

Piano Operativo Fibrifondo Sicilia 1994/99

Mis. 10.4: "RICERCA APPLICATA, INDAGINI E SPERIMENTAZIONE DI INTERESSE REGIONALE"

"Progetto n. 17: "PROGRAMMA DI RICERCA APPLICATA FINALIZZATO ALLA OTTIMALE UTILIZZAZIONE DI ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA"



## ORTICOLTURA PROTETTA E REFLUI URBANI

Analisi di una risorsa inesauribile

Dr. Angelo Cucci (SOPAT ESA n. 62 - Partinico)

Dr. Giuseppe Di Grazia (Servizio Speciale Assistenza Tecnica ESA - Palermo)

Dr. Leonardo Gambino (LAGAM ESA - Palermo)

Dr. Giuseppe Greco (Servizio Speciale Assistenza Tecnica ESA - Palermo)

Dr. Marcello Merulla (LAGAM ESA - Palermo)





**REGIONE SICILIANA**  
**ENTE DI SVILUPPO AGRICOLO**



**PIANO OPERATIVO PLURIFONDO SICILIA 1994/99**  
**MIS. 10.4: "RICERCA APPLICATA, INDAGINI E SPERIMENTAZIONE DI INTERESSE REGIONALE"**

**Progetto n. 17**  
**PROGRAMMA DI RICERCA APPLICATA FINALIZZATO**  
**ALL'OTTIMALE UTILIZZAZIONE DI ACQUE REFLUE**  
**DEPURATE IN AGRICOLTURA**

***Autori:***

*Dott. Agr. Angelo Cucci*  
*Dott. Agr. Giuseppe Di Grazia*  
*Dott. Agr. Leonardo Gambino*  
*Dott. Agr. Giuseppe Greco*  
*Dott. Agr. Marcello Merulla*

Il progetto è stato condotto da un gruppo tecnico dell'E.S.A. composto dai suddetti autori e si è avvalso delle consulenze scientifiche del **Prof. Pietro Caruso** per gli aspetti agronomici, del **Prof. Nino Romano** per quelli medico-sanitari e dell'**Ing. Fulvio Croce** per quelli ingegneristico-sanitari.

Le analisi chimico-agrarie sono state eseguite dal *Laboratorio Agroalimentare ed Ambientale di Palermo dell'E.S.A.* mentre le determinazioni microbiologiche sono state assicurate dal *Dipartimento di Igiene e Microbiologia della Facoltà di Medicina dell'Università agli studi di Palermo.*

Si ringraziano i **Dr. Agronomi Bartolomeo Ferro** e **Vincenzo Di Natale** della S.O.P.A.T. E.S.A. n° 34 di Scicli per i consigli tecnico-pratici forniti durante l'esercizio della coltura "fuori-suolo", il **Dr. Agr. Roberto Cibella**, oggi dirigente del Dipartimento Foreste dell'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana, che ha contribuito all'ideazione ed alla stesura progettuale, la **Dabliu Four Advertising di Roma** per la consulenza grafica ed il Sig. **Antonio Zangara** dell'ESA di Palermo per le riprese fotografiche.

# INDICE

1.	Premessa .....	7
2.	Il riuso delle acque reflue a fini agricoli. Quadro tecnico e normativo di riferimento. ....	8
3.	Descrizione della sperimentazione .....	12
3.1.	Obiettivi della sperimentazione.....	13
3.2.	Il sito della sperimentazione.....	14
3.3.	L'impianto pilota di depurazione .....	15
3.3.1.	Le quattro tipologie di acqua.....	16
3.3.1.1.	Analisi chimico-fisiche delle acque.....	16
3.3.1.2.	Analisi microbiologiche delle acque.....	18
3.4.	Caratteristiche della struttura serricola e dell'impianto di irrigazione .....	21
3.5.	Il substrato di coltivazione pre-impianto.....	26
3.5.1.	Il terreno oggetto della sperimentazione. Precedenti coltivazioni e caratteristiche fisico-chimiche .....	26
3.5.2.	L'inerte della coltivazione fuori-suolo .....	27
3.6.	Scelta della specie da coltivare.....	28
3.7.	Ambiente microclimatico di serra durante l'esercizio del 1° ciclo di pomodoro .....	29
3.8.	Pratiche colturali del 1° ciclo di pomodoro.....	32
3.8.1.	Messa a coltura del terreno. Lavorazioni e concimazione di fondo nelle parcelle a "suolo". Preparazione dei vasi con il substrato inerte per la coltivazione "fuori suolo". Trapianto del pomodoro var. Naomi T.....	32
3.8.2.	Fertirrigazione negli 8 settori di "suolo" e "fuori suolo".....	32
3.8.2.1.	Quantità e qualità dei concimi disciolti .....	33
3.8.2.2.	Modalità della fertirrigazione .....	34
3.8.2.3.	Parametri irrigui.....	35
3.8.2.4.	Consumi idrici e di fertilizzanti .....	36
3.8.2.5.	Analisi chimico-fisiche delle soluzioni fertirrigatorie.....	41
3.8.2.6.	Analisi microbiologiche delle soluzioni fertirrigatorie.....	45
3.8.2.7.	Analisi microbiologiche dei drenaggi del "fuori suolo" .....	45
3.8.3.	Tecnica di allevamento del pomodoro .....	46
3.8.4.	Difesa della coltura .....	47
3.8.5.	Osservazioni fenologiche .....	49
3.9.	Le produzioni negli 8 settori di "suolo" e "fuori suolo" .....	50
3.9.1.	Quantità prodotte.....	50
3.9.2.	Caratteristiche dimensionali dei palchi fruttiferi .....	50
3.9.3.	Caratteristiche organolettiche dei palchi fruttiferi.....	53
3.9.4.	Analisi microbiologiche del primo palco fruttifero .....	54
3.10.	Il substrato di coltivazione post-impianto.....	54
3.10.1.	Caratteristiche fisico-chimiche del terreno .....	54
3.10.2.	Analisi microbiologiche dell'argilla espansa utilizzata per la coltivazione fuor-suolo .....	56

3.11. Operazioni colturali di chiusura al 1° ciclo colturale .....	57
3.12. Considerazioni economiche a carattere aziendale sul 1° ciclo .....	57
4. Conclusioni relative al 1° ciclo di sperimentazione.....	60
5. 2° ciclo di produzione - ripetizione della prova.....	66
5.1. Analisi delle 4 tipologie di acqua .....	66
5.1.1. Analisi chimico-fisiche delle acque .....	66
5.1.2. Analisi microbiologiche delle acque.....	67
5.2. Il substrato di coltivazione.....	70
5.3. Scelta della specie da coltivare.....	70
5.4. Ambiente microclimatico di serra durante l'esercizio del 2° ciclo di pomodoro.....	70
5.5. Pratiche colturali del 2° ciclo di pomodoro.....	72
5.5.1. Messa a coltura del terreno. Operazioni di disinfestazione del terreno adibito alla coltivazione tradizionale. Lavorazioni nelle parcelle a "suolo". Preparazione dei vasi con il substrato inerte per la coltivazione "fuori suolo". Trapianto del pomodoro var. Naomi T.....	72
5.5.2. Fertirrigazione negli 8 settori di "suolo" e "fuori suolo" .....	72
5.5.2.1. Quantità e qualità dei concimi disciolti .....	73
5.5.2.2. Modalità della fertirrigazione .....	74
5.5.2.3. Parametri irrigui.....	74
5.5.2.4. Consumi idrici e di fertilizzanti .....	75
5.5.2.5. Analisi chimico-fisiche delle soluzioni fertirrigatorie.....	79
5.5.2.6. Analisi fogliare.....	80
5.5.3. Tecnica di allevamento del pomodoro .....	81
5.5.4. Difesa della coltura .....	81
5.5.5. Osservazioni fenologiche .....	82
5.6. Le produzioni negli 8 settori di "suolo" e "fuori suolo".....	84
5.6.1. Quantità prodotte.....	84
5.6.2. Caratteristiche dimensionali dei palchi fruttiferi .....	86
5.6.3. Caratteristiche organolettiche dei palchi fruttiferi.....	88
5.6.4. Analisi microbiologiche del primo palco fruttifero.....	89
5.7. Considerazioni economiche a carattere aziendale sul 2° ciclo.....	90
6. Conclusioni e considerazioni finali.....	92

## 1. Premessa

Il presente “*Programma di ricerca applicata finalizzato alla ottimale utilizzazione di acque reflue depurate in agricoltura*” è il progetto di ricerca applicata n° 17 della Misura 10.4 – Ricerca applicata, Indagine e sperimentazione di interesse regionale - finanziata dal P.O.P. Sicilia 1994/1999.

Il settore d'intervento, così come definito dalla misura 10.4 del P.O.P. Sicilia 1994/99, è quello generico delle *Tecniche agronomiche*, pur possedendo la proposta sperimentale degli evidenti collegamenti con il *comparto orticolo*.

Il soggetto attuatore del progetto n° 17 è stato l'Ente di Sviluppo Agricolo della Regione Siciliana (E.S.A.), autore della relativa proposta di ricerca applicata, elaborata dal Dott. Agr. Giuseppe Greco e dal Dott. Agr. Roberto Cibella. Per la gestione attuativa dell'iniziativa, lo stesso Ente ha nominato, nella qualità di Responsabile scientifico di progetto, il Dott. Agr. Giuseppe Greco ed un gruppo tecnico di supporto allo stesso Responsabile, composto dal Dott. Agr. Angelo Cuccì, dal Dott. Agr. Giuseppe Di Grazia, Dott. Agr. Leonardo Gambino e dal Dott. Agr. Marcello Merulla.

Il progetto si è avvalso delle consulenze agronomiche del Prof. Pietro Caruso della Facoltà di Agraria di Palermo, ingegneristico-sanitaria dell'Ing. Fulvio Croce e medico-microbiologica del Prof. Nino Romano della Facoltà di Medicina e Chirurgia di Palermo.

Le analisi chimico-fisiche di interesse agronomico sono state eseguite dal L.AG.AM. di Palermo (Laboratorio di Analisi agro-Ambientali) dell'E.S.A., mentre le determinazioni microbiologiche dal Dipartimento di Igiene e Microbiologia (D.I.M.) della Facoltà di Medicina dell'Università degli studi di Palermo.

## **2. Il riuso delle acque reflue a fini agricoli. Quadro tecnico e normativo di riferimento.**

In Sicilia la scarsità delle piogge costituisce un fattore limitante la produzione agricola, anche là dove le condizioni agro-pedologiche ed ambientali si presentano favorevoli.

L'acqua in agricoltura ha un valore di trasformazione di gran lunga superiore a quello di qualsiasi altro mezzo tecnico di produzione e, pertanto, oltre che una risorsa è considerata un bene economico. Il suo valore è, evidentemente, determinato dai costi di captazione, accumulo, trasporto e distribuzione; costi in continuo aumento per l'impoverimento delle risorse idriche a fronte della crescente richiesta.

L'esigenza di un'ottimale utilizzazione delle risorse idriche disponibili ha accentuato la necessità di riservare le acque più pregiate agli usi idro-potabili e la tendenza in tal senso coinvolge anche quelle degli invasi.

Il riuso irriguo di acque depurate consente di conseguire tutta una serie di obiettivi comportanti vantaggi di interesse agricolo, economico, sociale, ambientale e sanitario.

Le acque reflue urbane ed i fanghi che ne derivano contengono quantità più o meno elevate, a seconda della natura dello scarico, di sostanze organiche ed inorganiche nonché di batteri considerati potenzialmente nocivi. E' necessario allora che, prima dell'impiego per l'irrigazione, le acque reflue subiscano un primo trattamento che consenta l'allontanamento dei materiali più grossolani e l'abbattimento di buona parte di elementi nocivi, mentre successivamente il suolo, che ha in sé una considerevole capacità di demolizione delle sostanze estranee, svolgerà un ruolo di depurazione anche nei confronti di contaminanti specifici.

Oltre agli aspetti sanitari, ai fini agricoli, l'utilizzazione delle acque reflue non pone gravi problemi a condizione che vengano applicate quelle norme, tipicamente agronomiche e legate comunque all'uso generale delle acque irrigue, dirette ad evitare pericolosi accumuli di sali o di altri elementi; particolare attenzione, invece, bisogna porre alla scelta del metodo irriguo per evitare che le acque vengano a contatto diretto con la pianta.

*In generale, l'irrigazione a goccia e la sub-irrigazione sono metodi che sottraggono le parti aeree della pianta al contatto con l'acqua e che permettono una migliore efficienza ed un notevole risparmio nei consumi idrici.*

L'efficienza dell'irrigazione assicura una distribuzione più uniforme dell'acqua ed un dosaggio più rispondente alle caratteristiche idrologiche e pedologiche dei suoli, concorre a mantenere il buono stato strutturale del terreno ed ad evitare pericolosi accumuli di sali sulla superficie del suolo o lungo il suo profilo, sempre possibili quando si opera in ambienti semi-aridi.

Molti paesi come la Germania, Israele, il Sud Africa, gli Stati Uniti e, in particolare, la California e l'Arabia Saudita, avendo da tempo riconosciuto l'importanza di un uso più razionale dell'acqua e spinti dalla necessità di aumentare le disponibilità idriche totali, hanno promosso, studiato e realizzato centinaia di schemi di riuso di acque reflue.

Uno degli studi più approfonditi mai sviluppati, a questo riguardo, è quello intrapreso negli anni '80 nella Contea di Monterey, California, giunto alla conclusione dopo 5 anni di indagine e ricerche su un impianto pilota di depurazione

da 45 l/sec, ove l'irrigazione con detta risorsa idrica non convenzionale è stata provata su colture campione, quali lattuga, carciofi, sedano, cavolfiori. Dopo migliaia di analisi effettuate, i risultati hanno dimostrato poche differenze statisticamente significative tra i casi caratterizzati dalla diversa qualità delle acque di irrigazione; nessuna di queste differenze presenta implicazioni per la salute pubblica. Inoltre, le rese dei raccolti sono state spesso notevolmente maggiori nel caso di irrigazione con acque reflue. Esperienze statunitensi condotte in nove anni di ricerche e di sperimentazione sull'impiego di acque reflue<sup>1</sup> hanno consentito di accertare incrementi nelle produzioni del mais da granella fino al 346 %, dal 15% al 130 % per il mais da foraggio, da 85% a 191 % per il trifoglio e da 79% a 139 % per l'erba medica. Bouwer e Chaney<sup>2</sup>, citando i lavori di diversi autori, sottolineano il fatto che, per la maggior parte delle piante coltivate, l'impiego di acque reflue consente gli stessi incrementi quantitativi e qualitativi prodotti da acque normali alle quali erano stati addizionati i principali elementi fertilizzanti; fa eccezione il frumento in cui è stato invece riscontrato un notevole peggioramento nelle caratteristiche qualitative delle farine.

In Italia le norme legislative in merito alla protezione delle acque dall'inquinamento fanno capo alla legge n. 319 del 10 maggio 1976 e successive modifiche ed integrazioni; in termini operativi bisogna fare riferimento soprattutto alla delibera del Comitato Interministeriale Tutela delle Acque dall'Inquinamento del 4 febbraio 1977 (GURI n. 48 del 21 febbraio 1977).

Per quel che riguarda la Sicilia, occorre che eventuali studi ed esperienze di riuso tengano conto di quanto stabilito dalla L.R. n° 27 del 15 maggio 1986 per ciò che concerne i limiti di qualità ed i tipi di trattamento previsti in base al numero di abitanti ed alle caratteristiche del corpo ricevente dello scarico per i vari centri abitati siciliani, nonché dalla circolare Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente n. 76820 del 18/12/89 sul recupero e reimpiego delle acque reflue urbane.

Il decreto dell'Assessore alla Sanità del 21 novembre 1992 (G.U.R.S. n° 59 del 19 dicembre 1992) fissa le disposizioni per l'utilizzo igienico-sanitario delle acque reflue e dei fanghi di depurazione. Il quadro normativo in materia è completato dalla direttiva CEE n° 271 del 21/5/91, recepita in Sicilia con L.R. n° 10 del 10/1/95, art. 9, riguardante *il trattamento delle acque reflue urbane, e della relativa normativa statale di cui alla legge n° 36/94*, e con L.R. n° 58 del 10/8/95 art. 1 in materia di adeguamento delle pubbliche fognature.

In Sicilia, al fine di addivenire ad una regolamentazione del riuso irriguo delle acque reflue, sono stati realizzati, nell'ultimo quindicennio due impianti sperimentali nei territori comunali di Grammichele (CT) e Canicattini Bagni (SR). L'emanazione della citata L.R. 36/94 vincolava la Regione Siciliana all'emissione, nell'arco di 6 mesi, di una normativa sul riuso irriguo delle acque reflue che facesse tesoro di tutte le esperienze sperimentali in atto (principalmente quelle di Grammichele e Canicattini Bagni), per verificare se fosse veramente giustificabile la restrittività operativa proposta dalla circolare n. 76820. Tale regolamentazione normativa non è stata mai emanata ed, addirittura, l'Assessorato Territorio ed Ambiente ha richiesto un parere in materia al Dicastero nazionale competente. La vacanza normativa riscontrabile a carattere regionale fa sì che, al momento, progetti di riuso

---

<sup>1</sup> Sopper W.E. e Kardos L.T., citati da Bouwer e Chaney in *Land treatment of wastewater*, Advances in Agronomy, 26,1974,132-176, 1973.

<sup>2</sup> Bouwer H., Chaney R.L., *Land treatment of wastewater*, Adv. in Agronomy, 26,132-176, 1974.

debbano rifarsi alle soluzioni smaltitorie di cui all'allegato 5 della delibera del Comitato Interministeriale Tutela delle Acque dall'Inquinamento del 4 febbraio 1977 (GURI n. 48 del 21 febbraio 1977) e che programmi locali di riuso irriguo dei reflui possano essere realizzati, previa ordinanza del sindaco, in presenza di motivazioni di una certa eccezionalità (ad es. siccità) e purchè a carattere temporaneo. La evidenziata assenza normativa sul riuso, pur tuttavia, se è stata causa della mancata attivazione dei fondi a disposizione per opere previsti nella misura 4.1 del P.O.P. Sicilia 1994/99 non vieta assolutamente la realizzazione di attività sperimentali, come quelle in parola, che vadano ad integrare le esperienze in atto su Grammichele e Canicattini Bagni concernenti, principalmente, colture arboree.

In base alla legislazione vigente, anche in Italia sono state condotte delle ricerche ed alcune esperienze finalizzate allo studio dei problemi che derivano dall'utilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura. Tra tutte citiamo quelle effettuate in Emilia Romagna dall'Idroser<sup>3</sup> su colture di pesco ed in Sicilia una prova svolta presso l'Università di Catania<sup>4</sup> in cassoni lisimetrici impiegando liquami bruti della città di Catania. L'analisi delle acque di drenaggio ha messo in risalto che i suoli, su cui si è operato, hanno mostrato un potere epurativo di gran lunga superiore a quello ottenibile con un trattamento terziario alla presenza di acque reflue grezze in quantità superiore rispetto alla normale pratica irrigua. Nel 1988, a Carini (PA), con la realizzazione di un impianto pilota a carattere sperimentale, è stata eseguita una prova di irrigazione su 700 mq di terreno coltivato a fagiolini con acqua depurata a vari livelli per conto del Comune di Carini, su indicazione dell'Assessorato Territorio e Ambiente ed insieme all'Università di Palermo, all'Ente di Sviluppo Agricolo ed alla Confcoltivatori.

Per quanto fin qui detto ed al fine di pervenire ad un modello regionale di riuso irriguo dei reflui, si rendono necessari ed inderogabili ulteriori approfondimenti in materia.

In complesso la ricerca italiana nel campo della riutilizzazione agricola delle acque reflue ha conseguito alcuni utili risultati nonostante sia limitato il numero di gruppi di ricerca che si occupano di tale tema. Restano comunque da approfondire alcune problematiche quali ad esempio lo studio delle modificazioni delle caratteristiche idrologiche e microbiologiche del suolo e l'interazione tra uso delle acque reflue e pratiche di concimazione.

La convenienza alla riutilizzazione delle acque reflue per irrigazione e le modalità di realizzazione (tipo di pretrattamento, metodo di irrigazione, colture, ecc.) dipendono da un gran numero di fattori quali: caratteristiche delle acque reflue e dei terreni, natura del sottosuolo e delle eventuali falde sotterranee, ordinamenti colturali, disponibilità, qualità e costi di risorse idriche alternative. Non è quindi possibile fornire soluzioni valide per tutte le situazioni ed è opportuno che, caso per caso, venga scelta la soluzione più valida dal punto di vista ambientale, tecnico ed economico rispetto ai diversi sistemi colturali adottati in ambito regionale.

E' necessaria, pertanto, una azione di verifica e di aggiornamento delle attuali norme di cui vanno valutati i fondamenti scientifici, la pratica attuabilità, gli effetti economici diretti nonchè indiretti tenendo conto anche delle esperienze maturate e delle recenti direttive della Organizzazione Mondiale della Sanità.

---

<sup>3</sup> Idroser, Acque reflue depurate: possibilità di riutilizzo ad usi plurimi. *In progetto di piano per la salvaguardia e l'utilizzo ottimale delle risorse idriche in Emilia-Romagna*, vol. IX, sez. 2, maggio 1978.

<sup>4</sup> Indelicato S., Indagini con lisimetri sul potere epurativo del terreno. *Agricoltura ed ambiente*, n° 18, dicembre 1982.

Il riuso di acque reflue a fini irrigui, controllato e regolamentato in ogni fase, persegue alcuni obiettivi generali che, si caratterizzano per l'evidente e contemporaneo interesse nei campi agricolo, economico, sociale, ambientale e sanitario.

Dal punto di vista agricolo si favorisce:

- l'innovazione tecnologica dei sistemi di produzione aziendali finalizzata alla razionalizzazione degli interventi irrigui che, tenendo conto delle reali esigenze fisiologiche delle piante, permettano sia di ottenere produzioni qualitativamente e quantitativamente valide che di intervenire nella rimodulazione della risorsa idrica;
- lo sviluppo di un'agricoltura ecocompatibile per il miglioramento delle dotazioni in microelementi ed organiche dei suoli nonché della relativa struttura;
- la disponibilità aggiuntiva, nel periodo invernale, di volumi idrici potenzialmente utilizzabili ad altri fini non potabili (irrigazioni di soccorso o rurali per lo svincolo della quota destinabile all'irriguo tradizionale).

In campo economico si promuove l'abbattimento dei costi di gestione aziendale per la concimazione naturale derivante dal riutilizzo irriguo posto che i reflui contengono alcuni nutrienti (azoto, fosforo, potassio, ecc.) utilizzabili dalle colture. Inoltre l'uso delle capacità epurative del suolo, a parte che essere un processo naturale, consente, da quanto può evincersi dalla dinamica bibliografia di settore, una verosimile riduzione dei costi di depurazione.

I fini sociali sono individuabili nella maggiorazione dei volumi idrici potabili pro-capite posto che le capacità idriche invasate, svincolate da un uso irriguo soddisfatto da detta risorsa idrica non convenzionale (reflui), potrebbero trovare nuova e definitiva destinazione a favore dei centri urbani. Si raggiungerebbe inoltre lo scopo di un allentamento della tensione sociale derivante dal conflitto che si è instaurato, negli ultimi anni, tra la produzione agricola e le esigenze metropolitane a seguito delle variazioni sulle destinazioni d'uso delle acque invasate a favore degli usi civili in luogo di quelli agricoli.

Il riuso di acque reflue depurate in agricoltura persegue degli obiettivi generali diretti ed indiretti anche in termini ambientali. Infatti:

- favorisce, sotto debito controllo, la pratica di una fertilizzazione completa di micro, meso e macroelementi nonché di sostanze organiche migliorative della struttura dei suoli recettori;
- riduce l'apporto di elementi eutrofizzanti (azoto, fosforo) oltre che di agenti inquinanti, ai corpi idrici superficiali ed alle acque marine;
- diminuisce nelle aree irrigue rivierasche, quale risorsa idrica sostitutiva, l'eccessivo emungimento dai pozzi che spesso determina, nelle aree costiere, la "salinizzazione" delle falde acquifere compromettendone qualunque uso.

Infine, dal punto di vista sanitario, contribuisce alla regolamentazione di un uso irriguo che, per le esigue disponibilità idriche delle regioni mediterranee, hanno già probabilmente costretto parecchi agricoltori ad utilizzare acque non depurate, provenienti dalle reti fognanti urbane, senza nessuna autorizzazione e senza alcun controllo sia sui prodotti agricoli ottenuti che sulle eventuali modifiche al terreno interessato.

### 3. Descrizione della sperimentazione

Questo progetto di ricerca applicata rientra nelle finalità del P.O.P. 94/99, misura 10.4, strettamente collegata alle azioni di assistenza tecnica e di divulgazione agricola.

Il progetto svolto ha inteso promuovere, pertanto, azioni di ricerca applicata finalizzata alla prova di un utilizzo di risorse idriche non convenzionali in agricoltura.

Lo schema di ricerca ha altresì inteso saggiare l'efficacia di una risorsa idrica alternativa attraverso lo studio di parametri di ordine diverso quali il livello di depurazione, la scelta sulla qualità del trattamento terziario, la risposta produttiva di *ordinamenti colturali considerati a rischio rispetto alla tipologia idrica* e la validità del sistema irriguo che meglio contemperì le tradizionali esigenze idrologiche di suoli e piante con quelle legate al presunto "pericolo sanitario" di acque che, comunque, non potrebbero mai essere utilizzate allo stato bruto.

I processi di trattamento previsti nella ricerca, perchè comunque necessari nel riutilizzo irriguo alla luce delle più recenti esperienze nazionali ed internazionali, sono stati:

- la grigliatura;
- l'ossidazione biologica a fanghi attivi;
- la sedimentazione;
- la filtrazione;
- la disinfezione con raggi U.V. e con reattivi chimici (clorazione).

Il progetto ha previsto, nel dettaglio, lo studio della potenzialità produttiva di ortaggi in serra tramite la distribuzione di acque irrigue di cui si sono prefigurati tre livelli qualitativi:

- acque di falda (controllo);
- acque depurate a livello secondario (trattamento ossidativo biologico) come effluenti tipici di qualsiasi depurazione per la protezione ambientale;
- acque depurate a livello terziario e disinfettate a termini di legge; sono stati adottati 2 differenti tipi di disinfezione:
  1. quella con U.V. perché da un punto di vista impiantistico è di grande semplicità e di costo limitato; non ha effetti residui negativi presentando, tuttavia, il limite che le acque, così trattate, possono ricontaminarsi;
  2. quella con cloro che dal punto di vista applicativo è da ritenersi piuttosto semplice; ha il vantaggio di essere meno costosa ma potrebbe creare problemi agronomici per i possibili effetti residui su suoli particolarmente sensibili (si tratta di dosaggi tra 5 e 15 p.p.m.).

L'ordinamento colturale prescelto è stato l'orticolo in serra in quanto "testimone" di eventuali anomalie e/o pericoli sanitari di vario livello (professionale ed al consumo).

Inoltre, lo schema di ricerca ha presupposto l'adozione, per le colture orticole, di un metodo irriguo *localizzato in pressione* (ali gocciolanti).

La prova è stata condotta su pomodoro di tipo ciliegino, var. Naomi T (cv. resistente agli attacchi virotici), coltivato su terreno agrario e su substrato inerte (argilla espansa) in vaso, in una serra all'uopo costruita (estensione complessiva di 720 mq - ml 60 x ml 12).

Il disegno sperimentale adottato è riconducibile ad uno schema fattoriale a due fattori (2 substrati x 4 livelli qualitativi di acqua) e, più specificatamente, ad un disegno ad *unità suddivise* o “split plot” secondo la seguente settorializzazione:

1. secondario - pomodoro var. Naomi T su suolo;
2. terziario UV - pomodoro var. Naomi T su suolo;
3. terziario Cl - pomodoro var. Naomi T su suolo;
4. controllo irriguo- pomodoro var. Naomi T su suolo;
5. secondario - pomodoro var. Naomi T fuori suolo (substrato argilla espansa);
6. terziario UV - pomodoro var. Naomi T fuori suolo (substrato argilla espansa);
7. terziario Cl - pomodoro var. Naomi T fuori suolo (substrato argilla espansa);
8. controllo irriguo- pomodoro var. Naomi T fuori suolo (substrato argilla espansa).

Su detto schema sperimentale sono stati previsti tests appropriati al fine di evidenziare l'efficacia dei trattamenti tra di loro e tra ciascuno di essi rispetto al testimone nonché gli eventuali effetti incrociati (interazioni).

Nel protocollo sperimentale sono state inserite ripetute analisi sulle acque reflue, sui suoli, sulle colture, in uno con le necessarie osservazioni agropedologiche per consentire di comprendere meglio i meccanismi bio-chimici che si sarebbero sviluppati nei suoli irrigati con acque reflue, in modo che da non superare mai le condizioni di sicurezza.

Più in particolare le analisi occorrenti per monitorare tutti i parametri connessi con la problematica del riuso delle acque reflue (dagli aspetti impiantistici a quelli agronomici ed igienico-sanitari) sono state affidate a laboratori accreditati (E.S.A. e Dipartimento di Igiene e Microbiologia della facoltà di Medicina di Palermo in seguito denominato D.I.M.).

Le acque irrigue sono state soggette, con cadenza variabile a seconda della stagione e del paramentro da ricercare, a prelievo da punti di controllo predisposti nell'impianto in ingresso, dopo la fase biologica, dopo la filtrazione e dopo la disinfezione, per la determinazione di: BOD, COD, nitrati, fosforo e boro, contenuto microbiologico di coliformi totali e fecali, streptococchi e salmonelle, parassiti animali ed umani. Sono stati ovviamente analizzati anche, i parametri di interesse agronomico riferibili alle acque per uso irriguo: salinità (conducibilità elettrica e solidi disciolti totali); cationi ad anioni (calcio, magnesio, sodio, carbonati e bicarbonati, cloruri, solfati); boro, temperatura, COD, nonché quelli necessari a valutare l'idoneità irrigua delle acque reflue urbane depurate: nutrienti (N nitrico ed organico, potassio); cloro residuale; elementi traccia (Al, Ar, Ba, Cd, Cr, Cu, Fl, Fe, Pb, Li, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Va, Zi).

Sul suolo sono state effettuate le indagini relative ai principali fattori di interesse agronomico (S.O., contenuto ionico, conduttività e macroelementi, N nitrico). Sul materiale inerte del “fuori suolo” anche quelle di interesse microbiologico.

Sulle colture, oltre alle principali osservazioni biometriche e sulle caratteristiche bio-agronomiche e fenologiche, sono state effettuate le principali analisi per la determinazione dei microrganismi indicatori, di N nitrico, di Boro e degli elementi traccia.

Presso il L.AG.AM. dell'E.S.A. sono state esperite tutte le analisi ad eccezione di quelle inerenti gli aspetti microbiologici.

### **3.1. Obiettivi della sperimentazione**

L'iniziativa ha inteso perseguire la maggior parte, se non tutti, degli obiettivi specifici di seguito schematizzati:

1. dimostrare l'utilizzabilità di detta risorsa idrica alternativa non convenzionale a fini irrigui, tenendo sotto stretto controllo l'intero ciclo con particolare riferimento al complesso rapporto acqua-suolo-pianta;
2. individuare, in base alla qualità dei reflui ed alle diverse tipologie pedologiche, qual è il livello ottimale di depurazione che, sfruttando l'intrinseco potere epurativo di uno specifico suolo, consenta, al contempo, il massimo risparmio in termini economici;
3. razionalizzare, in dipendenza sempre della qualità delle acque e del mezzo recettore, gli interventi irrigui per l'ottenimento di produzioni qualitativamente e quantitativamente valide, tenendo conto delle reali esigenze fisiologiche delle piante;
4. diffondere l'uso di sistemi irrigui a minore espansione idrica che, oltre a garantire la massima parsimonia nell'utilizzo della risorsa, consentano l'esercizio di una pratica ottimale tanto più se la risorsa è di natura non convenzionale o anomala (eventuali acque alcaline e/o saline);
5. dimostrare la non pericolosità, dal punto di vista sanitario, di un uso regolamentato su suolo fisico (orticoltura protetta) e su supporto inerte (senza suolo);
6. quantificare, ove possibile, l'abbattimento dei costi di gestione aziendale derivanti dalla pratica fertirrigatoria naturale;
7. valutare la qualità merceologica e sanitaria delle produzioni ottenute;
8. pervenire ai dati scientifici per stimolare, a livello regionale, l'elaborazione di un vero e proprio "*Regolamento sull'uso di acque reflue depurate in agricoltura*" limitatamente alle colture ed alle condizioni di coltivazione sperimentate per poi proporlo per una successiva adozione da parte degli imprenditori agricoli interessati;
9. proporre l'introduzione di nuovi comparti in aree attualmente non irrigue o in aree irrigue ove esiste una vocazionalità per ordinamenti irrigui alternativi che presentino una remuneratività notevolmente superiore rispetto a quelle delle colture attualmente praticate;
10. promuovere, più decisamente per l'orticoltura, la pratica della coltivazione "senza suolo" al fine di evitare anche l'utilizzo dei geodisinfestanti (bromuro di metile) di prossima abolizione;
11. diffondere i dati sia a livello scientifico che in ambito aziendale;
12. favorire l'implementazione di altre ricerche similari su altre colture, anche nella prospettiva che, nell'immediato futuro, possano essere elaborati dei veri e propri piani di sviluppo irriguo mediante l'uso di reflui depurati.

### **3.2. Il sito della sperimentazione**

Relativamente alla scelta del sito, è stato riconfermato quello ove nel 1991 è stato condotto un *primo anno di sperimentazione sul riuso*, la cui prova, per motivi di più indicativa sensibilità colturale, è stata effettuata su ortive in pieno campo.

Il sito, proprio a seguito di detta precedente realizzazione, rispondeva perfettamente alle esigenze di progetto, soprattutto per quanto attiene la possibilità di captare i reflui grezzi da collettore fognante e l'esistenza di un'area, in cui insisteva ancora una piattaforma in cemento sulla quale ricollocare l'impianto di

depurazione, adiacente all'appezzamento sul quale sarebbe stata impiantata la serra.

La disponibilità di acqua "convenzionale" e di manodopera specializzata, nonché la vocazionalità del comprensorio relativamente alla produzione orticola e, specificatamente, del pomodoro, hanno avvalorato inoltre la validità della scelta del sito.

La serra e gli impianti di pertinenza sono stati ubicati in Contrada S. Anna a Km 1 a nord del centro di Carini, a confine ad oriente con l'omonima via S. Anna che ricopre l'attuale collettore fognante di liquami grezzi del Comune di Carini. Ad ovest ed a nord è limitato da altri appezzamenti di privati. Detto collettore fognante è collegato direttamente all'impianto-pilota.

Il sito di sperimentazione è contornato da altre imprese prevalentemente limonicole.

### **3.3. L'impianto pilota di depurazione**

Alla luce dell'esperienza maturata, con la collaborazione attiva della Pigreco Studio S.r.l., struttura di servizi tecnici che già si era occupata della logistica nel corso della precedente fase sperimentale, si è progettato un impianto semplice e compatto, caratterizzato da semplicità gestionale e costi d'impianto e di esercizio contenuti. Le fasi depurative realizzate, nel rispetto delle previsioni progettuali, sono state:

- 1) Grigliatura e sollevamento
- 2) Ossidazione biologica a fanghi attivi tradizionale
- 3) Sedimentazione
- 4) Filtrazione
- 5) Disinfezione a raggi UV
- 6) Disinfezione con ipoclorito di sodio.

In particolare, lo schema impiantistico è stato così concepito e realizzato.

L'appresamento esistente dalla fognatura di Via S. Anna, che ha garantito una separazione meccanica dei solidi grossolani, adduceva a gravità i reflui grezzi in un adiacente pozzetto di sollevamento, ove sono state collocate due pompe del tipo sommerso, adeguatamente temporizzate dal quadro elettrico generale (Q.E.G.) al fine di controllare l'entità delle portate da trattare.

I reflui pompati venivano trasferiti alla fase di trattamento biologico del tipo tradizionale a fanghi attivi, realizzata in un serbatoio in fibra di vetro (PRFV) ad asse orizzontale da 12.000 litri, aerato con erogatori a bolle fini in gomma elastomerica antiocclusione, alimentata da una soffiante a canale laterale temporizzata dal Q.E.G.

Di qui la miscela aerata giungeva a gravità ad un sedimentatore a tramoggia, realizzato anch'esso in PRFV ma con struttura metallica al carbonio, dove la flora batterica attiva, preposta alla depurazione biologica, si è separata per decantazione dall'effluente trattato. Il fango di riciclo veniva ricondotto all'aerazione per mezzo di un "air-lift" attivato da un minicompressore d'aria, temporizzato anch'esso dal Q.E.G.; l'effluente depurato invece perveniva a gravità al serbatoio n° 1 da 5.000 litri in polietilene ad alta densità (PEAD) ed ha costituito acqua irrigua di tipologia n° 1.

In tale serbatoio è stata collocata una pompa sommersa temporizzata per l'alimentazione della filtrazione, eseguita in pressione su "dual-media" (sabbia-

antracite) con controlavaggio automatico in controcorrente. Una pompetta dosatrice aggiungeva automaticamente ipoclorito di sodio (cloro attivo al 15%) durante la sola fase di rigenerazione, al fine di evitare la formazione di flora batterica nel filtro che avrebbe potuto ostacolare il corretto funzionamento.

I reflui così trattati a livello terziario venivano ripartiti su due linee parallele di pari portata, una disinfettata con lampada a raggi UV e accumulata nel serbatoio n° 2 da 3.000 litri quale acqua irrigua di tipologia n° 2, e l'altra disinfettata con ipoclorito di sodio dosato a 5-15 mg/l di cloro attivo e stoccata nel serbatoio n° 3 da 3.000 litri quale acqua irrigua di tipologia n° 3. Sia la lampada UV che la pompetta dosatrice per la clorazione dei reflui si attivavano automaticamente, ma solo e soltanto durante la fase di produzione (pompa di alimentazione della filtrazione attiva).

Il serbatoio n° 4, anch'esso da 3.000 litri in PEAD è stato alimentato da acque di falda di qualità potabile ed è stato utilizzato per le colture irrigue di controllo quale acqua di tipologia n° 4.

Le unità di trattamento sono state dimensionate per 1 mc/h, pari a 24 mc/g, ma in sede di esercizio si è temporizzato il prelievo dalla fognatura per circa 12 mc/g, ed il terziario per 4 mc/g, più che sufficienti per la richiesta irrigua. Tutte le vasche ed i serbatoi sono stati provvisti di "troppo pieni" per lo sfioro dei volumi non utilizzati, scarichi di fondo e valvole di intercettazione per l'eventuale scarico di reflui non perfettamente trattati.

Ad assemblaggio definito, sopra il complesso degli impianti è stata infine realizzata una struttura metallica tubolare zincata, pannellata con ondulina in PRFV traslucida, per protezione e contenimento.

L'impianto è stato attivato e messo a regime nel gennaio 2001, con interventi sia sulla definizione delle componenti che soprattutto sulle temporizzazioni e sugli automatismi. Gli interventi in corso di gestione si sono poi limitati al semplice controllo dei flussi idraulici e alla misurazione quotidiana della popolazione batterica nella miscela aerata tramite lettura in cono Imhoff.

### **3.3.1. Le quattro tipologie di acqua**

La prova è condotta con tre tipologie di reflui ed una di controllo, denominata "testimone irriguo", trattandosi di una tradizionale acqua utilizzata in agricoltura.

Più puntualmente le n° 4 tipologie di acqua sono state:

1. Refluo depurato a livello secondario;
2. Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V.;
3. Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro;
4. Testimone irriguo tradizionale.

#### **3.3.1.1. Analisi chimico-fisiche delle acque.**

Per le quattro tipologie di acqua sono stati effettuati 4 campionamenti distribuiti da inizio aprile a metà giugno 2001. A queste se ne è aggiunta una quinta costituita dall'acqua-base "Filtrata" che è stata preliminarmente prodotta per essere successivamente inviata per la disinfezione con Cl e per quella con raggi U.V.

Queste analisi si sono rese necessarie per verificare il corretto funzionamento dell'impianto, mediante la contemporanea effettuazione di più prelievi in punti diversi dello stesso.

Tipologia Acqua	Cond	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	Pb	B	Fe	Cu
	ppm														
Grezza	1533	7,7	144	36	133	16	227	59	11	39,0	2,0	0,03	0,5	0,22	0,02
Secondaria	1188	7,9	130	36	98	17	181	51	77	2,0	1,7	0,04	0,3	0,04	0,00
Filtrata	1168	7,7	148	35	86	14	147	58	65	0,4	1,9	0,04	0,3	0,04	0,01
Filtrata UV	1215	7,8	138	34	98	16	175	62	58	2,2	1,5	0,03	0,4	0,12	0,01
Filtrata Cloro	1307	7,9	113	29	118	13	207	56	71	1,2	1,5	0,04	0,4	0,14	0,01
Testimone	1573	7,8	128	40	119	6	331	22	20	0	Nd	Nd	Nd	0,05	0,01

Medie dei parametri analitici rilevati nei 4 campionamenti.

Per tutte le acque si è assistito nel tempo ad un progressivo innalzamento della salinità, riscontrato analiticamente attraverso la determinazione della conducibilità elettrica, dei cationi e dello ione cloro. Specificatamente, hanno subito un significativo innalzamento lo ione sodio e lo ione cloro. L'acqua testimone ha mostrato valori di conducibilità lievemente maggiori rispetto alle acque reflue trattate. Questi aspetti hanno influito nel dosaggio delle soluzioni madri contenenti gli elementi nutritivi da somministrare a ciascuna delle diverse soluzioni nutritive.

Tipologia Acqua	Data Prelievo	Cond. a 25 °C	Ca	Mg	Na	K	Cl
		µs/cm <sup>-1</sup>	ppm				
Grezza	02/04	970	98	29	61	16	85
	18/06	2030	174	41	170	17	320
Secondaria	02/04	890	125	32	71	16	97
	18/06	1670	160	41	155	19	290
Filtrata	02/04	960	218	31	63	14	104
	18/06	1640	138	36	137	15	232
Filtrata UV	02/04	980	113	30	64	18	106
	18/06	1650	162	40	148	13	286
Filtrata Clorata	02/04	990	50	12	21	8	115
	18/06	1710	161	41	196	16	332
Testimone	02/04	1180	71	12	26	5	207
	18/06	1860	187	53	162	6	394

Valori massimi e minimi nell'intero ciclo colturale riscontrati rispettivamente il 02/04/01 e il 18/06/01

Relativamente alla valutazione delle acque per le finalità irrigue è bene innanzi tutto sottolineare che le stesse sono risultate di elevata qualità per quel che riguarda la presenza, pressoché nulla, di SO<sub>4</sub> e di microelementi potenzialmente dannosi quali B, Fe, Cu e Pb. Pertanto dall'utilizzazione di queste acque si sono

potuti escludere problemi di fitotossicità dovuta a detti elementi chimici. Dal raffronto, invece, di Ece, pH, Na, Ca, Mg e Cl si evince che, dal punto di vista agronomico, si è trattato di acqua classificabile come EC<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> e cioè a conducibilità elettrica medio-alta ma con S.A.R. (Sodium absorption ratio) basso: ciò indica una Ece causata da una salinità delle acque non sodica. E' altrettanto utile rammentare che acque classificabili come EC<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> rappresentano una condizione generalizzata delle risorse irrigue in Sicilia, così come indirettamente confermano le analisi del "testimone". Considerando che il refluo è comunque derivato da un'acqua civile che presenta queste caratteristiche di base è evidentemente impossibile che la salinità non sodica delle acque, di cui alla sperimentazione, possa avere una qualità migliore.

La letteratura in materia di utilizzazione di acque classificabili come EC<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> indica un uso delle stesse con limitazioni dei volumi irrigui stagionali magari con metodi irrigui a bassa espansione volumetrica associato ad un drenaggio adeguato: ciò al fine di non ingenerare fenomeni di salinizzazione del substrato pedologico. Visto il sistema irriguo utilizzato nel progetto (irrigazione a microportata) ed il substrato pedologico che ha garantito un buon drenaggio (argilla espansa e terreni di granulometria tendente al franco) si sono potuti escludere a priori problemi legati alla eventuale salinizzazione dei substrati di coltivazione.

Infine è da sottolineare come la presenza di cloruri è stata, generalmente, a livelli di tollerabilità per qualsivoglia coltivazione ma che, in riferimento ai valori dell'acqua testimone, gli stessi presentino un valore medio elevato rispetto alla norma essendo pari a 331 p.p.m. con punte di 394 p.p.m. nel prelievo del 18/06/2001 e cioè in corrispondenza dell'inizio del periodo estivo. Il dato è certamente interessante se associato a quelli del refluo clorato e della Ece che raggiunge il suo massimo proprio in quel periodo.

Ancora, altro elemento di riflessione nelle acque reflue è stata la comune presenza del Boro, elemento chimico derivante dai perborati utilizzati dalle singole unità civili per le attività di lavanderia.

Per i cloruri si evidenzia che, pur essendo i valori del succitato caso al di sopra della norma, la pianta di pomodoro è tra le più tolleranti agli stessi, mentre per il B, comunque a livelli inferiori a quelli di fitotossicità, la medesima pianta presenta un congenito adattamento fino a valori compresi tra 1 – 2 p.p.m.

### Analisi Acque e Soluzioni Nutritive

<b>Tecnica analitica utilizzata</b>	<b>Parametro</b>
Lettura diretta in pieno campo con sonda multiparametrica e in laboratorio con pHmetro (*)	<i>Ph</i>
in pieno campo con sonda multiparametrica e in laboratorio con Conduttimetro a cella (*)	<i>Conducibilità</i>
Lettura all'ICP/AES	Cationi – macro e microelementi
argentometrica per via potenziometrica (*)	<i>Cloruri</i>

turbidimetrica e lettura spettrofotometrico (*)	<i>Solfati</i>
Determinazione volumetrica (*)	<i>COD</i>

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 87 del 13/04/00 DM 23/03/00

### 3.3.1.2. Analisi microbiologiche delle acque

I risultati delle indagini microbiologiche (vedi tabella 3.3.1.2/1) hanno dimostrato un abbattimento in ordine progressivo di tutti gli indicatori di contaminazione fecale (coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali) nelle acque reflue dopo depurazione con trattamento ossidativo biologico e successiva filtrazione. Si ottiene infatti, dopo tali trattamenti, una riduzione di questi indicatori con perdita circa di 5 log che non risulta potenziata dagli ulteriori processi di disinfezione sia con UV (D) che con cloro (F). Questi risultati hanno prospettato una incongrua modalità di esposizione a UV e di somministrazione (tempo e concentrazione) del cloro nel refluo filtrato. Le analisi del 1° ciclo hanno, inoltre, indicato la particolare attenzione da prestare al tempo di stoccaggio del refluo dall'immissione nel serbatoio presso l'impianto al punto di consegna adduzione serra (E;G). Infatti, in assenza di un processo di adeguata disinfezione, prolungati tempi di persistenza nello stoccaggio spiegherebbero l'incremento di microrganismi osservato (tab. 3.3.1.2/1).

**Tabella 3.3.1.2/1** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni d'acqua. Campionamento del 2 Aprile 2001

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Coliformi totali</b> u.f.c./100 ml	3,4 x 10 <sup>7</sup>	1,0 x 10 <sup>5</sup>	4,8 x 10 <sup>2</sup>	4,3 x 10 <sup>2</sup>	1,75 x 10 <sup>4</sup>	3,0 x 10 <sup>5</sup>	2,0 x 10 <sup>6</sup>	11,0
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	5,5 x 10 <sup>6</sup>	1,0 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10	10,0	6,0 x 10 <sup>2</sup>	8,5 x 10 <sup>3</sup>	8,5 x 10 <sup>4</sup>	<1
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 ml	4,6 x 10 <sup>5</sup>	2,0 x 10 <sup>3</sup>	4,0	5,0	3,0 x 10	1,7 x 10 <sup>3</sup>	6,0 x 10 <sup>3</sup>	<1

**A** = acqua reflua grezza

**B** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico

**C** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico dopo filtrazione

**D** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata dal tubo di immissione nel serbatoio presso l'impianto

**E** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata al punto di consegna adduzione serra

**F** = acqua disinfettata con cloro, prelevata dal tubo di immissione nel serbatoio presso l'impianto

**G** = acqua disinfettata con cloro, prelevata al punto di consegna adduzione serra

**H** = acqua di falda (controllo)

Le verifiche effettuate il 9 Aprile (vedi tabella 3.3.1.2/2), hanno documentato una efficace azione degli UV fino al punto di consegna adduzione serra (E) sul refluo filtrato. Nessun miglioramento si è ottenuto dopo trattamento con il cloro; questo risultato ha suggerito nel 2° ciclo di porre una maggiore attenzione al processo di clorazione, verificando la funzionalità dell'apparecchio di clorazione.

**Tabella 3.3.1.2/2** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni d'acqua  
Campionamento del 9 Aprile 2001

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>Coliformi totali</b> u.f.c./100 ml	1,0 x 10 <sup>6</sup>	5,0 x 10 <sup>3</sup>	4,5 x 10	5,0	9,4 x 10 <sup>4</sup>	2,7 x 10 <sup>4</sup>
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	4,5 x 10 <sup>4</sup>	1,1 x 10 <sup>3</sup>	2,0	< 1	3,8 x 10 <sup>3</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 ml	3,0 x 10 <sup>3</sup>	9,0 x 10	2,0	<1	2,5 x 10 <sup>2</sup>	2,0

**B** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico

**C** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico dopo filtrazione

**D** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata dal tubo di immissione nel serbatoio presso l'impianto

**E** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata. al punto di consegna adduzione serra,

**F** = acqua disinfettata con cloro, prelevata direttamente dal serbatoio presso l'impianto

**G** = acqua disinfettata con cloro, prelevata, al punto di consegna adduzione serra

I dati riportati nella tabella 3.3.1.2/3 hanno dimostrato come il trattamento di disinfezione con UV provocasse una drastica riduzione dei microrganismi (Coli totali, fecali, streptococchi fecali) nel refluo prelevato fino al punto di adduzione nella serra. Tale trattamento è infatti idoneo dal punto di vista igienico-sanitario, ai fini dell'utilizzazione di questo refluo per la coltivazione degli ortaggi. Dopo gli interventi per una adeguata somministrazione del cloro, anche questo trattamento è risultato efficace per la successiva utilizzazione del refluo trattato per la coltivazione dei pomodori in serra.

Fermo restando il punto critico sulle necessità di riduzione dei tempi di persistenza del refluo nel serbatoio dell'impianto prima della sua adduzione finale alla serra, un altro parametro da considerare è il turnover del refluo durante il periodo di stoccaggio. Tempo di persistenza nel serbatoio e presenza di pregresso refluo non adeguatamente trattato con cloro sono stati quasi sicuramente alla base dell'incremento del numero di batteri presenti osservato nel punto di adduzione alla serra.

Le indagini hanno dimostrato come non siano presenti Salmonelle nel refluo analizzato. Deve essere tuttavia rilevato che in mancanza di un monitoraggio sulla presenza di salmonelle nel refluo prima dei trattamenti di disinfezione, questi risultati non hanno permesso di formulare alcuna affermazione definitiva. Infine, gli stessi hanno dimostrato la presenza di *Pseudomonas aeruginosa* nel refluo dopo trattamento con UV ma non in seguito a clorazione. Poiché si è trattato di un'unica determinazione, in progetti di acque reflue appare opportuno procedere, in presenza di simili allarmi, al monitoraggio anche di questo parametro microbiologico al fine di individuare se esista una relazione tra i metodi di disinfezione adoperati e la eventuale presenza nelle acque trattate di *Pseudomonas aeruginosa*.

**Tabella 3.3.1.2/3** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni d'acqua  
Campionamento del 18 Giugno 2001

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>Coliformi totali</b> u.f.c./100 ml	4,2 x 10 <sup>7</sup>	4,3 x 10 <sup>5</sup>	15	8	< 1	4,0 x 10 <sup>4</sup>
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	6,6 x 10 <sup>6</sup>	7,8 x 10 <sup>4</sup>	6	< 1	< 1	3,5 x 10 <sup>2</sup>
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 ml	5,7 x 10 <sup>6</sup>	2,6 x 10 <sup>4</sup>	<1	<1	<1	4,0 x 10
<b>Salmonelle</b>	<1/500 ml	/	/	<1/1000 ml*	/	<1/1000 ml

/ = ricerca non eseguita

\* nel campione E presenza massiva di *Pseudomonas aeruginosa*.

**B** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico

**C** = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico dopo filtrazione

**D** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata dal tubo, di immissione nel serbatoio presso l'impianto

**E** = acqua disinfettata con raggi UV, prelevata al punto di consegna adduzione serra

**F** = acqua disinfettata con cloro, prelevata dal tubo di immissione nel serbatoio presso l'impianto

**G** = acqua disinfettata con cloro, prelevata al punto di consegna adduzione serra

### 3.4. Caratteristiche della struttura serricola e dell'impianto di irrigazione

La serra, di dimensioni ml 60 x ml 12, per un'estensione di mq 720, è stata realizzata a 2 campate, ciascuna delle quali di ml 6 di larghezza. La struttura portante è stata realizzata in acciaio zincato e la protezione laterale in plastica rigida (policarbonato) con un'altezza di 75 cm dal piano di campagna ed un'altezza sotto-gronda di mt. 3.

Nella struttura sono state inserite n° 3 porte scorrevoli tamburate in plastica rigida con guide da posizione delle quali n° 2 in testa (all'entrata di ciascuna delle due campate) e n° 1 interna, a metà serra (al metro lineare 30) per la divisione tra la coltura tradizionale e quella "fuori suolo". Sia la protezione laterale che le porte sono state completate da profili e materiali di fissaggio plastiche rigide.

La separazione dei due diversi sistemi di coltivazione ("suolo" e "fuori suolo"), fisicamente individuata nella porta centrale, ha consentito, altresì una suddivisione di due parcelle di identica estensione, pari a 360 mq (m 12 x m 30).

La copertura è stata realizzata in polietilene a lunga durata mentre sul tetto si è proceduto al montaggio di un doppio film. Il sistema di rivestimento è stato vincolato da profili e materiali di fissaggio del film polietilene.

Nel perimetro interno della serra, inoltre, è stata installata una rete antinsetti di colore bianco a maglia 14/10. La serra è stata dotata, ancora, di sistema di apertura al colmo e di aperture laterali, per il controllo della temperatura, tipologicamente *down-up*, movimentate da apposite attrezzature.

L'impianto irriguo è nato dalla concezione di un asservimento idrico della serra secondo uno schema a 8 settori derivante dall'utilizzo di 4 diverse acque x 2 sistemi di coltivazioni. Più puntualmente gli 8 settori interni, entrando dalla porta principale della serra, si sono sviluppati nel modo seguente:

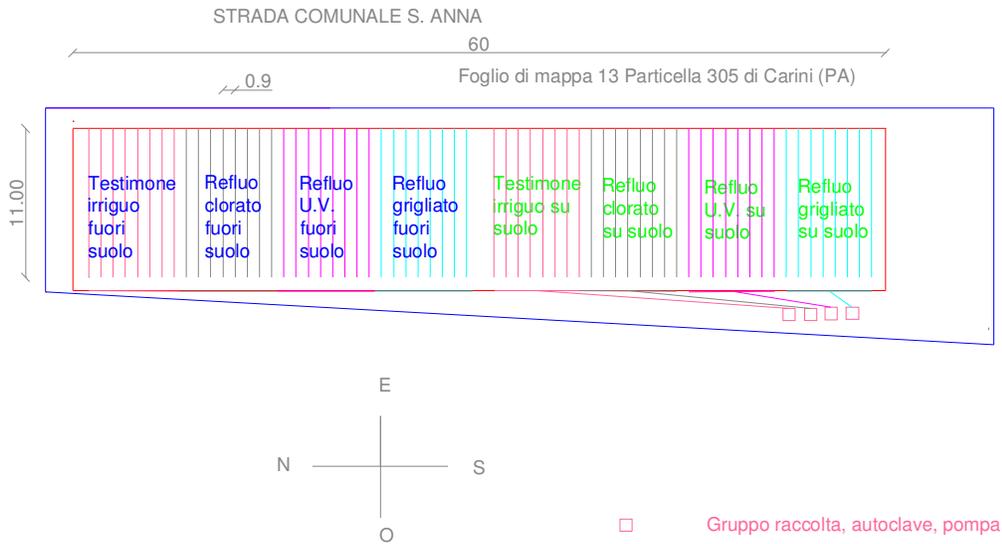
- Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola “tradizionale” (setto  
1);
- Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola  
“tradizionale” (setto 3);
- Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola “tradizionale”  
(setto 5);
- Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola “tradizionale” (setto 7);
- Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola “fuori suolo” (setto  
2);
- Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola “fuori  
suolo” (setto 4);
- Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola “fuori suolo”  
(setto 6);
- Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola “fuori suolo” (setto 8).

Tra parentesi sono indicati i numeri assegnati, a scopo convenzionale ed in sede di realizzazione esecutiva, ai singoli impianti di distribuzione.

Pertanto, gli 8 impianti irrigui di distribuzione, hanno disegnato l'interno della superficie protetta in altrettanti parti uguali, ciascuna delle quali di dimensioni di ml 12 x ml 7,50, per una superficie unitaria pari a mq 90: estensione che ha rappresentato la superficie di coltivazione sperimentale di ognuno degli 8 settori.



Vista laterale della struttura serricola di Carini Contrada S. Anna



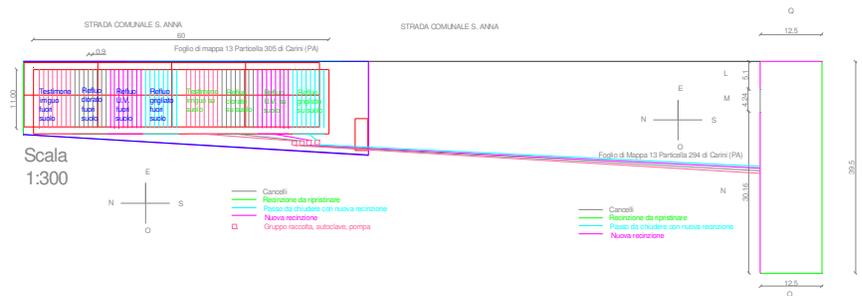
Il sistema idrico-agronomico ha preso origine dall'impianto pilota di trattamento acque (depuratore) ove le 4 tipologie di acqua prodotte sono state stoccate in altrettanti serbatoi di raccolta, il cui esercizio è stato assicurato dai gestori dell'impianto-pilota di depurazione stesso. Esso è consistito nel trasferire le 4 tipologie di acqua con altrettanti sistemi di adduzione separati, ciascuno dei quali si è diramato, a propria volta ed in serra, in 2 sistemi di distribuzione, anch'essi distinti, per l'erogazione rispettivamente nella parcella "tradizionale" ed in quella "fuori suolo".



Irrigazione su parcella tradizionale



Irrigazione della coltura "fuori suolo"



In ogni linea-tipo di adduzione prevista per il trasferimento idrico separato delle 4 tipologie, l'acqua veniva aspirata - per il tramite di una tubazione in polietilene a bassa densità e ripulita dalle impurità da un filtro in polipropilene a dischi da 120 mesh - da una pompa di KW 0,37 –HP 0,50 con portata l/min. 250 e prevalenza MT 17. La stessa pompa, per il tramite di una tubazione in polietilene a bassa densità di diametro 32 PN 6, inviava l'acqua ad un serbatoio di raccolta in polietilene da 1500 litri con relativi galleggianti, utilizzato per garantire la portata richiesta dall'impianto di irrigazione. Il serbatoio è stato inoltre munito di un agitatore con pale in acciaio inox per la miscelazione della soluzione figlia: questi è stato movimentato da un apposito motore, realizzato artigianalmente, installato nella parte superiore del serbatoio.

Una volta raccolta in maniera separata le diverse 4 tipologie di acqua in altrettanti serbatoi ubicati in posizione limitrofa alla serra, ciascun contenitore è stato messo a servizio di due linee di distribuzione irrigua per il trasferimento idrico nelle parcelle deputate alla coltivazione in “suolo” e “fuori suolo”; dando vita, così, agli 8 settori di distribuzione irrigua.

In una linea-tipo, sostanzialmente da ciascun serbatoio si dipartiva un tubo di aspirazione e mandata in polietilene a bassa densità diam. 32 PN 6 al servizio di n° 2 elettropompa autoadescanti monofase con corpo pompa, supporto, cassa motore, disco porta tenuta, corpi ventola e giranti in acciaio inox AISI 304; albero motore in acciaio inox AISI 303.

Ogni elettropompa delle n° 8 a servizio della distribuzione irrigua separata, ha presentato una potenza di KW 0,45 – HP 0,6, una portata l/min. 75 ed una prevalenza mt. 40. La pompa, nella fase iniziale del progetto, era dotata di un regolatore di pressione costante elettronico con stop a secco avente le seguenti caratteristiche: tensione di alimentazione 230 V, frequenza 50/60 Hz, indice di

protezione IP 65, pressione max 10 bar. Problemi ricorrenti di sbalzi di tensione elettrica, hanno nel frattempo reso inutilizzabili detti press-controlli che, gradatamente, sono stati sostituiti con piccole autoclavi a polmone, a funzionamento elettromeccanico.

Per la programmazione puntuale e separata degli interventi irrigui di ciascuno degli 8 settori è stato previsto un programmatore elettronico, le cui caratteristiche sono di seguito esplicitate. Il programmatore elettronico ha avuto la funzione di inviare gli impulsi di apertura-chiusura alle n° 8 elettrovalvole a comando degli altrettanti settori irrigui. Ciascuna delle 8 elettrovalvole, con corpo in pvc stabilizzato, è stata dotata di controllo di flusso, di apertura manuale interna/esterna, di chiusura lenta anti colpo d'ariete ed ha presentato una pressione d'esercizio da 0,7 a 10 atm.

Da ciascuna delle 8 elettrovalvole, a loro volta deputate in numero di 2 all'erogazione di una tipologia di acqua, si sono dipartite le 8 tubazioni di testata per la distribuzione della risorsa idrica alle ali gocciolanti. Dette tubazioni di testata sono state previste in polietilene a bassa densità e del diametro 32 mm. PN 6.

Gli 8 settori di distribuzione irrigua hanno presentato un'erogazione ad "ali gocciolanti".

Ogni settore ha previsto, a propria volta, n° 8 ali gocciolanti in polietilene a bassa densità di diametro 16 PN 6, distanti l'un l'altra ml 0,90 e lunghe ml. 11 (ml 12 di larghezza serra – ml 1 corridoio laterale di servizio). Le ali gocciolanti sono state collegate alla tubazione settoriale mediante una presa a staffa d. 32x1/2" con relativo raccordo maschio in polipropilene d. 16x1/2". Ogni ala gocciolante terminava con una valvolina PP d. 16 per l'eventuale spurgo della stessa.

Su ogni ala gocciolante, ad una distanza di 30 cm l'uno dall'altro, sono stati applicati i gocciolatoi autocompensanti ed autopulenti di tipo CNL, pensati per mantenere una uniformità di portata con campo di autocompensazione da 5 a 40 m.c.a. I gocciolatoi sono stati dotati di labirinto in polipropilene per garantire un percorso turbolento dell'acqua e quindi per rendere minima la possibilità di occlusione. Data la minima possibilità di occlusione i gocciolatoi non sono stati prefigurati smontabili per evitare le variazioni di portata che si potrebbero avere in seguito ad interventi manuali di pulizia. I gocciolatoi sono stati anche previsti resistenti alla maggior parte dei prodotti chimici comunemente utilizzati in agricoltura. La membrana interna di autocompensazione è stata pensata costituita da elastomero (EPDM). I gocciolatoi, del tipo CNL (Compensated Non Leakage) consentono di ottenere una precisione di irrigazione: gli stessi, infatti, si attivano dopo avere raggiunto la pressione di lavoro necessaria ed, una volta terminato il ciclo di irrigazione, si chiudono col diminuire della pressione all'interno dell'impianto. Le caratteristiche tecniche di ciascuna di queste unità di distribuzione sono:

- Portata: 2 L/H
- Pressione chiusura: 1,5 m.c.a.
- Pressione apertura: 2,0 m.c.a.
- Pressione lavoro: 8-35 m.c.a.

Come si diceva, gli 8 settori, per il tramite di altrettante elettrovalvole, sono stati gestiti da apposito programmatore elettronico avente le seguenti caratteristiche:

- centralina con programmazione indipendente delle stazioni;
- programma mantenuto in memoria durante l'assenza di corrente;
- n° 8 stazioni funzionanti sia contemporaneamente che singolarmente. Per ogni ciclo sono controllabili i seguenti quattro parametri:
  1. Tempo d'irrigazione: da 1 a 780 sec. con incremento di 1 secondo;

2. Ora d'avvio del ciclo continuo;
3. Ora d'arresto del ciclo continuo;
4. Ritardo d'avvio del ciclo continuo tra l'apertura di ogni valvola da 1 min. a 255 min.

### 3.5. Il substrato di coltivazione pre-impianto

#### 3.5.1. Il terreno oggetto della sperimentazione. Precedenti coltivazioni e caratteristiche fisico-chimiche

Relativamente alla coltivazione con sistema tradizionale (suolo), il substrato agricolo ospitante è costituito da terreno di riporto sottoposto a riposo pluriennale. Al fine di avere l'esatta conoscenza delle caratteristiche chimico-fisiche del substrato si è proceduto al campionamento in pre-impianto dello stesso secondo le seguenti modalità.

Prima del trapianto delle piantine relative al primo ciclo, sono state prelevate 8 aliquote di terreno (2 per settore) alla profondità di 20 cm. Il campo non presentava difformità apparenti essendo stata apportata della terra di riporto omogeneamente distribuita su tutta la superficie. Le aliquote sono state quindi miscelate tra di loro, costituendo il campione medio da sottoporre ad analisi.

#### Metodiche utilizzate per l'Analisi dei Suoli

<b>Tecnica analitica utilizzata</b>	<b>Parametro</b>
Gravimetrica con levigatore di Esenwein (**)	<i>Granulometria (Tessitura apparente)</i>
Potenziometrica (*)	<i>pH in acqua</i>
Gasvolumetrica (calcimetro Dietrich- Fruehling) (*)	<i>Calcare totale</i>
Titolazione (*)	<i>Calcare Attivo</i>
Metodo Walkley e Black(*)	<i>Sostanza Organica</i>
Metodo Kjeldahl (*)	<i>Azoto</i>
Metodo Olsen (*)	<i>Fosforo assimilabile</i>
Conduttimetrico (*)	<i>Conducibilità estratto a pasta Saturata</i>
Estrazione con DTPA (pH 7,3) e lettura in ICP ottico (*)	<i>Indice disponibilità (Cd, Ni, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn)</i>
Estrazione con Bario Cloruro e trietanolammina (pH 8,1) e lettura in ICP ottico (*)	<i>Basi di Scambio (Ca, Mg, Na, K)</i>
Letture in ICP Ottico dell'estratto acquoso	<i>Sali Solubili in acqua (Na, Cl, K, Ca, Mg)</i>

- (\*\*) = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole  
 (\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

### Risultati

La classe granulometrica è risultata argillosa per la maggior parte dei campioni analizzati, franco sabbiosa argillosa per i rimanenti.

**Tab. 3.5.1/1** – Parametri medi del suolo pre-impianto.

Settore	pH	Reazione	Calc tot.	Calc. Att.	S.O.	Carbonio	N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Estratto Saturo					Cationi Scambiabili				
											Cond.	Ca	Mg	Na	K	Cl	Na	K	Ca	Mg
											g/kg			ppm		meq/lt				
pre-imp.	8,4	Alcalino	133,1	23,8	21,1	12,2	1,1	11	94	801	1.140	1,5	0,5	1,1	0,2	0,9	0,7	1,7	19,3	4,4

Commentando i dati della tab. 3.5.1/1, il terreno in pre-impianto ha presentato una dotazione in calcare totale media, confermata da una presenza in calcare attivo che può definirsi normale ed un valore di calcio scambiabile nella norma. Il valore di Ece ha indicato la presenza di un terreno mediamente fertile, confermato dall'entità di cationi scambiabili la cui capacità di scambio (C.S.C.) si attesta ad almeno 26,10 meq/100 g.

La dotazione in azoto è risultata medio-scarso, mentre molto elevate sono apparse la presenza di fosforo, se rapportata alla reazione del terreno ed all'indice di calcare attivo, e quella di potassio, se messa in relazione con la capacità di scambio cationica e la dotazione in magnesio scambiabile.

**Tab. 3.5.1/2** – Indice di disponibilità microelementi del suolo pre-impianto.

Settore	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Fe
	ppm					
pre-imp.	0,04	0,2	3	2	5	10

Relativamente alla presenza di microelementi (tab. 3.5.1/2), alla metodologia analitica adottata (DTPA) ed alla reazione alcalina, la stessa è sempre stata al di sopra dei valori critici per Cu, Fe e Zn; al contrario si evidenzia carenza in Cd, Ni e Pb a tal punto da definire la rispettiva incidenza molto prossima ai limiti critici.

### 3.5.2. L'inerte della coltivazione fuori-suolo

La scelta del substrato per la coltivazione in vaso del pomodoro è ricaduta sull'argilla espansa.

Tra i diversi substrati impiegati diffusamente nella coltivazione fuori suolo del pomodoro (perlite, pomice, fibra di cocco, grodan, vinacce), infatti, l'argilla espansa, per le sue caratteristiche (deriva dall'argilla, trattata ad altissime temperature) garantisce una maggiore inerzia chimica, riducendo al minimo possibili interferenze. Ciò ha permesso, nell'ambito della sperimentazione, di controllare in modo più completo e sicuro tutto l'ambiente di coltivazione sia per gli aspetti chimici che microbiologici (soluzione nutritiva circolante, percolati, residui). Inoltre, oltre ad una notevole permeabilità all'aria e all'acqua, l'argilla espansa ha anche un buon potere isolante; questo evita grandi sbalzi di temperatura nella zona radicale.

Nella sperimentazione sono stati usati granuli di diametro 3 mm., in grado di assicurare una sufficiente azione di ancoraggio ed una ottimale aereazione dell'apparato radicale.

Per caratteristiche, l'assorbimento d'acqua è di circa 80-150 g/litro.

Il substrato è stato collocato in vasi-pianta in PEBD color cotto, di diametro 20 cm e di altezza di circa 20 cm., posti in sottovasi di diametro 22 cm.



**Argilla espansa in vaso**

### **3.6. Scelta della specie da coltivare**

Come si diceva in precedenza l'azienda prescelta, è risultata contornata da imprese agricole prevalentemente limonicole

Secondo i dati del censimento ISTAT del 1990, in provincia di Palermo (per lo più nel territorio agricolo del termitano ed in minor misura del corleonese e nel particense) lo sviluppo dell'orticoltura protetta è limitato ad una trentina di ettari circa per un complesso di 80 aziende pari soltanto all'1% dei valori di comparto di portata regionale.

La scelta, comunque, di proporre una prova su orticole in coltura protetta è derivata dalla seguente duplice considerazione:

1. l'area in questione risulta estremamente vocata per lo sviluppo di detto comparto se i Servizi di Assistenza Tecnica agricola supporteranno la trasformazione colturale nonché quella professionale degli addetti;
2. una prova irrigua con reflui su arboree rappresenterebbe un intervento di nullo interesse sanitario mentre (proprio per la vocazionalità dell'intera pianura occidentale del palermitano) una prova su ortive risulta fortemente indicativa per gli sperimentatori ed istruttiva per quegli imprenditori che manifestano una volontà di riconversione produttiva dei limoneti.

Pertanto l'ordinamento colturale prescelto è stato appunto l'orticolo in serra in quanto "testimone" di eventuali anomalie e/o pericoli sanitari di vario livello (professionale ed al consumo).

Inoltre la realizzazione dell'iniziativa nella predetta azienda ha acquistato un'elevata significatività che, nel caso in questione, si è concretizzata in un servizio aggiuntivo a favore dell'utente e cioè nella possibilità di prendere in considerazione un'alternativa produttiva certamente più remunerativa in rapporto alla vocazionalità dell'area.

Nell'ambito delle orticole la scelta della consulenza è ricaduta sul pomodoro per motivi di carattere "divulgativo-locale": infatti trattasi di una pianta che si caratterizza per un processo di gestione colturale immediato e, quindi, più facilmente apprendibile da parte di quegli imprenditori agricoli che manifestano la volontà di una riconversione ordinamentale. Nell'ambito della specie, la scelta è ricaduta inoltre sulla tipologia ciliegino - cv. Naomi T perché, come noto, molto gradita al mercato dei consumatori, disposti a pagare il prodotto a prezzi assolutamente superiori rispetto ad altre varietà della medesima specie.

### 3.7. Ambiente microclimatico di serra durante l'esercizio del 1° ciclo di pomodoro

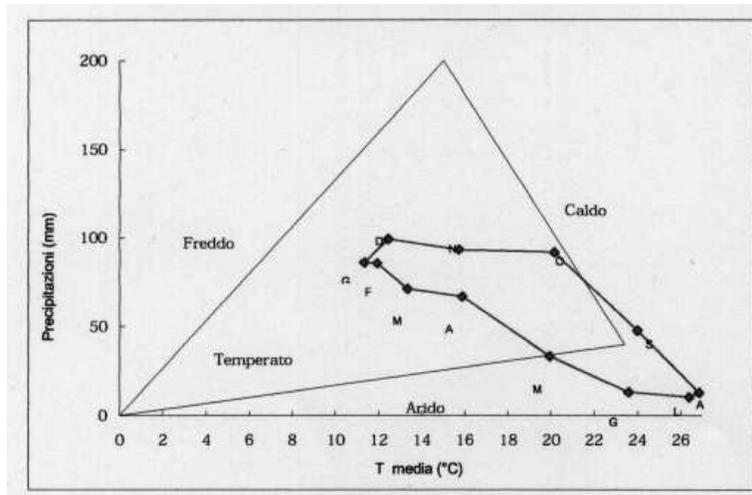
L'origine tropicale del pomodoro determina la sua predilezione per gli ambienti caldo-temperati.

Fra le esigenze climatiche della specie, la temperatura dell'aria è certamente la più condizionante, poiché influenza l'attività degli enzimi che regolano le reazioni biochimiche della pianta.

Nella tabella seguente, tratta da "La coltivazione del pomodoro da mensa" – Siviero -Motton – Ed. L'Informatore Agrario, è riportato il rapporto tra i principali momenti fisiologici della pianta e le temperature che li condizionano.

Stadi fisiologici	Effetti della temperatura
Sviluppo apparato radicale	Substrato 14-18,5°C; aria 24°C
Accrescimento piante	Almeno 11-12°C; ideale 18-20°C; inerzia 0°C; -2°C morte
Induzione fiori, differenziazione grappoli	Almeno 15°C; ideale 25°C
Impollinazione, fecondazione	Almeno 16°C; ideale diurno 22-28°C; inibita se inferiore a 12°C e superiore a 35°C

L'altitudine del sito, utilizzato a fini sperimentali, è di circa 60 m.s.l.m.. in un'area caratterizzata da clima tipicamente temperato-caldo, come opportunamente sintetizzato dal climogramma di Peguy, di seguito riportato e relativo al comune di Partinico, caratterizzazione climatica confermata anche dall'indice di aridità di De Martonne (IA=23).



All'interno della serra è stato posto un termoigrografo SILIMET con il quale sono state monitorate la temperatura e l'umidità relativa dell'ambiente di coltivazione.

Dai dati rilevati nell'anno 2001 - mesi di Marzo, Aprile, Maggio, Giugno - relativamente al 1° ciclo di coltivazione, si osserva quanto segue.

Il mese di **Marzo** è stato caratterizzato da una temperatura variabile da un minimo assoluto di 6.5°C verificatosi nella seconda decade (giorno 14) ad un massimo assoluto di 39°C in terza decade (giorno 24). L'umidità relativa ha avuto valori minimi del 17% (in data 24).

Il mese di **Aprile** è stato caratterizzato da una temperatura variabile da un minimo assoluto di 8.8°C in prima decade (giorno 4) ad un massimo assoluto di 32°C in terza decade (giorno 25). L'umidità relativa dell'aria ha fatto registrare un minimo del 29% in terza decade (giorno 25).

Nel mese di **Maggio** le temperature sono variate da un minimo assoluto di 12°C verificatosi in prima e seconda decade (giorni 1 e 14) ed un massimo di 37.2°C in seconda decade (giorno 17). I valori minimi di umidità, 22%, si sono riscontrati in seconda decade (giorno 17).

Il mese di **Giugno** è stato caratterizzato da una temperatura variabile da un minimo assoluto di 14°C in prima decade (giorni 3 - 4 - 6) ed in terza decade (giorno 22) ad un massimo assoluto di 38°C in terza decade (giorno 28). Valori minimi dell'umidità relativa dell'aria si sono registrati in prima e terza decade (26% nei giorni 3 e 24, 27% in data 21, 28% in data 27).

Nell'arco della giornata, mediamente i valori più alti di temperatura si sono rilevati tra le ore 13 e le ore 15, mentre i valori massimi di umidità relativa, compresi tra il 94% ed il 100%, si sono registrati tra le ore 22 e le ore 8.

Al contrario, i valori più bassi di temperatura si riscontrano tra le ore 22 e le ore 6, mentre quelli di umidità fra le ore 12 e le ore 15.

I valori massimi notturni di umidità relativa sono stati compresi sempre tra il 94 ed il 100%.

Parametro	MARZO			APRILE			MAGGIO			GIUGNO		
	1° decade	2° decade	3° decade	1° decade	2° decade	3° decade	1° decade	2° decade	3° decade	1° decade	2° decade	3° decade
t min assoluta	7,0	6,5	9,0	8,8	10,0	9,0	12,0	12,0	14,0	14,0	15,8	14,0
t max assoluta	38,5	30,8	39,0	30,0	30,0	32,0	35,0	37,2	35,0	35,0	36,0	38,0
U min assoluta	25	33	17	30	32	29	28	22	31	26	28	26
U max assoluta	100	100	94	100	99	98	97	98	98	96	96	95
t min media mese	11,5			11,5			14,9			17,4		
t max media mese	30,0			26,7			30,5			33,1		
U min media mese	37			41			40			36		
U max media mese	94			96			94			90		

### Alcuni eventi meteorologici di rilievo

Nella giornata del **2 Marzo 2001**, dopo alcuni giorni relativamente freddi, ha avuto inizio su tutta l'isola un'intensa ondata di calore che ha fatto improvvisamente innalzare le temperature su valori superiori alle medie del periodo.

Aria molto calda è affluita direttamente dalle zone sahariane del Marocco e dell'Algeria verso la Sicilia.

Detta situazione permane fino a giorno 5, con un ulteriore contributo di caldo sud-occidentale.

Valori in serra	2 Marzo '01	3 Marzo '01	4 Marzo '01	5 Marzo '01
Temperatura	36 °C	38.5°C	34.8°C	38.8°C
Umidità relativa	28 %	25%	34%	25%

In data **24 e 25 Marzo 2001** si è registrato un caldo record che ha determinato giornate tipicamente estive con temperature in serra che hanno raggiunto i 39°C accompagnate da valori di umidità relativa dell'aria del 22%.

Il **22 Aprile 2001** è stato caratterizzato da un repentino abbassamento delle temperature determinato da una discesa di aria fredda verso il Mediterraneo da latitudini elevate.

Dall'incontro con masse di aria calda di origine sahariana preesistenti, si è venuta a creare una eccezionale ondata di maltempo, accompagnata da un'intensa attività temporalesca con pioggia e forti grandinate. Le temperature in serra sono scese a minimi di 9°C.

Il periodo che va **dal 14 al 20 Maggio 2001** è stato caratterizzato da un graduale prevalere di aria torrida che trova il suo apice il giorno 17 in cui si verifica l'ennesimo arrivo di un flusso di correnti sahariane che porta la temperatura in serra oltre i 37°C.



Sole filtrato dalle particelle di sabbia presenti nell'atmosfera (17.05.2001)

### 3.8. Pratiche colturali del 1° ciclo di pomodoro

#### 3.8.1. Messa a coltura del terreno. Lavorazioni e concimazione di fondo nelle parcelle a “suolo”. Preparazione dei vasi con il substrato inerte per la coltivazione “fuori suolo”. Trapianto del pomodoro var. Naomi T.

Il 22/02/2001 è stata operata, previa distribuzione dei concimi di fondo e leggera bagnatura, una motozappatura sull'area deputata (mq 360) alla coltivazione tradizionale su “suolo”.

Per la concimazione di fondo sono stati distribuiti Kg 50 di ternario 11-22-16 per una somministrazione totale di Kg 5,5 di N, Kg 11,0 di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Kg 8,0 di K<sub>2</sub>O, pari a Kg/100 mq 1,5 di N, Kg/100 mq 3,1 di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Kg/100 mq 2,2 di K<sub>2</sub>O.

Nelle due precedenti giornate, la manodopera agricola ha provveduto al posizionamento dei 1.118 vasi su altrettanti sottovasi ed al successivo riempimento dei vasi stessi con l'argilla espansa.

Il trapianto del pomodoro è avvenuto tra il 26 ed il 28 febbraio 2001. Per il numero di piante ed il relativo numero di gocciolatoi si rimanda al successivo paragrafo.

#### 3.8.2. Fertirrigazione negli 8 settori di “suolo” e “fuori suolo”

Successivamente alla messa a coltura delle due aree sono state distese le ali gocciolanti e si è verificata, nelle due aree a sistemi colturali diversi, la presenza di piante e gocciolatoi così come di seguito indicati.

SETTORI	N° PIANTE	N° GOCCIOLATO I
Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 1</b> )	274	274
Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 3</b> )	276	279
Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 5</b> )	280	281
Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 7</b> )	277	277

<b>TOTALE AREA "SUOLO"</b>	<b>1.107</b>	<b>1.111</b>
----------------------------	--------------	--------------

Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola "fuori suolo" ( <b>settore irriguo 2</b> )	280	280
Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola "fuori suolo" ( <b>settore irriguo 4</b> )	280	280
Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola "fuori suolo" ( <b>settore irriguo 6</b> )	279	279
Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola "fuori suolo" ( <b>settore irriguo 8</b> )	279	280
<b>TOTALE AREA "FUORI SUOLO"</b>	<b>1.118</b>	<b>1.119</b>

<b>TOTALE "SUOLO + FUORI SUOLO"</b>	<b>2.225</b>	<b>2.230</b>
-------------------------------------	--------------	--------------

La presenza, in qualcuno dei settori irrigui, di un numero leggermente superiore di gocciolatoi si spiega con il fatto che il montaggio dei gocciolatoi, nella preliminare predisposizione dell'impianto irriguo, ha appunto preceduto il trapianto delle piantine. Pertanto, in corso di trapianto, in corrispondenza dell'erogatore finale di qualche ala gocciolante, si è constatata l'impossibilità, in termini di spazio, di trapiantare un'ulteriore piantina.

La superiore constatazione evidentemente non inficia, per quanto verrà detto successivamente, la lettura dei consumi irrigui.

In definitiva, nella zona "suolo", si è constatato il trapianto di n° 1.107 piantine mentre, nella zona "fuori suolo", si è constatato il trapianto di n° 1.118 piantine, per un totale di n° 2.225 piante.

Ai fini della periodica produzione delle soluzioni-madre da utilizzare per la pratica concimatoria, per motivi di costo e nella fase progettuale, si è deciso di non prevedere l'acquisto di appositi fertirrigatori. Ciò in quanto se ne sarebbero dovuti prevedere n° 4 diversi, limitrofi alla serra, ognuno dei quali a servizio del serbatoio di stoccaggio delle acque. All'assenza dei fertirrigatori si è ovviato con la previsione di n° 2 serbatoi da 300 l/cad nei quali, periodicamente, sono stati disciolti i concimi che dovevano entrare nella composizione della soluzione madre, nelle qualità e nelle quantità di seguito illustrate. Detti serbatoi sono stati allacciati, mediante derivazione, alla tubazione dell'acqua irrigua-testimone per il rapido riempimento degli stessi con un solvente non contaminato microbiologicamente.

### 3.8.2.1. Quantità e qualità dei concimi disciolti

Nella composizione delle soluzioni-madre e con il sistema dei due serbatoi, sono state utilizzate, nel periodo del 1° ciclo, n° 2 soluzioni diverse (come sintetizzato nelle tabelle seguenti), individuate dalla consulenza per sopperire alle esigenze nutritive relative al momento fenologico delle piante.

<b>Soluzione utilizzata dal 12/3 al 23/4</b>	
	gr/l
acido fosforico	15,0
nitrato K	80,0
nitrato di Ca	20,0
solfato Mg	25,0
microelementi	3,0
sequestrene	2,0
nitrato ammonico	6,1

Soluzione utilizzata dal dal 27/4 alla fine	
	gr/l
acido fosforico	15,0
nitrato K	95,0
nitrato di Ca	35,0
solfo Mg	35,0
microelementi	3,0
sequestrene	2,0
nitrato ammonico	10,0

Pur nel rispetto delle suddette quantità e qualità totali, l'utilizzo di n° 2 serbatoi per le soluzioni-madri si è reso necessario per problemi di miscibilità combinata dei diversi componenti chimici, in presenza di un limitato volume di solvente. Per cui:

- in un serbatoio si è prevista la presenza di una soluzione composta da acqua e nitrato di calcio, nitrato ammonico, sequestrene e la metà del quantitativo di nitrato di potassio;
- nell'altro la presenza di acqua e solfato di magnesio, acido fosforico, microelementi e la rimanente quota di nitrato di potassio.

Naturalmente le quantità sopra indicate sono state proporzionate al volume totale massimo del serbatoio (capacità utile di 280 lt), gradatamente portato al medesimo livello massimo con l'aggiunta del solvente-acqua.

### 3.8.2.2. Modalità della fertirrigazione

In assenza di fertirrigatori a servizio dei 4 serbatoi e degli 8 settori da essi derivati, le modalità seguite per la pratica concimatoria sono state quelle di seguito rappresentate.

Il gruppo di lavoro tecnico si è preliminarmente dotato di una sonda multiparametrica, collegata ad un Personal Computer portatile in grado di fornire, con reattività pressochè immediata (intervalli di 10 secondi dall'introduzione della soluzione-madre) i valori di conducibilità elettrica e di pH.

Poiché la consulenza ha impartito l'indicazione che la soluzione-figlia dei 4 serbatoi a servizio delle 8 distribuzioni irrigue doveva pervenire ai valori di  $E_{c_e} = 3.500 \mu\text{S}/\text{cm}$  e di  $\text{pH} = 6$ , le procedure per la composizione delle soluzioni-figlie, di volta in volta, hanno previsto i sotto indicati step susseguenti, ripetuti, in successione, di serbatoio in serbatoio:

1. chiusura delle saracinesche della distribuzione irrigua, nel periodo intercorrente alla formazione della soluzione-figlia, per evitare l'uscita dell'acqua, su comando del programmatore elettronico, verso le ali gocciolanti;
2. constatazione, mediante la cannula installata all'esterno del serbatoio, del volumi idrico in esso contenuto ed intervento finalizzato alla formazione della soluzione-figlia nel momento in cui si è verificata una presenza idrica minima (acqua poco al di sopra del punto di derivazione per la distribuzione irrigua);
3. apertura delle saracinesche di entrata per il trasferimento dell'acqua dall'omologo serbatoio di stoccaggio dell'impianto-pilota di depurazione;
4. riempimento del serbatoio a servizio della serra fino alla capacità massima di lt 1.500;

5. immersione nel serbatoio della sonda multiparametrica fino a circa la metà dello stesso, per una lettura mediata dei parametri di conducibilità elettrica e di pH, invero abbastanza stabili su tutto lo sviluppo del serbatoio per la presenza di apposito agitatore ad elica, azionato da un timer, in funzione per 2 minuti su 5 in totale;
6. aggiunta della soluzione-madre e dell'acido nitrico (questo in maniera separata ed a completamento delle operazioni per correggere la reazione) nelle quantità necessarie a riportare, con buona precisione, la conducibilità elettrica ed il pH ai desiderati valori di  $E_{c_e} = 3.500 \mu\text{S}/\text{cm}$  e di  $\text{pH} = 6$ ;
7. chiusura delle saracinesche di entrata;
8. apertura delle saracinesche della distribuzione irrigua per la prosecuzione del programma irriguo pre-impostato.

Come apparirà chiaramente di seguito, l'aggiunta di soluzione-madre ed acido nitrico all'interno dei serbatoi, riportati alla massima capacità idrica, ha condotto a quantità totali stagionali di componenti chimici addizionati, differenti per ciascuna delle 4 tipologie di acqua. Ciò perché l'aggiunta dei fertilizzanti è risultata vincolata, nei diversi momenti stagionali, dagli intrinseci e naturali valori di conducibilità elettrica e di pH di partenza di ciascuna delle 4 risorse idriche nonché dalla condizione di riportare - a prescindere dalla tipologia di acqua - detti valori a quelli desiderati di  $E_{c_e} = 3.500 \mu\text{S}/\text{cm}$  e di  $\text{pH} = 6$ .

La scelta tecnica di non differenziare, a prescindere dalla tipologia idrica, le soluzioni finali in termini di  $E_{c_e}$  e pH è derivata:

- dal mettere nelle migliori condizioni produttive la coltivazione "fuori suolo", più sensibile alla variazione di questi due parametri;
- dal valutare le risposte produttive degli 8 settori a parità delle predette condizioni chimiche;
- dall'identificazione - in presenza di similari risposte produttive e qualitative - dell'eventuale risparmio in fertilizzanti, proposto eventualmente da una delle 4 tipologie idriche;
- dal limitare il numero delle variabili sperimentali, privilegiando il campo di indagine micro-biologico, posto che questo risulta essere il più critico del progetto, per l'evidente refluenza che i risultati dello stesso potrebbero avere per la salute umana.

Sia le acque di partenza (vedi par. 3.3.1.1.) che le soluzioni nutritive (o figlie) sono state continuamente monitorate dal punto di vista chimico-fisico.

Le metodiche analitiche utilizzate sono state:

<i>PH e Conducibilità:</i>	Lettura diretta in pieno campo con sonda multiparametrica e conferma in laboratorio con conduttimetro a cella e pHmetro.
<i>Cationi:</i>	Lettura all'ICP/AES di Ca, Mg, K, Na, P, Z, Pb, B, Mn, Fe, Cu, Al.
<i>Cloruri:</i>	determinazione argentometrica per via potenziometrica.
<i>Solfati:</i>	determinazione turbidimetrica e lettura spettrofotometrica.
<i>Nitrati:</i>	determinazione attraverso membrana ione selettiva.
<i>Ione ammonio:</i>	determinazione attraverso il metodo Nessler.

### 3.8.2.3. Parametri irrigui

La stagione irrigua del 1° ciclo colturale è iniziata il 26/02/2001, con il trapianto in serra, ed è terminata il 12/07/01 con l'ultima raccolta. In totale si è protratta, pertanto, per 136 giorni.

Periodicamente si sono effettuate prove di portate sugli erogatori tipo CNL di portata nominale 2 lt/h. Da queste si è potuto constatare che gli stessi, grosso modo, hanno assicurato una portata misurata di 2,12 lt/h, incrementata pertanto del 6% rispetto al dichiarato.

In ogni caso, la programmazione è stata effettuata sempre sulla portata nominale, nella consapevolezza che l'incremento misurato è assolutamente poco significativo ai fini sperimentali. Tale incremento è stato, invece, considerato nella correlazione tra quanto programmato per le adacquate e la lettura dei consumi idrici mediante i singoli contatori volumetrici, trovando una corrispondenza dei dati, a dimostrazione degli appena quantificati incrementi di volume.

Sia per l'irrigazione del "suolo" che per quella del "fuori suolo", durante lo svolgimento del ciclo, è stata differenziata la somministrazione idrica a pianta, in base al momento fenologico.

Relativamente alla coltivazione su "suolo" si è programmata una somministrazione idrica, ogni 2-3 giorni, di *lt/pianta 1,0* dal 26/02 al 23/03, di *lt/pianta 1,5* dal 27/03 all'08/05 e *lt/pianta 2,0* dall'11/05 alla fine.

Ogni adacquata, in base alle sopradette erogazioni unitarie, ha presentato rispettivamente una durata irrigua continua di min 30, 45, 60. Ciascuna somministrazione, ripetuta ogni 2-3 giorni, è stata effettuata a partire dalle ore 10,30.

Relativamente alla coltivazione su "fuori suolo" si è programmata una somministrazione idrica giornaliera di *lt/pianta 1,0* dal 26/02 al 27/02 (al trapianto), di *lt/pianta 0,6* dal 28/02 al 05/03, *lt/pianta 0,4* dal 06/03 al 26/03, *lt/pianta 0,6* dal 27/03 al 23/04, *lt/pianta 0,8* dal 24/04 al 09/05 e *lt/pianta 1,0* dal 10/05 alla fine. Il quantitativo giornaliero per periodo è stato indirettamente dedotto dal volume di percolato rilevato nei sottovasi, la cui percentuale, rispetto al volume somministrato giornalmente, non ha mai dovuto superare la quota del 30%.

I parametri irrigui della coltura "fuori suolo" per periodo sono quelli di seguito indicati in tabella.

Parametri irrigui giornalieri	Periodo dal 28/02 al 05/03 e dal 27/03 al 23/04	Periodo dal 06/03 al 26/03	Periodo dal 24/04 al 09/05	Periodo dal 26/02 al 27/02 e dal 10/05 alla fine
<b>Adacquata giornaliera a pianta (lt/die)</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>
Orario di inizio dell'irrigazione (h e min)	8,00	8,00	8,00	8,00
Orario di fine dell'irrigazione (h e min)	20,29	20,29	20,17	20,24
Numero adacquate giornaliere (n°)	18	12	24	15
Durata di ciascun adacquamento (min)	1	1	1	2
Pausa tra un'adacquata e l'altra (h e min)	0 h 43 min	1 h 7 min	0 h 31 min	0 h 51 min

#### 3.8.2.4. Consumi idrici e di fertilizzanti

Sulla scorta degli appena indicati parametri irrigui, le somministrazioni giornaliere e totali dell'intero periodo riferibili alle quattro parcelle con coltivazione su "suolo" sono quelle di seguito rilevate.

Nelle parcelle con coltivazione su "suolo" si rileva un consumo stagionale di circa 19 mc., pari ad una somministrazione media stagionale di *lt/pianta 69,4*.

Effettuando un' analogo discorso per la coltivazione "fuori suolo" si constata un consumo stagionale di circa 32 mc., pari ad una somministrazione media stagionale di lt/pianta 114,1.

La concimazione, su indicazione della consulenza, è stata, quantitativamente e qualitativamente, crescente prima dell' entrata a regime della tecnica fertirrigatoria. Ciò per garantire un graduale adattamento delle piante alla fertilizzazione localizzata ed a valori di conducibilità elettrica, progressivamente incrementati.

Periodicamente, per evitare problemi di salinizzazione nei suoli (manifestantesi con le tipiche efflorescenze biancastre) e nel substrato inerte, si è sospesa l'aggiunta della soluzione-madre nei serbatoi, provvedendo a fare qualche irrigazione con la tipologia di acqua contenuta nel rispettivo serbatoio.

L'adattamento graduale alla fertirrigazione si è concretizzato con somministrazioni irrigue tal quali dalla data d'impianto (26/2) all'1/3. Dal 2/3 al 7/3 si è provveduto alla semplice correzione del pH fino al valore di 6,0 con l'aggiunta dei seguenti quantitativi di acido nitrico.

<b>VOLUMI DI ACIDO NITRICO VERSATI NEI RISPETTIVI SERBATOI DAL 2/3 al 7/3</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	cc	cc	cc	cc
02/03/01	350	365	380	435
06/03/01	200	300	300	300
07/03/01	150	100	150	183
<b>Somma parz.</b>	<b>700</b>	<b>765</b>	<b>830</b>	<b>918</b>

La gradualità di adattamento si è completata con l'aggiunta, in ciascun serbatoio da 1.500 lt, di gr 280 di nitrato di calcio in data 07/03.

Dal 12/3 è entrata a regime la tecnica fertirrigatoria completa con la soluzione-madre indicata nel par. 3.8.2.1. e mantenuta fino alla data del 23/4.

I volumi di soluzione-madre, di acido nitrico versati nei serbatoi contenenti le quattro tipologie di acqua ed il rispettivo calendario sono quelli di seguito indicati nelle tabelle successive.

<b>VOLUMI DI SOLUZIONE-MADRE VERSATA NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA COMPISIZIONE UTILIZZATA DAL 12/3 al 23/4</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	lt	lt	lt	lt
12/03/01	14,0	14,0	14,0	14,0
22/03/01	14,0	14,0	14,0	14,0
26/03/01	9,6	8,1	14,0	8,0
30/03/01	13,0	13,0	13,0	13,0
03/04/01	11,5	9,8	9,8	5,5
06/04/01	13,3	10,8	11,3	11,8
10/04/01	13,5	10,0	10,6	11,9
13/04/01	13,5	9,3	10,2	9,8
17/04/01	16,3	16,5	16,5	16,6
23/04/01	14,0	14,0	14,0	14,0
<b>Sommano</b>	<b>132,7</b>	<b>119,4</b>	<b>127,4</b>	<b>118,6</b>

<b>VOLUMI DI ACIDO NITRICO VERSATI NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA SOLUZ.-MADRE UTILIZZATA DAL 12/3 al 23/4</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	CC	CC	CC	CC
12/03/01	300	250	200	225
03/04/01	170	150	150	91
06/04/01	265	209	206	222
10/04/01	277	375	353	315
13/04/01	250	230	225	205
17/04/01	250	250	250	300
23/04/01	250	250	250	300
<i>Somma parz.</i>	<i>1.762</i>	<i>1.714</i>	<i>1.634</i>	<i>1.658</i>

Per esigenze fenologiche, dal 27/4 fino alla fine del ciclo è stata adottata la seconda soluzione-madre indicata nel par. 3.8.2.1.

In questo periodo l'andamento dei volumi di soluzione-madre, di acido nitrico versati nei serbatoi contenenti le 4 tipologie di acqua ed il rispettivo calendario è quello di seguito indicato nelle tabelle successive.

<b>VOLUMI DI SOLUZIONE-MADRE VERSATA NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA COMPISIZIONE UTILIZZATA DAL 27/4 FINO ALLA FINE-CICLO</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	lt	lt	lt	lt
27/04/01	14,5	14,5	14,5	10,0
30/04/01	7,3	5,7	6,7	7,0
04/05/01	15,0	15,0	15,0	15,0
07/05/01	9,6	9,2	9,4	9,1
09/05/01	10,4	10,1	10,2	9,9
11/05/01	11,0	10,8	11,3	10,8
14/05/01	9,0	8,5	8,2	8,7
16/05/01	11,6	11,5	10,8	11,7
18/05/01	12,2	11,8	9,3	9,3
22/05/01	9,5	15,0	6,8	-
25/05/01	15,0	16,0	14,0	10,0
29/05/01	16,0	12,0	14,0	12,0
01/06/01	14,0	10,0	10,0	14,0
04/06/01	16,0	7,0	15,0	13,0
05/06/01				
08/06/01	10,0	14,0	12,0	13,0
12/06/01	15,0	-	17,0	17,0
18/06/01	15,0	-	15,0	13,0
25/06/01	13,0	16,0	4,0	13,0
28/06/01	13,0	13,0	12,0	10,0
04/07/01	15,0	14,0	12,0	13,0
06/07/01	8,0	9,0	9,0	9,0
09/07/01	15,0	15,0	15,0	15,0
<b>Sommano</b>	<b>275,1</b>	<b>238,1</b>	<b>251,1</b>	<b>243,5</b>

VOLUMI DI ACIDO NITRICO VERSATI NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA SOLUZ.-MADRE UTILIZZATA DAL 27/4 FINO ALLA FINE-CICLO				
DATA	SECONDARIO	REFLUO U.V.	REFLUO CI	TESTIMONE
	CC	CC	CC	CC
27/04/01	250	250	250	250
30/04/01	120	95	110	115
04/05/01	250	200	200	250
07/05/01	160	155	155	150
09/05/01	175	170	170	225
11/05/01	185	180	190	260
14/05/01	150	140	190	195
16/05/01	190	190	180	355
18/05/01	220	200	155	155
22/05/01	220	220	270	370
25/05/01	250	250	250	250
29/05/01	160	200	250	300
01/06/01	100	100	200	290
04/06/01	250	100	250	300
05/06/01	60	-	110	170
08/06/01	250	200	230	200
12/06/01	200	50	200	300
18/06/01	300	-	300	300
25/06/01	200	250	300	300
28/06/01	200	200	175	150
04/07/01	220	200	250	200
06/07/01	200	200	200	250
09/07/01	200	200	200	220
<i>Somma parz.</i>	4.510	3.750	4.785	5.555

Dai superiori dati e per quanto detto nel par. 3.8.2.2., si deduce che, in tutto l'arco della stagione, l'acqua a minore  $E_c$  è risultata quella del "secondario", mentre il "refluo CI", il "testimone-irriguo" ed il "refluo U.V." hanno presentato valori maggiori e tra di loro confrontabili, indicando in quest'ultima tipologia idrica quella a superiore conducibilità elettrica.

L'acqua maggiormente alcalina è risultata - dalla lettura delle somministrazioni di acido nitrico e per quanto detto nel par. 3.8.2.2. - quella del "testimone-irriguo", seguita rispettivamente da "refluo CI", "secondario" e "refluo U.V.".

Questi dati vengono confermati dalla seguente tabella riepilogativa che indica il quantitativo dei singoli concimanti somministrati stagionalmente per ciascuna tipologia di acqua.

FERTIRRIGAZIONE TOTALE				
CONCIMI	SECONDARIO	REFLUO U.V.	REFLUO CI	TESTIMONE
	Kg	Kg	Kg	Kg
acido fosforico	6,1	5,4	5,7	5,4
nitrate K	36,7	32,2	34,0	32,6
nitrate di Ca	12,6	11,0	11,6	11,2
solfo Mg	12,9	11,3	12,0	11,5
microelementi	1,2	1,1	1,1	1,1
sequestrene	0,8	0,7	0,8	0,7
nitrate ammonico	3,6	3,1	3,3	3,2
	ACIDO NITRICO			
	CC	CC	CC	CC
	6.972,0	6.229,0	7.249,0	8.131,0

Nella prossima tabella viene indicato il quantitativo dei singoli concimanti veicolati stagionalmente da 1 lt di acqua.

<b>FERTIRRIGAZIONE TOTALE</b>				
<b>CONCIMI</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>
acido fosforico	0,120	0,105	0,111	0,106
nitrato K	0,721	0,630	0,664	0,639
nitrato di Ca	0,246	0,215	0,227	0,219
solfo Mg	0,254	0,222	0,234	0,225
microelementi	0,024	0,021	0,022	0,021
sequestrene	0,016	0,014	0,015	0,014
nitrato ammonico	0,070	0,061	0,064	0,062
<b>ACIDO NITRICO</b>				
	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>
	0,137	0,122	0,141	0,159

Per completare la presente trattazione di seguito viene illustrato il quantitativo dei singoli concimi, somministrati con la tecnica fertirrigatoria durante il 1° ciclo, a ciascuna pianta in funzione delle 4 tipologie di acqua in progetto.

<b>SUOLO</b>				
<b>CONCIMI</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>
acido fosforico	8,3	7,3	7,7	7,4
nitrato K	50,1	43,7	46,1	44,4
nitrato di Ca	17,1	14,9	15,7	15,2
solfo Mg	17,6	15,4	16,2	15,6
microelementi	1,7	1,5	1,5	1,5
sequestrene	1,1	1,0	1,0	1,0
nitrato ammonico	4,8	4,2	4,4	4,3
acido nitrico (cc)	9,5	8,5	9,8	11,1

<b>FUORI SUOLO</b>				
<b>CONCIMI</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>	<b>gr/pianta</b>
acido fosforico	13,7	12,0	12,6	12,1
nitrato K	82,2	71,8	75,7	72,9
nitrato di Ca	28,1	24,6	25,8	25,0
solfo Mg	29,0	25,3	26,6	25,7
microelementi	2,7	2,4	2,5	2,4
sequestrene	1,8	1,6	1,7	1,6
nitrato ammonico	8,0	6,9	7,3	7,0
acido nitrico (cc)	15,6	13,9	16,1	18,2

Questi valori confermano tutte le superiori considerazioni sulla qualità di partenza di ogni singola acqua ed evidenziano una maggiore nutrizione media delle piante in “fuori suolo”, dipendente semplicemente dal maggiore quantitativo di soluzione fertirrigatoria somministrata a queste ultime.

### 3.8.2.5. Analisi chimico-fisiche delle soluzioni fertirrigatorie.

Sono state previste due diverse composizioni delle soluzioni nutritive (o figlie): la prima da somministrare alla coltura fino al 5° palco fiorale (1), la seconda dal 5° palco fiorale alla raccolta (2) (vedi tabella seguente).

Nella prima è stata apportata una maggior quantità di nitrato d'ammonio; nella seconda sono state aggiunte maggiori quantità di nitrato di potassio, nitrato di calcio e solfato di magnesio (vedi tabella seguente).

Prodotto Commerciale	Composizione	Titolo	Riserva Soluz. Madre	al 5° Palco	dopo 5° Palco
				Gr/1000 litri soluzione nutritiva	
Hydrofluid P54	Acido fosforico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 54	B	150	150
Haifa Multi Pony	Nitrato potassico	N - K 13 - 46	AB	800	950
Nitrosprint	Nitrato di calcio	N - Ca 31-40	A	200	350
Aenne 34 - Pavoni	Nitrato d'ammonio	NO <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub> 14,4 -1,1	A	215	100
Solfomagnesio - Pavoni	Solfato di magnesio	MgSO <sub>4</sub> - MgO - SO <sub>3</sub> 49 -16 - 30	B	250	350
Multimicro Fluid - Agrevo	Microelementi	Mn - Zn - Cu - B - MgO - S 1,5-1,1-0,5- 0,3 -44,2 - 5,4	B	30	30
Sequestrene NK 138F - Novartis	EDDHA Azoto Ureico Fe	N - K <sub>2</sub> O - Fe 3 - 15 - 6	A	20	20

Caratteristiche concimi utilizzati e quantità teoriche apportate per 1000 lt di soluzione nutritive.

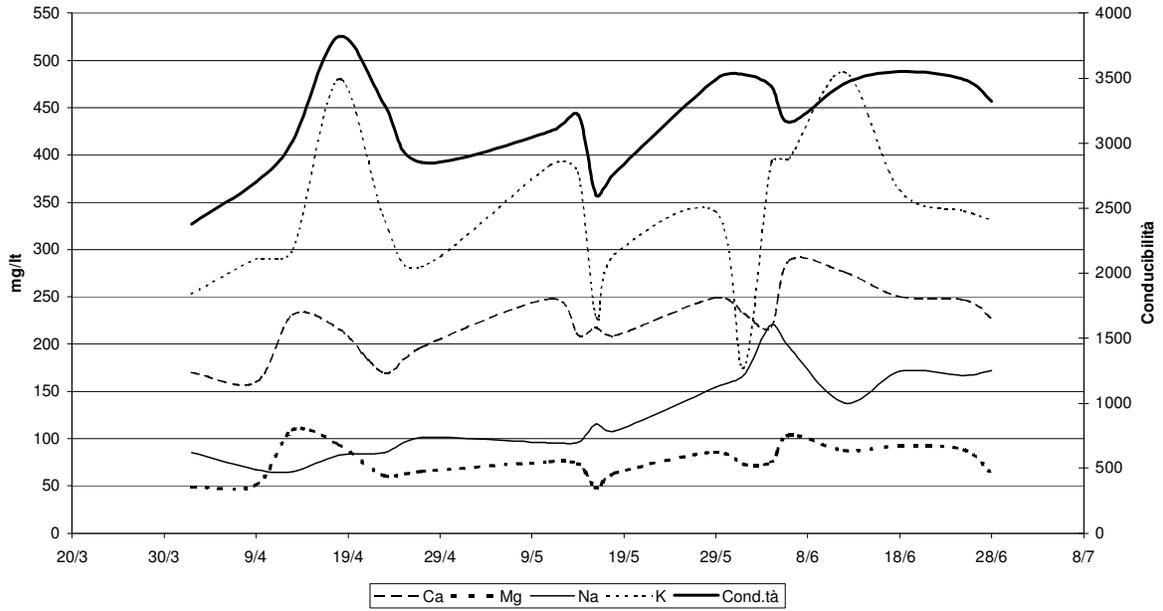
I concimi sono stati solubilizzati in due diverse soluzioni madri (riserva A e B): ciò si è reso necessario per non miscelare sali che avrebbero portato alla formazione di precipitati insolubili, come ad esempio il Solfato di Calcio. Attraverso prove simulate in laboratorio con piccoli volumi, si è verificata la solubilità di ciascun sale a diversi volumi d'acqua. Una concentrazione 100 volte maggiore, rispetto a quella teorica finale prevista, è stata ritenuta sufficiente a evitare la formazione di precipitati all'interno dei due serbatoi contenenti le soluzioni madri e nel contempo a favorire una agevole miscelazione con le acque irrigue nei serbatoi di accumulo.

Tipologia Sol.ni Nutritive		Cond.a 25° C	pH	Ca	Mg	Na	K	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P	Zn	Pb	B	Mn	Fe	Cu	Al
		µs/cm <sup>-1</sup>		Ppm																
S.N. Secondaria	1	3062	6,1	169	67	71	384	1753	25	193	117	176	36	0,3	0,03	0,5	2,1	1,3	0,2	0,5
	2	3431	6,3	237	78	148	396	1161	22	89	236	202	38	0,3	0,04	0,5	2,0	1,2	0,2	0,4
S.N. UV	1	2911	6,2	163	66	73	368	1585	20	202	113	158	36	0,5	0,04	0,6	2,1	1,3	0,1	0,6
	2	3345	6,1	236	79	156	407	1220	15	23	240	189	37	0,4	0,03	0,5	1,9	1,2	0,2	0,5
S.N. Cloro	1	2946	6,2	160	65	86	366	1753	28	209	125	154	35	0,3	0,04	0,6	2,1	1,3	0,2	0,3
	2	3453	6,2	223	74	179	384	1150	27	86	254	165	33	0,3	0,03	0,5	2,0	1,3	0,2	0,4
S.N. Testimone	1	3055	6,2	208	71	91	427	1423	26	185	208	116	47	0,5	0,04	0,2	1,8	1,0	0,2	0,4
	2	3442	6,4	249	84	173	353	1024	22	102	315	137	35	0,4	0,04	0,3	1,9	1,2	0,1	0,4

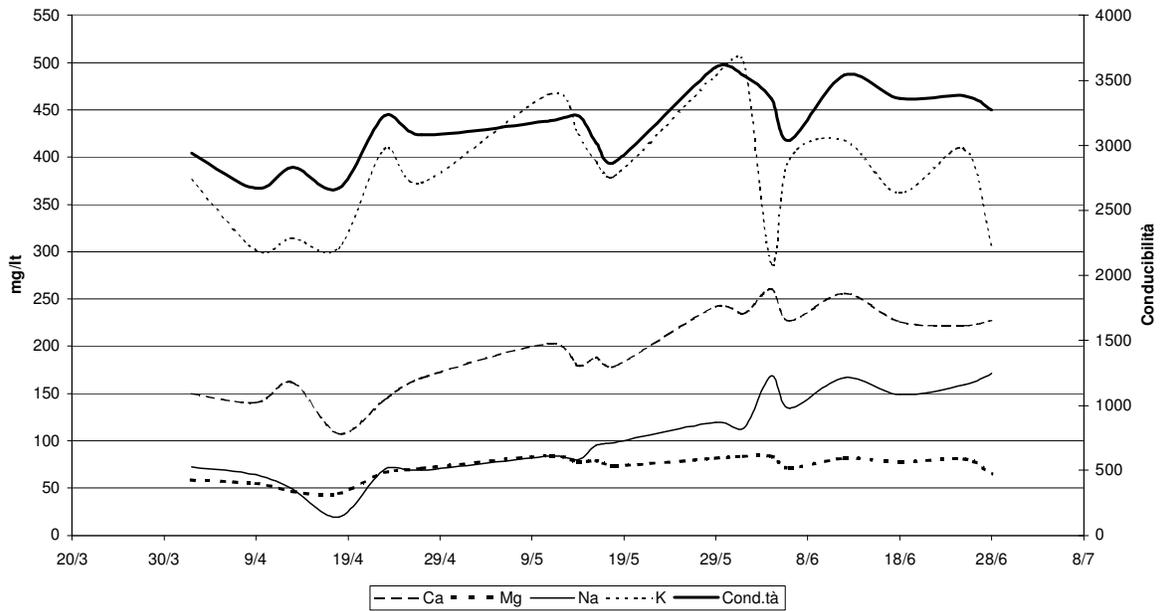
Parametri medi rilevati analiticamente per le due diverse composizioni delle soluzioni nutritive: 1 (fino al 5° palco) e 2 (dopo il 5° palco) in ciascun settore.

Per il dosaggio delle quantità delle soluzioni madri da miscelare con le acque irrigue, ci si è avvalsi di una sonda multiparametrica della yellow spring inc. (mod. 600-R-BCR-C-T-PH-DO) collegata ad un personal computer portatile. Le quantità di soluzioni madri aggiunte sono state stabilite attraverso la lettura in tempo reale delle conducibilità raggiunte all'interno di ciascun serbatoio. I valori di conducibilità raggiunti sono oscillati tra 3000-3500 µs/cm<sup>-1</sup>. Il pH è stato sempre mantenuto intorno a 6 attraverso l'aggiunta di volumi variabili tra 200 e 350 cc di HNO<sub>3</sub> per ciascuno dei quattro serbatoi di accumulo di 1500 lt .

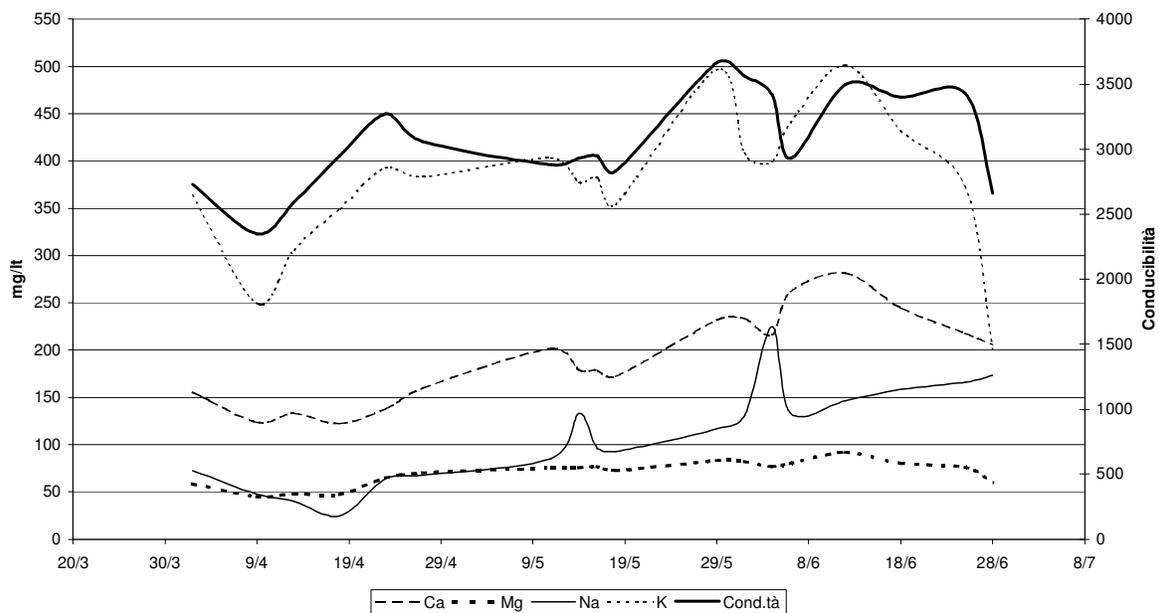
Soluzione Nutritiva "Testimone"



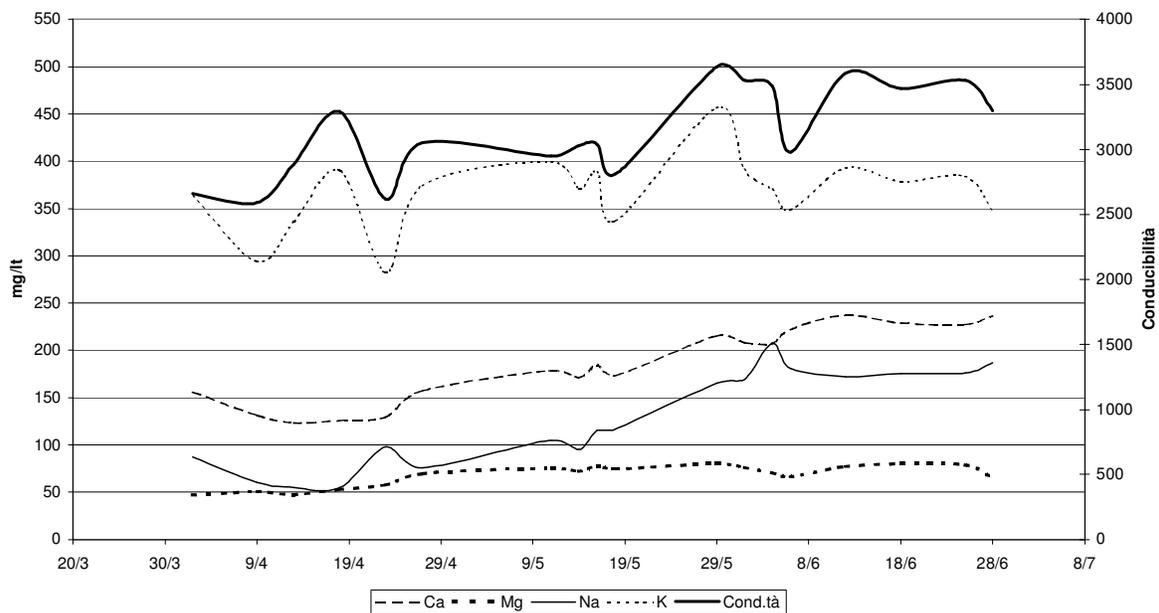
Soluzione Nutritiva "Secondario"



### Soluzione Nutritiva "UV"



### Soluzione Nutritiva "Cloro"



### 3.8.2.6. Analisi microbiologiche delle soluzioni fertirrigatorie

In data 10 e 16 Luglio (vedi tabella 3.8.2.6/1) sono stati prelevati quattro campioni d'acqua (acqua depurata con trattamento ossidativo biologico, acqua disinfettata con UV, acqua disinfettata con cloro ed acqua di falda) addizionati con sostanze nutritive e corrispondenti campioni di argilla prelevati da colture "senza suolo".

I risultati microbiologici dimostrano presenza di cariche microbiche (coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi) in tutte e tre le acque reflue analizzate.

Questi risultati non hanno permesso di trarre alcuna conclusione definitiva in quanto è apparso necessario, in sede di commento finale al 1° ciclo, valutare attentamente la differenza tra carica microbica presente prima e dopo l'aggiunta di sostanze nutritive ed il periodo di tempo intercorso tra l'aggiunta di queste e la loro successiva utilizzazione per la irrigazione delle piante di pomodoro.

**Tabella 3.8.2.6/1** - Risultati delle analisi microbiologiche di acque addizionate con sostanze nutritive. Campionamento del 10 Luglio 2001

	1	2	3	4
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	$2,8 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$	<1
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 ml	$1,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10$	6,0	2

1 = acqua depurata con trattamento ossidativo biologico (trattamento secondario)

2 = acqua disinfettata con raggi UV

3 = acqua disinfettata con cloro

4 = acqua di falda (controllo)

### 3.8.2.7. Analisi microbiologiche dei drenaggi del "fuori suolo"

I risultati delle indagini condotte su campioni di argilla e quelle successive su acque raccolte da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo" (vedi tabella 3.8.2.7/1) avevano lo scopo di valutare l'eventuale rischio infettivo su operatori addetti alle serre. La valutazione delle analisi ha permesso di formare l'opinione che, per tutelare la salute degli operatori addetti alla coltivazione delle piante in serra, più che un continuo controllo microbiologico sull'argilla e sull'acqua del sottovaso, sarebbe opportuno istituire un adeguato corso di educazione sanitaria e dare idonee indicazioni su come evitare che si contraggano eventuali infezioni durante l'espletamento delle attività lavorative.

**Tabella 3.8.2.7/1** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni d'acqua raccolti nei sottovasi coltura "senza suolo". Campionamento del 16 Luglio 2001

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	6,4 x 10 <sup>2</sup>	5,0 x 10	4,0	2,2 x 10
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 ml	2,0 x 10	4,0	<1	1,1 x 10 <sup>2</sup>

- 1** = acqua raccolta da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo", irrigate con refluo secondario  
**2** = acqua raccolta da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo", irrigate con refluo disinfettato con UV  
**3** = acqua raccolta da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo", irrigate con refluo disinfettato con cloro  
**4** = acqua raccolta da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo", irrigate con acqua di falda (controllo)

### 3.8.3. Tecnica di allevamento del pomodoro

Le piantine di pomodoro, varietà Naomi T, sono state trapiantate in data 26 Febbraio. Le operazioni di trapianto si sono protratte per complessivi giorni tre. Il ciclo di coltivazione realizzato è da considerarsi, pertanto, tardivo.

Il sesto adottato per le parcelle è stato di 90 cm. tra le file e 30 cm. sulle file, per un totale di 280 piante per ciascuna parcella (35 piante/fila x 8 file/parcella), per un investimento complessivo di 2.240 piante, su una superficie protetta di 720 m<sup>2</sup>.

A circa un mese dalla data di trapianto, si è proceduto a legare le piantine con filo di nylon. Le operazioni di legatura si sono protratte per cinque giorni, iniziando con le parcelle su suolo in data 27 Marzo e terminando con il fuori suolo in data 31 Marzo.

Detta legatura è consistita nell'allacciare il filo alla manichetta, in corrispondenza della base della pianta, evitando di provocare strozzature, e tenderlo fino ad un supporto in ferro che si sviluppa nel senso del filare ad un'altezza di circa 270 cm. Man mano che la pianta si sviluppava in altezza, il fusto veniva accompagnato periodicamente attorno al filo. Tale sistema di tutoraggio si è reso necessario in quanto la cultivar impiegata, come del resto la quasi totalità delle varietà di pomodoro destinate al consumo fresco, è a sviluppo indeterminato e a conformazione sarmentosa.

Dopo l'invasatura del primo grappolo fruttifero, man mano che la pianta si sviluppava in altezza, veniva defogliata alla base per favorire l'aerazione e la colorazione delle bacche e sono stati eliminati i getti laterali.

Dopo la differenziazione del 10° grappolo, la pianta è stata cimata per accelerare l'ingrossamento e la maturazione dei frutti e per programmare la fine del ciclo di produzione per la prima decade di Luglio.

Per quanto attiene l'impollinazione, al fine di contribuire all'ottenimento di una produzione qualitativamente di pregio, all'ormonatura chimica è stato preferito il ricorso all'impollinazione entomofila tramite l'azione dei bombi (*Bombus terrestris*).

Il pomodoro è la coltura sulla quale i bombi trovano l'impiego più semplice e redditizio; infatti, tale tecnica naturale, oltre a garantire un risultato in termini di sviluppo della bacca pressoché identico, se non superiore, all'ormonatura chimica, permette la separazione spontanea dei petali dopo l'allegagione, evitando così la creazione di punti di insediamento di botrite.



Si ottiene, inoltre, uno sviluppo dei frutti più regolare ed un peso specifico degli stessi maggiore, oltre ad una migliore resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Si ha, infine, un notevole risparmio sulla manodopera altrimenti impiegata nelle operazioni di ormonatura o di vibratura meccanica.

Si è proceduto ad accertare in modo assai semplice il livello di impollinazione tramite un rapido campionamento dei fiori che presentavano in gran numero i segni neri che il vigoroso aggancio con zampe e mandibole lascia sul cono staminale.

Nella serra è stata posta un'arnia del tipo "Natupol" prodotta dalla Koppert, contenente una colonia di bombi, sufficiente a coprire una superficie di circa 1.250 m<sup>2</sup>. Intorno a metà ciclo si è reso necessario collocare una nuova arnia, in quanto la prima si era pressoché esaurita.

Bombus t. su fiore di pomodoro



Arnia di *Bombus terrestris* commercializzata da Koppert



Petali appesi su frutto impollinato da bombi



Fiore "marcato" dal passaggio dei bombi

### 3.8.4. Difesa della coltura

Tutte le fisiopatie e le patologie che interessano il pomodoro sono presenti in Sicilia in forma più o meno grave.

Soprattutto in coltura protetta, problemi di aerazione e di umidità al loro interno determinano spesso attacchi fungini di una certa rilevanza.

Dal punto di vista agronomico si è cercato di ricorrere a tecniche preventive quali l'attivazione di una corretta circolazione dell'aria all'interno della serra, l'attuazione di particolari attenzioni durante le operazioni di scacchiatura e defogliazione (tagli netti per favorire una rapida cicatrizzazione delle ferite), l'eliminazione della vegetazione secca o morente.

La coltura è stata sottoposta a trattamenti antiparassitari esclusivamente all'insorgenza di sintomi ed in numero molto ridotto.

Complessivamente sono stati effettuati tre interventi antiparassitari:

- un trattamento a base di ossicloruro di rame (Polvere Caffaro, nella dose di 1 Kg/hl), in data 13.04, contro peronospora<sup>5</sup>;
- un trattamento a base di zolfo colloidale (150 gr/hl), in data 15.04, contro oidio<sup>6</sup>;
- un trattamento con Dodine (Syllit, nella dose di 150 gr/hl), in data 3.06, contro cladosporiosi<sup>7</sup> ed altre patologie fungine.

Nessun trattamento insetticida è stato effettuato, non essendosi riscontrato alcun attacco di rilievo. Sono stati rilevati soltanto pochi esemplari di ragnetto rosso (*Tetranychus urticae*). Si rammenta al riguardo che la serra è stata corredata di rete antinsetto di colore bianco a maglia 14/10 che, posta anche sulle aperture d'ingresso, ha svolto un'efficace azione di controllo.

Tra le fisiopatie, si è riscontrato soltanto qualche sporadico caso di marciume apicale e di spaccatura dei frutti, dovuto, con ogni probabilità, a squilibri idrici verificatisi in tempi brevi.

E' da dire, infine, che la varietà coltivata (Naomi T) è dichiarata tollerante a fusariosi (razza 1), verticilliosi e TMV (Tomato Mosaic Virus).



<sup>5</sup> **PERONOSPORA** (*Phytophthora infestans*): **Operazioni di defogliazione e scacchiatura** è una malattia che colpisce la coltura del pomodoro molto frequentemente, attaccando foglie, fusto e frutti. Le foglie della pianta del pomodoro attaccata dalla peronospora presentano macchie clorotiche con necrosi dei tessuti. La pagina inferiore evidenzia la presenza di efflorescenze biancastre. Sul fusto della pianta la peronospora si manifesta con macchie necrotiche scure che interessano i tessuti sottostanti, con conseguente morte di tutta la vegetazione sovrastante.

<sup>6</sup> **OIDIO** (*Erysiphe spp.*): l'infezione compare sulle foglie più vecchie in cui si manifestano delle macchie giallastre che successivamente necrotizzano causando il disseccamento delle stesse foglie che, peraltro rimangono attaccate al fusto. Sulla pagina inferiore della foglia colpita compare la caratteristica efflorescenza biancastra. La pianta di pomodoro colpita dall'oidio ha uno sviluppo ridotto e produzioni basse e scadenti. La malattia si sviluppa soprattutto in concomitanza di temperature alte e di tempo asciutto.

<sup>7</sup> **CLADOSPORIOSI** (*Cladosporium fulvum*): i sintomi di questa malattia si manifestano sulla pagina superiore delle foglie più vecchie che presentano delle zone decolorate e giallastre, mentre, sulla pagina inferiore, in corrispondenza delle macchie descritte, compaiono macchie di colore bruno; successivamente le foglie colpite da cladosporiosi ingialliscono e cadono.

### 3.8.5. Osservazioni fenologiche

A metà ciclo, a circa 70 giorni dalla data di trapianto, si è provveduto ad effettuare alcune misurazioni al fine di rilevare l'accrescimento delle piante.

I parametri misurati sono stati:

1. altezza delle piante;
2. lunghezza media degli internodi fiorali;
3. diametro dei fusti a 5 cm. da terra;
4. diametro dei fusti a 100 cm. da terra.

Dette misurazioni sono state effettuate in data 16 Maggio 2001 su un campione di quattro piante per ciascuna parcella.

I valori medi sono sintetizzati nella tabella seguente.

parcella	h pp. (cm)	internodi fiorali (cm)	diam. fusti (cm)	
			h: 5 cm	h: 100 cm
Suolo SEC	186,3	22,3	0,9	1,5
Suolo UV	190,0	23,5	0,9	1,5
Suolo CL	181,3	22,3	1,0	1,4
Suolo ACQUA IRR	196,3	24,5	1,0	1,4
Fuori Suolo SEC	167,5	22,8	1,0	1,4
Fuori Suolo UV	168,8	24,3	1,0	1,3
Fuori Suolo CL	154,0	17,0	1,0	1,1
Fuori Suolo ACQUA IRR	169,8	23,5	1,1	1,4

Dall'esame di detta tabella si può notare come i testimoni, irrigati con acque irrigue convenzionali, hanno fatto registrare lo sviluppo vegetativo maggiore, sia su suolo che su fuori suolo.

Si osserva, altresì, che lo sviluppo vegetativo delle piante coltivate su fuori suolo è sensibilmente più contenuto di quello relativo alle piante su suolo. Ciò si ritiene sia da ascrivere ad una maggiore disponibilità di elementi nutritivi nel terreno, principalmente azoto, che ha determinato nelle piante una maggiore vegetazione.

Un altro dato da osservare è relativo allo sviluppo più contenuto delle piante irrigate con refluo clorato; la minore altezza delle piante è comune sia alle parcelle coltivate su suolo che a quelle in fuori suolo.

Complessivamente, però, le piante irrigate con refluo clorato coltivate in vaso hanno avuto uno sviluppo, dal punto di vista vegetativo, più stentato; ciò, oltre che

dall'altezza delle piante, si evince anche dai dati relativi al diametro dei fusti a 1 mt. e dalla lunghezza degli internodi fiorali.

Le motivazioni di detto comportamento non sono, in quel momento, apparse del tutto chiare. Si è ipotizzato, comunque, una influenza dell'ipoclorito di sodio, utilizzato per la clorazione del refluo, sullo sviluppo delle piante.

Le diverse forme che detto composto potrebbe assumere nella soluzione nutritiva, pur non oltrepassandosi le soglie di tossicità, si ritiene possano indurre una riduzione della crescita delle piante.

### 3.9. Le produzioni negli 8 settori di “suolo” e “fuori suolo”

#### 3.9.1. Quantità prodotte

Di seguito si illustrano il calendario di raccolta ed i quantitativi netti di pomodoro prodotto, esitati durante l'esercizio del 1° ciclo colturale da ciascun settore rappresentativo del binomio “sistema di coltivazione-tipologia di acqua”.

La produzione dell'intero 1° ciclo ha raggiunto i 31 q.li per 720 mq di serra (lordo), pari a 660 mq effettivamente coltivati (al netto delle tare).

N° SETTORE IRRIGUO	SISTEMA COLTIVAZIONE - ACQUA	RACCOLTA DEL				TOTALE PRODUZIONE Kg
		7/06/2001 Kg	22/06/2001 Kg	28/06/2001 Kg	09/07/2001 Kg	
1	SUOLO - SECONDARIO	106,4	106,4		128,8	341,6
3	SUOLO - REFLUO U.V.	89,6	112,0		168,0	369,6
5	SUOLO - REFLUO CI	78,4	84,0		168,0	330,4
7	SUOLO - TESTIMONE	72,8	95,2	39,0	72,8	279,8
2	FUORI SUOLO - SECONDARIO	151,2	173,6		173,6	498,4
4	FUORI SUOLO - REFLUO U.V.	168,0	173,6		123,2	464,8
6	FUORI SUOLO - REFLUO CI	151,2	173,6		78,4	403,2
8	FUORI SUOLO - TESTIMONE	147,8	131,0		131,0	409,8
		965,4	1.049,4	39,0	1.043,8	3.097,6

La prima considerazione è che i settori del “fuori-suolo” sono risultati di gran lunga più produttivi di quelli del “suolo” e che tra questi quello irrigato con “secondario” ha conseguito il risultato massimo. Quasi allo stesso livello del precedente si colloca il settore “fuori suolo-refluo U.V.”, mentre relativamente distaccati appaiono i settori “fuori suolo-testimone” e “fuori suolo-refluo CI”.

Nel sistema di coltivazione tradizionale, il settore più produttivo è risultato quello del “suolo-refluo U.V.”, seguito pressocchè da vicino da “suolo-secondario” e “suolo-refluo CI”. Abbastanza distaccato appare il “suolo-testimone”.

Abbastanza costante è la scalarità di produzione nel “fuori-suolo”, con l'eccezione della combinazione “fuori suolo-refluo CI”, la cui ultima raccolta è risultata pari a meno della metà di ciascuna delle precedenti.

La produttività dell'intera serra, al netto delle tare, varia dai Kg/mq 6,0 del settore “fuori suolo secondario” ai Kg/mq 3,4 della combinazione “suolo-testimone”, per una media ponderata totale di Kg/mq 4,7. Detta media ponderata deriva dalla combinazione di quelle singole riferibili ai due sistemi di coltivazione: infatti il “suolo” presenta una produttività media di Kg/mq 4,0, mentre il “fuori-suolo” di Kg/mq 5,4.

#### 3.9.2. Caratteristiche dimensionali dei palchi fruttiferi

I parametri biometrici misurati per la caratterizzazione della produzione ottenuta sono stati i seguenti:

1. peso medio delle bacche;
2. diametro longitudinale e trasversale delle bacche;
3. peso medio dei grappoli;
4. n° di bacche per grappolo.

Detti parametri fanno riferimento ad un campione di circa 100 bacche per ciascuno dei palchi fruttiferi e per ognuno dei due cicli di produzione realizzati.

Le relative elaborazioni, riportate nelle tabelle di sintesi, fanno riferimento ai primi tre palchi, assumendosi i dati ottenuti estendibili anche ai rimanenti.

Nella maggior parte dei casi, i pesi medi delle bacche si sono discostati in misura abbastanza contenuta da quello che è considerato lo standard per la varietà Naomi T, che è di circa 25-30 gr., di dimensioni leggermente maggiori rispetto al ciliegino tradizionale (cv. Naomi).

I pesi maggiori sono stati ottenuti nel 1° palco nelle parcelle in fuori suolo irrigate con i tre reflui (secondario: 19,5 gr.; trattato con raggi UV: 20.9 gr., trattato con ipoclorito di sodio: 20.0 gr.); pesi leggermente superiori, ma paragonabili al precedente, si sono rilevati nel 2° palco (trattato con ipoclorito di sodio: 22.3 gr., trattato con raggi UV: 20.8 gr., secondario: 20.7 gr. ). Nel 3° palco è la parcella su suolo irrigata con refluo secondario che fa registrare il peso medio maggiore, 20.6 gr., di poco superiore al fuori suolo clorato, 20.0 grammi.

La pezzatura è da ritenersi sufficientemente uniforme e poco si discosta dai valori medi.

I diametri longitudinali e trasversali confermano la forma tondeggiante regolare dei frutti, caratteristica della varietà.

La pezzatura appare leggermente superiore al ciliegino tradizionale (cv. Naomi) che per la categoria merceologica "extra" fa registrare un diametro trasversale compreso tra 20 e 30 mm.; la maggior parte della produzione, per pezzatura, è riconducibile alla categoria "prima" con diametro compreso tra 30 e 35 mm. La pezzatura ideale richiesta dal mercato si attesta oggi intorno ai 22 mm.

Per quanto attiene il peso medio dei grappoli, i valori maggiori sono stati registrati nell'ambito delle produzioni delle parcelle del fuori suolo irrigate con acque reflue sottoposte a clorazione. Il numero di frutti per grappolo è risultato sempre superiore a 11, con un picco di 16 nella produzione di 2° palco del fuori suolo secondario.

La forma dei grappoli è risultata sempre regolare, tipicamente a lisca di pesce; soltanto nelle produzioni delle parcelle irrigate con reflui clorati, sia su suolo che su fuori suolo, la forma dei grappoli è risultata piuttosto irregolare, con tendenza al raccorciamento del rachide e ad assumere un aspetto globoso.

L'incidenza di frutti soggetti a spaccatura è da ritenersi pressoché nulla, essendosi limitata all'1% e al 2% delle produzioni di 1° palco rispettivamente del suolo UV e del fuori suolo secondario.

**CARATTERISTICHE BIOMETRICHE DEI FRUTTI E DEI GRAPPOLI – 1° CICLO DI PRODUZIONE**

Parcella	1° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	15,8	4,1	2,6	0,3	2,7	0,3
Suolo UV	16,2	4,4	2,8	0,3	3,0	0,3
Suolo CL	17,2	3,8	2,7	0,3	2,9	0,3
Suolo ACQUA IRR	15,6	3,6	2,8	0,2	3,0	0,3
Fuori Suolo SEC	19,5	4,8	3,0	0,3	3,2	0,3
Fuori Suolo UV	20,9	5,0	3,1	0,3	3,3	0,3
Fuori Suolo CL	20,0	5,4	3,0	0,3	3,2	0,4
Fuori Suolo ACQUA IRR	14,2	5,1	2,8	0,4	2,9	0,4

Parcella	2° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	18,2	4,2	3,2	0,3	2,9	0,3
Suolo UV	19,0	4,2	3,2	0,2	3,0	0,2
Suolo CL	18,9	5,4	3,0	0,3	3,2	0,3
Suolo ACQUA IRR	18,2	2,8	2,7	0,2	2,9	0,2
Fuori Suolo SEC	20,7	3,6	3,1	0,2	3,3	0,2
Fuori Suolo UV	20,8	5,1	3,0	0,3	3,2	0,3
Fuori Suolo CL	22,3	5,2	3,2	0,3	3,3	0,3
Fuori Suolo ACQUA IRR	20,3	6,5	2,8	0,4	3,0	0,5

Parcella	2° Palco - Grappoli			
	Peso medio grappoli	d.s.	n. bacche/grappolo	d.s.
Suolo SEC	202,2	49,7	11	1,6
Suolo UV	220,0	25,3	12	1,2
Suolo CL	240,8	63,1	13	1,7
Suolo ACQUA IRR	210,8	22,3	12	1,4
Fuori Suolo SEC	235,6	25,0	11	1,4
Fuori Suolo UV	241,1	50,4	12	1,7
Fuori Suolo CL	258,0	48,3	12	1,3
Fuori Suolo ACQUA IRR	245,6	26,2	12	2,0

Parcella	3° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	20,6	7,2	3,0	0,4	3,3	0,5
Suolo UV	16,8	4,6	2,8	0,3	3,1	0,3
Suolo CL	17,8	3,7	2,9	0,3	3,1	0,3
Suolo ACQUA IRR	18,4	4,9	2,9	0,3	3,2	0,4
Fuori Suolo SEC	17,6	7,6	2,8	0,5	3,1	0,5
Fuori Suolo UV	19,0	5,2	2,4	0,3	2,6	0,3
Fuori Suolo CL	20,0	8,5	2,5	0,5	2,7	0,5
Fuori Suolo ACQUA IRR	19,7	6,8	2,4	0,4	2,6	0,4

Parcella	3° Palco - Grappoli			
	Peso medio grappoli	d.s.	n. bacche/grappolo	d.s.
Suolo SEC	286,6	42,7	14	2,7
Suolo UV	186,8	59,6	11	3,3
Suolo CL	213,9	36,1	13	1,9
Suolo ACQUA IRR	242,2	21,8	14	1,0
Fuori Suolo SEC	297,0	26,7	17	2,3
Fuori Suolo UV	241,2	36,1	13	1,8
Fuori Suolo CL	294,8	48,2	15	1,8
Fuori Suolo ACQUA IRR	261,0	43,5	14	3,3

### 3.9.3. Caratteristiche organolettiche dei palchi fruttiferi

#### Modalità di campionamento

Per ambedue i cicli colturali sono stati seguiti gli stessi criteri sia per stabilire il momento di raccolta, sia nella formazione del campione medio da sottoporre ad analisi. Per quanto riguarda il primo aspetto, si è proceduto alla raccolta di ciascun palco fiorale quando almeno il 90 % delle bacche presentavano un colore rosso carico, prelevando 2 grappoli per ogni fila all'interno di ogni settore. Il campionamento all'interno del laboratorio è stato eseguito prelevando casualmente un numero di bacche tale da raggiungere un peso di 100 gr per ciascun palco. I gradi brix sono stati determinati direttamente sul succo, gli altri parametri sul campione centrifugato.

SETTORE	Ph	Gradi Brix	Acidità titolabile (mmoli H <sup>+</sup> /lt)	acido citrico gr/lt
Sec. Suolo	4,4	6,8	87	6
UV Suolo	4,4	7,4	78	5
Clorato Suolo	4,4	7	82	5
Test Suolo	4,1	6,8	94	6
Sec. Fuori suolo	4,3	8	98	6
UV Fuori suolo	4,3	7,7	84	5
Clorato Fuori suolo	4,4	6,9	71	5
Test. Fuori Suolo	4,4	7	73	5

Parametri medi dei primi tre palchi fruttiferi del primo ciclo colturale.

#### Risultati

Dalla tabella è possibile riscontrare come i frutti del primo ciclo abbiano raggiunto a parità di maturazione commerciale un contenuto zuccherino (gradi Brix) di apprezzabile standard merceologico e, comunque, più elevato rispetto a quelli del secondo ciclo, più avanti trattato. L'acidità titolabile, a parità di risorsa irrigua, è equamente suddivisa: risulta maggiore nei campioni irrigati con secondario e con U.V. in idroponica, mentre superiore si manifesta nei campioni irrigati con clorato e con testimone irriguo su coltura tradizionale.

#### Metodiche utilizzate per l'analisi dei frutti

Tecnica analitica utilizzata	Parametro
Titolazione potenziometrica (*)	Ph, Acidità titolabile
Metodo rifrattometrico (**)	Gradi Brix

(\*) = Norma UNI EN n° 12147

(\*\*) = Norma UNI EN n° 12143

### 3.9.4. Analisi microbiologiche del primo palco fruttifero

I risultati ottenuti dall'analisi di campioni di pomodoro (5 Giugno 2001 - vedi tabella 3.9.4/1) irrigati con acque reflue trattate e coltivati con metodo tradizionale, dimostrano come questi metodi siano idonei dal punto di vista igienico-sanitario per la coltivazione dei pomodori e per la loro successiva distribuzione per uso alimentare. Infatti in tutte le condizioni adoperate, utilizzando irrigazioni con refluo secondario, refluo trattato con UV e refluo clorato, si sono ritrovate scarsissime cariche batteriche sulla superficie dei pomodori ed in ogni caso non superiori a quelle osservate con trattamento con acque ottenute da condotte cittadine ed utilizzate come condizioni di controllo. Diversa situazione si è presentata quando sono stati analizzati campioni di pomodoro coltivati con il metodo definito "senza suolo". Le superfici di pomodori presentavano cariche batteriche relativamente elevate di coli totali e minori concentrazioni di coli fecali e streptococchi fecali.

Tuttavia, la presenza di questi ultimi anche sulla superficie dei pomodori irrigati con acque di condotta cittadina (condizione di controllo) fa sospettare che sia necessario controllare attentamente il sistema degli ugelli e la direzione del getto del sistema di distribuzione, a goccia adoperato. Infatti è necessario escludere ogni possibilità di contatto del refluo con il prodotto edule.

**Tabella 3.9.4/1** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni di pomodori  
Campionamento del 5 Giugno 2001

Campioni pomodori	Coliformi totali /100g	Coliformi fecali /100g	Streptococchi fecali /100g
1) Refluo Secondario <i>coltivazione tradizionale</i>	244	4	<1
2) Refluo UV <i>coltivazione tradizionale</i>	384	4	4
3) Refluo Clorato <i>coltivazione tradizionale</i>	318	<1	<1
4) Acqua Testimone <i>coltivazione tradizionale</i>	300	<1	<1
5) Refluo Secondario <i>"senza suolo"</i>	500	28	610
6) Refluo UV <i>"senza suolo"</i>	1000	204	45
7) Refluo Clorato <i>"senza suolo"</i>	1000	32	80
8) Acqua Testimone <i>"senza suolo"</i>	13	<1	5

### 3.10. Il substrato di coltivazione post-impianto

#### 3.10.1. Caratteristiche fisico-chimiche del terreno

Modalità di campionamento fine sperimentazione: Ciascun settore è stato diviso in quattro sub-settori. Poco prima dell'espianto delle piantine sono state prelevate per ogni sub-settore diverse aliquote di terre a diretto contatto con le radici. Le quattro

aliquote di ciascun settore sono state, quindi, raggruppate in due sub-campioni e analizzati in laboratorio.

Metodiche utilizzate per l'Analisi dei Suoli. Vedasi par. 3.5.1.

### Risultati

Ovviamente come in pre-impianto, la classe granulometrica è risultata argillosa per la maggior parte dei campioni analizzati, franco sabbiosa argillosa per i rimanenti.

**Tab. 3.10.1/1** – Parametri medi del suolo a fine ciclo.

Settore	pH	Reazione	Calc tot.	Calc. Att.	S.O.	Carbonio	N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Estratto Saturo					Cationi Scambiabili				
											Cond.	Ca	Mg	Na	K	Cl	Na	K	Ca	Mg
											g/kg					ppm				
Second.	7,9	Subalcalino	141,7	27,5	24,0	13,9	1,4	10	552	1.394	4.060	8,7	3,2	3,0	1,1	3,6	0,8	3,0	19,0	5,4
UV	8,3	Alcalino	114,9	20,0	18,3	10,6	1,2	9	355	1.003	2.250	3,0	1,3	2,4	0,4	2,7	0,9	2,1	18,2	6,2
Clorato	8,0	Alcalino	90,0	18,8	19,7	11,4	1,3	9	366	1.456	3.040	4,1	1,7	2,7	0,8	2,5	1,0	3,1	18,6	5,7
Test	8,2	Alcalino	116,1	11,3	15,1	8,8	1,1	8	359	889	3.270	4,0	1,7	2,6	0,7	3,6	0,6	1,9	13,1	4,1

La reazione delle n° 4 tipologie di suolo (tab. 3.10.1/1) permane alcalina con l'unica variante del suolo irrigato con effluente secondario che risulta ai limiti dell'alcalinità ma classificabile nella categoria dei sub-alcalini.

Dai valori di calcare totale, tutti i suoli analizzati rientrano nella categoria dei mediamente calcarei, mentre da quelli del calcare attivo i suoli irrigati con secondario ed U.V. mostrano un'incidenza ritrovabile in un terreno normalmente dotato: soltanto i substrati trattati con acque clorate e con testimone addirittura mostrano una presenza scarsa di questo indice. Relativamente alla situazione pre-impianto si denota un leggero decremento della dotazione di calcare totale ed attivo su suoli irrigati con U.V., clorato e testimone ed un altrettanto leggero incremento per i suoli irrigati con secondario.

I valori di conducibilità (Ece) appaiono eccessivi ma bisogna tenere in conto di una situazione post-irrigatoria che ha previsto l'utilizzazione di formule concimatorie tipiche di un'orticoltura intensiva. La fertilità dei suoli, comunque, risulta confermata dai valori di capacità di scambio cationica (C.S.C.) che si attesta da un minimo di 19,70 (suoli irrigati con testimone) ad un massimo di 28,40 (suoli irrigati con effluente clorato) meq/100 g.

I valori di N risultano incrementati e vicini alla media, mentre ancor più elevate rispetto alla situazione di pre-impianto appaiono la presenza di fosforo, se rapportata alla reazione del terreno ed all'indice di calcare attivo, e quella di potassio, se messa in relazione con la capacità di scambio cationica e la dotazione in magnesio scambiabile.

Relativamente alla dinamica della sostanza organica (S.O) e dell'azoto (N), il rapporto C/N, se nel terreno pre-impianto indicava una situazione ai limiti (perdita di S.O. e di N), nei 4 suoli irrigati mostra una situazione di maggiore stabilità: fa eccezione il suolo irrigato con acqua testimone che denota una perdita di sostanza organica ed una liberazione di azoto.

Relativamente alla presenza di microelementi nella situazione post-irrigatoria (tab. 3.10.1/2), alla metodologia analitica adottata (DTPA) ed alla reazione alcalina, la stessa è sempre al di sopra dei valori critici per Cu, Fe e Zn; al contrario e

nonostante la composizione propria dei reflui e l'utilizzazione di concimi con presenza di microelementi (Multimicro) si evidenzia carenza in Cd, Ni e Pb a tal punto da valutarne ancora la rispettiva presenza molto prossima ai limiti critici.

**Tab. 3.10.1/2** – Indice di disponibilità microelementi del suolo a fine ciclo.

Settore	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Fe
	ppm					
Second.	0,13	0,37	4	3	21	14
UV	0,10	0,23	2	2	7	8
Clorato	0,12	0,27	2	2	9	9
Test	0,10	0,21	2	2	12	9

Vista la metodologia di campionamento e considerando sia la stabilità della presenza in Fe disponibile che il leggero decremento in calcare totale ed attivo, la più probabile ipotesi è quella di una migliore efficacia assicurata dall'azione controbilanciante del sequestrene, utilizzato nella fertilizzazione.

Da una visione più generale e di raffronto tra la situazione di pre- e post-impianto, appare che una generale disponibilità di elementi nutritivi risulta maggiore nei suoli irrigati con secondario, probabilmente a causa di un minor assorbimento operato dalle piante, dovuto ad un singolare e superiore indice di Ece.

Concludendo, esiste una sostanziale differenza tra le concentrazioni saline riscontrate sul campione pre-impianto e le concentrazioni saline dei sub-campioni prelevati a fine progetto. Si può affermare, comunque, che tali concentrazioni non pregiudicano la fertilità del terreno essendo confrontabili con altri suoli in cui si attuano tradizionali coltivazioni intensive protette.

### 3.10.2. Analisi microbiologiche dell'argilla espansa utilizzata per la coltivazione fuori-suolo

Le analisi sui campioni di argilla (tab. 3.10.2/1) dimostrano la presenza di elevate cariche microbiche in tutte le condizioni analizzate. Nell'argilla si potrebbero concentrare con il tempo microrganismi che provengono dalle acque adoperate per l'irrigazione.

**Tabella 3.10.2/1** - Risultati delle analisi microbiologiche di campioni di argilla. Campionamenti del 10 e del 16 Luglio 2001

	<b>1</b> (10/07/2001)	<b>2</b> (10/07/2001)	<b>3</b> (16/07/2001)	<b>4</b> (16/07/2001)
<b>Coliformi totali</b> u.f.c./100 g	2,8 x 10 <sup>8</sup>	2,6 x 10 <sup>5</sup>	/*	/*
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 g	5,0 x 10 <sup>7</sup>	5,0 x 10 <sup>4</sup>	1,4 x 10 <sup>3</sup>	2,8 x 10 <sup>2</sup>
<b>Streptococchi fecali</b> u.f.c./100 g	2,2 x 10 <sup>3</sup>	2,0 x 10	<1	3,4 x 10 <sup>5</sup>

\* l'elevata carica microbica ambientale riscontrata non permette di ricavare un dato attendibile sull'esatta concentrazione di batteri coliformi totali

1 = argilla prelevata da coltura "senza suolo" irrigata con refluo secondario

2 = argilla prelevata da coltura "senza suolo" irrigata con refluo disinfettato con UV

3 = argilla prelevata da coltura "senza suolo" irrigata con refluo disinfettato con cloro

4 = argilla prelevata da coltura "senza suolo" irrigata con acqua di falda (controllo)

In ogni caso, al fine di chiarire questa ipotesi ed in presenza di un reale interesse a meglio comprendere le relative dinamiche, potrebbe essere proponibile, per il futuro, procedere ad un supplemento di indagini microbiologiche su campioni di argilla prelevati prima del trattamento con acque reflue.

### **3.11. Operazioni colturali di chiusura al 1° ciclo colturale**

Al fine di valutare le risposte ottenute con la realizzazione del 1° ciclo colturale ripetendo la prova sperimentale con il rigore procedurale derivante dall'esperienza acquisita con la prova già effettuata, si è deciso di procedere ad un nuovo impianto di pomodoro var. Naomi T con epoca di trapianto autunnale.

Pertanto, nella seconda quindicina di giugno si è proceduto alla cimatura di tutti i pomodori al di sopra del 10° grappolo fruttifero, per indurre le piante ad anticipare la maturazione dei frutti ed al fine di potere così completare la raccolta entro la fine del successivo mese di luglio.

Tra il 20 ed il 21/07/2001 sono state estirpate le piante esaurite di prodotto.

Le piante del "fuori suolo" sono state tagliate a livello di vaso pieno. La relativa argilla espansa, compattata dalla presenza di un sistema radicale molto diffuso, è stata accumulata all'esterno della serra in maniera omogenea, per una sua disinfezione con i raggi solari.

### **3.12. Considerazioni economiche a carattere aziendale sul 1° ciclo**

Tra gli obiettivi del progetto vi è anche quello di una quantificazione del risparmio in fertilizzanti determinato dall'utilizzo di acque reflue che, per composizione, dovrebbero garantire la naturale somministrazione alle piante di alcuni nutrienti di interesse agronomico.

Per effettuare delle considerazioni mirate, tuttavia, sarebbe stato opportuno procedere, di adacquata in adacquata, all'analisi immediata della composizione chimica completa delle acque ed operare delle reintegrazioni puntuali dei nutrienti, tali che le stesse restituzioni, per ciascun fertilizzante, consentissero di pervenire alle asportazioni di elementi nutritivi richieste da ogni singola pianta nel preciso momento fenologico.

Risulta evidente che, per la laboriosità di questa prova nell'ambito dell'intera ricerca, questo tipo di controllo non è stato possibile soddisfarlo.

Infatti, per tutte le motivazioni già indicate nel par. 3.8.2.2., la scelta tecnica è stata quella di non differenziare, a prescindere dalla tipologia idrica, le soluzioni finali in termini di  $E_c$  e pH.

Questi ultimi - trattandosi di parametri agronomici generici e quindi non comprensivi della singola composizione chimica dei nutrienti presenti naturalmente nelle 4 tipologie di acqua - hanno condotto a delle soluzioni nutritive, per un verso, rispettose della tolleranza della pianta alla salinità e, per l'altro, obbedienti alla necessità delle stesse di un migliore assorbimento degli elementi chimici disciolti in soluzione. Più chiaramente, il vincolo proposto dal rispetto dei valori finali di  $E_c$  ha comportato il limite che, di momento in momento, non si è potuto valutare se la conducibilità di partenza era conseguenza di una maggiore presenza agronomica

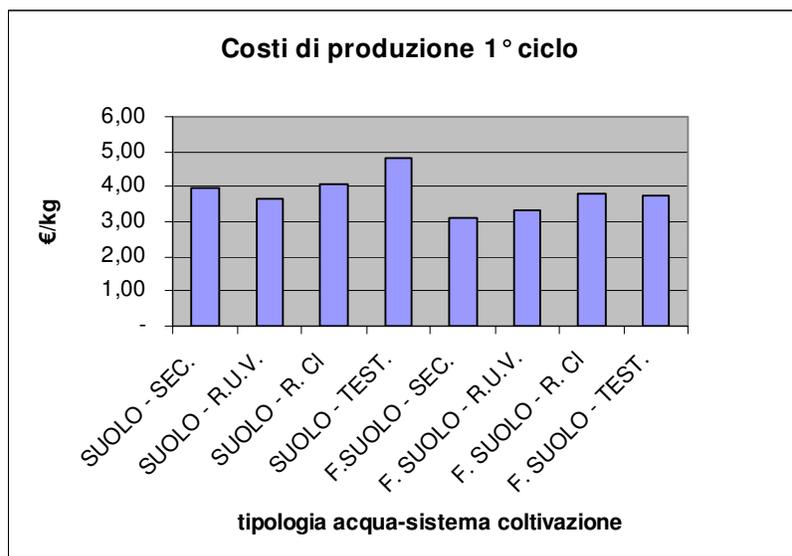
di sali “negativi” (a base di cloro o sodio) o “positivi” (organici, ammoniacali, nitrici, fosforici, potassici, etc.).

Pur tuttavia, nella considerazione che, nella ipotetica situazione operativa di campagna, l'imprenditore agricolo, futuro potenziale fruitore di acque reflue, agirà in maniera assolutamente non dissimile a quanto effettuato durante l'espletamento della ricerca condotta (presenza di un fertirrigatore o aggiunta di soluzioni con la semplice misurazione di  $E_c$  e pH, magari con sistemi meno sofisticati di quelli che hanno composto il materiale della prova in questione) e che i risultati produttivi di questo primo ciclo colturale possono tranquillamente essere considerati interessanti, di seguito si è prefigurata un'ipotesi di quantificazione economica di livello aziendale (che assume carattere meramente indicativo) ricorrendo al calcolo del costo di produzione (espresso in €/kg) riferito a ciascuna combinazione sperimentale (sistema di coltivazione-tipologia di acqua).

Infatti, se per un verso la quantificazione dei costi è stata più che puntuale (essendo gli stessi gestiti, direttamente e per motivi sia tecnici che amministrativi, dai componenti del gruppo tecnico dell'ESA), per un altro la decisione scientifica di procedere, nella seconda metà di giugno, alla cimatura di tutte le piante al di sopra del 10° grappolo fruttifero, per porre le condizioni all'esercizio di un secondo ciclo colturale di conferma, rende in parte vana qualsivoglia considerazione che possieda il crisma dell'assoluta rigerosità scientifica. Altro motivo di incertezza, a livello di rigerosità del calcolo, è costituito dai risultati non valutabili conseguiti dalle colture irrigate con refluo clorato (discontinuità nel funzionamento ottimale dell'impianto) e da spese poco vincolate ai criteri dell'ordinarietà (ad es. il fitto del fondo ha tenuto conto, in sede contrattuale, del “rischio sperimentale”, premiando la vicinanza al collettore fognante che ha permesso, di converso, un notevole abbattimento dei costi da sostenere in sede di realizzazione progettuale) che si ripercuotono, ovviamente, sui valori della pertinente posta di spesa, su quelli derivati (quote, interessi) e sulla determinazione finale.

Ciò premesso, si è proceduto alla quantificazione (imputando le relative spesa nella quota esatta per singola parcella e per ciclo colturale) delle spese varie (concimi, noli e manodopera, cassette, piantine, argilla espansa, acqua irrigua, telo anti-alghe, arnie di bombi, materiali di impalcatura, forbici, anticrittogamici, manichette forate e telo PE per disinfezione tra i due cicli), del fitto fondo, delle quote di ammortamento e manutenzione e degli interessi sul capitale.

Nella piena consapevolezza delle superiori considerazioni, l'esercizio ha prodotto il risultato meglio evincibile dal seguente grafico riepilogativo.



Le parcelle in fuori-suolo hanno conseguito un costo di produzione sempre inferiore a quelle gestite con sistema di coltivazione tradizionale, indicando nelle combinazioni fuori suolo-secondario e fuori suolo-U.V. quelle a risultato più soddisfacente.

Nella coltivazione tradizionale, la parcella irrigata con refluo U.V. ha conseguito risultati paragonabili alla media di quelle in "fuori suolo".

Infine, come è ovvio, il risultato in tutte le parcelle è risultato influenzato dalla produttività assicurata da ogni singola parcella.

#### 4. Conclusioni relative al 1° ciclo di sperimentazione

Alla fine del primo ciclo di produzione, i rilievi effettuati ed i risultati vegetazionali e produttivi, citati e commentati avanti, mostrano la validità della sperimentazione condotta, ma evidenziano la necessità di approfondire vincoli ed opportunità emersi.

La coltura fuori suolo notoriamente produce più di quella su suolo, ma che abbia prodotto in media circa il 34% in più di quella tradizionale è da convalidare; inoltre è da ricercare il sussistere di un eventuale prosieguo dell'ossidazione biologica dell'acqua nell'ambiente molto poroso dell'argilla espansa usata per il fuori suolo.

Il fuori suolo ha prodotto molto e più precocemente della coltura su terreno, anticipando, alla prima raccolta del 7/6, un 78% in più di produzione, che in valore assoluto equivale a 250 g/pianta.

L'acqua reflua col solo trattamento secondario (grigliatura ed ossidazione biologica) ha sostenuto una vegetazione intensa ed ha indotto le piante a una produzione tra le più elevate dei confronti provati. La conducibilità della soluzione Ece in questa tesi, è risultata la più bassa.

Perché su terreno e non su argilla espansa inerte la stessa acqua, ma disinfettata con U.V., abbia fatto conseguire le massime produzioni, rimane da accertare anche se i livelli produttivi non sono poi così diversificati.

E' emerso chiaramente sin dall'avvio della coltura e per tutto il corso del suo ciclo biologico, l'effetto depressivo della clorazione dell'acqua sia sulla vegetazione che sulla produzione.

Dati i modesti apporti di cloro ed il conforto delle analisi chimiche è difficoltosa l'interpretazione del risultato sperimentale, salvo a considerare e, nella ripetizione, ad accertare un'eventuale nocività del cloro usato, sotto forma di ipoclorito di sodio.

Nel fuori suolo i consumi idrici sono stati più elevati rispetto al terreno per la maggiore evaporazione di vapore acqueo del substrato inerte e grossolano, per il gocciolamento della soluzione dal fondo dei vasi (20% - 30%) e per il maggiore consumo idrico dovuto alle più elevate produzioni.

Nel caso in oggetto i consumi medi del fuori suolo sono stati di circa il 63% in più del terreno.

Un bilancio economico della coltura diversamente condotta, risulta molto approssimativo, seppur indicativo nelle sue linee generali: dallo stesso emerge un costo medio di produzione del pomodoro sul fuori suolo inferiore alla coltivazione tradizionale di circa 0,65 €/Kg di frutti prodotti; i maggiori oneri di produzione del fuori suolo (ad es. concimazione) sono apparsi largamente compensati dalla maggiore produttività delle piante (+ 34%). L'approssimatività del calcolo è acuita, peraltro, dalla difficoltà di gestione delle parcelle irrigate (suolo e fuori suolo) con refluo clorato per le motivazioni sopra esposte ed il fatto che la fattispecie riguardi entrambi i sistemi di coltivazione non conferisce, pur nella generale indicatività del dato, il richiesto rigore tecnico.

La sperimentazione ha fatto rilevare interessanti fenomeni biologici, biometrici e produttivi, confortati più o meno esaurientemente da indici analitici ad hoc rilevati, che hanno chiarito non poche perplessità sull'utilizzo delle acque reflue, ma che hanno sollevato anche non pochi dubbi e comunque sollecitato la riconferma sperimentale dei comportamenti e dati accertati.

Per questi motivi, la consulenza agronomica di progetto ha espresso l'opinione di ripetere la prova con la medesima varietà di pomodoro, al fine di verificare la conferma dei dati raccolti durante l'esercizio di questo 1° ciclo produttivo che, invece, ha sollevato alcuni dubbi che discendono dalle seguenti considerazioni di carattere microbiologico, inducendo la relativa consulenza ad indicare le inerenti misure da adottare per l'espletamento di un 2° ciclo.

I risultati delle analisi microbiologiche di campioni d'acqua del 2 Aprile 2001 depongono per una incongrua modalità di esposizione a UV e di somministrazione (tempo e concentrazione) del cloro nel refluo filtrato. Le verifiche effettuate il 9 Aprile hanno documentato una efficace azione degli UV fino al punto di consegna adduzione serra sul refluo filtrato. Nessun miglioramento si è ottenuto dopo trattamento con il cloro, questo risultato ha suggerito di porre maggiore attenzione al processo di clorazione, verificando la funzionalità dell'apparecchio di clorazione. Le analisi del 18 giugno hanno dimostrato come il trattamento di disinfezione con UV provochi una drastica riduzione dei microrganismi (Coli totali, fecali, streptococchi fecali) nel refluo prelevato fino al punto di adduzione nella serra. Tale trattamento è idoneo dal punto di vista igienico-sanitario, ai fini dell'utilizzazione di questo refluo per la coltivazione degli ortaggi. Dopo i prescritti adeguamenti impiantistici, l'utilizzazione di detto refluo è risultata efficace per la coltivazione dei pomodori in serra.

I dati hanno dimostrato che particolare attenzione si sarebbe inoltre dovuta prestare, nel 2° ciclo di conferma, al tempo di stoccaggio del refluo dall'immissione nel serbatoio presso l'impianto al punto di consegna adduzione serra. Infatti, in assenza di un processo di adeguata disinfezione, prolungati tempi di persistenza nello stoccaggio spiegherebbero l'incremento di microrganismi osservato.

Il punto critico costituito dalla necessità di riduzione dei tempi di persistenza del refluo nel serbatoio dell'impianto prima della sua adduzione finale alla serra, ha indicato di meglio valutare, nel ciclo di conferma, le dinamiche derivanti dal turnover del refluo durante il periodo di stoccaggio. Tempo di persistenza nel serbatoio e presenza di pregresso refluo non adeguatamente trattato con cloro sono stati, quasi sicuramente, alla base dell'incremento del numero di batteri presenti osservato nel punto di adduzione alla serra.

Le indagini dimostrano come non si siano rilevate Salmonelle nel refluo analizzato. Deve essere tuttavia rilevato che, in mancanza di un monitoraggio sulla presenza di salmonelle nel refluo prima dei trattamenti di disinfezione, questi risultati non hanno permesso di formulare alcuna affermazione definitiva. Infine i risultati hanno dimostrato la presenza di Pseudomonas aeruginosa nel refluo dopo trattamento con UV ma non in seguito a clorazione. Poiché si è trattata di un'unica determinazione, appare opportuno, in progetti di acque reflue, procedere preliminarmente ad un'indagine epidemiologica a livello di ambito territoriale asservito al locale depuratore per la definizione più puntuale di agenti patogeni che potrebbero produrre conseguenze anche su colture vegetali come la Ps. Aeruginosa.

La verificata presenza di carica microbiologica sul primo palco fruttifero dei pomodori del "fuori suolo", ha indotto, nel 2° ciclo di produzione, a controllare attentamente il sistema degli ugelli e la direzione del getto del sistema di distribuzione a goccia adoperato, ciò al fine di escludere il contatto del refluo con il prodotto edule. Al riguardo una misura agronomica consigliabile nel "fuori suolo", appare, comunque, quella dell'eliminazione del 1° palco fiorale, specie se prossimo al gocciolatore, per evitare che, nella normale pratica agricola, si possa incorrere a

vicende negative di natura contaminatoria derivanti da tempi di stoccaggio e turn-over. Nella fattispecie, la produttività della pianta, infatti, non dovrebbe soffrirne essendo la stessa in grado, a parità di alimentazione, di "reagire" con maggiori quantità sui palchi fruttiferi superiori. Dal punto di vista sperimentale, nel 2° ciclo di ripetizione, si è, comunque, deciso di non eliminare il 1° palco fruttifero e si è proceduto alle analisi dello stesso e del 2° palco per delimitare, in caso di confermato allarme, il confine di commestibilità del prodotto.

Relativamente alle acque reflue addizionate con sostanze nutritive, i risultati microbiologici, che hanno dimostrato presenza di carica microbica, non hanno permesso di trarre alcuna conclusione definitiva. Infatti sarebbe necessario valutare attentamente la differenza tra carica microbica presente prima e dopo l'aggiunta di sostanze nutritive ed il periodo di tempo intercorso tra l'aggiunta di queste e la loro successiva utilizzazione per la irrigazione delle piante di pomodoro. Anche in questo caso, infatti, il tempo di persistenza nel serbatoio di primo accumulo e quello nel contenitore di stoccaggio limitrofo alla serra, in presenza di un turn over variabile dai 3 ai 5 giorni, hanno fatto propendere per ritmi di ricrescita che vanno al di là del preventivabile, posto che le condizioni ambientali si sono presentate idonee per questo particolare fenomeno (temperature, pH e presenza di soluzioni nutritive).

I risultati dell'indagine condotte su campioni di argilla e quelle successive su acque raccolte da sottovasi di piantine coltivate "senza suolo" hanno avuto lo scopo di valutare l'eventuale rischio infettivo su operatori addetti alle serre. Per quanto detto sulla ricrescita microbica, le determinazioni hanno presentato degli ovvi risultati. Perciò, al fine di tutelare la salute degli operatori addetti alla coltivazione delle piante in serra, più che un continuo controllo microbiologico sull'argilla e sull'acqua del sottovaso, sarà opportuno, in futuro, istituire adeguati corsi di educazione sanitaria e dare idonee indicazioni su come evitare che si contraggano eventuali infezioni durante l'espletamento delle attività lavorative.

L'incrocio dei dati di carattere agronomico e microbiologico impongono, infine, alcune considerazioni sull'impianto-pilota di trattamento reflui e sulla singola affidabilità dei diversi sistemi di produzione idrica non convenzionale.

Le principali osservazioni sull'impianto-pilota, alla luce anche delle analisi chimiche effettuate dai Laboratori dell'ESA e del Dipartimento di Igiene e Microbiologia, sono di seguito sintetizzate.

L'impianto di depurazione, e specificatamente le temporizzazioni che regolavano i pompaggi (e quindi la portata complessiva trattata e quella filtrata), ed i cicli di aerazione (e quindi il valore di ossigeno disciolto nella miscela aerata), sono stati regolati in modo da mantenere con continuità i valori di progetto. In dettaglio, la portata media trattata è stata di 20 mc/g circa, distribuite uniformemente nelle 24 ore, mentre per la filtrazione, soggetta a cicli di esercizio/controlavaggio e ad efficienza variabile secondo il grado di pulizia/intasamento del filtro stesso, si è optato per quattro accensioni di un'ora nell'arco delle 24 ore, corrispondenti a 4 mc/g, di cui 2mc/g soggetti poi a clorazione e 2 mc/g disinfettati con U.V.

Tale regolazione cercava così di approssimarsi al funzionamento di un impianto reale, consentendo di avere sempre pieno il serbatoio n° 1 presso l'impianto (acque trattate a livello secondario), da cui attingeva sia la pompa di carico del filtro, che quella per il controlavaggio dello stesso, programmato per un ciclo di pulizia al giorno. Le portate prodotte (serbatoi n° 2 e n° 3) sono state più che sufficienti per le esigenze irrigue dei rispettivi settori, mentre i volumi in esubero venivano sfiorati dai rispettivi troppo pieni dei serbatoi stessi, assicurando

così un ricambio continuo delle acque stoccate. Da detti serbatoi veniva prelevata l'acqua irrigua secondo le esigenze culturali, in media ogni tre giorni circa, per l'accumulo presso la serra e l'aggiunta delle sostanze nutritive per la fertirrigazione.

Tale schema funzionale ha raggiunto senz'altro lo scopo di mantenere l'impianto di depurazione in condizioni di esercizio e di efficienza ottimale, documentato dagli ottimi risultati analitici sui campioni di acqua prelevati in vari punti dello stesso.

Tuttavia, essa ha avuto implicazioni dirette sulle determinazioni microbiologiche effettuate sui reflui trattati, dato che i campioni, prelevati nei serbatoi, erano riferiti ad acque stoccate per durate variabili e non determinabili con esattezza, causando una interpretazione dei risultati non sempre completa ed esauriente, cui si è cercato di ovviare nel secondo ciclo.

Da un punto di vista idraulico-sanitario, dal periodo di esercizio di cui al primo ciclo colturale, si possono trarre le seguenti osservazioni, relative a ciascuna fase depurativa:

- Ossidazione: non si sono avuti problemi particolari né di "foaming", né di "bulking" (malgrado le basse concentrazioni di sostanza organica nel grezzo con COD = 150/250 mg/l, forse dovute alla presenza di acque di falda in fognatura) e nemmeno fuga di fanghi nell'effluente, se non sporadici affioramenti nel sedimentatore, trattenuti dalla lama paraschiume ed eliminati manualmente per affondamento; la temporizzazione al 50% del tempo ha dimostrato il più che sufficiente dimensionamento della soffiante in qualsiasi condizione; la concentrazione di fanghi attivi nella miscela aerata ha superato a volte i 500 ml/l in cono Imhoff, dimostrando ottimali condizioni di crescita del fango attivo; di conseguenza, si è provveduto a scaricare periodicamente l'esubero;
- Sedimentazione: non si è riscontrato alcun problema né di tipo funzionale né operativo; al termine di ossidazione e sedimentazione l'effluente chiarificato si è presentato limpido ed inodore con notevole continuità, corrispondenti a COD 15/50 mg/l, anche a concentrazioni di fango nella miscela aerata inferiori al massimo indicato;
- Filtrazione: il funzionamento temporizzato del filtro non è risultato l'ideale per queste apparecchiature, peraltro molto affidabili e diffuse, caratterizzate da efficienze, carichi e portate variabili a seconda del momento, nel corso del ciclo funzionale tra lavaggi consecutivi. I sistemi in commercio destinati a portate ridotte sono molto semplici ed economici, ma solitamente non automatici e pertanto non sempre adatti ad applicazioni tipicamente con minima presenza di personale di controllo. L'apparecchiatura adottata, di ottima marca, si è comportata egregiamente, ma era la più piccola in commercio con caratteristiche di affidabilità e automaticità idonee all'utilizzazione in questione, e la si è dovuta temporizzare e parzializzare per limitarne la produzione alle portate richieste;
- Disinfezione ad UV: anche questa fase del trattamento ha fatto registrare, con notevole affidabilità, risultati soddisfacenti in termini di eliminazione dei batteri indicatori di contaminazione fecale, come attestato dai certificati analitici. La semplicità di montaggio, di controllo e di manutenzione (sostituzione della lampada una volta l'anno) ed il costo limitato dell'apparecchiatura ne suggeriscono l'impiego anche su vasta scala, eventualmente e se necessario anche subito prima dell'utilizzazione dell'acqua, in serra;

- Disinfezione ad ipoclorito di sodio: tutt'altra situazione è stata quella di ottenere risultati consistenti in termini di disinfezione del refluo trattato, utilizzando un apparato standard di dosaggio di NaClO<sub>2</sub>. In presenza di portate così limitate e per di più intermittenti, assicurare un tasso di cloro residuo nell'effluente, costante, continuo e limitato ai minimi raccomandati (<1 mg/l) si è rivelato impresa quasi impossibile, con effetti negativi sia sull'efficacia e sulla continuità della disinfezione, che sulle colture, vistosamente danneggiate in caso di sovradosaggio, come diffusamente riportato rispettivamente nelle relazioni igienico-sanitaria e agronomica. Tale constatazione ha suggerito soluzioni funzionali diverse, poi introdotte nel secondo ciclo culturale. E' da concludere che solo impianti completamente automatici e relativamente sofisticati, non giustificabili per piccoli impianti come quello in questione, con portate comunque continue ed in ogni caso non intermittenti, possono essere condizione necessaria, e pur tuttavia presumibilmente non sufficienti ad ottenere ed assicurare risultati globalmente soddisfacenti.

Si rende indispensabile, a questo punto e per una scelta futura a larga scala, chiarire che i due sistemi di disinfezione presentano infatti caratteristiche assolutamente differenti. Il sistema a raggi UV è costituito da una o più lampade del tipo a fluorescenza, sempre accese, che irradiano l'acqua che fluisce ad intimo contatto con queste ed il cui effetto può essere insufficiente (e mai negativo) solo in caso di sottodosaggio, cioè di una eccessiva torbidità del refluo, o di sottodimensionamento dell'apparecchio, o di esaurimento delle lampade, da sostituirsi ogni anno. L'unico vero limite consiste nella assenza di proprietà batteriostatiche, con possibilità quindi di ricrescite batteriche, che nel caso in oggetto si sono notate solo in misura modesta ed in due campioni su tre.

Una efficace clorazione dipende invece non solo dal perfetto dosaggio dei reagenti (ipoclorito o biossido di cloro), in funzione - momento per momento - della portata del refluo da trattare, ma anche dalla clororichiesta (grado di inquinamento residuo del refluo), dal tempo di contatto (da 15 fino a 60 minuti e più), dal tempo di permanenza in serbatoio, e non ultimo dalle condizioni di conservazione dei reagenti stessi (temperatura, esposizione all'aria ed ai raggi solari). Uno strumento di misura del cloro residuo, con controllo del dosaggio in automatico, può risolvere il problema, ma solo in impianti di una certa dimensione con portate fluenti continue.

In caso di sovradosaggio del cloro per qualsivoglia motivo tra le numerose cause possibili, l'impatto negativo osservato sulle piante è stato sempre immediato e rilevante e potrebbe arrivare, in casi estremi, anche alla perdita parziale o totale della produzione.

Tale eventualità è assolutamente ed ovviamente da evitare ed indirizza il progettista di un sistema di trattamento per il riutilizzo dei reflui a fini irrigui a definire ed adottare sistemi di disinfezione più sicuri ed affidabili, non solo in termini di risultati batteriologici, ma anche verso l'utenza economica finale della risorsa, aggiungendo, com'è ovvio, agli obiettivi propri del disinquinamento quelli altrettanto rilevanti delle attività produttive da queste dipendenti. Tale specifiche cautele vanno estese al sistema nel suo complesso, laddove però le altre componenti si sono dimostrate ampiamente sicure ed affidabili.

In sintesi il 1° ciclo di produzione ha fatto emergere determinati aspetti positivi da verificare nella ripetizione ed altre situazioni da rivedere alla luce della elevata variabilità sia dei dati tecnici che dei meccanismi di funzionamento tecnologico.

Tra i fattori di soddisfazione si annoverano certamente quelli riferibili alla caratteristiche biometriche, organolettiche e produttive, in generale, della varietà coltivata: al riguardo, permane il dubbio sulla produttività delle parcelle irrigate con refluo clorato e cioè se il minore risultato finale è da imputare alla “qualità” delle acque tal quali, alle riscontrate temporanee impennate dei valori di “cloro attivo” dovute alle difficoltà di taratura del dosaggio di NaClOH in un impianto a così piccola scala o alla contemporanea interferenza di entrambe le cause.

Il 1° ciclo di produzione ha indicato di conferire la giusta attenzione ai tempi di stoccaggio del refluo ed al conseguente turn-over nei serbatoi di accumulo. La problematica è di difficile gestione nel “sistema agricolo serra”. Se, infatti, in metodi di coltivazione non necessitanti di accumulo della risorsa irrigua questo problema può considerarsi inesistente, nel “sistema agricolo serra” questo approfondimento risulta decisivo proprio perché l’orticoltura protetta (tanto più se “fuori suolo”) si fonda sulla certezza, nello spazio e nel tempo, dell’erogazione idrica che, nei nostri climi, è assicurata solo dalla presenza di uno stoccaggio della risorsa. La ricrescita microbica, favorita da condizioni ambientali ideali e dalla presenza dei nutrienti utilizzati per la fertirrigazione, è per di più vincolata al sistema di disinfezione. Infatti ha un inizio precoce ed un conseguente incremento maggiore nel refluo U.V. caratterizzantesi per una disinfezione “a contatto” di tipo immediato, mentre proprietà più ritardate e incrementi di valore inferiore nel refluo clorato che, come detto, ha dimostrato, per altri versi, una minore affidabilità generale. Questi rilevati aspetti hanno costituito motivo di indagine particolare nel 2° ciclo di produzione.

Altro fattore di approfondimento scaturito dal 1° ciclo è stato quello della ricerca delle cause che hanno condotto alla contaminazione microbiologica del 1° palco fruttifero di pomodoro in “fuori suolo”. Al riguardo, il metodo di ricerca non è stato variato (ad eccezione delle minime cautele di carattere agronomico concretizzatesi nel porre attenzione alla direzione del getto degli ugelli a microportata) per avere le necessarie conferme sulla ripetizione del fenomeno. Ciò nella convinzione che, pur in presenza di ricrescita microbica e di conseguente contaminazione del 1° palco fruttifero, gli accorgimenti agronomici (quali l’eliminazione del medesimo 1° palco) sono in grado di assicurare le necessarie cautele.

La ricerca condotta ha, infine, determinato che, preliminarmente a qualsivoglia progetto di acque reflue, sarà sempre opportuno procedere ad indagini locali a carattere epidemiologico per delimitare lo spettro di ricerca dei patogeni nocivi ad Uomo e colture vegetali, ad un’analisi costi-benefici per valutare di volta in volta l’opportunità di scegliere uno dei due sistemi di disinfezione (UV e cloro) ed alla istituzione di adeguati corsi di educazione sanitaria per gli utilizzatori di detta risorsa idrica alternativa.

## 5. 2° ciclo di produzione - ripetizione della prova

Sulla scorta delle motivazioni già addotte nel par. 4 e riproponendo gli obiettivi sperimentali, i materiali ed i metodi già enunciati in par. 3, si è proceduto alla ripetizione di un ulteriore ciclo produttivo al fine di individuare eventuali variazioni o convalide nei risultati agronomici e microbiologici conseguiti nel primo ciclo di produzione.

In tal senso non poteva che essere riconfermata la coltivazione di una specie come il pomodoro, caratterizzata da un processo di gestione colturale immediato, e la cv. Naomi T, contraddistinta dal favore che incontra nel mercato al consumo.

La coltivazione in "fuori suolo" è stata riproposta così sempre su argilla espansa.

Detto substrato è stato collocato in vasi-pianta in PEBD color cotto, di diametro 20 cm e di altezza di circa 20 cm., posti in sottovasi di diametro 22 cm.

### 5.1. Analisi delle 4 tipologie di acqua

#### 5.1.1. Analisi chimico-fisiche delle acque

Per le quattro tipologie di acqua sono stati effettuati tre campionamenti distribuiti da fine ottobre a metà dicembre. Al fine di verificare il corretto funzionamento dell'impianto sono stati analizzati altri campioni prelevati in punti diversi dello stesso, che ne hanno confermato il corretto funzionamento dal punto di vista chimico.

TIPO	DATA PRELIEVO	pH	COND.	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	COD (O <sub>2</sub> )
			( $\mu$ S/cm a 25°C)	ppm								
Grezzo	22/10/01	7,9	2200	180	45	190	19	410	80	0	470	960
	19/11/01	7,8	1100	97	29	82	18	131	76	0	458	851
	11/12/01	8,1	1130	96	30	74	16	129	67	21	446	1170
Secondario	22/10/01	8,1	2100	160	43	180	18	408	59	20	330	43
	19/11/01	8,1	920	89	29	77	20	123	44	17	272	38
	11/12/01	8,1	908	87	29	75	14	116	49	10	235	53
Filtrata	22/10/01	8,1	1990	157	43	187	15	403	36	21	319	63
	19/11/01	7,9	960	93	29	80	18	130	50	0	332	107
	11/12/01	7,9	972	93	31	82	15	126	53	0	277	60
Filtrata UV	22/10/01	8,1	1980	155	43	184	15	402	60	14	328	48
	19/11/01	7,9	954	91	28	78	19	127	48	0	329	75
	11/12/01	7,9	960	90	29	84	18	124	49	0	264	50
Filtrata Clorata	22/10/01	8,1	2030	162	44	199	15	422	52	26	299	48
	19/11/01	7,9	974	98	32	83	17	135	52	0	341	70
	11/12/01	7,9	990	95	30	85	16	134	58	0	282	53

Parametri analitici delle diverse tipologie di acqua rilevati nei 3 campionamenti.

Per tutte le acque si è rilevato nel tempo, specularmente a quanto riscontrato nel precedente ciclo, una progressiva diminuzione della salinità. In particolare la

conducibilità è scesa da 2.200 – 1.980  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nel mese di ottobre a 1130 - 908  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nel mese di dicembre. Questi aspetti hanno influito nel dosaggio delle soluzioni madri contenenti gli elementi nutritivi da somministrare a ciascuna delle diverse soluzioni nutritive. A conferma dell'azione depurante dell'impianto si è assistito ad un abbattimento del COD da 1.170 - 851 nel grezzo a 107 – 38 ppm di  $\text{O}_2$  dopo depurazione.

Relativamente alla valutazione delle acque per le finalità irrigue è bene evidenziare che la qualità, rispetto alla presenza di  $\text{SO}_4$ , è stata tale da escludere problemi di fitotossicità. Dal raffronto, invece, di Ece, pH, Na, Ca, Mg e Cl si evince che, dal punto di vista agronomico, trattasi di acqua classificabile come  $\text{EC}_3\text{-S}_1$  e cioè a conducibilità elettrica medio-alta ma con S.A.R. (Sodium absorption ratio) basso: ciò indica una Ece causata da una salinità delle acque non sodica. Per le considerazioni su questo aspetto della qualità delle acque irrigue si rimanda al par. 3.3.1.1.

E' interessante sottolineare come la presenza di cloruri sia, generalmente, a livelli di tollerabilità per qualsivoglia coltivazione ma che, in riferimento ai valori del 22/10/2001, gli stessi presentano un valore medio elevato rispetto alla norma, essendo intorno a 400 p.p.m. Si tratta di valori che ricadono in corrispondenza della fine del periodo estivo e che vanno ad integrarsi con dati altrettanto elevati riscontrati all'inizio della medesima stagione. Anche se la pianta di pomodoro è tra le più tolleranti alla presenza dei cloruri, l'abuso continuato nell'assorbimento avrebbe potuto comunque comportare dei fenomeni clorotici nelle piante. L'aver rilevato una manifestazione congenita ma pur sempre temporanea (cfr. del 19/11/2001 e dell'11/12/2001), ha indotto ad escludere l'ipotesi che limitati fenomeni clorotici apparsi successivamente potessero avere origine da cause inerenti la "qualità" dell'acqua di partenza.

### 5.1.2. Analisi microbiologiche delle acque

Un'analisi condotta l'08/10/2001 su grezzo, secondario e filtrato ha consentito di valutare la presenza nelle acque di coliformi fecali e salmonella (tab. 5.1.2/1).

**Tabella 5.1.2/1 -** Risultati delle analisi microbiologiche eseguite su campioni di acque reflue prelevati in data 08/10/2001.

	<b>Grezzo</b>	<b>Secondario</b>	<b>Filtrato</b>
<b>Coliformi fecali</b> u.f.c./100 ml	$3,9 \times 10^7$	$4,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$
<b>Salmonelle</b> MPN/L	> 11.000	31,6	37,9

Le analisi condotte nel novembre 2001 (12, 13 e 14) non hanno dato risposte soddisfacenti ai quesiti posti alla fine del 1° ciclo (tab. 5.1.2/2) perchè i problemi di gestione dell'impianto hanno impedito una corretta esecuzione dell'indagine. Infatti mentre si è assistito ad una riduzione della carica batterica, sia come coliformi fecali che streptococchi fecali, dopo il trattamento con U.V., questo risultato non si è verificato in seguito al trattamento con il cloro, probabilmente per il non corretto funzionamento dell'impianto di clorazione. Inoltre, contrariamente a quanto osservato nelle indagini eseguite nella prima fase del progetto, dopo il trattamento

con U.V. non si è riscontrata una ricrescita microbica, in funzione del tempo di stoccaggio, nei serbatoi di raccolta dopo l'impianto e prima della serra.

**Tabella 5.1.2/2 - Risultati delle analisi microbiologiche eseguite su campioni di acque reflue prelevati in data 12/11,13/11 e 14/11/2001**

	<b>Secondario</b>	<b>Filtrato</b>	<b>UV impianto</b>	<b>UV arrivo serra</b>	<b>Cloro impianto</b>	<b>Cloro arrivo serra</b>
<b>Coliformi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>						
tempo zero	1,0 x 10 <sup>5</sup>	2,3 x 10 <sup>3</sup>	2,1 x 10	2,2 x 10	3,5 x 10 <sup>3*</sup>	3,0 x 10 <sup>3</sup>
alle 24h	/	/	/	2,0	/	2,2 x 10 <sup>3</sup>
alle 48 h	/	/	3,0	2,0	3,8 x 10 <sup>3</sup>	3,0 x 10 <sup>3</sup>
<b>Streptococchi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>						
tempo zero	4,5 x 10 <sup>3</sup>	3,0 x 10 <sup>2</sup>	4,0	2,0	2,2 X10 <sup>2*</sup>	2,7 x 10 <sup>2</sup>
alle 24h	/	/	/	1,0	/	5,0 x 10 <sup>2</sup>
alle 48 h	/	/	0	0	3,5 x 10 <sup>2</sup>	3,5 x 10 <sup>2</sup>
<b>Salmonelle</b> <i>MPN/L</i>	<1	<1	<1	/	<1	/

\* i valori riscontrati dipendono dal mancato funzionamento del processo di clorazione?

/ = analisi non eseguita

Relativamente alle indagini eseguite il 20, 21 e 22 Novembre (tab. 5.1.2/3) si è assistito ad un abbattimento della carica microbica nel campione prelevato dopo filtrazione a valori così bassi, quali precedentemente mai riscontrati (perdita intorno a 4 log), probabilmente dovuti ad incongruo prelievo dei campioni analizzati. Ancora una volta non sono da prendere in considerazione i risultati ottenuti dopo trattamento del refluo con il cloro perchè quasi sicuramente questi sono da ascrivere, come precedentemente sottolineato, al mancato funzionamento dell'impianto di clorazione.

**Tabella 5.1.2/3 - Risultati delle analisi microbiologiche eseguite su campioni di acque reflue prelevati in data 20/11, 21/11 e 22/11/2001**

	<b>Secondario</b>	<b>Filtrato*</b>	<b>uv impianto</b>	<b>Cloro impianto</b>
<b>Coliformi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>				
tempo zero	1,0 x 10 <sup>5</sup>	2,5 x 10	<1	1,6 x 10 <sup>3**</sup>
alle 24h	/	/	<1	/
alle 48 h	/	/	2,0	8,2 x 10 <sup>2</sup>
<b>Streptococchi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>				
tempo zero	2,2 x 10 <sup>4</sup>	2,0	<1	2,6 X10 <sup>2**</sup>
alle 24h	/	/	<1	/
alle 48 h	/	/	<1	3,6 x 10 <sup>2</sup>

\* poiché per motivi tecnici non è stato possibile effettuare il prelievo in uscita dal filtro, il campione "filtrato" è stato prelevato dopo il trattamento UV spegnendo la lampada.

\*\* valore riscontrato dipendente dal mancato funzionamento del processo di clorazione?

/ = analisi non eseguita

La difficoltà di dare una razionale interpretazione ai risultati ottenuti deriva dalla conflittualità degli esiti in prove eseguite in tempi successivi. Infatti nel Dicembre 2001 (campionamenti del 3, 4 e 5), si è assistito (tab. 5.1.2/4): a) ad una assoluta mancanza di abbattimento della carica batterica dopo filtrazione; b) alla ricomparsa dell'efficacia del trattamento di disinfezione con cloro, probabilmente per una messa a punto dell'impianto di clorazione; c) ad un incremento della carica batterica dopo soggiorno nel contenitore dell'impianto per 24 e 48h dopo trattamento con UV, contrariamente a quanto precedentemente osservato nelle indagini condotte a novembre.

**Tabella 5.1.2/4 - Risultati delle analisi eseguite su campioni di acque reflue prelevati in data 03/12, 04/12 e 05/12/2001**

	<b>Secondario</b>	<b>Filtrato</b>	<b>uv impianto</b>	<b>Cloro impianto</b>
<b>Coliformi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>				
tempo zero	9,0 x 10 <sup>3</sup>	1,1 x 10 <sup>4*</sup>	<1	<1
alle 24h	/	/	2,45 x 10 <sup>2**</sup>	<1
alle 48 h	/	/	1,65 x 10 <sup>2**</sup>	<1
<b>Streptococchi fecali</b> <i>u.f.c./100 ml</i>				
tempo zero	9,5 x 10 <sup>3</sup>	2,3 x 10 <sup>3*</sup>	1,0	<1
alle 24h	/	/	1,0 x 10 <sup>2**</sup>	<1
alle 48 h	/	/	1,0 x 10 <sup>2**</sup>	<1

\* valore riscontrato dipendente dal mancato funzionamento della filtrazione?

\*\* risultati incompatibili con quelli riscontrati dopo trattamento con UV il 14, 21 e 22 Novembre 2001

/ = analisi non eseguita

## 5.2. Il substrato di coltivazione

Si rimanda alla trattazione del par. 3.5.

## 5.3. Scelta della specie da coltivare

Si rimanda alla trattazione del par. 3.6.

## 5.4. Ambiente microclimatico di serra durante l'esercizio del 2° ciclo di pomodoro

Il 2° ciclo di coltivazione si è protratto dall'Ottobre 2001 fino a tutto il mese di Febbraio 2002, considerato che nel mese di Marzo si sono ultimate le operazioni di raccolta.

Il mese di **Ottobre** è stato caratterizzato da una temperatura variabile da un minimo assoluto di 12°C verificatosi nella terza decade (giorno 28) ad un massimo assoluto di 34°C in prima decade (giorno 6). L'umidità relativa ha avuto valori minimi del 28% (in data 6) ed ha diffusamente oltrepassato l'85%.

Il mese di **Novembre** è stato caratterizzato da una temperatura variabile da un minimo assoluto di 6°C verificatosi nella terza decade (giorno 25) ad un massimo assoluto di 26°C in prima decade (giorno 2). L'umidità relativa ha avuto valori minimi del 33% (in data 10) ed ha superato spesso il valore massimo dell'80%.

Nel mese di **Dicembre** le temperature minime sono scese ad un minimo assoluto di 3°C tra il 19 ed il 20, mantenendosi piuttosto basse in tutto il periodo; la massima assoluta di 19°C è stata registrata in prima decade (giorno 3). L'umidità relativa ha avuto valori piuttosto elevati, a partire da minimi del 48% (in data 3).

Anche l'andamento del mese di **Gennaio** è stato caratterizzato da temperature minime piuttosto basse, scese fino a valori di 1,5°C in seconda decade, e da temperature massime mai superiori ai 17,5°C. L'umidità relativa ha avuto valori compresi tra il 38% ed il 91%.

Il mese di **Febbraio** ha visto le temperature minime scendere fino a valori intorno ai 5°C in seconda decade, mentre i valori massimi sono gradualmente cresciuti fino a 28,4 °C negli ultimi giorni della terza decade; l'umidità relativa dell'aria è oscillata tra un minimo del 22% ed un valore massimo dell'89%.

Si riportano, infine, alcuni rilevamenti di temperatura ed umidità relativa dell'aria effettuati in data 29.10.2001 che, anche se puramente orientativi in quanto istantanei, indicano le differenze termiche tra ambiente esterno ed interno alla serra e fra settore coltivato su suolo e settore destinato al fuori suolo, pacciamato con telo antialghe bianco, oltre che alle caratteristiche termiche del suolo e dell'argilla espansa, oltre che della soluzione nutritiva stoccata nei serbatoi esterni

29 Ottobre 2001 - ore 11:30		temperatura (°C)	umidità relativa (%)
Esterno serra	Aria	23,5	48,2
	Soluzione nutritiva	30,7	
Interno serra	Suolo	22,4	
	Argilla	21,4	
	Aria settore suolo	28,3	51,9
	Aria settore fuori suolo	25,4	48,2

alla serra.

#### Alcuni eventi meteorologici di rilievo

Un breve commento va fatto sull'**andamento climatico dell'autunno 2001/inverno 2002**, periodo che può definirsi unico per le peculiarità che lo hanno in qualche modo caratterizzato e distinto e per gli effetti che ha determinato sulle produzioni agricole siciliane.

Il quadro climatico ha, infatti, fatto registrare una sequenza di eventi che hanno diffusamente danneggiato tutta l'agricoltura siciliana, in particolar modo le colture orticole, floricole ed agrumicole, nonché le colture foraggere.

Nei mesi di Ottobre 2001 e Novembre 2001 si sono registrate, infatti, temperature mediamente elevate, mentre il mese di Dicembre 2001 e parzialmente anche Gennaio 2002, si sono caratterizzati per temperature bassissime e, in qualche caso, gelate.

In definitiva, si è rilevato un repentino passaggio dall'estate all'inverno, uno dei principali effetti della tropicalizzazione del clima mediterraneo, che, a causa delle basse temperature, accompagnate in condizioni di pieno campo da una quasi totale assenza di precipitazioni, ha determinato un sensibile rallentamento della ripresa vegetativa.

Nelle condizioni protette della serra in cui si è operata la sperimentazione, che comunque è una serra fredda e con apprestamento protettivo che, avendo subito alcuni danneggiamenti al film plastico, soltanto parzialmente è riuscita a

fronteggiare gli effetti dei repentini abbassamenti termici, non si è arrivati a temperature da gelata ma, certamente, a livelli bassi tali da determinare un rallentamento dello sviluppo delle piante ed una riduzione delle quantità prodotte (circa 18 q.li di pomodoro prodotto in 2° ciclo contro i circa 30 q.li prodotti in 1° ciclo).

## **5.5. Pratiche colturali del 2° ciclo di pomodoro**

### **5.5.1. Messa a coltura del terreno. Operazioni di disinfestazione del terreno adibito alla coltivazione tradizionale. Lavorazioni nelle parcelle a “suolo”. Preparazione dei vasi con il substrato inerte per la coltivazione “fuori suolo”. Trapianto del pomodoro var. Naomi T.**

A fine luglio la parte di serra con coltura su terreno (“suolo”) è stata sottoposta ad irrigazione e lavorazione per l’amminutamento del substrato pedologico e coperto con film di polietilene trasparente finalizzato alla solarizzazione.

Più precisamente le operazioni dell’area a “suolo” hanno visto lo spargimento di un geodisinfestante, il Toxol forte insetticida, il successivo amminutamento e rivoltamento delle zolle, il dispiegamento dell’impianto irriguo e la finale copertura dell’area con film di polietilene trasparente di adeguato spessore finalizzato alla solarizzazione.

Appena coperta, l’area a “suolo” è stata sottoposta ad un irrigazione con mc 7 di acqua. Durante il periodo di solarizzazione, le irrigazioni si sono susseguite con pari volumi (mc 7) e con la cadenza di una ogni 15 giorni. Nel periodo di solarizzazione, pertanto i volumi irrigui sono stati stimati in mc 20 circa per mq 360 di serra a coltivazione tradizionale, pari ad un adacquamento totale di 55 l/mq.

Il giorno 6 settembre 2001 si è provveduto ad una leggera bagnatura, alla scopertura del terreno sottoposto a solarizzazione, ad una motozappatura di affinamento ed al posizionamento più preciso dell’impianto irriguo.

Il 7 e l’8 settembre 2001 si è provveduto al posizionamento dei 1.118 vasi (diam 22) su altrettanti sottovasi (diam 20) ed al successivo riempimento dei vasi stessi con il substrato costituito dall’argilla espansa di diam 3 mm.

Pur avendo a disposizione l’argilla utilizzata per il 1° ciclo, si è scelto di riempire i vasi con una nuova fornitura di detto substrato per maggiori garanzie di indennità microbiologica dell’argilla stessa.

Il trapianto del pomodoro è avvenuto tra il 9 ed il 10 settembre 2001. Per il numero di piante ed il relativo numero di gocciolatoi si rimanda al successivo paragrafo.

### **5.5.2. Fertirrigazione negli 8 settori di “suolo” e “fuori suolo”**

Successivamente alla messa a coltura delle due aree sono state distese le ali gocciolanti e si è accertata, nelle due aree a sistemi colturali diversi, la consistenza di piante e gocciolatoi, non variata rispetto al 1° ciclo colturale, così come desumibile dai dati riportati nella seguente tabella.

<b>SETTORI</b>	<b>N° PIANTE</b>	<b>N° GOCCIOLATO I</b>
Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 1</b> )	274	274
Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 3</b> )	276	279
Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 5</b> )	280	281
Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola “tradizionale” ( <b>settore irriguo 7</b> )	277	277
<b>TOTALE AREA “SUOLO”</b>	<b>1.107</b>	<b>1.111</b>
Refluo depurato a livello secondario – coltura orticola “fuori suolo” ( <b>settore irriguo 2</b> )	280	280
Refluo di livello terziario disinfettato con raggi U.V. – coltura orticola “fuori suolo” ( <b>settore irriguo 4</b> )	280	280
Refluo di livello terziario disinfettato con Cloro – coltura orticola “fuori suolo” ( <b>settore irriguo 6</b> )	279	279
Testimone irriguo tradizionale – coltura orticola “fuori suolo” ( <b>settore irriguo 8</b> )	279	280
<b>TOTALE AREA “FUORI SUOLO”</b>	<b>1.118</b>	<b>1.119</b>
<b>TOTALE “SUOLO + FUORI SUOLO”</b>	<b>2.225</b>	<b>2.230</b>

Relativamente alle differenza tra numero di gocciolatoi e piante si rimanda alle constatazioni di cui al par. 3.8.2., nella considerazione che detta discordanza non invalida la lettura dei consumi irrigui.

In definitiva, nella zona “suolo”, si è constatato il trapianto di n° 1.107 piantine mentre, nella zona “fuori suolo”, si è constatato il trapianto di n° 1.118 piantine, per un totale di n° 2.225.

#### 5.5.2.1. Quantità e qualità dei concimi disciolti

Nella composizione delle soluzioni-madre e con il sistema già descritto dei due serbatoi, sono state utilizzate, nel periodo del 2° ciclo, le n° 2 soluzioni diverse (vedere seguenti tabelle) già identificate nel precedente ciclo ed in grado di far fronte alle esigenze nutritive relative al momento fenologico delle piante.

<b>Soluzione utilizzata dal 10/09/01 al 19/11/01</b>	
	<b>gr/l</b>
acido fosforico	15,0
nitrate K	80,0
nitrate di Ca	20,0
solfoato Mg	25,0
microelementi	3,0
sequestrene	2,0
nitrate ammonico	6,1

Soluzione utilizzata dal dal 26/11/01 alla fine	
	gr/l
acido fosforico	15,0
nitrato K	95,0
nitrato di Ca	35,0
solfo Mg	35,0
microelementi	3,0
sequestrene	2,0
nitrato ammonico	10,0

### 5.5.2.2. Modalità della fertirrigazione

Si rimanda alla trattazione del par. 3.8.2.2.

### 5.5.2.3. Parametri irrigui

La stagione irrigua del 2° ciclo colturale è iniziata il 10/09/2001, con il trapianto in serra ed è terminata il 20/03/02 con l'ultima raccolta. In totale si è prolungata, pertanto, per 191 giorni.

Le prove di portate sugli erogatori tipo CNL di portata nominale 2 lt/h hanno confermato un incremento di portata del 6% rispetto al dichiarato.

Sia per l'irrigazione del "suolo" che per quella del "fuori suolo", durante lo svolgimento del ciclo, è stata differenziata la somministrazione idrica a pianta, in base al momento fenologico.

Relativamente alla coltivazione su "suolo" si è programmata una somministrazione idrica, ogni 3 giorni, di *lt/pianta 1,0* per tutto il ciclo produttivo.

Ogni adacquata, in base alle sopradette erogazioni unitarie, ha presentato pertanto una durata irrigua continua di min 30. Ciascuna somministrazione, ripetuta ogni 2-3 giorni, è stata effettuata a partire dalle ore 10,30.

Di seguito si allegano le tabelle relative all'erogazione giornaliera della soluzione fertirrigatoria nel periodo considerato.

Relativamente alla coltivazione su "fuori suolo" si è programmata una somministrazione idrica giornaliera di *lt/pianta 1,0* dal 10/09/01 all'11/09/01 (al trapianto), di *lt/pianta 0,6* dal 12/09/01 al 14/09/01, *lt/pianta 0,4* dal 15/09/01 al 16/10/01, *lt/pianta 0,6* dal 17/10/01 alla fine (20/03/02). Il quantitativo giornaliero per periodo è stato indirettamente dedotto dal volume di percolato rilevato nei sottovasi, la cui percentuale, rispetto al volume somministrato giornalmente, non ha mai dovuto superare la quota del 30%.

I parametri irrigui della coltura "fuori suolo" per periodo sono quelli di seguito indicati in tabella.

Parametri irrigui giornalieri	Periodo dal 10/09/01 all'11/09/01	Periodo dal 12/09/01 al 14/09/01	Periodo dal 15/09/01 al 16/10/01	Periodo dal 17/10/01 alla fine
<b>Adacquata giornaliera a pianta (lt/die)</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>
Orario di inizio dell'irrigazione (h e min)	8,00	8,00	8,00	8,00
Orario di fine dell'irrigazione (h e min)	20,24	20,29	20,29	19,04
Numero adacquate giornaliere (n°)	15	18	12	18
Durata di ciascun adacquamento (min)	2	1	1	1
Pausa tra un'adacquata e l'altra (h e min)	0 h 51 min	0 h 43 min	1 h 7 min	0 h 38 min

#### 5.5.2.4. Consumi idrici e di fertilizzanti

Sulla scorta degli appena indicati parametri irrigui, le somministrazioni giornaliere e totali dell'intero periodo riferibili alle otto parcelle sono quelle di seguito rilevate.

Nelle parcelle con coltivazione su "suolo" si è pertanto rilevato un consumo stagionale di circa 14 mc., pari ad una somministrazione media stagionale di lt/pianta 49,8.

Effettuando un'analogo discorso per la coltivazione "fuori suolo" si constata un consumo stagionale di circa 32,50 mc., pari ad una somministrazione media stagionale di lt/pianta 116,2. In questo caso, pur essendo minore rispetto al 1° ciclo il volume di adacquamento a pianta, la maggiore durata del periodo irriguo fa sì che i volumi stagionali a parcella siano pressochè identici a quelli del precedente ciclo invernale-estivo.

La concimazione è stata nel tempo crescente per assicurare un graduale adattamento delle piante alla fertilizzazione localizzata ed a valori di conducibilità elettrica, progressivamente incrementati; inoltre, a scansioni regolari, la neutralizzazione di eventuali insorgenze di salinizzazione si è concretizzata in irrigazioni di lavaggio a base di acqua senza aggiunta di concimi.

In base alle formule fertilizzanti di cui al precedente paragrafo 5.5.2.1 i volumi di soluzione-madre e di acido nitrico versati nei 4 serbatoi di compenso idraulico sono stati i seguenti per il periodo intercorrente dal 10/09/01 al 19/11/01:

<b>VOLUMI DI SOLUZIONE-MADRE VERSATA NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA COMPISIZIONE UTILIZZATA DAL 10/09/01 al 19/11/01</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	lt	lt	lt	lt
11/09/2001	5,0	5,0	5,0	5,0
17/09/2001	8,0	5,0	8,0	6,0
24/09/2001	4,0	4,0	4,0	4,0
08/10/2001	10,0	10,0	9,0	9,0
15/10/2001	12,0	15,0	12,0	12,0
19/10/2001	4,5	6,0	6,0	8,0
22/10/2001	12,0	12,0	14,0	12,0
26/10/2001	2,0	12,0	2,0	12,0
05/11/2001	12,0	12,0	14,0	12,0
09/11/2001	17,0	20,0	17,0	16,0
13/11/2001	16,0	16,0	17,0	17,0
16/11/2001	14,0	12,0	12,0	14,0
19/11/2001	10,0	10,0	10,0	13,0
<b>Sommano</b>	<b>126,5</b>	<b>139,0</b>	<b>130,0</b>	<b>140,0</b>

<b>VOLUMI DI ACIDO NITRICO VERSATI NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA SOLUZ.-MADRE UTILIZZATA DAL 10/09/01 al 19/11/01</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	CC	CC	CC	CC
11/09/2001	100	100	100	100
17/09/2001	200	200	200	260
24/09/2001	100	100	100	200
08/10/2001	200	200	250	300
15/10/2001	200	250	225	300
19/10/2001	75	130	110	200
22/10/2001	200	230	300	350
26/10/2001	50	200	100	180
05/11/2001	250	280	300	400
09/11/2001	150	200	225	250
13/11/2001	200	175	175	225
16/11/2001	100	135	135	200
19/11/2001	100	150	150	220
<b>Somma parz.</b>	<b>1.925</b>	<b>2.350</b>	<b>2.370</b>	<b>3.185</b>

Per esigenze fenologiche, dal 26/11/01 fino alla fine del ciclo è stata adottata la seconda soluzione-madre indicata nel citato par. 5.5.2.1.

In questo periodo l'andamento dei volumi di soluzione-madre, di acido nitrico versati nei serbatoi contenenti le 4 tipologie di acqua ed il rispettivo calendario è quello di seguito indicato nelle tabelle successive.

<b>VOLUMI DI SOLUZIONE-MADRE VERSATA NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA COMPISIZIONE UTILIZZATA DAL 26/11/01 FINO ALLA FINE-CICLO</b>				
<b>DATA</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	lt	lt	lt	lt
26/11/2001	17,0	16,0	17,0	15,0
03/12/2001	13,0	14,0	12,0	12,0
07/12/2001	13,0	13,0	13,0	14,0
11/12/2001	4,0	5,0	5,0	6,0
17/12/2001	15,0	15,0	15,0	15,0
21/12/2001	19,0	20,0	10,0	20,0
24/12/2001	11,0	11,0	14,0	10,0
28/12/2001	20,0	19,0	10,0	19,0
04/01/2002	12,0	12,0	12,0	12,0
07/01/2002	21,0	21,0	11,0	23,0
11/01/2002	17,0	17,0	12,5	12,5
18/01/2002	18,0	18,0	4,5	4,5
29/01/2002	15,0	5,0	5,0	5,0
01/02/2002	15,0	7,0	7,0	7,0
04/02/2002	11,0	6,0	11,0	6,0
05/02/2002	8,0	22,0	6,0	21,0
08/02/2002	12,0	-	13,0	24,0
11/02/2002	13,0	16,0	16,0	17,0
15/02/2002	12,0	15,0	16,0	17,0
19/02/2002	12,0	12,0	15,0	15,0
22/02/2002	12,0	15,0	12,0	20,0
25/02/2002	5,0	15,0	12,0	13,0
01/03/2002	12,0	12,0	12,0	12,0
04/03/2002	8,0	17,0	13,0	22,0
13/03/2002	10,0	10,0	10,0	10,0
<b>Sommano</b>	<b>325,0</b>	<b>333,0</b>	<b>284,0</b>	<b>352,0</b>

VOLUMI DI ACIDO NITRICO VERSATI NEI RISPETTIVI SERBATOI CON LA SOLUZ.-MADRE UTILIZZATA DAL 26/11/01 FINO ALLA FINE-CICLO				
DATA	SECONDARIO	REFLUO U.V.	REFLUO CI	TESTIMONE
	CC	CC	CC	CC
26/11/2001	150	150	180	270
03/12/2001	120	150	150	290
07/12/2001	150	150	150	300
11/12/2001	50	100	75	125
17/12/2001	150	150	180	220
21/12/2001	150	150	100	200
24/12/2001	150	150	150	160
28/12/2001	150	150	100	250
04/01/2002	150	150	150	200
07/01/2002	200	250	75	280
11/01/2002	200	150	138	138
18/01/2002	100	200	63	63
29/01/2002	200	70	70	70
01/02/2002	150	100	100	100
04/02/2002	200	100	200	100
05/02/2002	-	300	100	350
08/02/2002	100	-	100	300
11/02/2002	100	100	150	200
15/02/2002	180	130	130	200
19/02/2002	120	120	120	250
22/02/2002	150	170	170	380
25/02/2002	50	180	150	230
01/03/2002	150	150	150	250
04/03/2002	150	200	250	400
13/03/2002	200	200	200	220
<i>Sommario</i>	<i>3.470</i>	<i>3.720</i>	<i>3.400</i>	<i>5.545</i>
<b>TOTALE</b>	<b>5.395</b>	<b>6.070</b>	<b>5.770</b>	<b>8.730</b>

Dai superiori dati e per quanto detto nel par. 3.8.2.2., si deduce che, in tutto l'arco della stagione, l'acqua a minore  $Ec_e$  è risultata quella del "testimone-irriguo" e quella a maggiore  $Ec_e$  il "refluo CI", mentre il "secondario" ed il "refluo U.V." hanno presentato mediamente valori intermedi confrontabili maggiormente con il "testimone-irriguo".

L'acqua maggiormente alcalina è risultata - dalla lettura delle somministrazioni di acido nitrico e per quanto detto nel par. 4.7.2.2. - quella del "testimone-irriguo", seguita rispettivamente da "refluo U.V.", "refluo CI" e "secondario", convalidando sostanzialmente le osservazioni del 1° ciclo colturale. I tre reflui, inoltre, hanno presentato un'alcalinità relativa confrontabile, ovviamente a causa della loro derivanza dalla tipologia originaria rappresentata dal "secondario", dalla quale "refluo CI" e "refluo U.V." discendono per affinamento.

Questi dati vengono confermati dalla seguente tabella riepilogativa che indica il quantitativo dei singoli concimanti somministrati stagionalmente per ciascuna tipologia di acqua.

**PRESENZA DI ELEMENTI FERTILIZZANTI E CORRETTORI DI  
Ph IN DIPENDENZA DELLA QUALITA' CHIMICO-FISICA E DELLA  
QUANTITA' DELLE ACQUE DI PARTENZA**

<b>FERTIRRIGAZIONE TOTALE</b>				
<b>CONCIMI</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>
acido fosforico	6,8	7,1	6,2	7,4
nitrato K	41,0	42,8	37,4	44,6
nitrato di Ca	13,9	14,4	12,5	15,1
solfo Mg	14,5	15,1	13,2	15,8
microelementi	1,4	1,4	1,2	1,5
sequestrene	0,9	0,9	0,8	1,0
nitrato ammonico	4,0	4,2	3,6	4,4
<b>ACIDO NITRICO</b>				
	<b>cc</b>	<b>cc</b>	<b>cc</b>	<b>cc</b>
	5.395,0	6.070,0	5.770,0	8.730,0

Nella seguente tabella viene indicato il quantitativo dei singoli concimanti veicolati stagionalmente da 1 lt di acqua.

<b>FERTIRRIGAZIONE TOTALE</b>				
<b>CONCIMI</b>	<b>SECONDARIO</b>	<b>REFLUO U.V.</b>	<b>REFLUO CI</b>	<b>TESTIMONE</b>
	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>	<b>g/lt</b>
acido fosforico	0,147	0,153	0,134	0,160
nitrato K	0,888	0,924	0,806	0,966
nitrato di Ca	0,301	0,312	0,270	0,327
solfo Mg	0,315	0,327	0,284	0,342
microelementi	0,029	0,031	0,027	0,032
sequestrene	0,020	0,020	0,018	0,021
nitrato ammonico	0,087	0,090	0,078	0,095
<b>ACIDO NITRICO</b>				
	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>	<b>cc/lt</b>
	0,117	0,131	0,124	0,189

Per completare la presente trattazione di seguito viene illustrato il quantitativo dei singoli concimi, somministrati con la tecnica fertirrigatoria durante il 2° ciclo, a ciascuna pianta in funzione delle 4 tipologie di acqua in progetto.

SUOLO				
CONCIMI	SECONDARIO gr/pianta	REFLUO U.V. gr/pianta	REFLUO CI gr/pianta	TESTIMONE gr/pianta
acido fosforico	7,3	7,6	6,7	8,0
nitrato K	44,2	46,0	40,2	48,1
nitrato di Ca	15,0	15,5	13,5	16,3
solfo Mg	15,7	16,3	14,2	17,1
microelementi	1,5	1,5	1,3	1,6
sequestrene	1,0	1,0	0,9	1,1
nitrato ammonico	4,3	4,5	3,9	4,7
acido nitrico (cc)	5,8	6,5	6,2	9,4

FUORI SUOLO				
CONCIMI	SECONDARIO gr/pianta	REFLUO U.V. gr/pianta	REFLUO CI gr/pianta	TESTIMONE gr/pianta
acido fosforico	17,0	17,8	15,6	18,6
nitrato K	103,1	107,3	93,7	112,2
nitrato di Ca	35,0	36,2	31,4	38,0
solfo Mg	36,6	38,0	33,1	39,8
microelementi	3,4	3,6	3,1	3,7
sequestrene	2,3	2,4	2,1	2,5
nitrato ammonico	10,1	10,5	9,1	11,0
acido nitrico (cc)	13,6	15,2	14,5	21,9

Questi valori confermano quanto fin qui espresso ed evidenziano una maggiore nutrizione media delle piante in “fuori suolo”, dipendente semplicemente dal maggiore quantitativo di soluzione fertirrigatoria somministrata a queste ultime.

### 5.5.2.5. Analisi chimico-fisiche delle soluzioni fertirrigatorie

Analogamente a quanto effettuato nel primo ciclo, sono state previste due diverse composizioni delle soluzioni nutritive: la prima da somministrare alla coltura fino al 5° palco fiorale, la seconda dal 5° palco fiorale alla raccolta.

Tipologia Sol. Nutritive	T	pH	COND. (µS/cm a 25°C)	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	P	Zn	Cd	Ni	B	Mn	Fe	Al	Cu
				ppm															
S.N. Secondario	1	6,0	3020	206	59	169	226	366	147	116	24	0,57	0,03	0,26	0,59	0,36	0,63	0,21	0,26
	2	5,9	4460	234	90	108	502	198	276	110	59	0,64	0,03	0,35	0,65	0,69	2,22	0,32	0,27
S.N. UV	1	6,1	3070	208	59	164	243	345	168	95	25	0,50	0,03	0,28	0,56	0,39	1,04	0,23	0,16
	2	5,9	4455	234	87	112	520	205	258	71	57	0,67	0,03	0,37	0,65	0,68	2,22	0,31	0,24
S.N. Clorato	1	5,9	3160	227	64	212	227	395	155	152	23	0,37	0,02	0,26	0,62	0,35	0,61	0,20	0,15
	2	6,0	3615	183	80	107	481	207	217	64	47	0,72	0,04	0,35	0,52	0,59	1,85	0,32	0,22
S.N. Test	1	6,0	3390	234	69	147	273	395	95	177	23	0,34	0,02	0,22	0,11	0,38	1,04	0,23	0,15
	2	6,1	3995	258	84	135	444	355	178	150	41	0,48	0,02	0,38	0,25	0,49	1,81	0,32	0,19

Parametri medi rilevati analiticamente per le due diverse composizioni delle soluzioni nutritive: 1 (fino al 5° palco) e 2 (dopo il 5° palco) in ciascun settore.

Per il dosaggio delle quantità delle soluzioni madri da miscelare con le acque irrigue, ci si è avvalsi di una sonda multiparametrica della yellow spring inc. (mod. 600-R-BCR-C-T-PH-DO) collegata ad un personal computer portatile. Le quantità di soluzioni madri aggiunte sono state stabilite attraverso la lettura in tempo reale delle conducibilità raggiunte all'interno di ciascun serbatoio. I valori di conducibilità raggiunti sono oscillati tra 3000-4500  $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ . Il pH è stato sempre mantenuto intorno a 6 attraverso l'aggiunta di volumi variabili tra 200 e 350 cc di  $\text{HNO}_3$  per ciascuno dei quattro serbatoi di accumulo di 1500 lt.

Dalla lettura dei dati della tabella si evince come la presenza naturale dei cloruri è, generalmente, al di sopra della norma per la maggior parte delle piante coltivate anche se tra i caratteri del pomodoro si annovera quello di una maggiore, ma non illimitata, tolleranza a detti composti chimici. Altro dato è la rassicurante presenza, al di sotto dei limiti di fitotossicità, di tutti i microelementi.

### 5.5.2.6. Analisi fogliare

In questo secondo ciclo si è proceduto ad un'analisi fogliare per verificare i ritmi ed i quantitativi di assorbimento della coltura in idroponica.

#### Modalità di campionamento

Per ogni settore sono state prelevate 16 foglie, vicine al grappolo del primo palco fruttifero al momento dell'invasatura, da altrettante piante (2 per fila). Le foglie subito dopo il prelievo sono state, quindi, poste in stufa a 60 ° per 24 ore e congelate fino al momento dell'analisi.

Settore	N	Ca <sup>++</sup>	K <sub>2</sub> O	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	Zn <sup>++</sup>	Cu <sup>++</sup>	B <sup>++</sup>
	% ss						ppm				
F.S. Test	5,4	3,0	4,2	0,6	0,01	0,61	100	30	33	450	20
F.S. Sec.	5,2	4,9	5,2	0,7	0,02	0,51	83	60	33	158	42
F.S. UV	5,9	3,3	4,8	0,6	0,02	0,70	93	37	36	342	31
F.S. CI	4,4	4,4	5,6	0,5	0,02	0,83	79	47	26	22	49

I valori di

macro e microelementi sono risultati essere paragonabili ai valori di riferimento per pomodori allevati in pieno campo e su suolo. Fa eccezione il rame che, tranne che per il fuori suolo clorato, ha raggiunto livelli molto alti; la causa di ciò è riconducibile a trattamenti a base di composti rameici (Polvere Caffaro) aventi funzione brachizzante e antifungina. Su tutti i settori, ad eccezione del testimone, è risultato un tenore in ferro inferiore al valore critico (100-300).

#### Metodiche per l'analisi delle foglie

Tecnica analitica utilizzata	Parametro
Metodo Kjeldahl (*)	Azoto
Mineralizzazione a secco e a umido e lettura all'ICP/AES (**)	Cationi

(\*) = AOAC 16 ° Ed. Vol. 1 – Met. 978.04

(\*\*) = AOAC 16 ° Ed. Vol. 1 – Met. 985.01

### 5.5.3. Tecnica di allevamento del pomodoro

Le piantine di pomodoro, varietà Naomi T, sono state trapiantate in data 10 settembre. Le operazioni di trapianto si sono protratte per complessivi giorni tre.

Come per il 1° ciclo, il sesto adottato per le parcelle è stato di 90 cm. tra le file e 30 cm. sulle file, per un totale di 280 piante per ciascuna parcella (35 piante/fila x 8 file/parcella), per un investimento complessivo di 2.240 piante, su una superficie protetta di 720 m<sup>2</sup>.

A circa un mese dalla data di trapianto, si è proceduto a legare le piantine con filo di nylon. Le operazioni di legatura si sono protratte per cinque giorni, iniziando con le parcelle su suolo in data 9 ottobre e terminando con il fuori suolo in data 13 ottobre.

Detta legatura è consistita nell'allacciare il filo alla manichetta, in corrispondenza della base della pianta, evitando di provocare strozzature, e tenderlo fino ad un supporto in ferro che si sviluppa nel senso del filare ad un'altezza di circa 270 cm. Man mano che la pianta si sviluppava in altezza, il fusto veniva accompagnato periodicamente attorno al filo. Tale sistema di tutoraggio si è reso necessario in quanto la cultivar impiegata, come del resto la quasi totalità delle varietà di pomodoro destinate al consumo fresco, è a sviluppo indeterminato e a conformazione sarmentosa.

Dopo l'invasatura del primo grappolo fruttifero, man mano che la pianta si sviluppava in altezza, veniva defogliata alla base per favorire l'aerazione e la colorazione delle bacche e sono stati eliminati i getti laterali.

Il 13/12/2001 si è proceduto alla cimatura di tutti i pomodori al di sopra del 10° grappolo fruttifero, per indurre le piante ad anticipare la maturazione dei frutti ed al fine di potere così completare la raccolta entro la fine del successivo mese di marzo.

Per quanto attiene l'impollinazione, all'ormonatura chimica è stato preferito il ricorso all'impollinazione entomofila tramite l'azione dei bombi (*Bombus terrestris*).

Si è proceduto ad accertare in modo assai semplice il livello di impollinazione tramite un rapido campionamento dei fiori che presentavano in gran numero i segni neri che il vigoroso aggancio con zampe e mandibole lascia sul cono staminale.

Nella serra è stata posta un'arnia del tipo "Natupol" prodotta dalla Koppert, contenente una colonia di bombi, sufficiente a coprire una superficie di circa 1.250 m<sup>2</sup>. Intorno a metà ciclo si è reso necessario collocare una nuova arnia, in quanto la prima si era pressoché esaurita.

### 5.5.4. Difesa della coltura

Anche nel corso del secondo ciclo di coltivazione i trattamenti sono stati ridotti al minimo indispensabile:

1. due trattamenti, limitati alle parcelle su suolo a base di ossicloruro di rame (Polvere Caffaro, nella dose di 1 Kg/hl), in data 22 Settembre e 6 Ottobre

2001, contro peronospora e per ottenere un effetto brachizzante sulle piante, tendenti ad una eccessiva vegetazione;

2. un trattamento a base di ciproconazolo (Atemi 10 Pepite - 10 gr/hl), in data 11 Novembre 2001, contro oidio e cladosporiosi;
3. un trattamento con Dodina (Syllit, alla dose di 200 gr/hl), in data 16 Febbraio 2002, contro cladosporiosi ed altre patologie fungine.

In data 10 Novembre si è reso necessario un trattamento insetticida con ciromazina (Trigard 75 WP alla dose di 50 gr./hl) contro *Liriomyza*<sup>8</sup>.

Tra le fisiopatie, si è riscontrato soltanto qualche sporadico caso di marciume apicale e di spaccatura dei frutti, dovuto, con ogni probabilità, a squilibri idrici verificatisi in tempi brevi.

E' da dire, infine, che la varietà coltivata (Naomi T) è dichiarata tollerante a fusariosi (razza 1), verticilliosi e TMV (Tomato Mosaic Virus).



**Gallerie scavate da larve di liriomiza**

#### **5.5.5. Osservazioni fenologiche**

---

<sup>8</sup> **LIRIOMIZE (*Liriomyza spp.*)**: ditteri di minute dimensioni le cui femmine provocano numerose punture di alimentazione e di ovideposizione sulle foglie; le larve, che schiudono rapidamente, scavano gallerie serpentine nelle pagine fogliari e le foglie, attaccate da più larve, intristiscono ed essicano, compromettendo, nei casi più gravi, la produzione.

Le stesse osservazioni condotte durante il primo ciclo di coltivazione sono state effettuate a metà del secondo, a circa 90 giorni dalla data di trapianto. Sono stati, inoltre, rilevati anche il numero di palchi fioriti e l'altezza del primo palco fruttifero. Dette misurazioni sono state effettuate in data 11 Dicembre 2001 su un campione di quattro piante per ciascuna parcella.



pomodori su suolo irrigati con reflui U.V.

I valori medi sono sintetizzati nella tabella seguente.

#### RILIEVI FENOLOGICI (valori medi) - 2° CICLO (11.12.2001)

parcella	h pp. (cm)	internodi fiorali (cm)	diam. fusti (cm)		altezza 1° palco (cm)	palchi fioriti (n.)
			h: 5 cm	h: 100 cm		
Suolo SEC	270,0	26,5	1,0	1,0	26,8	10
Suolo UV	288,8	25,3	1,1	0,9	23,8	10
Suolo CL	289,5	27,8	1,0	1,1	27,0	10
Suolo ACQUA IRR	274,8	26,3	1,0	0,9	28,0	10
Fuorisuolo SEC	311,3	26,3	1,1	0,9	20,0	11
Fuorisuolo UV	305,0	26,5	1,1	1,0	19,8	11
Fuorisuolo CL	215,0	26,8	0,8	0,8	17,8	9
Fuorisuolo ACQUA IRR	289,3	32,8	1,0	1,1	24,8	10

I dati relativi a questo secondo ciclo, sembrano confermare soltanto in parte quelli rilevati nell'ambito del 2° ciclo.

Sembra, infatti, essersi notevolmente mitigato l'effetto della concimazione di fondo effettuata sul suolo in fase di pre-impianto nel 1° ciclo. Conseguentemente, lo sviluppo vegetativo maggiore si è osservato nelle piante coltivate in vaso, mentre il diametro dei fusti si è mantenuto pressoché uniforme in tutte le parcella.

Merita una riflessione a parte il dato relativo all'altezza media delle piante della parcella fuorisuolo irrigata con refluo clorato (215 cm.).

Le piante hanno, infatti, risentito dell'effetto tossico conclamato del cloro attivo presente nel refluo clorato in alte concentrazioni, di gran lunga superiori ai limiti di

tolleranza, a causa di un malfunzionamento occulto del dispositivo automatico di clorazione dell'impianto di depurazione.

Il cloro ha determinato, così, un rapido e progressivo ingiallimento della vegetazione, accompagnato da ridotto sviluppo vegetativo e successivo deperimento delle piante. E' noto che il cloro-residuo libero non porta normalmente a conseguenze per le colture se la sua concentrazione non eccede 1 mg/l mentre è sempre dannoso se  $C_R > 5$  mg/l. Poiché durante la prima parte del ciclo di coltivazione sono stati riscontrati valori di  $C_R = 3$  mg/l si identifica in questo andamento del componente disinfettante la causa degli effetti depressivi alle parcelle irrigate con refluo clorato. Dette manifestazioni hanno avuto il loro termine nella parte medio-finale del ciclo quando la taratura della disinfezione con ipoclorito di sodio ha raggiunto la migliore ottimizzazione. Per cui - a tale stato di tossicità e durante il periodo di razionalizzazione della parte dell'impianto deputata alla disinfezione con ipoclorito di sodio - è stato fatto fronte sospendendo la somministrazione di refluo clorato e irrigato con acque irrigue tradizionali che hanno depurato il substrato di coltivazione e le piante stesse.



Effetti di fitotossicità del cloro attivo su foglie e piante

Piuttosto uniforme è da ritenersi la formazione dei palchi fioriferi mentre l'altezza del primo palco è risultata maggiore nelle piante coltivate su suolo (24–28 cm.) rispetto a quelle coltivate in vaso (20-24 cm.), aspetto meritevole di attenzione atteso che ciò sembra contribuire a ridurre i rischi di contatto dei reflui irrigui con i grappoli della produzione del primo palco fruttifero.

## 5.6. Le produzioni negli 8 settori di “suolo” e “fuori suolo”

### 5.6.1. Quantità prodotte

Analogamente a quanto effettuato per il 1° ciclo di produzione, appresso si illustrano il calendario di raccolta ed i quantitativi netti di pomodoro prodotto, esitati durante l'esercizio del 2° ciclo colturale da ciascun settore rappresentativo del binomio "sistema di coltivazione-tipologia di acqua".

La produzione dell'intero 2° ciclo ha ragguagliato i 19 q.li circa per 720 mq di serra (lordo), pari a 660 mq effettivamente coltivati (al netto delle tare).

N° SETTORE IRRIGUO	SISTEMA COLTIVAZIONE - ACQUA	RACCOLTA DEL				TOTALE PRODUZIONE Kg
		12/12/2001 Kg	31/01/2002 Kg	7/03/2002 Kg	20/03/2002 Kg	
1	SUOLO - SECONDARIO	11,2	62,3	80,0	40,0	193,5
3	SUOLO - REFLUO U.V.	11,2	56,7	80,0	40,0	187,9
5	SUOLO - REFLUO CI	11,2	67,9	72,0	40,0	191,1
7	SUOLO - TESTIMONE	22,4	62,3	80,0	32,0	196,7
2	FUORI SUOLO - SECONDARIO	39,2	73,5	200,0	40,0	352,7
4	FUORI SUOLO - REFLUO U.V.	33,6	73,5	168,0	56,0	331,1
6	FUORI SUOLO - REFLUO CI	5,6	6,3	144,0	48,0	203,9
8	FUORI SUOLO - TESTIMONE	34,4	17,5	112,0	64,0	227,9
		168,8	420,0	936,0	360,0	1.884,8

In termini relativi la produzione di questo 2° ciclo è risultata pari al 60% di quella del 1° ciclo: ciò a causa del diverso ciclo stagionale che ha visto, nello specifico caso in discussione che è quello autunnale-invernale, un andamento climatico non crescente caratterizzato, per di più, da diverse interruzioni di sviluppo vegetativo in prossimità di isolate giornate o periodi di repentino abbassamento delle temperature.

Analoghe considerazioni a quelle desunte per l'esercizio del 1° ciclo possono essere ripetute per questo ciclo di riprova e cioè che i settori del "fuori-suolo" sono risultati più produttivi di quelli del "suolo" e che tra questi quello irrigati con "secondario" hanno conseguito il risultato massimo. Quasi allo stesso livello del "fuori suolo-refluo secondario" si colloca il settore "fuori suolo-refluo U.V.", mentre relativamente distaccati appaiono i settori "fuori suolo-testimone" e "fuori suolo-refluo CI" con valori produttivi stagionali assolutamente confrontabili con tutti quelli della coltura su "suolo".

Nel sistema di coltivazione tradizionale, i valori appaiono differenziarsi per quantitativi non significativi: dette diversità, tra il valore minimo e massimo, si circoscrivono in 10 kg circa.

Abbastanza costante è stata la scalarità di produzione nel "fuori-suolo", con l'eccezione della combinazione "fuori suolo-refluo CI", le cui prime produzioni non sono risultate assolutamente paragonabili con quelle degli altri settori condotti in idroponica.

La produttività dell'intera serra, al netto delle tare, è variata dai Kg/mq 4,3 del settore "fuori suolo secondario" ai Kg/mq 2,3 della combinazione "suolo-refluo", per una media ponderata totale di Kg/mq 2,9. Detta media ponderata deriva dalla combinazione di quelle singole riferibili ai due sistemi di coltivazione: infatti il "suolo" ha presentato una produttività media di Kg/mq 2,3, mentre il "fuori-suolo" di Kg/mq 3,4.

Relativamente alle parcelle irrigate con refluo clorato, sorprendenti appaiono i valori produttivi notevolmente inferiori nel "fuori suolo" e la non rispondenza di questa tendenza nel "suolo". Inoltre la parcella "fuori suolo-refluo CI" ha presentato, come detto, una scalarità di produzione altrettanto indicativa che associata alle osservazioni fenologiche confermano lo stato di disagio vegetazionale riscontrato.

I valori produttivi del “fuori suolo-testimone” appaiono, inoltre, analoghi quantitativamente a quelli del “fuori suolo-refluo Cl”.

Le prime conclusioni che si possono trarre al riguardo è il riscontro di un effetto depressivo della clorazione dell'acqua sia sulla vegetazione che sulla produzione. Il fenomeno è spiegabile con un naturale innalzamento stagionale della salinità delle acque di partenza, aggravata dal trattamento di clorazione a base di ipoclorito di sodio che, per quanto agronomicamente minimo, appesantisce le congenite manifestazioni della salinità stessa.

Una prima causa di questo effetto depressivo, ma non la sola, è costituita dalla presenza dei cloruri, considerato che gli stessi, sul refluo clorato e sull'acqua testimone (che per la verità era acqua per uso civile e pertanto sottoposta a clorazione preventiva) sono stati rilevati ai limiti massimi tollerabili da una normale coltivazione di pomodoro. A questa situazione e relativamente alla parcella “fuori suolo-refluo Cl” si è aggiunta la manifestazione patologica da cloro-residuo sulla quale si è disquisito nel paragrafo inerente le osservazioni fenologiche. Da ciò discende che il riuso di reflui clorati è agronomicamente più incerto in assenza di un continuo monitoraggio del cloro residuo e di un impianto a larga scala che meglio ottimizzi, rispetto ad un impianto pilota come quello utilizzato per la ricerca, la dosatura del disinfettante ipoclorito di sodio.

Nella coltivazione su “suolo” queste differenze produttive non si sono notate, nonostante l'evidente osservazione nelle piante della parcella “suolo-refluo Cl” di sintomi da clorosi. La più probabile delle ipotesi è che il potere tampone del terreno abbia maggiormente contribuito all'ottimale riequilibrio ionico, minimizzando, in termini produttivi, gli effetti deleteri di acque dall'eccessiva presenza di cloro residuo libero.

### 5.6.2. Caratteristiche dimensionali dei palchi fruttiferi

Analogamente alla metodologia utilizzata per il 1° ciclo, i parametri biometrici misurati per la caratterizzazione della produzione ottenuta sono stati i seguenti:

1. peso medio delle bacche;
2. diametro longitudinale e trasversale delle bacche;
3. peso medio dei grappoli;
4. n° di bacche per grappolo.

Detti parametri fanno riferimento ad un campione di circa 100 bacche per ciascuno dei palchi fruttiferi e per ognuno dei due cicli di produzione realizzati.

Le relative elaborazioni, riportate nelle tabelle di sintesi, fanno riferimento ai primi tre palchi, assumendosi i dati ottenuti estendibili anche ai rimanenti.

Nella seconda ripetizione, i pesi medi delle bacche sono risultati sensibilmente più contenuti rispetto allo standard, ma di dimensioni paragonabili al ciliegino tradizionale (cv. Naomi).

E' da dire che l'andamento climatico poco favorevole ha determinato risultati variabili e non perfettamente in linea con quelli ottenuti con il 1° ciclo.

I pesi maggiori sono stati ottenuti nel 1° palco nelle parcelle irrigate con l'acqua testimone, sia su suolo che su fuori suolo; lo sviluppo più contenuto si è registrato nella parcella su suolo irrigato con refluo secondario (12,8 gr.). Nel 2° e nel 3° palco, il primato è passato al fuori suolo (2° palco fuori suolo irrigato con refluo UV: 18,9 gr. – 3° palco fuori suolo irrigato con refluo secondario: 17,0 gr.).

La pezzatura è da ritenersi sufficientemente uniforme.

I diametri longitudinali e trasversali confermano la forma tondeggiante regolare dei frutti, caratteristica della varietà.

Per quanto attiene il peso medio dei grappoli, i valori risultano piuttosto variabili ma la tendenza complessiva è quella di registrare i valori maggiori nel fuori suolo, caratterizzato nel contempo da un minore numero di bacche/grappolo.

La forma dei grappoli è risultata sempre regolare, tipicamente a lisca di pesce.

L'incidenza di frutti soggetti a spaccatura è stata molto elevata. Si sono rilevate percentuali fino al 70% per il fuori suolo clorato del primo palco, scese poi a valori del 10-15%.

Nel complesso se, dal punto di vista delle dimensioni, le bacche prodotte in questo ciclo si sono avvicinate maggiormente alle esigenze del mercato, da quello della quantità complessiva, la produzione sembra avere troppo risentito dell'effetto delle basse temperature invernali.



**bacche di 2° palco irrigate con refluo U.V.**

## CARATTERISTICHE BIOMETRICHE DEI FRUTTI E DEI GRAPPOLI – 2° CICLO DI PRODUZIONE

Parcella	1° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	12,8	4,10	2,2	0,30	2,4	0,30
Suolo UV	14,4	2,18	2,5	0,18	2,7	0,17
Suolo CL	13,1	3,80	2,6	0,30	2,7	0,30
Suolo ACQUA IRR	21,9	3,60	2,8	0,20	3,2	0,30
Fuori Suolo SEC	15,7	7,82	2,5	0,57	2,8	0,57
Fuori Suolo UV	18,6	5,00	2,8	0,30	3,0	0,30
Fuori Suolo CL	15,2	3,00	2,8	0,69	3,0	0,21
Fuori Suolo ACQUA IRR	19,9	6,63	2,8	0,39	3,1	0,41

Parcella	1° Palco - Grappoli			
	Peso medio grappoli	d.s.	n. bacche/grappolo	d.s.
Suolo SEC	110,0	23,0	10,0	2,5
Suolo UV	155,0	28,0	10,0	1,5
Suolo CL	150,0	30,0	9,0	1,0
Suolo ACQUA IRR	170,0	31,0	9,0	2,5
Fuori Suolo SEC	163,0	32,0	11,0	8,0
Fuori Suolo UV	140,0	38,0	8,0	3,0
Fuori Suolo CL	130,0	40,0	9,0	1,5
Fuori Suolo ACQUA IRR	166,0	4,0	8,0	2,0

Parcella	2° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	13,3	2,9	2,6	0,2	2,8	0,3
Suolo UV	14,6	3,1	2,7	0,2	2,9	0,2
Suolo CL	17,2	5,0	2,8	0,3	3,1	0,4
Suolo ACQUA IRR	13,1	3,8	2,3	0,3	2,5	0,3
Fuori Suolo SEC	17,9	4,9	2,6	0,4	2,9	0,4
Fuori Suolo UV	18,9	5,6	2,6	0,4	2,9	0,4
Fuori Suolo CL	16,5	5,2	2,5	0,3	2,8	0,3
Fuori Suolo ACQUA IRR	14,6	6,5	2,4	0,4	2,6	0,5

Parcella	2° Palco - Grappoli			
	Peso medio grappoli	d.s.	n. bacche/grappolo	d.s.
Suolo SEC	115,0	26,0	9,0	1,0
Suolo UV	140,0	32,0	10,0	1,0
Suolo CL	162,0	36,0	10,0	2,0
Suolo ACQUA IRR	117,0	35,0	9,0	3,0
Fuori Suolo SEC	152,0	54,0	10,0	3,0
Fuori Suolo UV	135,0	45,0	7,0	2,0
Fuori Suolo CL	135,0	46,0	9,0	1,0
Fuori Suolo ACQUA IRR	150,0	25,0	10,0	1,0

Parcella	3° Palco					
	Peso medio	d.s.	D long	d.s.	D trasv	d.s.
Suolo SEC	14,0	2,0	2,7	0,2	2,8	0,3
Suolo UV	15,0	3,0	2,7	0,3	2,9	0,2
Suolo CL	16,5	4,0	2,8	0,3	3,1	0,3
Suolo ACQUA IRR	13,5	2,8	2,3	0,3	2,5	0,2
Fuori Suolo SEC	17,0	4,0	2,6	0,4	2,9	0,3
Fuori Suolo UV	16,0	3,0	2,6	0,3	2,9	0,2
Fuori Suolo CL	14,5	2,8	3,0	0,3	3,2	0,1
Fuori Suolo ACQUA IRR	13,8	5,0	2,4	0,3	2,6	0,4

Parcella	3° Palco - Grappoli			
	Peso medio grappoli	d.s.	n. bacche/grappolo	d.s.
Suolo SEC	140,0	40,0	10,0	2,0
Suolo UV	155,0	50,0	11,0	2,5
Suolo CL	160,0	42,0	11,0	1,8
Suolo ACQUA IRR	145,0	20,0	12,0	2,0
Fuori Suolo SEC	178,2	23,0	12,0	1,0
Fuori Suolo UV	150,0	32,0	11,0	2,5
Fuori Suolo CL	155,0	48,0	9,0	1,5
Fuori Suolo ACQUA IRR	140,0	35,0	11,0	2,4

### 5.6.3. Caratteristiche organolettiche dei palchi fruttiferi

#### Modalità di campionamento

Si rimanda alla trattazione del par. 3.9.3.

#### Risultati

Dalle tabelle è possibile rilevare come i frutti di questo secondo ciclo abbiano raggiunto a parità di maturazione commerciale un contenuto zuccherino (gradi Brix) minore rispetto a quelli del primo. In questo campionamento si è inoltre osservato che le bacche insistenti nelle parcelle del fuori suolo hanno un'acidità maggiore rispetto a quelle del suolo.

SETTORE	Ph	Gradi Brix	Acidità titolabile (mmoli H <sup>+</sup> /lt)	acido citrico gr/lt
Sec. Suolo	4,0	5	132	8
UV Suolo	4,0	4,6	121	8
Clorato Suolo	4,1	4,5	134	9
Test Suolo	4,0	3,5	101	6
Sec. Fuori suolo	4,1	4,3	91	6
UV Fuori suolo	4,1	3,5	75	5
Clorato Fuori suolo	4,2	4	88	6
Test. Fuori Suolo	4,2	4,6	86	6

Parametri medi dei primi due palchi fruttiferi del secondo ciclo colturale.

SETTORE	Ph	Gradi Brix	Acidità titolabile (mmoli H <sup>+</sup> /lt)	acido citrico gr/lt
Sec. Suolo	3,9	5,5	131	8
UV Suolo	4,0	5,5	122	8
Clorato Suolo	4,9	5	66	4
Test Suolo	4,0	5,5	119	8
Sec. Fuori suolo	4,0	5,5	103	7
UV Fuori suolo	4,2	5,5	90	6
Clorato Fuori suolo	4	5,5	90	6
Test. Fuori Suolo	4	5,5	91	6

Parametri del terzo palco fruttifero del secondo ciclo colturale.

#### Metodiche utilizzate per l'analisi dei frutti

Si rimanda alla trattazione del par. 3.9.3.

#### 5.6.4. Analisi microbiologiche del primo palco fruttifero

Un giudizio di completa sicurezza dal punto di vista igienico-sanitario viene dato sui pomodori che sono stati raccolti in tutte le condizioni analizzate (tabb. 5.6.4/1 e 5.6.4/2); nessuna contaminazione batterica (da coliformi fecali e streptococchi fecali) è stata mai riscontrata nei pomodori coltivati prestando attenzione ad evitare un loro eventuale contatto con il refluo utilizzato per l'irrigazione. Il prodotto ottenuto è edule dal punto di vista igienico-sanitario e pertanto commerciabile.

**Tabella 5.6.4/1 -** Risultati delle analisi microbiologiche eseguite su campioni di pomodori (del primo palco) raccolti in data 11/12/2001.

<b>Campioni pomodori</b>	<b>Coliformi fecali /100g</b>	<b>Streptococchi fecali /100g</b>
<b>1) Refluo Secondario</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>2) Refluo UV</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>3) Refluo Clorato</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>4) Acqua Testimone</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>5) Refluo Secondario</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>6) Refluo UV</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>7) RefluoClorato</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>8) Acqua Testimone</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1

**Tabella 5.6.4/2 -** Risultati delle analisi microbiologiche eseguite su campioni di pomodori (del primo palco) raccolti in data 18/12/2001.

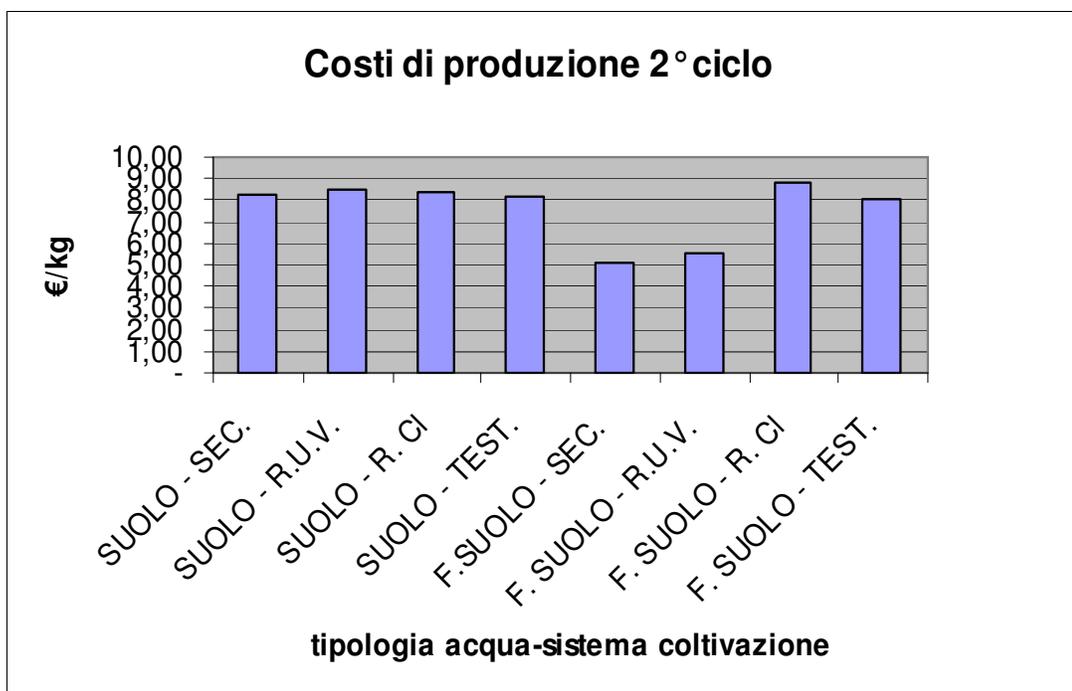
<b>Campioni pomodori</b>	<b>Coliformi fecali /100g</b>	<b>Streptococchi fecali /100g</b>
<b>1) Refluo Secondario</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>2) Refluo UV</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>3) Refluo Clorato</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>4) Acqua Testimone</b> <i>coltivazione tradizionale</i>	<1	<1
<b>5) Refluo Secondario</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>6) Refluo UV</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>7) RefluoClorato</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1
<b>8) Acqua Testimone</b> <i>senza suolo</i>	<1	<1

## 5.7. Considerazioni economiche a carattere aziendale sul 2° ciclo

Anche per il secondo ciclo si ripete l'esercizio dell'identificazione del costo di produzione (espresso in €/Kg) riferito a ciascuna combinazione sperimentale, omettendo, per sintesi, le considerazioni preliminari, già effettuate nel par. 3.12, sugli obiettivi prefissati in fase di ideazione della ricerca e sul metodo sperimentale adottato che ha visto, per motivi agronomici, la scelta di procedere alla formazione della soluzione nutritiva in assenza di tecnologie automatizzate (fertirrigatore).

Si ribadisce quanto affermato in par. 3.12 e cioè che il successivo risultato ha valore meramente indicativo in ordine alle decisioni scientifiche adottate (taglio delle piante al di sopra del 10° grappolo), alla reiterata alternanza di funzionamento dell'impianto di produzione del refluo clorato, alla utilizzazione di voci di costo poco vincolate all'ordinarietà, nonostante il fatto che, per motivi di carattere amministrativo, il calcolo si fonda su un rilievo più che puntuale dei costi.

Ciò premesso, ripetendo la metodologia di calcolo del precedente par. 3.12, si è addivenuti al risultato meglio evincibile dal seguente grafico riepilogativo.



La prima considerazione è che il costo di produzione generale (con rare eccezioni) è risultato pari ad oltre il doppio di quello conseguito nel primo ciclo. Ciò è certamente da addebitare alla minore produzione unitaria e totale, risultata complessivamente di poco superiore alla metà di quella conseguita nel primo ciclo a sua volta dipendente dall'andamento di un ciclo di coltivazione (autunnale-invernale) che ha visto periodi più o meno prolungati di rallentamento o stasi vegetativa in dipendenza delle basse temperature rilevate in determinati momenti dello sviluppo della pianta.

Le parcelle in fuori-suolo irrigate con refluo secondario e refluo U.V. hanno conseguito un costo di produzione decisamente inferiore a quelle in fuori-suolo irrigate con testimone e con refluo clorato, i cui relativi valori addirittura appaiono simili a quelli delle coltivazioni gestite con sistema di coltivazione tradizionale.

Con riguardo alla concorrenzialità, le uniche conferme provengono, in termini relativi, dai risultati del fuori-suolo secondario e del fuori-suolo U.V.

Sempre in termini relativi ma con confermato minore esito, convalide pervengono anche dall'andamento delle parcelle coltivate con sistemi tradizionali.

Lo scadente risultato della combinazione fuori-suolo/refluo clorato è spiegabile con le risposte agronomiche, ripercossesi nelle fasi di crescita delle piante, rilevate in sede di alternante funzionamento dell'impianto di clorazione (eccesso di cloro attivo). Al contrario interessante risulta l'esito dell'omologa parcella coltivata su terreno agrario: infatti, nonostante i problemi nella clorazione, il costo di produzione appare simile a quello conseguito dalle altre porzioni coltivate con sistema tradizionale probabilmente per la migliore risposta assicurata dal potere tampone del terreno.

## 6. Conclusioni e considerazioni finali

Le previsioni sul fabbisogno idrico per lo sviluppo dell'agricoltura indicano, in molte zone del Sud-Italia una domanda sempre crescente, di acqua per usi irrigui. In Sicilia, si prevede per questo decennio un fabbisogno di acqua per usi agricoli di 1 miliardo e 626 milioni di mc/anno per portare le superfici irrigabili a circa 318.000 ha.

Queste previsioni sembrano essere oggi ottimistiche in quanto i serbatoi di accumulo isolani non riescono a fornire la quantità di acqua necessaria e non sono infrequenti le annate in cui alcuni di essi restano, parzialmente o completamente, vuoti a causa della scarsità di piogge autunno-invernali. Inoltre si assiste, con sempre maggiore preoccupazione, al disordinato ed incontrollato sfruttamento delle risorse idriche sotterranee e ad una sempre maggiore infiltrazione di acque salmastre lungo le fasce costiere con gravissimi danni al suolo e alle colture.

Questa situazione di necessità per l'agricoltura siciliana ha determinato l'avvio di progetti di ricerca su fonti idriche alternative.

In questo contesto, il progetto n° 17 (P.O.P. Sicilia 1994-99 - Misura 10.4) rappresenta un momento di contributo per la conoscenza di risvolti microbiologici ed agronomici delle irrorazioni di reflui urbani sulle colture orticole tradizionali e "senza suolo" e fornisce iniziali indicazioni per l'eventuale definizione di misure di sicurezza, finalizzate alla tutela della salute umana.

La necessità di utilizzare le acque reflue delle città negli ambienti a clima caldo-arido è pertanto un problema incalzante ed impellente a motivo di crescenti richieste di acqua per uso potabile ed industriale, mentre le ricerche sulle reali possibilità d'impiego di dette acque per uso irriguo, con sufficienti garanzie igienico-sanitarie ed agronomiche sono frammentarie.

La Libia, accumulando in un grande invaso artificiale le acque reflue della città di Tripoli, ha reso fertile una vasta zona desertica (circa 3.000 ettari) a ridosso del grosso centro abitato, insediandovi stabilmente circa un migliaio di fellah ("collina verde").

La carenza di dati sperimentali certi e, per altro, ottenuti in loco, ha indotto la Regione Siciliana a recepire indicazioni altrove acquisite ed ad emanare, pertanto, norme molto restrittive per l'uso delle acque reflue nell'Isola.

La sperimentazione in oggetto non può essere considerata la soluzione del problema, ma l'avvio di un percorso necessario a supportare certe risoluzioni legislative che la Regione Siciliana dovrà pur adottare in futuro.

I risultati del progetto hanno riguardato un'indagine sperimentale realizzata a Carini su cui, per motivi sperimentali, è stato installato un impianto-pilota di depurazione di acque reflue, che ha fornito, alla serra di progetto, acque depurate a livello secondario (trattamento ossidativo biologico) e acque depurate a livello terziario e disinfettate con raggi ultravioletti (UV) o con cloro alla concentrazione di circa 10 p.p.m. Si sono analizzati i parametri microbiologici (coliformi totali e fecali, streptococchi e salmonelle) delle acque depurate con questi trattamenti. Lo scopo è stato quello di valutare l'efficacia dei trattamenti e le percentuali di abbattimento microbico ottenute in acque depurate, prelevate subito dopo l'impianto pilota, fino all'arrivo in serra. Sono inoltre stati analizzati, campioni di argilla utilizzata per la coltivazione "senza suolo" e campioni di acqua, raccolti nei sottovasi su cui erano

adagiati i contenitori per la coltivazione "senza suolo" dei pomodori. Infine sono valutati i risultati ottenuti dalle analisi microbiologiche effettuate sui pomodori coltivati in serra con le diverse acque sottoposte a trattamento secondario e terziario.

Dal punto di vista igienico-sanitario ed ambientale, l'ossidazione biologica è considerata basilare per la depurazione, mentre trattamenti aggiuntivi (U.V., clorazione, precipitazione di metalli pesanti e nocivi, ecc.) sono indicati per l'uso più corretto e sicuro di alcune e/o di tutte le acque reflue.

Ovviamente, la maggiore preoccupazione per l'impiego dei reflui in agricoltura è la possibilità che inquinanti, eventualmente contenuti, possano contaminare derrate alimentari e ambiente (terreno, corsi d'acqua, pozzi, atmosfera, ecc.).

Per questi motivi la sperimentazione è stata condotta su ortaggi (pomodoro), le cui parti eduli (frutti) vengono utilizzate generalmente senza cottura, crescono vicino al suolo e per il breve ciclo biologico e l'alta sensibilità fisiologica a stress di qualsiasi natura (carenza o eccessi climatici, idrici, nutrizionali, eccetera), possono, meglio di altri, fare emergere eventuali limitazioni e/o prescrizioni per l'impiego delle acque reflue.

I diversi livelli di trattamento secondario e terziario ed il confronto con comune acqua di pozzo utilizzata in zona per scopi irrigui, ha completato il quadro d'indagine della sperimentazione che, in sintesi, ha pertanto indagato i risvolti microbiologici, sanitari ed agronomici dell'utilizzazione di reflui urbani trattati per l'irrigazione di coltivazioni orticole tradizionali e "senza suolo" in serra.

Il primo ciclo produttivo, collateralmente ai buoni risultati agronomici generali, ha stimolato l'approfondimento di alcune particolari situazioni verificatesi che, l'esercizio del 2° ciclo, avrebbe dovuto chiarire con maggiore puntualità, unitamente alla riconferma degli altri dati rilevati. Queste sono:

- a) il periodo di persistenza dei reflui nei serbatoi di stoccaggio, legato al turn-over che va dalla produzione della risorsa idrica alla sua utilizzazione in campo;
- b) la trasferibilità dei dati, derivanti da un impianto sperimentale di produzione reflui a così piccola scala, su comprensori irrigui serviti da depuratori a maggiori potenzialità (in associazione al successivo punto c);
- c) l'effetto depressivo del cloro sulle piante, legato al processo di clorazione;
- d) la commestibilità del prodotto, con particolare riferimento alla carica microbiologica del 1° palco fruttifero perché più a contatto con il gocciolatore a microportata e con il substrato di terra o inerte;
- e) le caratteristiche quali-quantitative della produzione esitata.

Punto a): Ricrescita legata al turn-over

Si rammenta che, alla fine del 1° ciclo, si indicava di indagare sul pericolo di ricrescita microbiologica nelle acque già disinfettate con U.V. ed ipoclorito di sodio al verificarsi di periodi più o meno lunghi di stoccaggio.

In considerazione delle problematiche funzionali evidenziate alla fine del 1° ciclo riguardanti il controllo del tempo di residenza idraulica nei rispettivi serbatoi dei reflui trattati, al fine di leggere e valutare in modo completo e significativo i risultati microbiologici nell'effluente depurato, per la seconda fase sperimentale si è variato il ciclo adottato per la filtrazione e la disinfezione. Lasciando invariate le portate ed i parametri per la ossidazione/sedimentazione, si è optato per un funzionamento continuo della filtrazione per tutto il tempo necessario a riempire i serbatoi n° 2 e n° 3 (U.V. e Cloro), preventivamente svuotati delle acque prima accumulate. Tali serbatoi

venivano quindi riempiti di acque "fresche" di trattamento terziario, sigillati ed i campionamenti ripetuti subito e nei giorni successivi, al fine di verificare eventuali ricrescite batteriche.

I risultati indicano che la minaccia, per 2 analisi su tre, è pressoché inesistente per l'U.V. mentre per il refluo clorato (per quanto verrà detto nella trattazione del punto c.) nessuna conclusione certa può fornirsi anche se l'ultima delle tre analisi effettuate sembrerebbe scongiurare detto rischio.

Nel dubbio, comunque, una considerazione va fatta.

La disinfezione con NaClOH presenta dei caratteri di maggiore (se non totale) stabilità e permanenza, mentre quella con U.V. si configura per la sua efficacia immediata ma per la minore persistenza battericida nel tempo.

Orbene, nel caso in cui, in sistemi agricoli (come quello orticolo in serra) che trovano fondamento nella possibilità dello stoccaggio e conseguentemente nella certezza della "presenza" della risorsa idrica, si ricorresse a livello comprensoriale ad una disinfezione con U.V. si potrebbe proporre, in sede di stesura degli inerenti "Regolamenti di riuso" e per imprese di determinati indirizzi produttivi, l'obbligatorietà ad una ulteriore disinfezione aziendale con lampada U.V. immediatamente precedente alla distribuzione irrigua. Detta precauzione, oltre che limitatamente onerosa per l'azienda, conferirebbe le più generali garanzie sanitarie nel riuso.

#### Punto b): Impianto sperimentale

L'obiettivo della seconda fase del programma, iniziata nell'ottobre 2001, è stato quello di proseguire ed estendere le indagini precedentemente svolte sull'efficacia dell'impianto e dei processi di disinfezione, del refluo e di monitorare la carica microbica nei serbatoi di raccolta sia in quello sito in vicinanza dell'impianto sia in quello sito in prossimità della serra.

Le indagini condotte nella prima fase avevano dimostrato come la disinfezione con raggi ultravioletti provocasse una drastica riduzione della carica microbica fino al punto di adduzione in serra. Il trattamento con U.V. si è dimostrato inoltre più facilmente attuabile, come procedura di lavoro routinario dell'impianto, di quello ottenuto con cloro. Tuttavia il trattamento con U.V. ha comportato una ricrescita microbica nei siti di raccolta del refluo disinfettato con una frequenza maggiore di quella osservabile in seguito al trattamento con il cloro.

Relativamente al secondo ciclo colturale possono essere tratte le seguenti osservazioni, relative a ciascuna fase depurativa:

- Ossidazione: anche in questo periodo non si sono avuti problemi particolari, la concentrazione batterica nella miscela aerata ha superato a volte anche in questo periodo i 500 ml/l in cono Imhoff ed ha comportato la necessità di scaricare periodicamente l'esubero fisiologico. I risultati analitici nell'effluente sono stati consistentemente soddisfacenti;
- Sedimentazione: non si rilevano situazioni particolari da segnalare;
- Filtrazione: il funzionamento temporizzato del filtro, per come descritto nelle conclusioni del 1° ciclo, ha consentito migliori e più omogenei risultati. Dopo il periodo di produzione veniva fatto seguire sempre un lavaggio (con dosaggio di NaClOH), al fine di evitare eventuali crescite batteriche indesiderate nei giorni di fermo successivi.
- Disinfezione ad UV: ancora nessun inconveniente tecnico di sorta ed essenziale conferma dei risultati ottenuti nel primo ciclo;

- Disinfezione ad ipoclorito di sodio: a discapito del tempo, delle risorse e degli sforzi impiegati, per inconvenienti vari non si è riusciti ad assicurare risultati soddisfacenti neanche con il nuovo ciclo funzionale sopra descritto. All'inizio del periodo, un dosaggio troppo elevato di cloro ha avuto vistosi effetti negativi sulle piante, poi superati, ma che potevano avere risultati anche disastrosi sulle colture e sul prodotto, a conferma che tale metodo di disinfezione può essere pericoloso anche in termini economici, e che la sua perfetta funzionalità deve essere assolutamente garantita in ogni applicazione ed in ogni circostanza. Un risultato che appare ancor più favorevole per metodi più sicuri come l'U.V.

Secondo il parere della consulenza medica, in questo 2° ciclo nessun giudizio può essere dato sulla efficacia della filtrazione e sui due sistemi di disinfezione delle acque reflue; l'incongruità e la contraddittorietà dei risultati ottenuti sono probabilmente da ascrivere alla gestione di un impianto-pilota a piccola scala. Pertanto i quesiti posti all'inizio non hanno avuto una risposta definitiva - pur nella ragionevole supposizione, dall'incrocio di tutte le analisi effettuate - che il trattamento con U.V. possa essere in ogni caso preferibile a quello con il cloro.

Punto c): Effetti della clorazione sulle piante

Il trattamento dell'acqua reflua con ipoclorito sodico (NaClO) ha determinato inconvenienti per le difficoltà sopra evidenziate dell'impianto pilota nel dosaggio di piccole quantità di prodotto. Risulta evidente dai dati che l'eccesso di cloro, in fase iniziale, ha verosimilmente provocato effetti dannosi. Infatti le dosi consigliabili sono 5-15 p.p.m., generalmente molto basse: nel caso di probabile superamento si ingenera una conseguente depressione della fotosintesi della pianta, a seguito di disfunzioni causate dal cloro elementare sulla clorofilla in quanto l'elevata concentrazione fa abbassare il potenziale matriciale, causando danni di natura osmotica.

Il pomodoro, assieme a patata, fagiolo, cipolla, radicchio, girasole, ecc., è tra le piante che più risente degli effetti negativi del cloro gassoso ionizzato in acqua come si evince dai dati del seguente prospetto:

Specie agrarie	Mg/l di Cl nella soluzione circolabile
Cicoria	3.650
Spinacio	3.650
Cavolfiore	3.650
Carota	3.000
Sedano	2.400
Pomodoro	1.400
Fragola	920
Lattuga	600

In definitiva l'acqua di irrigazione, secondo riferimenti di Wastzer (1967), Caliandro, (1982) non deve contenere  $Cl^- > 150 \text{ mg/l} = 4 \text{ meq/litro}$  per non determinare effetti dannosi su piante sensibili.

Per la difficoltà di dosaggio del cloro in precise quantità e per la tossicità manifesta del  $Cl^-$  gassoso, l'utilizzazione di sostanze clorogeniche - come l'ipoclorito sodico e forse pure quello di Ca (CaClO) anch'esso potente battericida e disinfestante - va attentamente vagliata e considerata, in subordine, al trattamento con raggi U.V., di

facile monitoraggio, impiego, di modico costo e senza sostanziali rischi per persone e piante.

Punto d): Sicurezza commerciale del prodotto

Si sono continuate le indagini sulla possibile contaminazione, microbica di campioni di pomodori coltivati in serra con metodo tradizionale e "senza suolo", irrigati con i reflui trattati.

Gli accorgimenti agronomici cautelativi adottati (controllo dell'orientamento in basso dei microirrigatori a bassa portata in prossimità del 1° grappolo) - volti ad evitare un eventuale contatto dei pomodori con il refluo utilizzato per l'irrigazione ed al di là di qualsivoglia qualità microbiologica delle acque utilizzate – ha fatto conseguire un giudizio di completa sicurezza tale che la consulenza medica ha dichiarato il prodotto edule dal punto di vista igienico-sanitario e pertanto commercializzabile.

Punto e): caratteristiche quali-quantitative del prodotto

Alla sperimentazione si è voluto dare un'impostazione basata su criteri che potessero consentire la diretta trasferibilità operativa dei presumibili risultati attesi agli agricoltori, rifuggendo perciò da manipolazioni e analisi improponibili alla realtà agricola del territorio.

La scelta della cv. Naomi di pomodoro è stata basata sulla diffusa conoscenza del pomodoro in tutte le aziende agricole; in particolare la cv. Naomi è stata adottata per l'importanza e la notevole richiesta del prodotto sui mercati nazionali ed esteri.

Per motivi sperimentali (e pertanto non produttivi), consistenti nel confronto con quanto determinato durante il 1° ciclo (taglio al 10° grappolo), la sperimentazione del 2° ciclo (2001/2002) si è dovuta interrompere al 20/3/02 effettuando solo n° 4 raccolte.

Un'interruzione del ciclo nel corso della fase produttiva a data fissa per tutte le piante sottoposte a trattamenti differenziati potrebbe essere una variabile sperimentale fuorviante, ma conforta il fatto, che il cumulo delle produzioni per singola tesi sperimentale è simile, a quello del ciclo precedente.

E' stato rilevato che le produzioni nei due cicli di prova sono state sempre di buona qualità commerciale, peraltro confermato da numerose osservazioni biologiche e analisi chimiche effettuate sulle piante e sui frutti.

Solo nelle prime raccolte i frutti della tesi fuori suolo-refluo CI sono risultati di modesta pezzatura, a rapporto zuccheri/acidità piuttosto elevato per deficiente contenuto di acidità titolabile e di acido citrico. Tali caratteristiche organolettiche sono andate migliorando col procedere delle raccolte, le quali, comunque, hanno conseguito un minor livello qualitativo rispetto a quello degli altri settori sperimentali, compreso quello trattato con acqua di pozzo che, in subordine, è stato pure tra i meno produttivi in qualità e quantità.

Il confronto di tutti i rilievi microbiologici sulle acque, sul suolo, sui contenitori (vasi e sottovasi), sulle piante e dunque sui frutti, supporta i buoni risultati agronomici, acclarando la proficua utilizzazione delle acque reflue, utilizzate dopo trattamento secondario.

Sono preferibili le acque che hanno subito trattamento biologico, filtraggio fisico e quindi trattamento con raggi U.V..

In termini operativi l'irrigazione a microportata, localizzata a opportuna distanza dalla pianta ed, ancor meglio, la sub-irrigazione sono gli indirizzi tecnici che opportunamente si propongono nell'utilizzo delle acque reflue.

Il contenuto di macro e microelementi nutritivi nelle acque reflue va attentamente vagliato perché deve necessariamente comportare una riduzione dei livelli di concimazione, che comunque, vanno rapportati alle dosi ed ai rapporti presenti nel liquido utilizzato. Inoltre, se si opera in fuori suolo, permane la necessità di correggere la soluzione nutritiva per mantenerla a valori di conducibilità intorno a 3.000-3.500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  e di pH compresi intorno a 6, con eccezioni fino a 8 a seconda della specie e dello stadio biologico raggiunto dalle colture agrarie.