ha<sup>-1</sup> (±16,8 S.D.) per i quantitativi totali e commerciabili, rispettivamente. L'incidenza della produzione di scarto è stata mediamente del 3,5%.



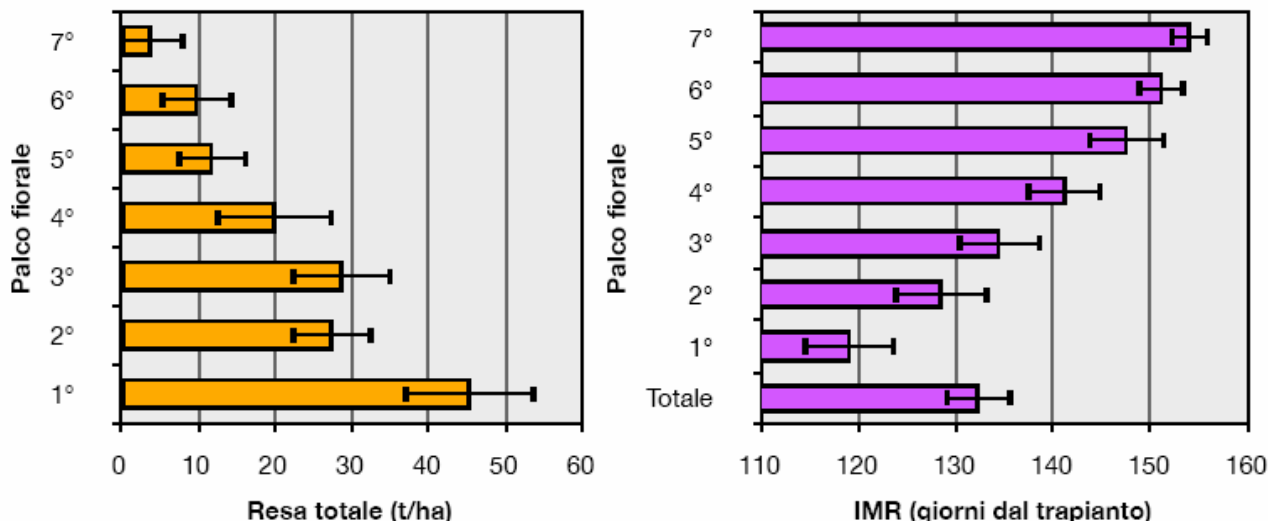
*Valori medi tra le tesi a confronto delle produzioni commerciabili cumulate. Ogni punto è la media di 36 parcelle. Le barre verticali rappresentano la Deviazione Standard (S.D.) dalla media. La linea nera è la retta di regressione*

Le diverse tesi a confronto non hanno nemmeno differenziato significativamente i valori delle produzioni commerciabili cumulate che, nella media, hanno evidenziato l'andamento riportato nella figura di cui sopra. Il coefficiente angolare della retta di regressione sta ad indicare che mediamente si sono raccolte circa 3 t ha<sup>-1</sup> di bacche al giorno.

Nonostante non siano state osservate differenze sulle produzioni nel loro complesso, i fattori allo studio hanno influenzato in modo diverso le produzioni e la precocità di produzione a livello di alcuni palchi fiorali. Nella figura sottostante vengono riportati gli andamenti medi relativamente alle produzioni e all'Indice Medio di Raccolta (IMR) 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 circa il doppio dei quantitativi ottenuti nel



secondo, terzo o quarto. Le quantità di bacche raccolte sono poi diminuite ulteriormente nei palchi di ordine superiore.



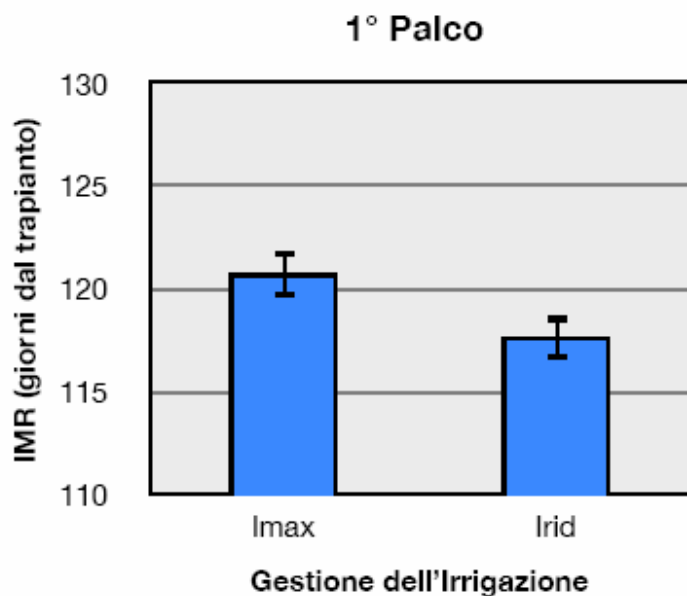
Valori medi tra le tesi a confronto delle rese totali e dell'Indice Medio di Raccolta (IMR), per i singoli palchi fiorali. Ogni punto è la media di 36 parcelle. Le linee orizzontali rappresentano la Deviazione Standard (S.D.) dalla media

Per quanto riguarda la produttività del primo palco, è da segnalare che la gestione ridotta dell'irrigazione (Irid) ha permesso di anticipare di circa 3 giorni la raccolta (figura sottostante).

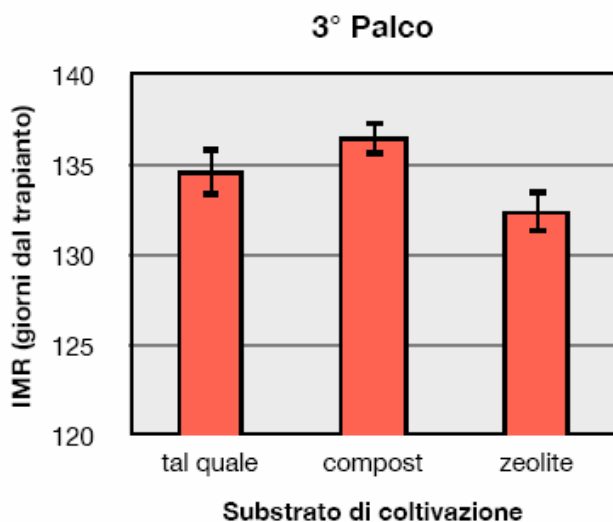
Nel terzo palco tale caratteristica è stata influenzata dal substrato di coltivazione con anticipi significativi su zeolite rispetto agli altri due substrati (figura sottostante) .

Sempre sul terzo palco si sono osservati effetti significativi di interazione "Substrato x Gestione della Concimazione" e "Substrato x Gestione della Irrigazione" per quanto riguarda la resa. Nel primo caso (Fig. 20) e in corrispondenza della coltivazione su compost, a differenza degli altri substrati dove le produzioni non si sono diversificate tra i diversi livelli di concimazione, i valori più elevati sono stati ottenuti con la tesi Cmax. Nel secondo caso (Fig. sottostante) i livelli produttivi più elevati sono stati ottenuti in corrispondenza di di Imax sul substrato tal quale e Irid sulla zeolite, mentre su compost i due livelli di irrigazione non sono apparsi diversi. Tale differenziazione è stata determinata da una diversa numerosità di frutti.

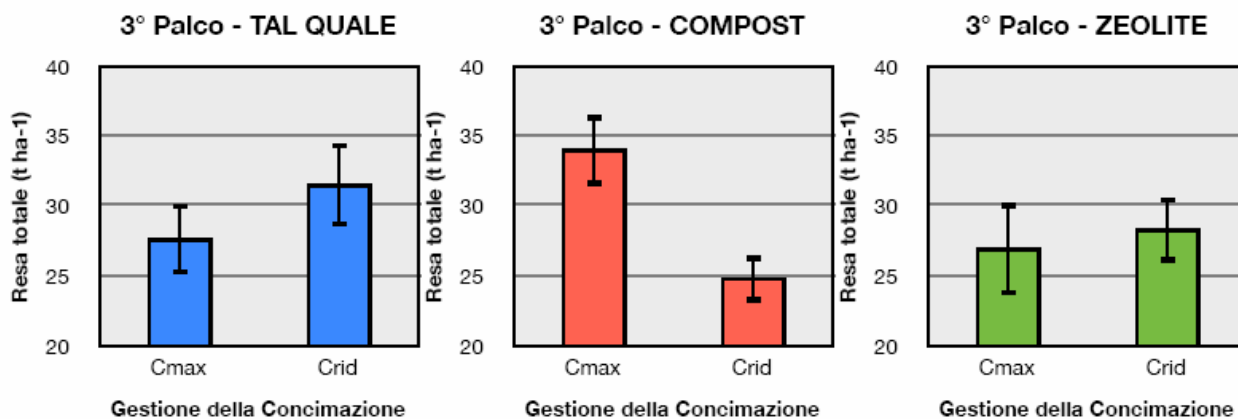




Effetto della gestione dell'irrigazione sull'Indice Medio di Raccolta (IMR) del primo palco. Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,030$

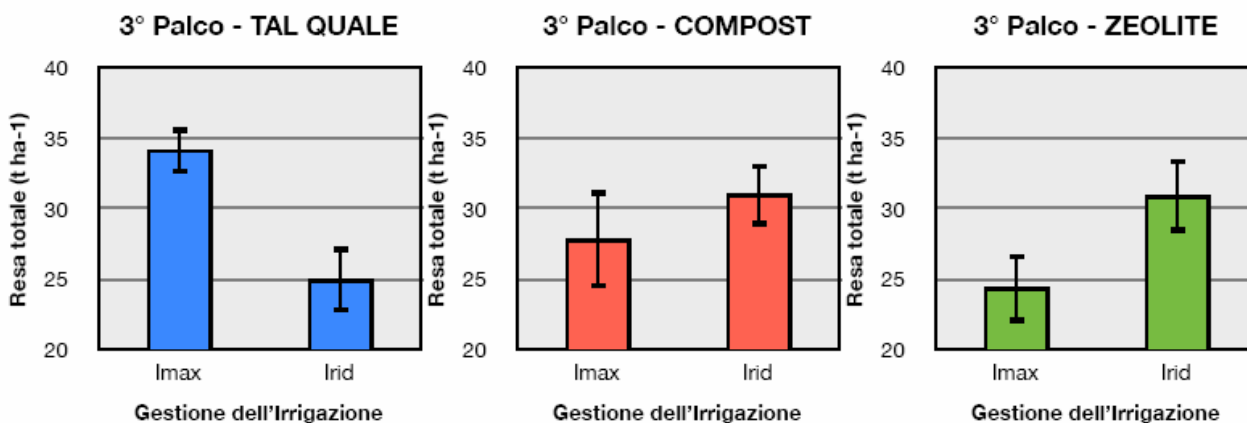


Effetto dell'substrato di coltivazione sull'Indice Medio di Raccolta (IMR) del terzo palco. Ogni punto è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,040$



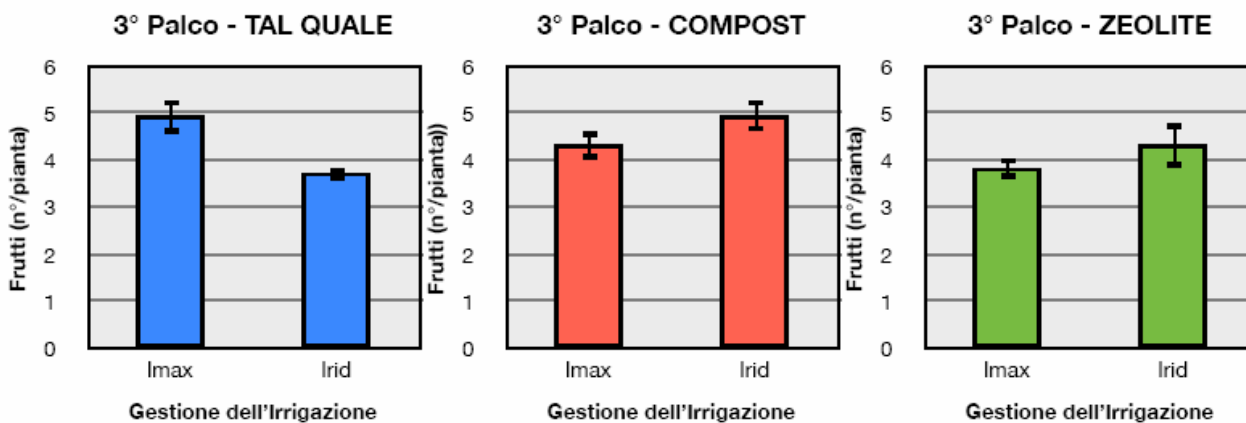
Effetto della gestione della concimazione sulla produzione del terzo palco ottenuta con i differenti substrati di coltivazione. Ogni punto è la media di 6 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media.

Interazione "Substrato x Gestione della Concimazione" significativo per  $P=0,010$ .



Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione del terzo palco ottenuta con i differenti substrati di coltivazione. Ogni punto è la media di 6 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media.

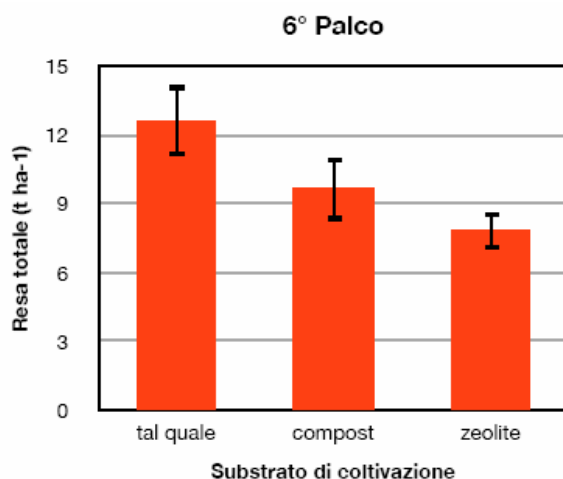
Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,002$ .



*Effetto della gestione dell'irrigazione sul numero di frutti del terzo palco ottenuto con i differenti substrati di coltivazione. Ogni punto è la media di 6 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media.*

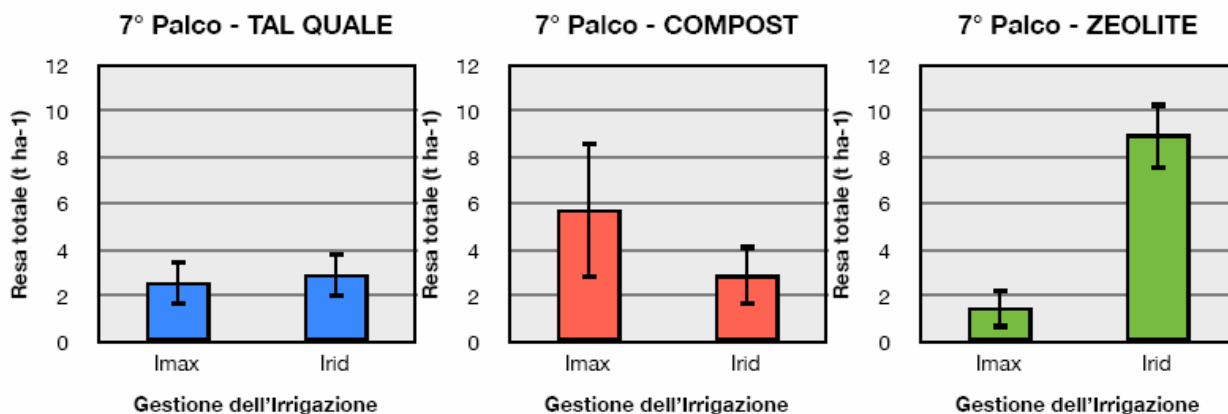
*Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,011$*

Nel sesto palco si è osservato un effetto significativo determinato dal substrato di coltivazione con rese più contenute in corrispondenza della zeolite (Fig. sottostante).



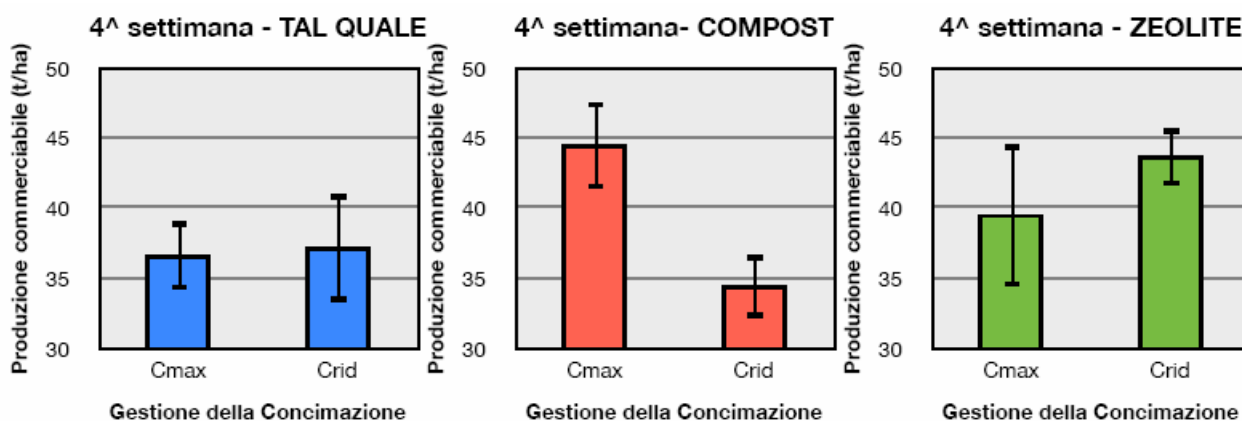
*Effetto dell' substrato di coltivazione sulla produzione del sesto palco. Ogni punto è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,050$ .*

Nel settimo palco è stata evidenziata un'interazione significativa "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" (Fig. sottostante) con la tesi Irid che ha fornito le più elevate produzioni su zeolite, mentre sugli altri substrati i due livelli irrigui non hanno determinato variazioni di rilievo.



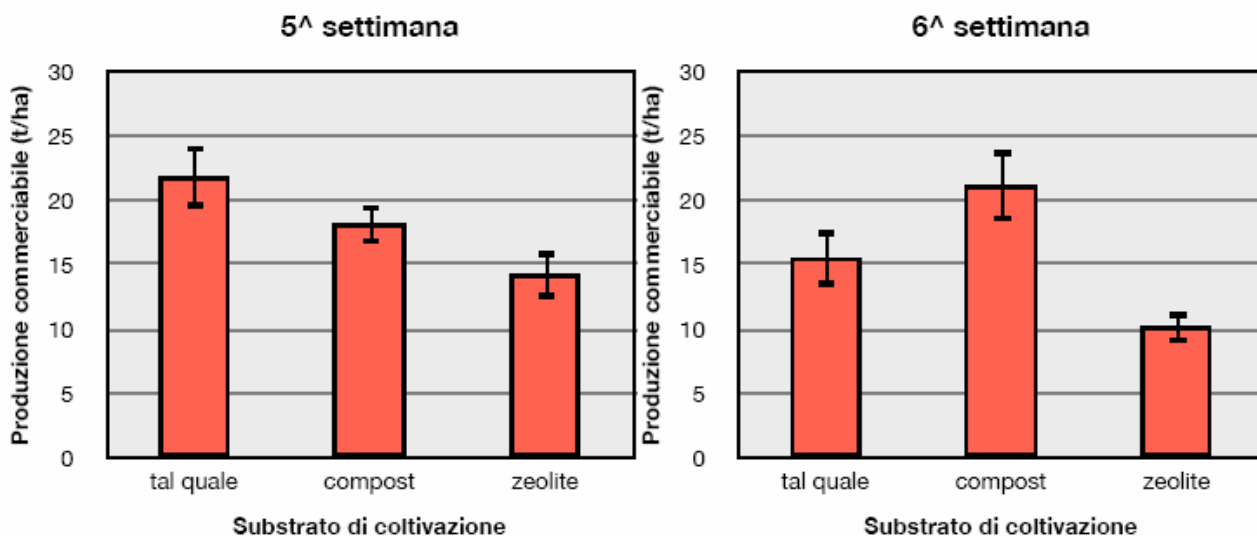
*Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione del settimo palco ottenuta con i differenti substrati di coltivazione. Ogni punto è la media di 6 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,015$ .*

Nonostante le produzioni cumulate non si siano differenziate statisticamente, com precedentemente illustrato, in alcune delle otto settimane di raccolta sono stati evidenziati effetti determinati dai fattori allo studio. In particolare, durante la 4 settimana si è avuta un interazione "Substrato x Gestione della Concimazione" che ha messo in luce una più elevata produzione in corrispondenza della tesi Cmax sul substrato addizionato con compost (Fig. sottostante), mentre sugli altri substrati le due modalità di concimazione non hanno permesso di ottenere quantitativi diversi.



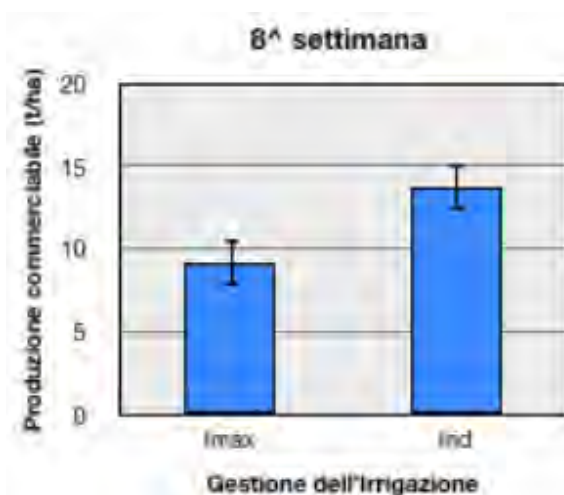
*Effetto della gestione della concimazione sulla produzione ottenuta durante la quarta settimana di raccolta con i differenti substrati di coltivazione. Ogni punto è la media di 6 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Substrato x Gestione della concimazione" significativo per  $P=0,038$ .*

Nella quinta e sesta settimana è stato osservato un effetto del fattore principale "Substrato" con valori significativamente più ridotti in corrispondenza della zeolite (Fig. sottostante).



*Effetto dell' substrato di coltivazione sulla produzione ottenuta durante la quinta (sinistra) e sesta settimana di raccolta. Ogni punto è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,042$  e  $P=0,004$ , rispettivamente per la quinta e sesta settimana.*

Nella ottava settimana è stato osservato un effetto del fattore principale "Gestione dell'irrigazione" con valori significativamente più elevati in corrispondenza di Irid (Fig. sottostante).



*Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione ottenuta durante la ottava 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  $P=0,028$ .*



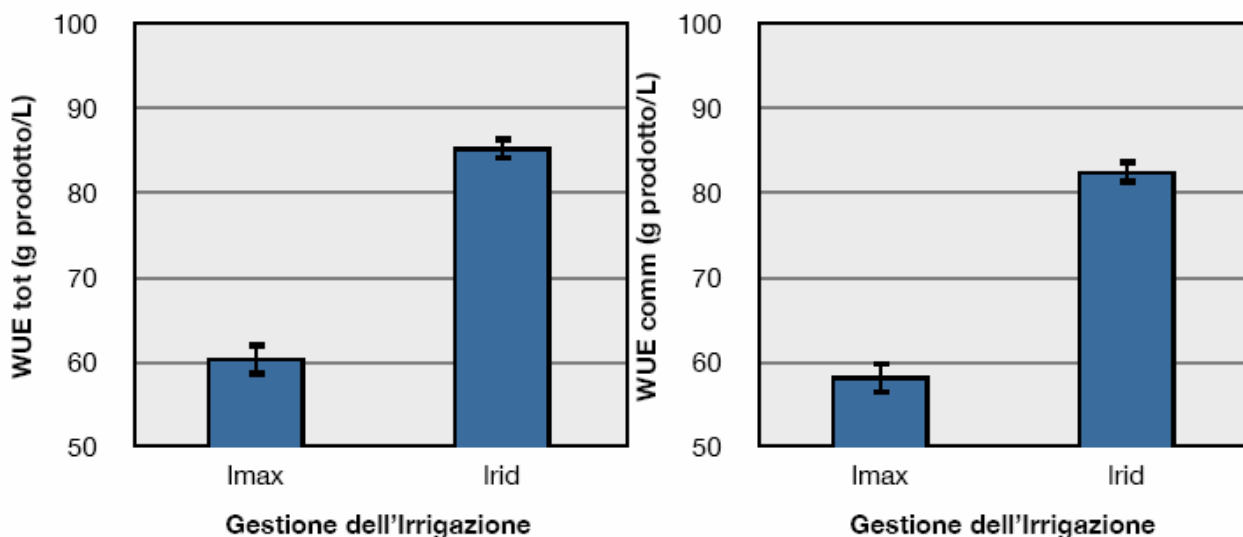
I fattori allo studio non hanno evidenziato differenze di rilievo per quanto riguarda i pesi unitari delle bacche e la suddivisione nelle diverse classi di calibro della produzione commerciabile.

### **Analisi dell'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 (Fig. sottostante), la tesi Irid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 25 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 29% di acqua distribuita, quindi, con la tesi Irid si è avuto un incremento dell'efficienza irrigua pari al 41% e 42% 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.



*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  $P < 0,001$  (WUE tot) e  $P < 0,001$  (WUE comm).*

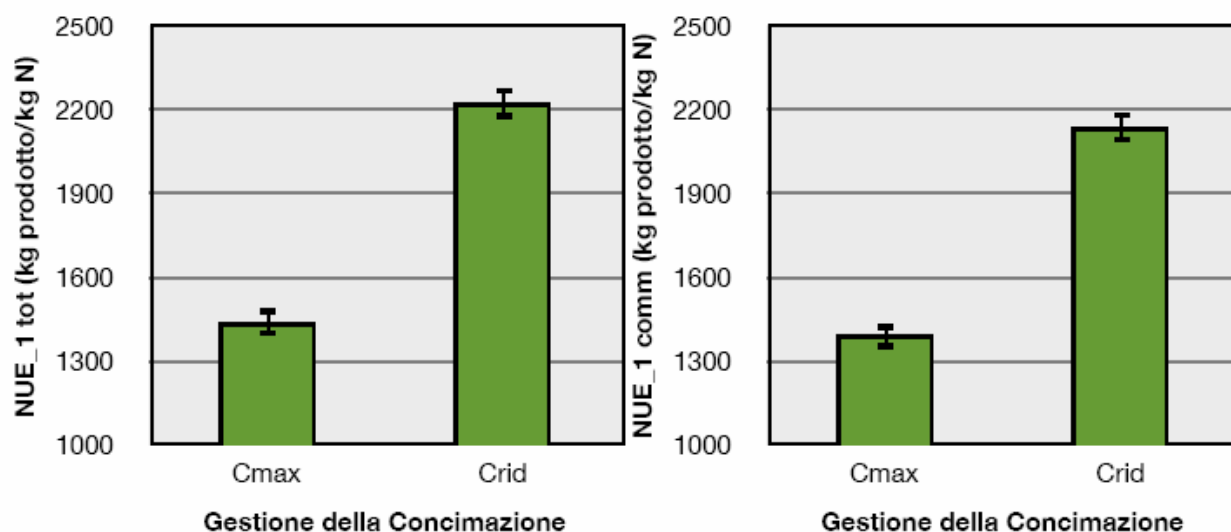
L'efficienza dell'uso dell'azoto distribuito durante la coltura è stata valutata per mezzo dell'indice NUE (Nitrogen Use Efficiency) che è stato calcolato come rapporto tra il peso dei frutti prodotti (in kg) e la quantità di azoto distribuito (in kg). Questo indice permette di determinare quanti kg 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).

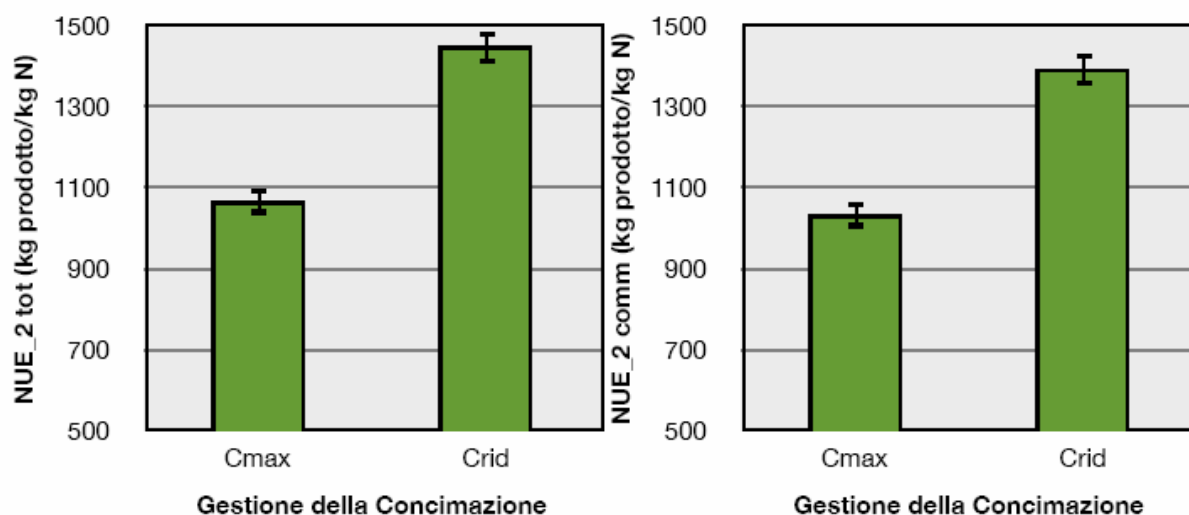
Il fattore di variazione che si dimostrato influire maggiormente sulla NUE, come c'era da attendersi, è stata la gestione della concimazione, ma un interessante effetto della gestione dell'irrigazione è stato messo in luce sulla NUE\_2. Nei riguardi sia della NUE\_1 tot sia della NUE\_1 comm (Fig. sottostante), la tesi Crid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 786 kg di frutti totali (NUE-1 tot) e 745 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 36% di azoto distribuito con i fertilizzanti, con la tesi Crid si è avuto un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto pari al 54,7% e 53,5% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.



*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  $P < 0,001$  (NUE\_1 tot e NUE\_1 comm).*

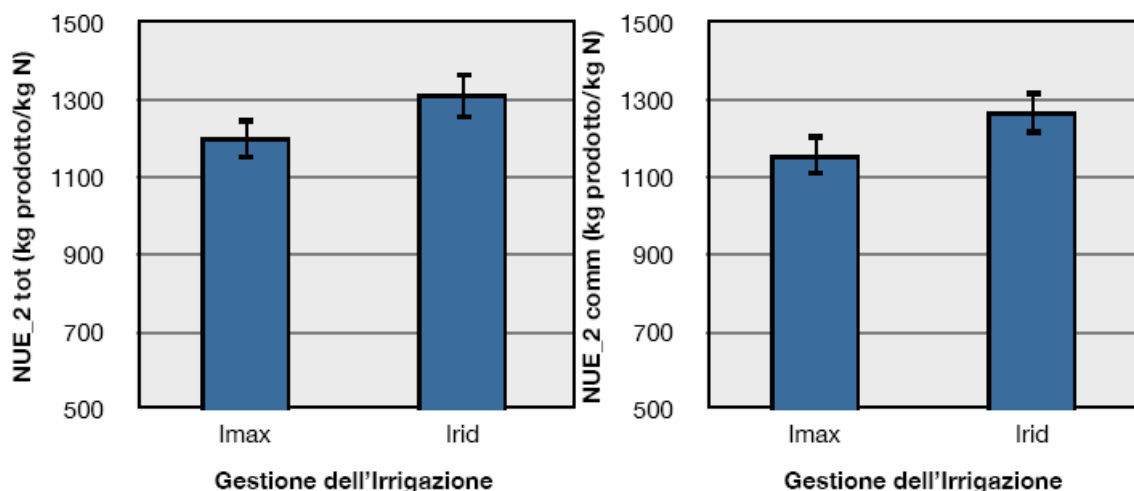
Nei riguardi sia della NUE\_2 tot sia della NUE\_2 comm (Fig. sottostante), la tesi Crid si è dimostrata ancora una volta la più efficiente permettendo di produrre circa 382 kg di frutti totali (NUE-2 tot) e 359 kg di frutti

commerciabili (NUE-2 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 28% 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 35,8% e 34,8% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.



*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  $P < 0,001$  (NUE\_2 tot e NUE\_2 comm).*

Come precedentemente affermato, un interessante effetto della gestione dell'irrigazione è stato messo in luce sulla NUE\_2. Infatti, nei riguardi sia della NUE\_2 tot sia della NUE\_2 comm (Fig. sottostante), la tesi Irid si è dimostrata più efficiente permettendo di produrre circa 113 kg di frutti totali (NUE-2 tot) e commerciabili (NUE-2 comm) in più per ogni kg di azoto distribuito (fertilizzanti + azoto nell'acqua d'irrigazione), rispetto alla tesi Imax, con un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto, rispetto a quest'ultima tesi di circa il 10%.



*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  $P=0,023$  (NUE\_2 tot) e  $P=0,018$  (NUE\_2 comm).*

## Analisi LCA

### Contributo ambientale delle varie fasi del sistema

Come per lo zucchini, anche per il pomodoro, è stato valutato il contributo ambientale delle varie fasi del sistema all'impatto totale delle tre tesi a confronto.

I risultati ottenuti in figura e in tabella sono dati già riferiti all'unità funzionale (tonnellata di prodotto).

Analogamente a quanto avvenuto per lo zucchini, si terranno divise per la trattazione le tesi Tal Quale e Zeolite separatamente dalla tesi Compost.

Considerando i grafici sottostanti, nelle tesi Tal Quale e Zeolite, in tutte le categorie di impatto, eccetto per il "Riscaldamento Globale Potenziale" (Global Warming Potential, GW), la struttura ha l'incidenza maggiore, spesso superiore al 50%. I valori più elevati li possiamo riscontrare nelle categorie "Ossidazione Fotochimica" (PO), "Diminuzione Strato di Ozono" (OD) e "Utilizzo delle Risorse" (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 “Potere Acidificante” (AC), per circa il 45% e “Potere Eutrofizzante” (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 del primo ciclo colturale, in contrapposizione alle operazioni colturali, si può notare come nelle categorie “Utilizzo delle Risorse” (AD) e “Ossidazione Fotochimica” (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 Potenziale” (GW) le emissioni preponderanti, in questo caso di CO<sub>2</sub>, derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come respirazione del terreno, il tutto rapportato ovviamente alla produzione ottenuta, il tutto seguito dai processi di produzione della struttura, 30% circa, e dai processi di produzione dei concimi, 18% circa.

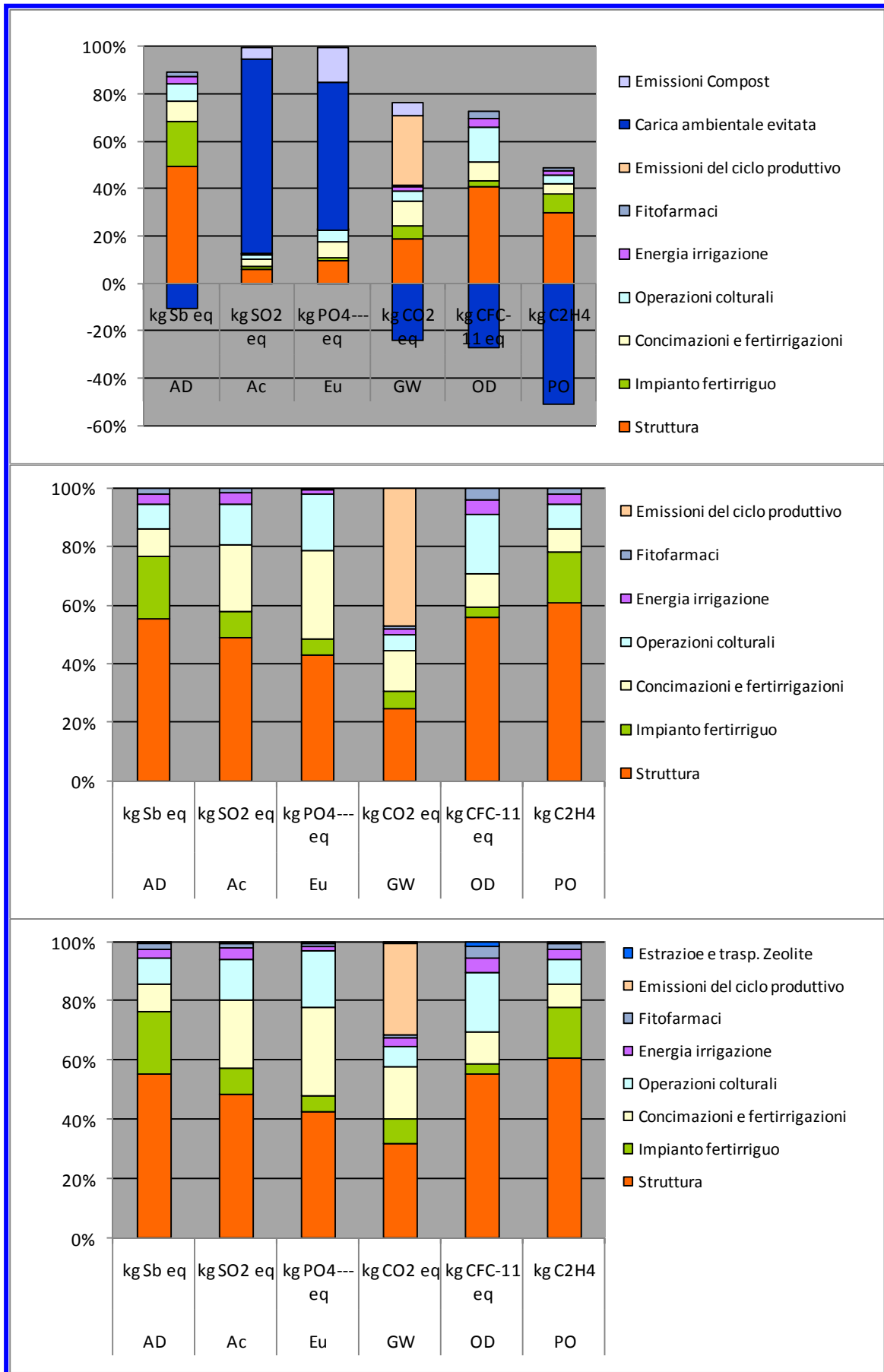
Nel Tal Quale abbiamo un'incidenza pari al 50%, mentre per la zeolite circa il 35%; questi valori differiscono per il fatto che la produzione e la produzione di biomassa è stata leggermente inferiore nel terreno ammendato con zeolite.

Per quanto riguarda il compost, anche qui, il comportamento è del tutto simile a quello riscontrato su zucchini; nella categoria AD abbiamo una riduzione del 12%, nella categoria GW del 20%, nella categoria OD del 30% ed infine, una riduzione del 50% nella categoria PO. Per contro, nella categoria AC abbiamo un 85% da attribuire alla produzione di compost mentre nella categoria EU un 70%.

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).

*Distribuzione percentuale dei processi per categoria di impatto*





Prendendo in esame la Tabella sottostante vediamo numericamente i risultati dell'elaborazione.

Come già si poteva intuire dalla figura 35, la tesi Compost ha valori più bassi rispetto sia alla coltivazione normale (Tal Quale) che su zeolite in quasi tutte le categorie, eccetto che per le due precedentemente descritte (AC e EU).

Anche qui come per lo zucchini si può notare come ci sia una riduzione di circa il 20% per il consumo di risorse (categoria AD), una lieve riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> – soprattutto alla coltivazione normale -, 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 (quasi dieci volte) e del potere eutrofizzante (fino a 4 volte).

Impact category	Unità	TAL QUALE	COMPOST	ZEOLITE
Abiotic Depletion	kg Sb eq	0,422	0,382	0,455
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	0,266	2,185	0,287
Eutrophication	kg PO <sub>4</sub> --- eq	0,039	0,178	0,043
Global Warming Potential	kg CO <sub>2</sub> eq	94,294	64,914	78,267
Ozone Layer Depletion	kg CFC-11 eq	3,063E-06	1,956E-06	3,333E-06
Photochemical Oxidation	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,011	-0,001	0,011

*Valori totali nelle varie categorie di impatto nelle tre tesi a confronto*



In complesso l'impatto della struttura (serra), nelle tre tesi a confronto, occupa uno spazio predominante; i valori di questo ciclo produttivo (a livello percentuale) sono del tutto simili anche se leggermente più elevati rispetto a valori riscontrati in bibliografia (Antón, 2004; Antón et al, 2005), sempre per il fatto che la serra è quasi totalmente priva di automazioni, con bassi consumi energetici e di dimensione (superficie coperta) piccola, il che porta a una sovrastima dei materiali impiegati se rapportati all'ettaro.

I valori assoluti riportati in tabella sono molto più bassi rispetto a quelli ottenuti con lo zucchini del primo ciclo colturale, in quanto questi valori sono riferiti all'unità funzionale (tonnellata di prodotto) ed essendo la produzione di pomodoro molto più elevata il valore unitario scende prepotentemente.

### **Bilancio economico pomodoro, premessa**

Il bilancio economico della coltura di zucchini (raccolto con fiore), di seguito formulato, è riferito ad una coltura condotta 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 colturali 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 (€) dello zucchini e del pomodoro raccolto nella prova dimostrativa e conferito alla Cooperativa Salto di Fondi:

1)  $PLV_{med} = PR_{comm} \times \text{€}$





2)  $PLV_{min} = (PR_{comm} - SD) \times \text{€}$

3)  $PLV_{max} = (PR_{comm} + SD) \times \text{€}$

### Calcolo della Reddito Netto (RN)

Dall'applicazione di  $PLV_{med}$ ,  $PLV_{min}$  e  $PLV_{max}$ , si sono calcolati i rispettivi reddito netto medio ( $RN_{med}$ ), minimo ( $RN_{min}$ ) e massimo ( $RN_{max}$ ) 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),

$$RN\_2(\text{med, min, max}) = PLV(\text{med, min, max}) - (Sv + Sm + Q + Imp + \Delta_1 Sa + I) = \Delta_2 Sa + St + Bf \pm T$$

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),  $\Delta_1 Sa$  rappresenta il monte salari per 2/3 della manodopera utilizzata per le suddette operazioni, mentre  $\Delta_2 Sa$  è la restante parte di  $SA$ . Nel calcolo di  $\Delta_2 Sa$



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<sup>-1</sup>) attestandosi attorno a 83.500 euro ha<sup>-1</sup>.

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 \* per una serra di 1.000 m<sup>2</sup>.

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 10 kg m<sup>-2</sup> pari a 10 tonnellate per 1000 m<sup>2</sup> e che il prezzo di listino è di 150 euro t<sup>-1</sup>, il costo per ciclo colturale è pari a 1500 : 6 = 250 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<sup>-2</sup> 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<sup>-2</sup> 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<sup>-1</sup>), è di 2.500 euro. Poiché il periodo di ammortamento del pozzo è di anni 10, risulta:

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

Con un prelievo annuo aziendale stimato in 14.000 m<sup>3</sup>, si ha una incidenza di 0,02 euro per ogni m<sup>3</sup> 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<sup>-1</sup>. Stimando un prelievo medio di acqua pari a 14.000 m<sup>3</sup> anno<sup>-1</sup> (uso irriguo + uso antibrina), si ha un periodo di attività della pompa di 583,33 h anno<sup>-1</sup> con un assorbimento di 1,01 Kw h<sup>-1</sup> 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 m<sup>3</sup>/ anno di acqua distribuita (14.000) si ha il costo unitario per m<sup>3</sup> pari a 0,012 euro. Pertanto, il costo totale di uso per ogni m<sup>3</sup> 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 m<sup>2</sup>, 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  $\text{kg}^{-1}$  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 non si sono osservate differenze significative tra le tesi a confronto per il calcolo della PLV si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili.

Anche in questo caso, per ottenere il costo colturale totale nelle diverse tesi a confronto, ai costi espliciti comuni (cfr sottostante Tab. A) 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. Inoltre, va tenuto conto dei costi di manodopera per raccogliere ed incassettare il prodotto (Tab. D), che varia con le tesi in relazione ai quantitativi ottenuti. Analogamente, ai costi impliciti comuni (Tab. B) vanno sommati i costi di ammortamento del compost (solo tesi compost) e delle zeoliti (solo tesi zeolite) (Tab. C) e le spese generali che variano con la PLV (Tab. D).

In tabella E 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 utile per l'imprenditore puro. Al prezzo medio di mercato, attuato durante il periodo di raccolta (0,74 euro  $\text{kg}^{-1}$ ), il punto di pareggio o soglia minima di efficienza si è attestata tra 83 e 88 t  $\text{ha}^{-1}$  in relazione alle strategie applicate, quindi ben al di sotto delle 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 0,48 e 0,51 euro  $\text{kg}^{-1}$ .



I risultati economici più interessanti si sono ottenuti con la coltivazione sul terreno tal quale adottando la gestione di riduzione della concimazione. In linea generale, su tutti i substrati di coltivazione i redditi più elevati sono stati permessi in regime di riduzione della concimazione.

In linea generale si è osservato che nel caso dell'imprenditore reale, i prezzi minimi al mercato in grado di remunerare la sua attività, anche nell'ipotesi peggiore di produzione (produzione media - SD), sono variati tra 0,39 e 0,42 euro kg<sup>-1</sup>, in relazione ai sistemi colturali adottati.

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	
- rinalzi / 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 antibrina								90,42
- idroserra : materiale (kg)	4,5			1,16	5,22			
- sorveglianza (h)			10	7,25			72,50	
- acqua (m <sup>3</sup> )	397			0,03	12,70			
7) difesa fitosanitaria								467,44
- antiparassitari (vedi Tab.5)					336,94			
- distribuzione (inclusi concimi fogliari)(h)			18	7,25			130,50	
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 <sub>1</sub> ) Totale costi espliciti	1624,92	970,00	884,50	3.479,42
---	---------	--------	--------	----------

Tab. A. Costi espliciti comuni per tutte le tesi a confronto, A<sub>1</sub> (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

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	81,00
B <sub>1</sub> ) Totale costi impliciti	1.491,95

Tab. B. Costi impliciti comuni per tutte le tesi a confronto, B<sub>1</sub> (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

Voci di spesa	Tesi	Quantità	Costo (€)		
			unitario	totale (A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> )	
				(A <sub>2</sub> )	(B <sub>2</sub> )
<b>Costi espliciti (A<sub>2</sub>)</b>					
<b>2) fertilizzazione</b>					
- concimi minerali (vedi Tab. 11) (kg)	Cmax	-	-	72,16	
- concimi minerali (vedi Tab. 11) (kg)	Crid	-	-	50,51	
- distribuzione compost pellettato (q.li)	compost	3	60,00	30,00 <sup>(1)</sup>	
- micorrize	compost	-	-	34,00	
- distribuzione zeolite (q.li)	zeolite	9	60,00	13,50 <sup>(2)</sup>	
<b>5) irrigazione e fertirrigazione</b>					
- irrigazione (vedi Tab. 9) (m <sup>3</sup> )	lmax	256,7	0,03	8,21	
- irrigazione (vedi Tab. 9) (m <sup>3</sup> )	lrid	182,3	0,03	5,83	
<b>Costi impliciti (B<sub>2</sub>)</b>					
17) ammortamento compost	compost	-			250,00
18) ammortamento zeolite	zeolite	-			49,60

<sup>(1)</sup> costo di distribuzione del compost suddiviso in 3 anni (6 cicli);

<sup>(2)</sup> costo di distribuzione della zeolite suddiviso in 20 anni (40 cicli).

Tab. C. Costi espliciti (A<sub>2</sub>) e impliciti (B<sub>2</sub>) caratteristici di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

Voci di costo	Tutte le tesi a confronto
<b>Costi espliciti (A<sub>3</sub>) (€)</b>	
<b>9) raccolta e trasporto - stacco + incassettamento</b>	
- medi	518,45
- min	457,58
- max	579,31
<b>Costi impliciti (B<sub>3</sub>) (€)</b>	
18) spese generali (6% PLV)	





- medi	635,87
- min	561,22
- max	710,52
<b>Totale costi (A<sub>3</sub> + B<sub>3</sub>) (€)</b>	
- medi	1.154,32
- min	1.018,80
- max	1.289,83

Tab. D. Costi espliciti (A<sub>3</sub>) e impliciti (B<sub>3</sub>) variabili in relazione alla produzione ottenuta e alla PLV di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

Tesi	tal quale				compost				zeolite			
	I <sub>max</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> C <sub>rid</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> C <sub>rid</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> C <sub>rid</sub>	I <sub>rid</sub> C <sub>rid</sub>
<b>Costi espliciti (A) (€)</b>												
- medi	4.078	4.076	4.057	4.054	4.142	4.140	4.121	4.118	4.092	4.089	4.070	4.068
- min	4.017	4.015	3.996	3.993	4.081	4.079	4.060	4.057	4.031	4.028	4.009	4.007
- max	4.139	4.137	4.117	4.115	4.203	4.201	4.181	4.179	4.153	4.150	4.131	4.129
<b>Costi impliciti (B) (€)</b>												
- medi		2.128				2.379				2.178		
- min		2.052				2.303				2.102		
- max		2.204				2.455				2.254		
<b>Costi totali (A + B) (€)</b>												
- medi	6.206	6.204	6.185	6.182	6.521	6.519	6.500	6.497	6.270	6.267	6.248	6.246
- min	6.069	6.067	6.048	6.045	6.384	6.382	6.363	6.360	6.133	6.130	6.111	6.109
- max	6.343	6.341	6.321	6.319	6.658	6.656	6.636	6.634	6.407	6.404	6.385	6.383
<b>Produzione comm. (kg)</b>												
- media						14.302						
- min						12.623						
- max						15.981						
<b>Costo unitario (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- medio	0,43	0,43	0,43	0,43	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44
- max	0,48	0,48	0,48	0,48	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48
- min	0,40	0,40	0,40	0,40	0,42	0,42	0,42	0,42	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>Prezzo di vendita (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- medio						0,74						
<b>PLV (euro)</b>												
- media						10.598						
- min						9.354						
- max						11.842						
<b>RN_1 (€), reddito netto dell'imprenditore puro</b>												
- medio	4.392	4.394	4.413	4.416	4.077	4.079	4.098	4.101	4.328	4.331	4.350	4.352
- min	3.285	3.287	3.306	3.309	2.970	2.972	2.991	2.994	3.221	3.224	3.243	3.245
- max	5.499	5.501	5.521	5.523	5.184	5.186	5.206	5.208	5.435	5.438	5.457	5.459
<b>RN_2 (€), reddito netto dell'imprenditore reale</b>												
- medio	6.424	6.426	6.446	6.449	6.174	6.176	6.196	6.198	6.374	6.377	6.396	6.399
- min	5.221	5.224	5.243	5.246	4.971	4.973	4.993	4.996	5.172	5.174	5.194	5.196
- max	7.627	7.629	7.649	7.651	7.377	7.379	7.399	7.401	7.577	7.580	7.599	7.602
<b>Prezzo di vendita minimo remunerativo (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- imprenditore puro	0,48	0,48	0,48	0,48	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48
- imprenditore reale	0,41	0,41	0,42	0,42	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41

Tab. E. Bilancio economico della coltura di zuccino in funzione dei sistemi colturali adottati (valori calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra). RN\_1 = reddito netto dell'imprenditore puro, RN\_2 = reddito netto dell'imprenditore reale



### 3° CICLO COLTURALE: ZUCCHINO

Lo zucchini cv Ortano, adatto ai cicli autunno-invernali dell'area centro-meridionale, è stato seminato il 20 settembre 2010 in contenitori di polistirolo da 60 alveoli su torba. Per le piantine destinate al trapianto sul terreno addizionato di compost, si è utilizzato substrato torboso miscelato con inoculo micorrizico (Micosat) in quantità pari a g 300 di prodotto per 1000 piante. L'inoculo micorrizico è stato reperito sul mercato ed era composto da spore e micelio del genere *Glomus spp.* (*G. intraradices*, *G. coronator* e altri) con aggiunta di batteri simbiotici radicali del genere *Bacillus subtilis* e *Bacillus pseudomonas* entrambi supportati da materiale organico.

Il trapianto in serra, coltivata precedentemente a pomodoro, è stato effettuato il 30 settembre 2010 con piantine allo stadio di 2<sup>a</sup> foglia vera, disposte alla distanza di 1,20 m tra le file e 0.60 m sulla fila, per una densità di circa 1,33 piante m<sup>-2</sup>.

Nei primi 7 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: per la tesi I<sub>max</sub> (irrigazione massima), la distribuzione dell'acqua irrigua avveniva nei momenti e con i volumi normalmente adottati dall'azienda ospite e, per la tesi I<sub>rid</sub> (irrigazione ridotta), i momenti di intervento e i volumi d'adacquamento sono stati decisi sulla base della determinazione dell'umidità del suolo tramite sonde FDR (Decagon Devices Inc.) collocate all'interno delle parcelle alla profondità di 5 e 15 cm. In quest'ultima tesi il momento dell'irrigazione veniva stabilito ogni qualvolta le sonde evidenziavano un contenuto medio d'umidità pari a circa il 50% della riserva idrica utile (RU) con volumi d'adacquamento sufficienti per riportare l'umidità del suolo alla capacità di campo.

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<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (1 litro h<sup>-1</sup> per gocciolatore).

Durante il ciclo colturale, come è pratica comune della zona, si sono effettuate applicazioni fogliari di nutrienti secondo lo schema riportato in tabella 10.

Data	Prodotto commerciale	Titolo N-P-K	Dose
01/11/10	Special Zucchini	(9-14-19)	13
11/11/10	Special Zucchini + Max Fruit	(9-14-19)+(3-7-7)	10 + 202



19/11/10	Special Zucchini	(9-14-19)+(3-7-7)	32
23/11/10	Special Zucchini + Max Fruit	(9-14-19)+(3-7-7)	8 + 404
03/12/10	Special Zucchini + Max Fruit	(9-14-19)+(3-7-7)	67 + 404
10/12/10	Special Zucchini + Incrementa	(9-14-19)+(9-0-0)	75 + 509

Tab. 1. Calendario interventi di concimazione fogliare, valori in g per 1000 m<sup>2</sup> di serra

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. Altra particolare attenzione è stata posta al monitoraggio e al controllo della mosca bianca (*Trialeurodes vaporariorum* West.) sia per i danni diretti che può causare alla coltura sia a quelli indiretti essendo un pericoloso vettore di virus. Il calendario dei trattamenti fitosanitari è riportato in tabella 11.

Data	Peso prodotto kg o l/ha	Prodotto commerciale	Principio attivo
02/10/10	0,80	Actara	
10/10/10	0,06	Laser	Spinosad 44,2%
23/10/10	3,33 + 2,67	Cuprosat + Heliosoufre	Solfato tribasico di rame 15,2% + zolfo puro 51,1%
01/11/10	0,67	Heliosoufre	zolfo puro 51,1%
04/11/10	3,50	Cuprosat	Solfato tribasico di rame 15,2%
19/11/10	1,00	BT	Bacillus thuringiensis
26/11/10	2,67	Cuprosat	Solfato tribasico di rame 15,2%

Tab. 11. Calendario trattamenti fitosanitari

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.

Durante il ciclo colturale è stato monitorato lo stato nutrizionale e di sviluppo delle piante, con cadenza settimanale, mediante un radiometro multispettro MSR 87 (Cropscan) il quale ha permesso di analizzare lo spettro della radiazione emessa dalla pianta in funzione di quella ricevuta. Sulla base delle letture alle



lunghezze d'onda di 810 e 560 nm è stato calcolato l'indice vegetazionale NIR/Green, strettamente correlato con il contenuto di azoto della coltura e la sua biomassa.

La raccolta è iniziata l' 1 novembre 2010 e si è conclusa il 6 gennaio 2011. Gli interventi di raccolta sono stati eseguiti 2-3 volte alla settimana in funzione dell'andamento climatico, su un'area di saggio comprendente cinque piante per ogni parcella. I frutti sono stati raccolti con fiore, contati, pesati, suddivisi in produzione di scarto (danneggiati, deformati e fuori calibro) e commerciabile. Inoltre, i frutti sono stati misurati (lunghezza e diametro) e valutati, tramite punteggio, per forma (5=curva, 3=leggermente curva, 1=dritta), aspetto (10=perfetto, 7=qualche segno, 5=molti segni, 0=non commerciabile) e stato di freschezza del fiore (1=fresco, 2=poco fresco, 3=caduto, 4=marcio).

#### *Interventi e volumi irrigui*

*Dato l'andamento meteorico del periodo, durante il quale si è osservata un'elevata piovosità con costante inumidimento del suolo ed elevata umidità relativa dell'aria, gli interventi irrigui seppure relativamente frequenti hanno considerato volumi di adacquamento piuttosto ridotti. Come si può osservare dalla tabella 6, alla fine del ciclo, i volumi irrigui totali più elevati sono stati pari a  $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e hanno interessato le tesi I<sub>max</sub> sul substrato addizionato di zeolite, mentre quelli più contenuti ( $76 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) sono stati distribuiti nelle tesi Irid sul substrato ammendato con compost. Il risparmio d'acqua nelle tesi Irid, rispetto alle I<sub>max</sub>, è stato pari al 27%.*

Data	Intervento	tal quale		compost		zeolite	
		I <sub>max</sub>	Irid	I <sub>max</sub>	Irid	I <sub>max</sub>	Irid
30/09/10	Irrigazione trapianto	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
06/10/10	Irrig.	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
12/10/10	Irrig. Differenziata	6,6	4,6	6,6	4,6	6,6	4,6
14/10/10	Irrig. Differenziata	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	9,4
17/10/10	Irrig. Differenziata	9,0	6,3	9,0	6,3	9,0	6,3
21/10/10	Irrig. Differenziata	3,3	2,3	3,3	2,3	3,3	2,3
22/10/10	Irrig. Differenziata	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	18,9
27/10/10	Irrig. Differenziata	9,0	6,3	9,0	6,3	9,0	6,3

30/10/10	Irrig. Differenziata	6,6	4,6	6,6	4,6	6,6	4,6
05/11/10	Irrig. Differenziata	26,9	18,9	26,9	18,9	0,0	0,0
06/11/10	Irrig. Differenziata	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	9,4
12/11/10	Irrig. Diff. + concimazione	12,3	8,5	12,3	8,5	12,3	9,9
15/11/10	Irrig. Differenziata	2,2	1,5	2,2	1,5	2,2	1,5
22/11/10	Irrig. Differenziata	9,0	6,3	9,0	6,3	9,0	6,3
30/11/10	Irrig. Diff. + concimazione	9,0	6,3	9,0	6,3	9,0	6,3
03/12/10	Irrig. Differenziata	4,4	3,1	0,0	0	4,4	3,1
<b>TOTALE</b>		<b>108,3</b>	<b>78,7</b>	<b>103,9</b>	<b>75,6</b>	<b>135,2</b>	<b>98,9</b>
<i>Volumi relativi <sup>(1)</sup></i>		<i>100</i>	<i>73</i>	<i>96</i>	<i>70</i>	<i>125</i>	<i>91</i>

<sup>(1)</sup> Tal quale - I<sub>max</sub> = 100

Tab. 12. Calendario interventi irrigui e volumi di acqua ( $m^3 ha^{-1}$ ) apportati nelle tesi a confronto

### Fertirrigazioni e dosi di azoto

A causa dell'elevata dotazione d'azoto del terreno nonché del breve ciclo fuori stagione dello zucchini, sono stati programmati solo 2 interventi fertirrigui (tab. 7) con i quali sono stati distribuiti 72,2 e 50,3  $kg ha^{-1}$  di N, rispettivamente nelle tesi che prevedevano la dose massima (I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub> e I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub>) e quella ridotta (I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub> e I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>) di azoto. L'azoto è stato apportato sotto forma di nitrato ammonico 34% N.

<i>Data</i>	<i>Intervento</i>	<i>C<sub>max</sub></i>	<i>C<sub>rid</sub></i>
12/11/10	Irrig. Diff. + concimazione	36,1	25,2
30/11/10	Irrig. Diff. + concimazione	36,1	25,2
<b>TOTALE</b>		<b>72,2</b>	<b>50,3</b>

Tab. 13. Calendario interventi di fertirrigazione e quantitativi di N ( $kg ha^{-1}$ ) applicati nelle tesi a confronto

Considerando anche l'azoto distribuito con l'acqua di irrigazione che presentava un tenore in nitrati pari a 47,2 mg/L, l'azoto totale distribuito alle tesi a confronto è stato nella media il seguente:



$C_{max} = 74 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$

$C_{rid} = 52 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$

con un risparmio medio di azoto nelle tesi Crid del 30% rispetto alle tesi Cmax.

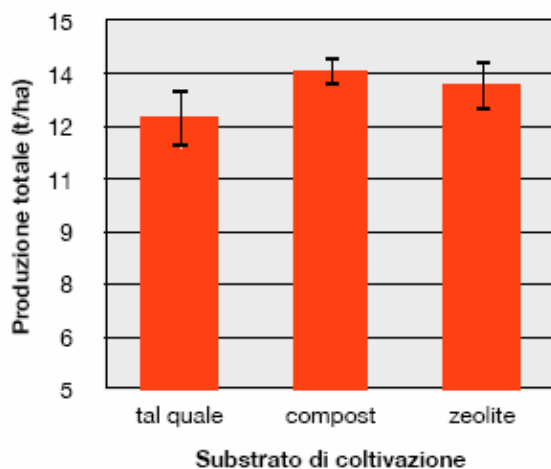
### Analisi rilievi fisiologici

Durante il ciclo produttivo sono stati eseguiti rilievi riguardanti lo stato fisiologico delle piante e del terreno in tutti i suoi aspetti più salienti. Tutta questa serie di dati che sono stati ottenuti mediante la strumentazione acquistata nell'ambito del progetto permette di poter valutare in maniera oggettiva la risposta fisiologica delle piante ai vari trattamenti effettuati e poter valutare il complesso di scambi di energia e di Carbonio.

I rilievi sono stati effettuati settimanalmente durante tutto il ciclo colturale; i parametri presi in considerazione sono: fotosintesi netta (PN), conduttanza stomatica (GS), traspirazione fogliare (EVAP), concentrazione di anidride carbonica nella camera sottostomatica (CI), respirazione del suolo (SR) ed evaporazione dell'acqua del terreno (S evap).

### Produzione e sue componenti

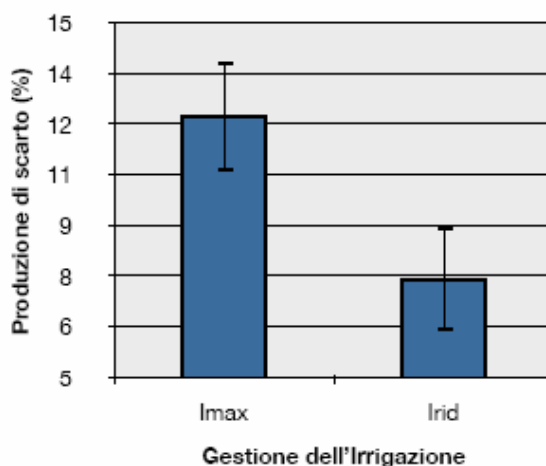
La produzione totale è stata influenzata dai diversi substrati di coltivazione (Fig. successiva) con i quantitativi più elevati ottenuti con il compost, seguito dalle zeoliti.





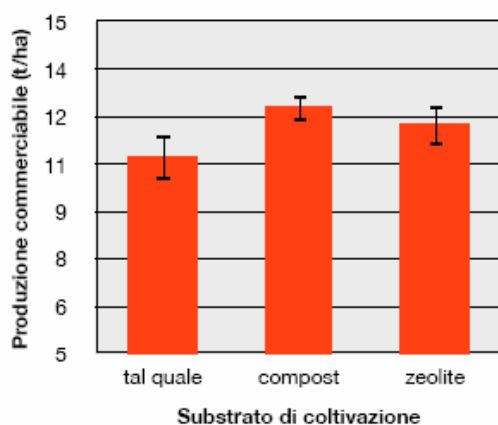
*Effetto del substrato di coltivazione sulla produzione totale. Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,048$ .*

Gli altri fattori allo studio non hanno avuto effetto su questa caratteristica, tuttavia la gestione dell'irrigazione ha influito sull'incidenza dello scarto, con percentuali significativamente più elevate in corrispondenza di I<sub>max</sub> (Fig. sottostante).



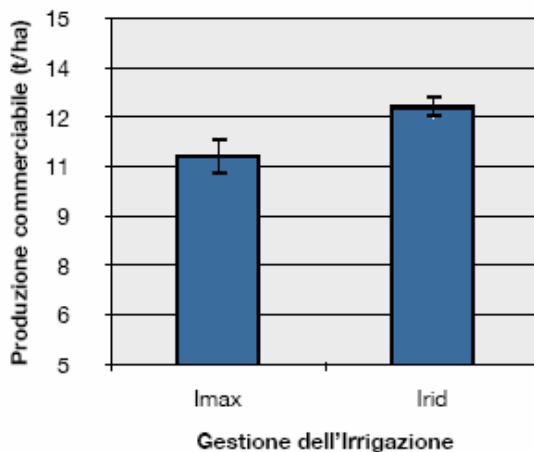
*Effetto della gestione dell'irrigazione sulla percentuale di scarto (% sul peso). Ogni valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,037$ .*

Come conseguenza, le produzioni commerciabili sono state influenzate dal substrato di coltivazione in misura analoga di quanto osservato per le totali (Fig. sottostante), e sono risultate più elevate in corrispondenza di Irid (Fig. sottostante).



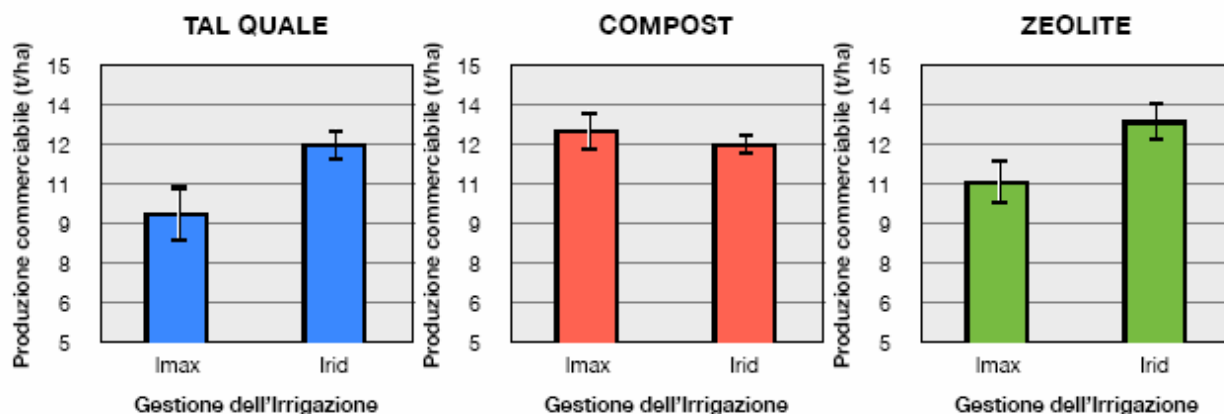


Effetto del substrato di coltivazione sulla produzione commerciabile. Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,035$ .



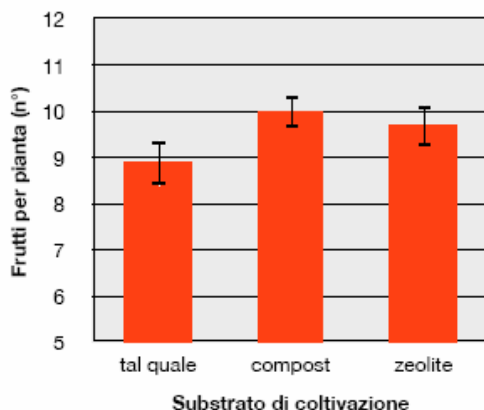
Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione commerciabile. Ogni valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,011$ .

Dall'analisi dell'interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" (Fig. sottostante) si può osservare tuttavia che l'effetto di Irid nell'elevare la resa si è ottenuto solo sul substrato tal quale e in quello addizionato di zeolite. Col compost non si sono osservate invece differenze di rilievo.

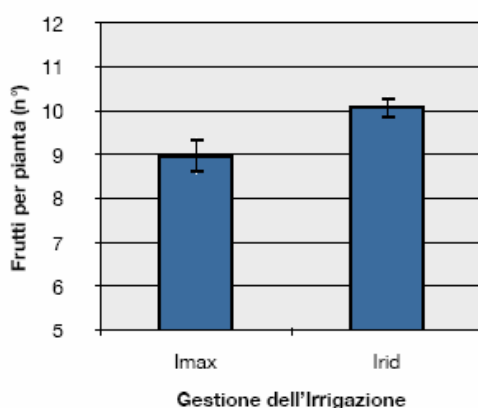


Effetto della gestione dell'irrigazione sulla produzione commerciabile nei diversi substrati di coltivazione. Ogni valore è la media di 6 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,050$ .

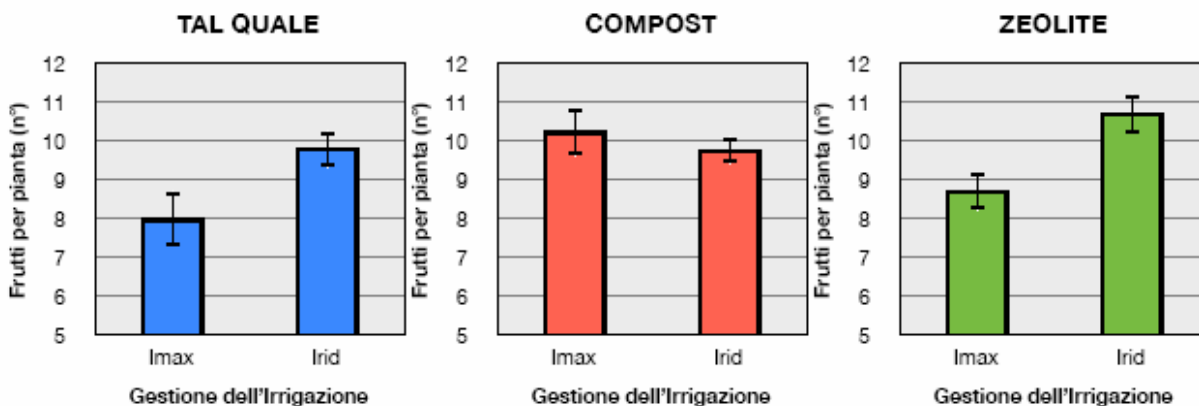
Dall'esame delle figure sottostanti si può evincere che la differenziazione produttiva è stata determinata dal differente numero di frutti per pianta prodotto con i diversi sistemi colturali.



Effetto del substrato di coltivazione sul numero di frutti commerciabili per pianta. Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le linee verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,016$ .

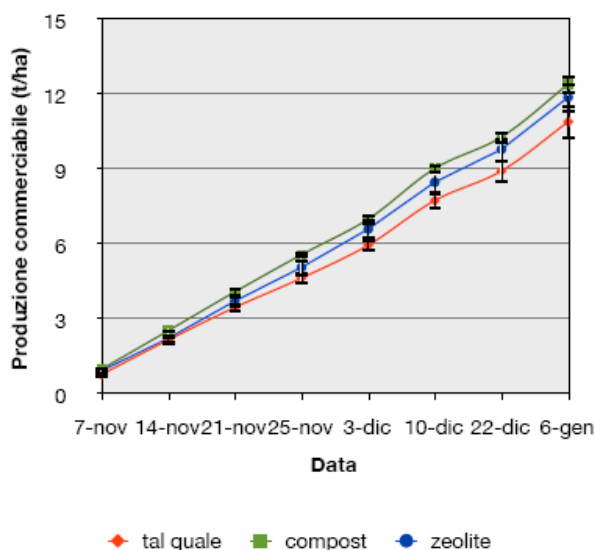


Effetto della gestione dell'irrigazione sul numero di frutti commerciabili per pianta. Ogni valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,001$ .



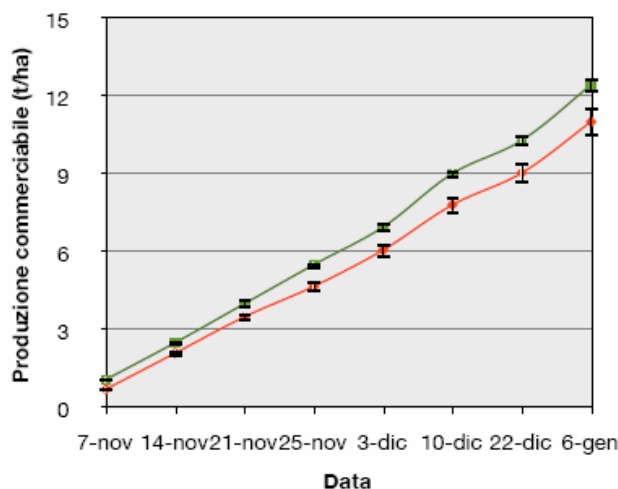
*Effetto della gestione dell'irrigazione sul numero di frutti commerciabili per pianta ottenuto con i differenti substrati di coltivazione. Ogni valore è la media di 6 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,027$ .*

Nella figure successiva è interessante osservare che le differenze tra i quantitativi commerciabili ottenuti sul substrato ammendato con il compost e quelli ottenuti sul substrato tal quale si sono evidenziate fin dalle prime raccolte e sono andate via via aumentando con il tempo. Le produzioni commerciabili cumulate ottenute sul substrato addizionato di zeolite si sono sempre mantenute su valori intermedi.



*Effetto del substrato di coltivazione sull'andamento delle produzioni commerciabili cumulate. Linea rossa = tal quale, Linea verde = compost, Linea blu = zeolite. Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media.*

Considerazioni analoghe possono essere fatte anche per quanto riguarda la gestione dell'irrigazione. Infatti dalla figura 10 è possibile osservare che la tesi Irid ha evidenziato produzioni commerciabili cumulate sempre più elevate della tesi Imax, con differenze che sono aumentate nel corso del periodo di raccolta.

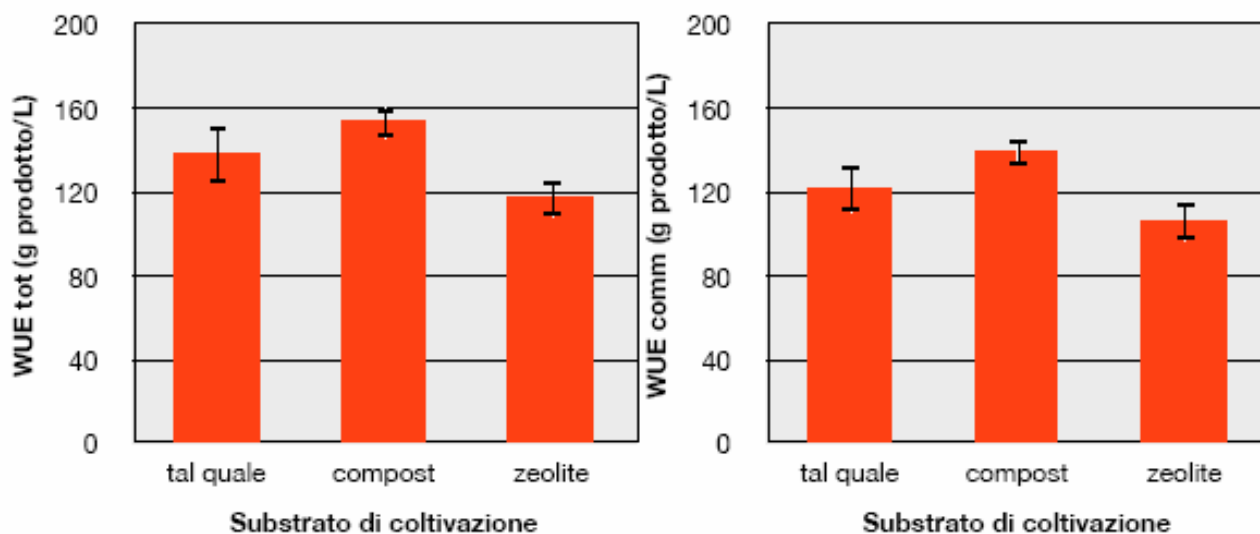


*Effetto della gestione dell'irrigazione sull'andamento delle produzioni commerciabili cumulate. Linea rossa = Imax, Linea verde = Irid. Ogni valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media.*

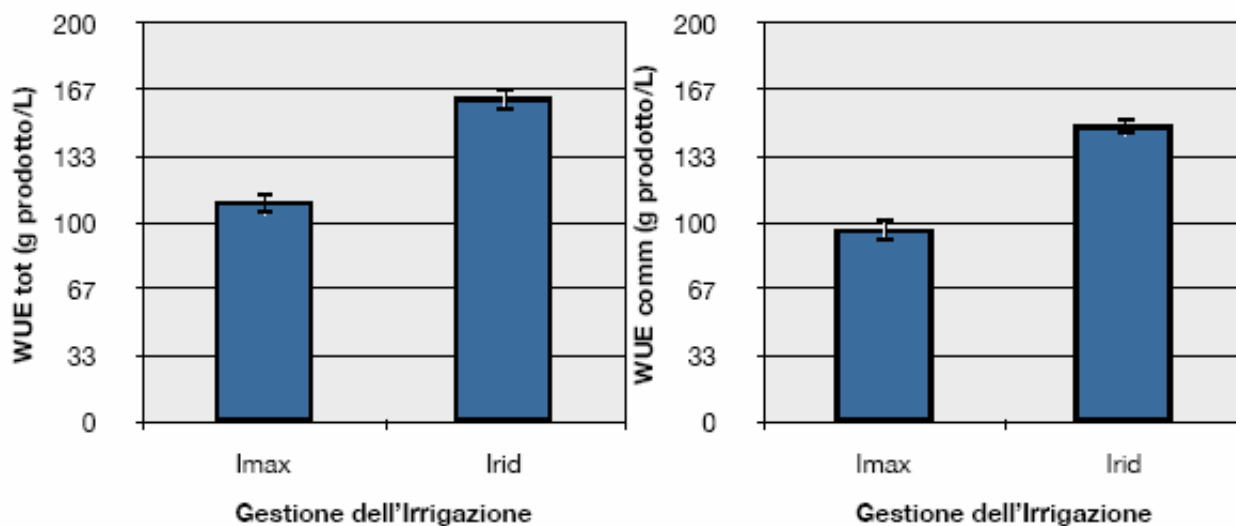
Nessun effetto significativo dei fattori allo studio è stato osservato per Indice Medio di Raccolta (IMR), peso medio dei frutti e per i parametri qualitativi valutati tramite punteggio (forma, aspetto, stato di freschezza del fiore).

### **Analisi dell'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 somministrando 1 litro di acqua d'irrigazione. 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).



*Effetto del substrato di coltivazione sull'efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione (WUE) rispetto alla produzione totale (WUE tot) e alla produzione commerciabile (WUE comm). Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,001$  (WUE tot e ) e  $P<0,001$  (WUE comm).*



*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 valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P<0,001$  (WUE tot e WUE comm).*



Inoltre, come c'era da attendersi, l'altro fattore che ha influito sulla WUE è stata la gestione dell'Irrigazione. Nei riguardi sia della WUE tot sia della WUE comm (Fig.sovrastante), la tesi Irid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 50 g di frutti totali (WUE tot) e commerciabili (WUE comm) in più per ogni litro d'acqua distribuito, rispetto alla tesi Imax. A fronte di una riduzione media del 27% di acqua distribuita, quindi, con la tesi Irid si è avuto un incremento dell'efficienza irrigua pari al 47% e 53% 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.

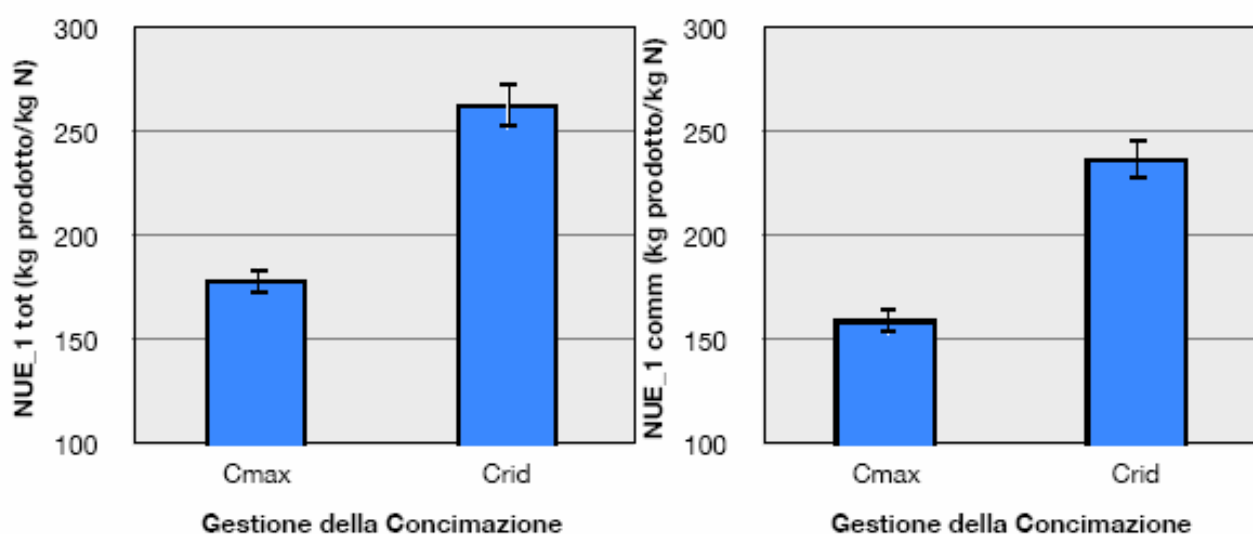
L'efficienza dell'uso dell'azoto distribuito durante la coltura è stata valutata per mezzo dell'indice NUE (Nitrogen Use Efficiency) che è stato calcolato come rapporto tra il peso dei frutti prodotti (in kg) e la quantità di azoto distribuito (in kg). Questo indice permette di determinare quanti kg di prodotto si sono ottenuti per ogni 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 totale distribuito con irrigazione e fertirrigazione. 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 maggiormente sulla NUE, come c'era da attendersi, è stata la gestione della concimazione, ma sono stati messi in luce anche su alcuni indici interessanti effetti dei substrati di coltivazione, della gestione dell'irrigazione, oltre ad alcuni effetti di interazione.

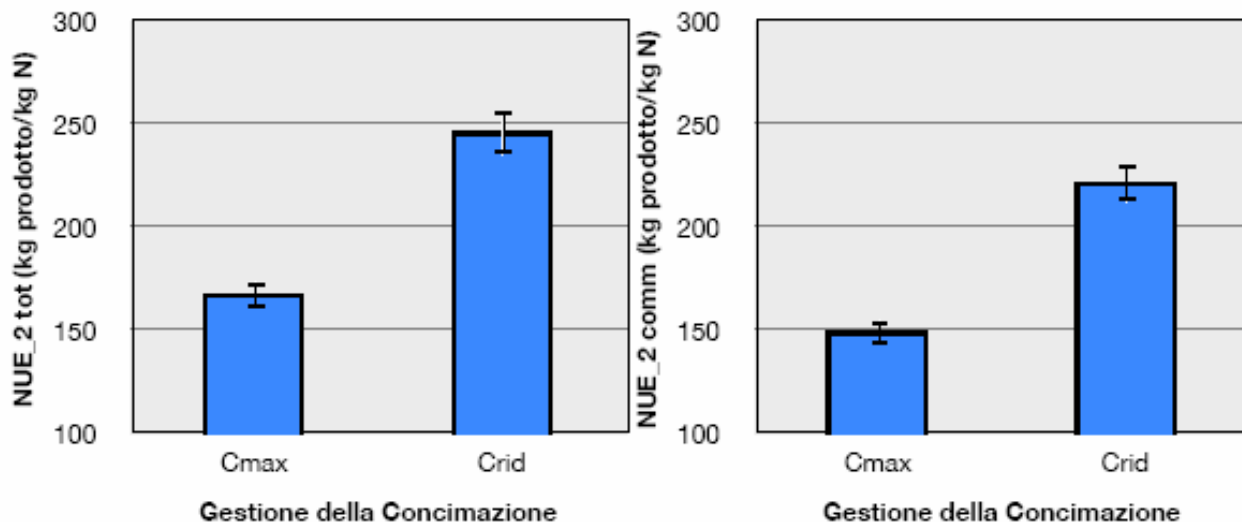
Considerando l'effetto della gestione della concimazione, e nei riguardi sia della NUE\_1 tot sia della NUE\_1 comm (Fig. sottostante), la tesi Crid si è dimostrata la più efficiente permettendo di produrre circa 85 kg di frutti totali (NUE-1 tot) e 78 kg di frutti commerciabili (NUE-1 comm) in più per ogni kg di azoto distribuito con i fertilizzanti, rispetto alla tesi Cmax. In questo caso, quindi, a fronte della riduzione del 30% di azoto distribuito con i fertilizzanti, con la tesi Crid si è avuto un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto pari al 48% e 47% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.



*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 valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione della Concimazione" significativo per  $P < 0,001$  (NUE\_1 tot e NUE\_1 comm).*

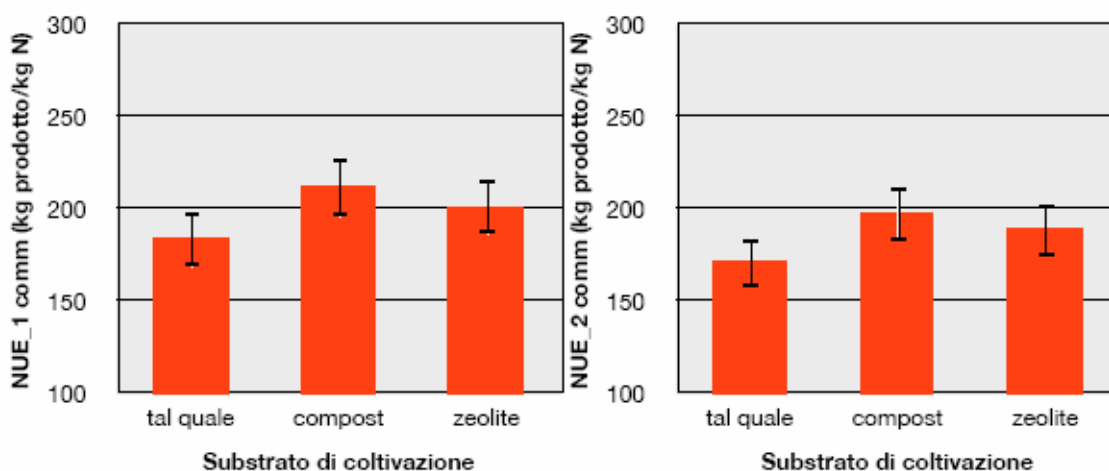
Nei riguardi sia della NUE\_2 tot sia della NUE\_2 comm (Fig. sottostante), la tesi Crid si è dimostrata ancora una volta la più efficiente permettendo di produrre circa 79 kg di frutti totali (NUE-2 tot) e 72 kg di frutti commerciabili (NUE-2 comm) in più per ogni kg di azoto totale distribuito, rispetto alla tesi Cmax. In questo

caso, quindi, con la tesi Crid si è avuto un incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto pari al 47% e 48% nei confronti della tesi Cmax, rispettivamente per la produzione totale e per quella commerciabile.



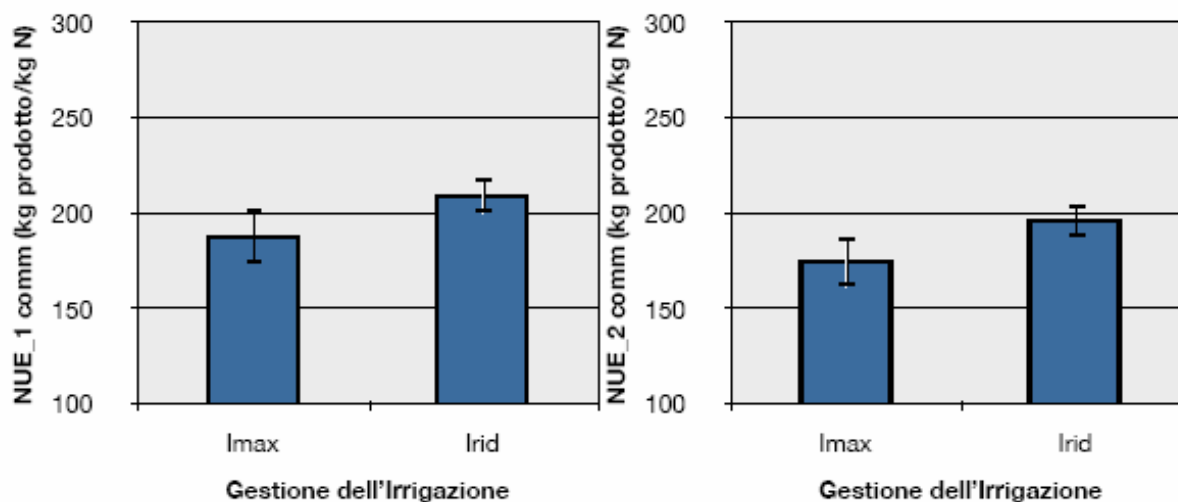
*Effetto della gestione della concimazione sull'efficienza d'uso dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE\_2) rispetto alla produzione totale (NUE\_2 tot) e alla produzione commerciabile (NUE\_2 comm). Ogni punto è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Fattore "Gestione della Concimazione" significativo per  $P < 0,001$  (NUE\_2 tot e NUE\_2 comm).*

Considerando l'efficienza dell'azoto in riferimento alla produzione commerciabile, sia NUE\_1 comm che NUE\_2 comm è aumentata ammendando il substrato di coltivazione con compost o zeolite (Fig. sottostante). Rispetto al substrato tal quale, i due ammendanti hanno permesso, rispettivamente, incrementi di efficienza dell'uso dell'azoto di circa il 15% e 10%.



Effetto del substrato di coltivazione sull'efficienza d'uso dell'azoto distribuito con i fertilizzanti (NUE\_1) e dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE\_2) rispetto alla produzione commerciabile. Ogni valore è la media di 12 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media.

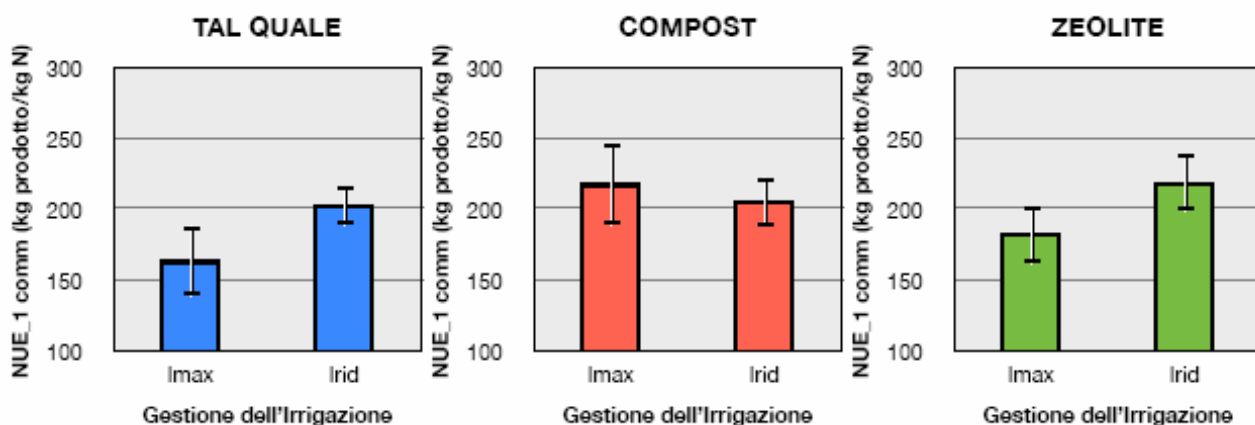
Fattore "Substrato" significativo per  $P=0,050$  (NUE\_1 comm) e  $P=0,048$  (NUE\_2 comm).



Effetto della gestione dell'irrigazione sull'efficienza d'uso dell'azoto distribuito con i fertilizzanti (NUE\_1) e dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE\_2) rispetto alla produzione commerciabile. Ogni valore è la media di 18 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media.

Fattore "Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,026$  (NUE\_1 comm) e  $P=0,014$  (NUE\_2 comm).

Anche la gestione dell'irrigazione ha influenzato queste caratteristiche (Fig. sovrastante), con Irid che ha permesso incrementi dell'efficienza dell'azoto, rispetto a Imax dell'11% (NUE\_1 comm) e 13% (NUE\_2 comm). L'effetto di Irid si è osservato sul terreno tal quale e su quello addizionato di zeolite, mentre su quello ammendato con compost, non si sono osservate differenze tra i due tipi di gestione dell'irrigazione (Fig. sottostante).



*Effetto della gestione dell'irrigazione sull'efficienza d'uso dell'azoto distribuito con i fertilizzanti (NUE\_1) e dell'azoto totale distribuito (fertilizzanti + acqua d'irrigazione) (NUE\_2) rispetto alla produzione commerciabile ottenuta sui differenti substrati di coltivazione. Ogni valore è la media di 6 parcelle. Le barre verticali rappresentano l'E.S. della media. Interazione "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" significativo per  $P=0,045$  (NUE\_1 comm) e  $P=0,035$  (NUE\_2 comm).*



## Analisi LCA

### Contributo ambientale delle varie fasi del sistema

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 tabella sottostante 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 <sub>2</sub> eq	3.122	24.510	3.338	3.122	24.510	3.338
Eu	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	0.458	1.803	0.484	0.458	1.803	0.484
GW	kg CO <sub>2</sub> 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

*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 CO<sub>2</sub> (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).

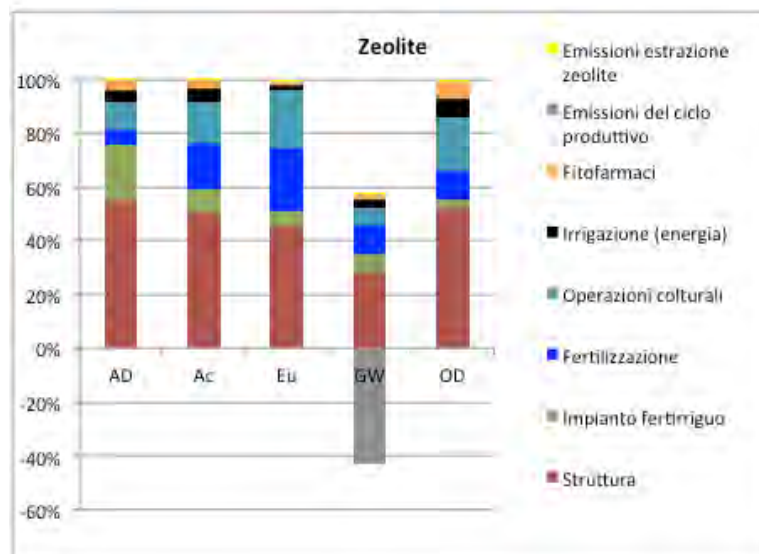
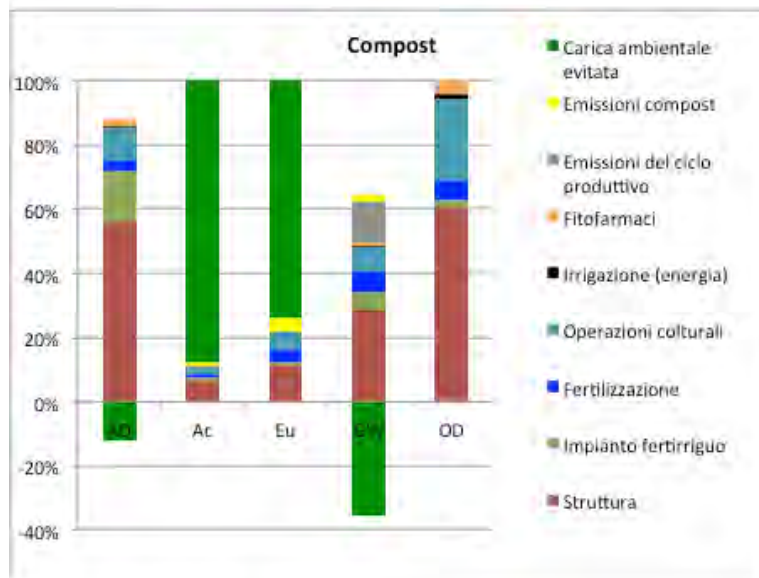
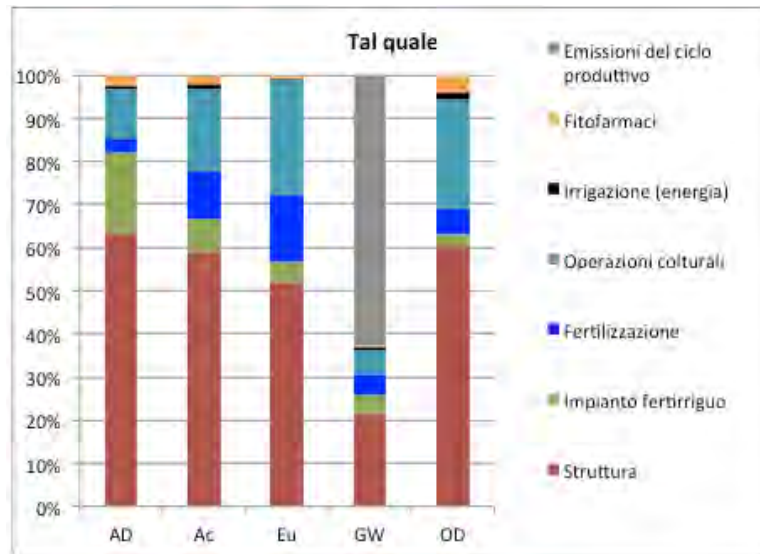
La coltivazione su zeolite ha influenzato le categorie d'impatto in modo non molto diverso della coltivazione sul substrato tal quale (variazioni dell'ordine del 5%), ad esclusione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (GW) che in questo ciclo sono apparse notevolmente ridotte (90% in meno rispetto a tal 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 CO<sub>2</sub> 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.

Nella figura sottostante, 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.







*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 colturali. 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 sistemazeolite. Nel tal quale, le emissioni preponderanti di CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> organica:CO<sub>2</sub> 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 nelle categoria GW (44%). In questo ciclo più contenuto è l'effetto del ciclo di coltivazione nella categoria GW (incidenza del 20% circa).



## **Bilancio economico zucchini**

Per quanto riguarda i parametri metodologici utilizzati per i calcoli della Produzione Lorda Vendibile (PLV), del Reddito Netto (RN), delle quote di ammortamento, del costo per l'energia elettrica e delle altre voci di costo, si rimanda a quanto già scritto nel precedente capitolo di Analisi economica sul pomodoro. Nel caso della coltura dello zucchini, poiché in termini di produzione commerciabile si è osservata un'interazione significativa "Substrato x Gestione dell'Irrigazione" (l'effetto di Irid nell'elevare la resa si è ottenuto solo sul substrato tal quale e in quello addizionato di zeolite, mentre col compost non si sono osservate differenze di rilievo), per il calcolo della PLV si è proceduto nel modo seguente:

- 1) per le tesi "tal quale+I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub>" e "tal quale+I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub>", si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili ottenute tra le 2 tesi considerate;
- 2) per le tesi "tal quale+I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub>" e "tal quale+I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>", si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili ottenute tra le 2 tesi considerate;
- 3) per tutte le tesi su compost, si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili ottenute su compost
- 4) per le tesi "zeolite+I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub>" e "zeolite+I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub>", si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili ottenute tra le 2 tesi considerate;
- 5) per le tesi "zeolite+I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub>" e "zeolite+I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>", si è considerata la media generale delle produzioni commerciabili ottenute tra le 2 tesi considerate.

Per ottenere il costo colturale totale nelle diverse tesi a confronto, ai costi espliciti comuni (cfr sottostante Tab. A) vanno sommati i costi di distribuzione del compost (solo tesi compost) e delle zeoliti (solo tesi zeolite), secondo lo schema riportato in tabella C. Inoltre, va tenuto conto dei costi di manodopera per raccogliere ed incassettare il prodotto (Tab. D), che varia con le tesi in relazione ai quantitativi ottenuti. Analogamente, ai costi impliciti comuni (Tab. B) vanno sommati i costi di ammortamento del compost (solo tesi compost) e delle zeoliti (solo tesi zeolite) (Tab. C) e le spese generali che variano con la PLV (Tab. D).



Voci di spesa	Impieghi			Costo (€)				totale
	materie prime	macchine	manodopera	unitario	parziale			
					Sv	Sm	Sa	
1) lavorazioni del terreno								139,00
- rippatura		1		41,00		41,00		
- fresatura		1,5		46,00		69,00		
- rifiniture manuali (h)			4	7,25			29,00	
2) fertilizzazione								204,87
- s.organica (letame) (t)	5			15,00	75,00			
- concimi fogliari (vedi Tab. 4) (kg)	1,72			5,74	9,87			
- 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	
- rinalzi / rimozione (h)			1	7,25			7,25	
4) trapianto								159,00
- piantine (n°)	1230			0,05	61,50			
- tutore, spago (kg)	15			3,60	54,00			
- manodopera trapianto (h)			6	7,25			43,50	
5) irrigazione e fertirrigazione								155,20
- manichette + collettori (kg)	27			3,60	97,20			
- allestimento (h)			8	7,25			58,00	
6) protezione antibirina								90,42
- idroserra : materiale (kg)	4,5			1,16	5,22			
- sorveglianza (h)			10	7,25			72,50	
- acqua (m <sup>3</sup> )	397			0,03	12,70			
7) difesa fitosanitaria								98,42
- antiparassitari (vedi Tab.5)					18,26			
- distribuzione (inclusi concimi fogliari)(h)			11	7,25			79,75	
8) legatura								101,50
- manodopera (h)			14	7,25			101,50	
9) raccolta e trasporto								650,00
- trasporto al magazzino		26		25,00		650,00		
10) rimozione impianto								259,50
- manodopera (h)			22	7,25			159,50	
- trattore		4		25,00		100,00		
A <sub>1</sub> ) Totale costi espliciti					476,76	980,00	587,25	2.044,01

Tab. A. Costi espliciti comuni per tutte le tesi a confronto, A<sub>1</sub> (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

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	46,00
B <sub>1</sub> ) Totale costi impliciti	1.456,95

Tab. B. Costi impliciti comuni per tutte le tesi a confronto, B<sub>1</sub> (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

Voci di spesa	Tesi	Quantità	Costo (€)
---------------	------	----------	-----------



			unitario	totale (A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> )	
				(A <sub>2</sub> )	(B <sub>2</sub> )
<b>Costi espliciti (A<sub>2</sub>)</b>					
<b>2) fertilizzazione</b>					
- concimi minerali (vedi Tab. 8) (kg)	Cmax	21,24	0,40	8,50	
- concimi minerali (vedi Tab. 8) (kg)	Crid	14,84	0,40	5,94	
- distribuzione compost pellettato (q.li)	compost	3	60,00	30,00 <sup>(1)</sup>	
- micorrize	compost	-	-	34,00	
- distribuzione zeolite (q.li)	zeolite	9	60,00	13,50 <sup>(2)</sup>	
<b>5) irrigazione e fertirrigazione</b>					
- irrigazione (vedi Tab. 7) (m <sup>3</sup> )	lmax	10,08	0,03	0,35	
- irrigazione (vedi Tab. 7) (m <sup>3</sup> )	lrid	7,09	0,03	0,25	
<b>Costi impliciti (B<sub>2</sub>)</b>					
17) ammortamento compost	compost	-			75,00
18) ammortamento zeolite	zeolite	-			49,60

<sup>(1)</sup> costo di distribuzione del compost suddiviso in 3 anni (6 cicli);

<sup>(2)</sup> costo di distribuzione della zeolite suddiviso in 20 anni (40 cicli).

Tab. C. Costi espliciti (A<sub>2</sub>) e impliciti (B<sub>2</sub>) caratteristici di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

Tesi	tal quale				compost				zeolite			
	lmax	lrid	lmax	lrid	lmax	lrid	lmax	lrid	lmax	lrid	lmax	lrid
	Cmax	Cmax	Crid	Crid	Cmax	Cmax	Crid	Crid	Cmax	Cmax	Crid	Crid
<b>Costi espliciti (A<sub>3</sub>) (€)</b>												
9) raccolta e trasporto - stacco + incassamento												
- medi	156,78	188,77	156,78	188,77			180,38		156,78	188,77	156,78	188,77
- min	145,03	178,27	145,03	178,27			160,06		145,03	178,27	145,03	178,27
- max	168,52	199,76	168,52	199,76			200,71		168,52	199,76	168,52	199,76
<b>Costi impliciti (B<sub>3</sub>) (€)</b>												
18) spese generali (6% PLV)												
- medi	117,42	141,38	117,42	141,38			135,10		117,42	141,38	117,42	141,38
- min	108,63	133,52	108,63	133,52			119,88		108,63	133,52	108,63	133,52
- max	126,22	149,23	126,22	149,23			150,32		126,22	149,23	126,22	149,23
<b>Totale costi (A<sub>3</sub> + B<sub>3</sub>) (€)</b>												
- medi	274,20	330,15	274,20	330,15			315,48		274,20	330,15	274,20	330,15
- min	253,66	311,79	253,66	311,79			279,94		253,66	311,79	253,66	311,79
- max	294,74	348,99	294,74	348,99			351,03		294,74	348,99	294,74	348,99

Tab. D. Costi espliciti (A<sub>3</sub>) e impliciti (B<sub>3</sub>) variabili in relazione alla produzione ottenuta e alla PLV di ogni tesi a confronto (calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

In tabella E vengono riportati i risultati economici nelle diverse tesi a confronto, da cui emerge chiaramente, che nessuno dei sistemi colturali indicati è stato in grado di produrre reddito né per l'imprenditore puro né per l'imprenditore reale. Al prezzo medio di mercato, attuato durante il periodo di raccolta (1,81 euro kg<sup>-1</sup>), il punto di pareggio o soglia minima di efficienza si è attestata tra 20,6 e 22,1 t ha<sup>-1</sup> in relazione alle strategie applicate. In alternativa, considerando le produzioni ottenute durante la prova in esame, i prezzi minimi al mercato in grado di remunerare l'imprenditore puro anche nell'ipotesi peggiore di produzione (produzione media - SD) dovrebbero variare tra 3,16 e 4,30 euro kg<sup>-1</sup>.





Anche considerando l'imprenditore reale, configurabile nel tipo imprenditore-proprietario-coltivatore che utilizza anche manodopera esterna solo per alcune operazioni colturali (trapianto, tutoraggio delle piante, raccolta) e che rappresenta il tipico imprenditore agricolo locale, la coltura non si è presentata remunerativa con nessuna delle strategie adottate. I risultati economici meno negativi si sono ottenuti con la coltivazione sul terreno ammendato con zeolite seguita dalla coltivazione su terreno tal quale, adottando in entrambi la gestione di riduzione della concimazione. In questi casi specifici il punto di pareggio o soglia minima di efficienza si è attestata intorno a 14-15 t ha<sup>-1</sup>.

Tesi	tal quale				compost				zeolite			
	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>rid</sub>
	C <sub>max</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>rid</sub>	C <sub>rid</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>rid</sub>	C <sub>rid</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>rid</sub>	C <sub>rid</sub>
<b>Costi espliciti (A) (€)</b>												
- medi	2.193	2.229	2.193	2.229	2.297				2.223	2.255	2.223	2.255
- min	2.179	2.221	2.179	2.221	2.277				2.211	2.245	2.211	2.245
- max	2.208	2.238	2.208	2.238	2.318				2.235	2.266	2.235	2.266
<b>Costi impliciti (B) (€)</b>												
- medi	1.560	1.587	1.560	1.587	1.667				1.622	1.647	1.622	1.647
- min	1.549	1.581	1.549	1.581	1.651				1.613	1.639	1.613	1.639
- max	1.571	1.594	1.571	1.594	1.683				1.631	1.655	1.631	1.655
<b>Costi totali (A + B) (€)</b>												
- medi	3.753	3.817	3.753	3.817	3.964				3.845	3.902	3.845	3.902
- min	3.727	3.802	3.727	3.802	3.928				3.825	3.883	3.825	3.883
- max	3.779	3.833	3.779	3.833	4.000				3.866	3.921	3.866	3.921
<b>Produzione comm. (kg)</b>												
- media	968	1.219	968	1.219	1.244				1.081	1.302	1.081	1.302
- min	867	1.160	867	1.160	1.104				1.000	1.229	1.000	1.229
- max	1.068	1.278	1.068	1.278	1.384				1.162	1.374	1.162	1.374
<b>Costo unitario (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- medio	3,88	3,13	3,88	3,13	3,19				3,56	3,00	3,56	3,00
- max	4,30	3,28	4,30	3,28	3,56				3,82	3,16	3,82	3,16
- min	3,54	3,00	3,54	3,00	2,89				3,33	2,85	3,33	2,85
<b>Prezzo di vendita (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- medio	1,81											
<b>PLV (euro)</b>												
- media	1.752	2.207	1.752	2.207	2.252				1.957	2.356	1.957	2.356
- min	1.570	2.099	1.570	2.099	1.998				1.810	2.225	1.810	2.225
- max	1.934	2.313	1.934	2.313	2.505				2.104	2.487	2.104	2.487
<b>RN_1 (€), reddito netto dell'imprenditore puro</b>												
- medio	-2.001	-1.611	-2.001	-1.611	-1.712				-1.889	-1.545	-1.889	-1.545
- min	-2.158	-1.703	-2.158	-1.703	-1.930				-2.014	-1.658	-2.014	-1.658
- max	-1.845	-1.519	-1.845	-1.519	-1.495				-1.763	-1.444	-1.763	-1.444
<b>RN_2 (€), reddito netto dell'imprenditore reale</b>												
- medio	-908	-478	-908	-478	-586				-773	-396	-773	-396
- min	-1.081	-580	-1.081	-580	-806				-912	-520	-912	-520
- max	-736	-377	-736	-377	-327				-635	-272	-635	-272
<b>Prezzo di vendita minimo remunerativo (€ kg<sup>-1</sup>)</b>												
- imprenditore puro	4,30	3,28	4,30	3,28	3,56				3,82	3,16	3,82	3,16
- imprenditore reale	3,06	2,31	3,06	2,31	2,54				2,72	2,23	2,72	2,23

Tab. E. Bilancio economico della coltura di zucchino in funzione dei sistemi colturali adottati (valori calcolati per 1000 m<sup>2</sup> di serra). RN\_1 = reddito netto dell'imprenditore puro, RN\_2 = reddito netto dell'imprenditore reale



In linea generale si è osservato che nel caso dell'imprenditore reale, i prezzi minimi al mercato in grado di remunerare la sua attività, anche nell'ipotesi peggiore di produzione (produzione media - SD), dovrebbero variare tra 2,23 e 3,06 euro kg<sup>-1</sup>, in relazione ai sistemi colturali adottati.



## **CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI AGRONOMICI ED ECONOMICI**

Dai risultati ottenuti nel secondo anno di prova è possibile fare alcune considerazioni che andranno poi validate e confermate nel corso del progetto. 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. Per quanto riguarda la coltura di zucchini, questa è caratterizzata da un ciclo colturale di breve durata effettuato in periodo autunno-invernale, quando le disponibilità energetiche per le piante (luce, temperatura) e il potenziale evapotraspirativo dell'ambiente serra sono assai limitate.

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<sub>max</sub> e C<sub>max</sub> con distribuzioni massicce di acqua e fertilizzanti. Poiché lo scopo della prova tesi I<sub>max</sub> e C<sub>max</sub> 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. Questo ha portato a ridurre di poco, in termini assoluti, i volumi di irrigazione (536,7 rispetto a 609,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e le dosi di azoto distribuite con i fertilizzanti minerali (50,3 contro 72,2 kg ha<sup>-1</sup> di N); tuttavia, in termini relativi, si sono avuti risparmi di circa il 12% e 30%, rispettivamente. Se si considera anche l'azoto distribuito indirettamente con l'acqua di irrigazione il risparmio medio di azoto è risultato leggermente inferiore (27%).

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. La riduzione delle dosi di azoto sullo zucchini allevato sul terreno tal quale ha infatti permesso l'ottenimento di più elevate produzioni vendibili, in virtù di un maggior numero di frutti commerciabili, ed ha permesso su tutti i substrati di coltivazione considerevoli incrementi dell'efficienza della fertilizzazione, sottraendo quindi l'azoto da possibili perdite per lisciviazione, volatilizzazione, denitrificazione, ecc.. La riduzione dei volumi irrigui ha determinato una riduzione del peso medio dei frutti commerciabili, senza tuttavia riscontri negativi sui quantitativi totali conferiti al mercato. Per contro, ha permesso significativi incrementi dell'efficienza d'uso dell'acqua limitando il rischio che tale importante



risorsa possa incorrere in perdite per percolazione ed evaporazione. Sia la riduzione di azoto sia quella di acqua hanno poi permesso di anticipare seppure leggermente (1 giorno) l'epoca media di raccolta.

Rispetto allo zucchini, nel caso del pomodoro (ciclo effettuato tra fine inverno ed inizio estate, con disponibilità energetiche indubbiamente più elevate) la strategia di riduzione dell'irrigazione e della concimazione ha portato a più consistenti risparmi d'acqua e d'azoto. Per quanto riguarda i primi, questi sono risultati pari a 745 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, in termini assoluti, e 29%, in termini relativi. Per il fertilizzante azotato, si è avuto in media un risparmio di circa 40 kg N ha<sup>-1</sup>, pari al 36%. Tenendo tuttavia conto dell'azoto distribuito con l'acqua di irrigazione, il risparmio relativo di azoto si è ridotto al 28%. 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 basso in corrispondenza del substrato addizionato di zeolite; in tale substrato tuttavia, le piante hanno recuperato nell'ultima parte del ciclo. Di fatto, i diversi substrati e le diverse tesi irrigue e di fertilizzazione non hanno permesso di differenziare le produzioni totali e commerciabili di bacche che, nella media sono risultate rispettivamente pari a 148 e 143 t ha<sup>-1</sup>. Alcune differenze si sono osservate per quanto riguarda la dinamica di produzione sui diversi grappoli fiorali e sulla precocità degli stessi. Queste indicazioni potranno essere utilizzate nel secondo ciclo di pomodoro, per affinare ed ottimizzare le tecniche di distribuzione e ottenere, quindi, risultati ancora più soddisfacenti. 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 40% e 35% per WUE e NUE. Un ulteriore incremento della NUE si è ottenuto con i regimi di irrigazione ridotti.

Per quanto riguarda l'uso degli ammendanti, le risposte sono apparse al momento piuttosto deludenti sia su zucchini sia su pomodoro, non avendo riscontrato significativi aumenti produttivi né in seguito all'uso di compost + micorrize né con la miscelazione di zeolite al terreno. Questo è verosimilmente imputabile al troppo breve tempo intercorso dalla distribuzione dei materiali che non ha permesso di evidenziare l'atteso miglioramento delle caratteristiche del suolo con riflessi positivi su sviluppo e produzione della coltura. Gli effetti degli ammendanti sarà da valutare più in dettaglio nei cicli successivi.



L'analisi ambientale effettuata con la valutazione LCA ha portato a focalizzare e ad individuare punti critici inaspettati; il fondamentale è l'utilizzo di rame come trattamento di difesa delle colture, che, per quanto sia ammesso anche nei disciplinari di produzione biologica è il fattore più impattante di tutto il sistema produttivo, ancor più di plastiche, strutture metalliche e prodotti fitosanitari in genere.

Per quanto riguarda i differenti sistemi produttivi, l'analisi ambientale non ha permesso di evidenziare grosse differenze tra le tesi tal quale e zeolite. Discorso a parte per la tesi compost; 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 peggioramento di alcune (Acidificazione ed Eutrofizzazione delle acque), mentre per molte altre (Riscaldamento Globale Potenziale, Utilizzo delle Risorse, Diminuzione Strato di Ozono e Ossidazione Fotochimica) si registra un miglioramento. Il peggioramento delle prime due categorie di impatto è dovuto principalmente al tipo di processo utilizzato dall'impianto di compostaggio, molto semplice e senza trattamento dei colattici, 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 potrebbe permettere l'abbassamento della carica ambientale apportata dal prodotto finito, rendendo il compost interessante, in questo caso, non ancora dal punto di vista economico/agronomico, ma dal punto di vista ambientale, tanto da farlo rientrare in una politica provinciale/regionale/nazionale di gestione dei rifiuti.

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 necessitano di ulteriori conferme, ma a livello di processi coinvolti, possiamo affermare che sono il frutto di una buona sintesi, ancor più perché l'analisi 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.



Dal punto di vista del risultato economico, si può affermare che, in generale, la strategia di riduzione della fertilizzazione rispetto alle tecniche normalmente adottate dal produttore ha sempre permesso di ottenere i risultati migliori. In zucchini, tuttavia, nessuno dei sistemi colturali indicati è stato in grado di produrre reddito per l'imprenditore puro. Se si considera l'imprenditore reale, i redditi netti più vantaggiosi si sono ottenuti con la concimazione ridotta sul terreno tal quale. Di un certo interesse appaiono anche i redditi ottenuti con l'uso della zeolite, mentre l'incidenza dei costi relativi all'uso di compost e micorrizze non ha permesso, almeno limitatamente a questo primo ciclo di zucchini, di ottenere risultati soddisfacenti. È da notare che il prezzo del prodotto in grado di remunerare l'imprenditore per la sua attività dovrebbe, in molti dei casi presi in considerazione, essere superiore al prezzo reale conseguito al mercato durante questa prova.

Differente è il discorso per quanto riguarda il pomodoro, in cui tutti i sistemi colturali hanno permesso di ottenere utile e di remunerare in modo adeguato l'imprenditore reale. Le differenze tra i diversi sistemi sono apparse abbastanza contenute. Infatti, l'utile medio è risultato di 4278 euro per 1000 m<sup>2</sup> di serra con un tasso di variazione massima di  $\pm 3\%$ . Il reddito netto per l'imprenditore reale è stato invece di 6336 euro  $\pm 2\%$ . Si può affermare quindi per questa coltura che, alla luce dei risultati ottenuti nel primo anno di prova, la scelta del sistema colturale non condiziona sostanzialmente il risultato economico e che quindi può essere valutata in termini di vantaggi agronomici (es. miglioramento della struttura del terreno) e ambientali (es. minore spreco e potenziali perdite di acqua e azoto).



## **Analisi del modello di idroserra**

### **Analisi del rendimento termico della Serra 1 e Serra 2 nel corso dei giorni 1 / 2 febbraio 2010**

Verifiche: tubo Sbrinex

Coltura zucchino primo ciclo

Nella tarda serata del 01 feb., alle ore 20, si è attivato il sistema di protezione antibrina che ha interessato sia S1, S2 ( a pomodoro) e la terza serra S3 ( a zucchino) in quanto servite dallo stesso impianto.

Tutte e le serre sono termoregolate con tubo sbrinex tramite l'aspersione dell'acqua del pozzo artesiano

Consultando la tabella dati si evince che alle ore 24.00 la T centro serra 1 era a + 3,65 °C e la T centro serra 2 era a + 3,49 , valori molto prossimi, a conferma della sostanziale parità termodinamica delle due strutture.

Esaminando la T acqua pozzo e la T acqua scarico si può notare che alle ore 2,00 la T della acqua del pozzo era 12,04 ° C per poi scendere repentinamente alle ore 3,20 a + 0,39 ° C.

Questo fatto è dovuto a un fermo pompa causato da un guasto al motore elettrico che si è verificato circa alle ore 1,30 e si è protratto sino alle ore 3,30 con una pausa pompa di 2 ore.

In questo intervallo sulle serre si è formato uno strato di ghiaccio nella zona dell'impluvio spesso almeno 7 -10 mm strato che poi si è lentamente fuso a partire dalle ore 4 per effetto dell'aspersione riattivata grazie all'entrata in funzione ( manuale) del gruppo elettrogeno ausiliario che attiva il pozzo aziendale n.2 a cui si è dovuto ricorrere per sopperire al guasto della pompa del pozzo n.1





Nella S1 e S2 per garantire una maggior protezione, le piantine di pomodoro, così come normalmente in uso in zona, sono state ricoperte, con copertura parziale sulla fila con un film di TNT (tessuto non tessuto) della larghezza di cm. 60. (foto disponibile) mentre nella S3 (extra sperimentazione) le piante di zucchini in fase di piena raccolta non sono state protette dal TNT in quanto già dotate di tutori formati da spaghi in polietilene bianco, (vedi foto) che di fatto ne impediscono il posizionamento

Da rilievi condotti il 2 febbraio su un campione rappresentativo di piante (15) di zucchini dopo attenti controlli sulle parti più sensibili della pianta (fiori, zucchine neoformate, frutti in raccolta) non sono stati riscontrati danni da gelo riconducibili all'abbassamento della temperatura aria.

Se confermato da altre future rilevazioni, pensiamo sia pertanto praticabile ridurre la durata di attività dell'impianto antibrina, riposizionando il punto della temperatura avvio / stop pompa dagli attuali + 4 / 5 °C della T aria centro serra, a valori inferiori, prossimi a +2 / 3 °C risparmiando verosimilmente oltre il 40 – 50 % dei volumi prelevati dalle falde.

Infatti, il volume di prelievo effettuato da input standard - start - stop a + 4 / 5 °C - pari a 127 mc nell'arco di 14 ore, si riduce a 63,7 mc con l'impianto a input start-stop preimpostato a + 2 – 2,5 °C.

Il consumo di acqua della serra sostenibile o sera 1 (sup. mq 1450), se rapportato ad ettaro, implica un prelievo di 875,8 mc per intervento contro i 439,3 nella versione "corretta"

Questo risultato consentirebbe, se confermato, un risparmio del 50% negli emungimenti dalle falde freatiche della zona esposta alle diverse minacce incombenti e più volte citate nel corso dello studio.

### **Test e risultati ottenuti nel corso del mese di dicembre 2010**

Mese : dicembre

Coltura : zucchini

Modalità: confronto tubo sbrinex (Serra 2) con i diffusori dinamici (Serra 1 o serra sostenibile)



Come previsto nel precedente *Rapporto sull'attività analitica del primo anno*, nel corso dell'inverno 2010-2011 sono stati condotti diversi test mirati a verificare l'efficacia delle soluzioni tecnologiche alternative alla pratica dell'idroserra che vede l'impiego del tubo Sbrinex in numerose aziende orticole del Sud Pontino.

I test ed i relativi risultati ottenuti, con l'impiego del tubo sbrinex, nel corso del 2009-2010, sono riportati e commentati nel precedente report con ampia e dettagliata relazione.

### **Confronto tra i diffusori dinamici e il tubo sbrinex**

Per poter condurre il test è stato necessario adottare la serra n.1 di 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 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 mt 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 già prestabiliti.

Nel nostro caso sono stati adottati i diffusori dinamici con ugelli del diametro di mm 1 che danno una erogazione di circa 300 Lt/ora alla pressione di 0,8 -1 atm.

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 ( vedi foto con particolari).

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 ) e S2 ( tubo sbrinex) sono state sensibilmente ridotte rispetto a quelle adottate nel corso della precedente sperimentazione (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 dic 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 dic 2010 dove 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 docce ivi installate.



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

I test effettuati con i diffusori dinamici ci consentono di sostenerne l'adozione in quanto, a parità di protezione antibrina, permettono un sensibile risparmio dei volumi idrici impiegati, risparmio che possiamo ritenere nell'ordine del 25% che si traduce nel risparmio di un quarto del totale dei prelievi di acqua dalle falde freatiche da parte degli orticoltori.



## 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 luglio del 2011, aggiornato con i dati sul bilancio ambientale dello zucchini a novembre del 2011. Maggiori informazioni si possono reperire sul sito [www.sustgreenhouse.eu](http://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 - Dip. DISTA "Alma Mater Studiorum" – Università di Bologna

Stefano Poppi - consulente Agronomo – Università di Bologna

Stefano Zanini – consulente Agronomo – Università di Bologna

**Revisione ed editing:** Stefano Carrano – ARSIAL

**Immagini:** Stefano Poppi, Stefano Zanini, Stefano Carrano