



CONSORZIO DI BONIFICA DI SECONDO GRADO  
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLO

# Progetto **ROTOFERT**



**SIME Società Idromeccanica Emiliana srl**  
**OCMIS IRRIGAZIONE SpA**  
**RM SpA**  
**IRRIMEC srl**  
**IDROFOGLIA**  
**IRTEC SpA**  
**FERBO srl**  
**CASELLA MACCHINE AGRICOLE srl**  
**GIAMPI srl**

**Verifica tecnico-agronomica della  
fertirrigazione mediante  
macchine irrigatrici semoventi**



## **Verifica tecnico-agronomica della fertirrigazione mediante macchine irrigatrici semoventi.**

### **OBIETTIVI**

Il progetto si propone di valutare l'effettiva potenzialità della fertirrigazione applicata mediante le macchine irrigatrici semoventi. Si è voluto in particolare studiare:

- le problematiche di impiego (individuazione di pompe iniettrici idonee alle pressioni e alle portate dell'irrigazione a pioggia, uniformità di distribuzione dei fertilizzanti),
- il frazionamento ottimale degli interventi fertirrigui e delle diluizioni della soluzione fertilizzante per evitare ustioni fogliari,
- i vantaggi agronomici (miglioramento di resa e qualità delle produzioni) e i benefici ambientali legati ad un maggiore e più puntuale frazionamento dei nutrienti (con particolare attenzione alla riduzione dei rilasci di nitrati nelle acque di percolazione).

I risultati del progetto dovrebbero evidenziare che, analogamente a quanto avviene per l'irrigazione a goccia, la distribuzione frazionata degli elementi fertilizzanti resa oggi possibile anche con l'irrigazione per aspersione, permette di salvaguardare o migliorare le rese con un contenimento di rilasci di nitrati nell'ambiente.

Sul tema della fertirrigazione mediante macchine semoventi non sono reperibili specifiche pubblicazioni scientifiche, ma solo indicazioni valide per le grandi macchine irrigue quali i Rainger ad avanzamento frontale, ed i Pivot ad avanzamento circolare. La fertirrigazione operata con queste macchine ha le stesse peculiarità di quella effettuabile mediante rotoloni attrezzati con irrigatore (sprinkler) o barra irrigatrice ed ha una serie di vantaggi e possibili inconvenienti:

#### Possibili vantaggi

- I nutrienti possono essere applicati sulla base delle necessità della coltura con distribuzioni frazionate e frequenti durante tutto il ciclo biologico
- Possibilità di somministrare i fertilizzanti in momenti di impossibile accesso meccanico in campo
- La veicolazione dei nutrienti assieme all'acqua migliora la penetrazione dell'acqua nel terreno e l'assorbimento da parte delle piante
- Alcuni fertilizzanti potrebbero determinare una parziale e vantaggiosa concimazione per via fogliare
- I nutrienti sono distribuiti molto uniformemente se si usano buoni sistemi irrigui
- Possono essere eliminate alcune lavorazioni superficiali utili all'interramento dei fertilizzanti
- I costi di distribuzione dei fertilizzanti vengono ridotti
- La contaminazione delle falde è ridotta per la riduzione dei fertilizzanti impiegati e per la vicinanza temporale tra distribuzione frazionata ed assorbimento.

### Possibili inconvenienti

- L'omogeneità di distribuzione del fertilizzante è condizionata dalla qualità dell'impianto irriguo
- Sono necessarie attrezzature iniettrici aggiuntive sull'impianto irriguo
- Non è possibile la localizzazione dei fertilizzanti
- La soluzione fertirrigua bagna direttamente l'apparato fogliare ed occorre evitare concentrazioni capaci di ustionare le foglie
- Le attrezzature sono traslanti; è quindi impossibile procedere a irrigazioni con acqua pura per dilavare il fogliame dalla soluzione
- La soluzione fertirrigua può corrodere alcune parti dell'impianto irriguo ed occorre effettuare lavaggi e manutenzione
- Alcuni fertilizzanti poco solubili o poco puri possono provocare l'ostruzione dei diffusori irrigui e di altre parti del sistema irriguo.

Nei nostri ambienti le prime interessanti osservazioni sono state effettuate all'Azienda Sperimentale "Vittorio Tadini" nel 2004 e 2005, dove sono state confrontati diversi sistemi di irrigazione, con e senza fertirrigazione, su pomodoro da industria, e orientativamente le produzioni più elevate sono state ottenute proprio con la fertirrigazione mediante macchine irrigatrici semoventi.

### **DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO**

La sperimentazione in oggetto si è svolta nel 2006, presso l'azienda Sperimentale Marsili del CER, a Mezzolara di Budrio, scegliendo una coltura orticola ad alto reddito quale il pomodoro da industria, irrigata con rotolone dotato di barra nebulizzatrice.

Sono state messe a confronto due modalità di fertilizzazione, una tradizionale con concimi granulari e una di fertirrigazione mediante rotolone; la quantità di elementi fertilizzanti è stata identica, stimata in base ai fabbisogni nutrizionali e alle asportazioni della coltura secondo i Disciplinari di Produzione della R.E.R., ma nella tesi fertirrigua è variata la distribuzione nel corso del ciclo colturale, frazionando opportunamente le dosi mediante interventi di fertirrigazione.

E' stata verificata sia l'eventuale riduzione di rilasci di nitrati nell'ambiente conseguibile mediante la fertirrigazione, sia il possibile vantaggio produttivo e di efficienza nell'uso dei fertilizzanti già riscontrati con la fertirrigazione applicata in microirrigazione.

E' stata inoltre verificata l'uniformità di distribuzione di acqua ed elementi minerali in funzione del sistema a pioggia adottato.

Il confronto è stato effettuato su un appezzamento di circa 4000 m<sup>2</sup>, coltivato a pomodoro, cv. Falco Rosso, con piantine trapiantate a fila binata in data 5/6/2006, con un investimento di 33.000 piante/ha.

L'appezzamento è stato suddiviso in due metà, nella prima è stato distribuito solo concime granulare frazionato secondo le indicazioni dei disciplinari di produzione, nella seconda è stato distribuito solo il fosforo al trapianto, mentre azoto e potassio sono stati apportati durante le irrigazioni.

E' stata posta la massima cura nella scelta di appezzamenti vicini e caratterizzati da una grande omogeneità di fertilità, lavorazioni e precessione colturale. Per dominare la variabilità di fertilità del terreno (molto negativa per l'analisi dei dati e l'attendibilità dei risultati) all'interno di ciascun appezzamento sono state ricavate, lungo una diagonale del campo, 5 parcelle di 10 mq ciascuna, in cui sono stati effettuati i rilievi e le raccolte sperimentali.

### **Gestione delle irrigazioni**

Il terreno su cui si è svolta la prova è caratterizzato da una forte componente sabbioso-limosa (40% sabbia, 46% limo, 14% argilla); dalle analisi del terreno sono state ricavate le costanti idrologiche:

- capacità idrica di campo: 18.4% del peso secco
- punto di appassimento: 7.9% del peso secco
- acqua disponibile: 10.5% del peso secco
- peso specifico apparente (*da pedofunzione*): 1.34 (kg/dmc).

Considerando uno strato di terreno di 50 cm, il valore corrispondente di CIC in mm è di 123.3, il punto di appassimento è pari a 52.9 mm e la riserva di acqua disponibile alla capacità di campo risulta di 70.4 mm.

Le irrigazioni sono state programmate in modo da mantenere l'umidità del terreno compresa tra il 45% e l'80% dell'acqua disponibile, con un volume di adacquata corrispondente di 25 mm per ciascun intervento.

Le irrigazioni sono state effettuate secondo un bilancio idrico con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge: il pilotaggio delle irrigazioni è stato deciso sulla base degli evaporati e delle piogge giornaliere, utilizzando gli stessi parametri e coefficienti colturali ( $K_c$  di tabella 1) inseriti dal CER nel modello di bilancio idrico IRRINET impiegato su circa il 20% delle superfici irrigue della regione Emilia-Romagna.

<b><i>K<sub>c</sub> pomodoro</i></b>	<b><i>Fenofase</i></b>
0.6	semina - primi frutti
0.8	fino al 2° palco con frutti
1.0	fino al 10% di frutti rossi
0.8	tra il 10% e il 25% frutti rossi
0.5	fino al 50% di frutti rossi

tab. 1 : coefficienti colturali del pomodoro

L'andamento meteorologico 2006, dal 5 giugno, data di trapianto, fino al 7 settembre, in cui si è proceduto alla raccolta, è stato particolarmente secco, con precipitazioni ridotte per l'intero ciclo colturale, come riportato in tabella 2 e figura 1: le piogge sono risultate di poco superiori ai 50 mm, assolutamente insufficienti per sopperire ad un consumo della coltura, stimato in oltre 350 mm. Dall'applicazione del bilancio idrico si sono pertanto resi necessari 285 mm di irrigazione, ripartiti in 4 interventi di 15 mm in giugno per favorire l'attecchimento delle giovani piantine di pomodoro, e 9 interventi di 25 mm tra luglio e agosto.

	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	18.2	6.1	26.3	0.0	50.6
E <sub>ta</sub> (mm/giorno)	6.53	7.64	5.66	5.29	6.3
E <sub>tm</sub> (mm/mese)	76.3	156.0	107.4	11.1	350.8
deficit (mm)	58.1	149.9	81.1	11.1	300.2
Irrigazione pioggia	60	150	75	-	285.0

\*dal 5/6

\*fino al 7/9

tab. 2: andamento meteorologico durante il ciclo colturale e volumi di irrigazione distinti per mese

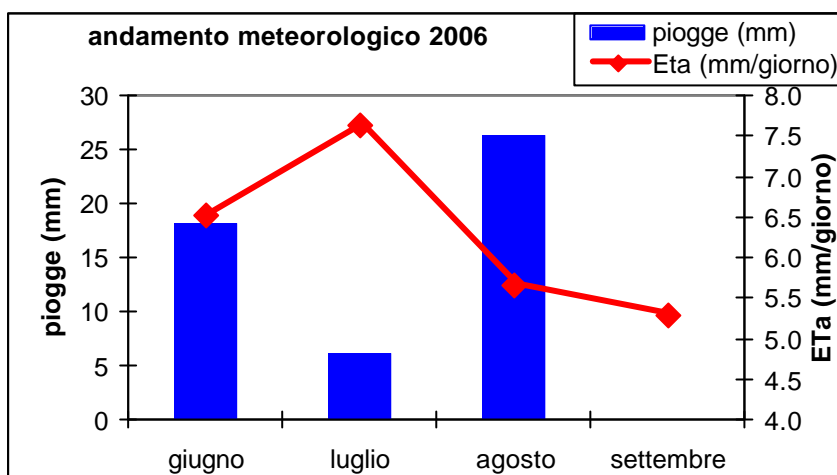


fig. 1: andamento meteorologico 2006 – piogge mensili ed evapotraspirazione media giornaliera stimata mediante evaporimetro di classe A

### Gestione della fertilizzazione

I fabbisogni nutrizionali stagionali della coltura sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale del terreno e dalle asportazioni del pomodoro, per una produzione attesa di 850 q/ha, secondo i Disciplinari di Produzione Integrata. Per un preciso calcolo dei bilanci nutrizionali sono stati preventivamente eseguiti dei prelievi di campioni di terreno per le analisi complete del suolo (pH,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , Ntot,  $\text{N-NO}_3$ , Norg, Corg, K ass., P sc, Mg sc, Ca sc., CSC, granulometria su 5 classi, capacità idrica di campo e punto di appassimento), su un orizzonte di 60 cm, facendo un mix di 5 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale di ogni appezzamento.

Il terreno è risultato nel complesso povero di azoto e di fosforo, che ha richiesto una dose di arricchimento, da aggiungere alla quota prevista di asportazione, mentre la dotazione di potassio è risultata elevata: nel complesso, in base al modello di calcolo previsto dai DPI della Regione Emilia Romagna, sono risultati necessari 221.5 kg/ha di azoto, 125 di fosforo (come  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e 100 di Potassio (come  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Per entrambe le tesi è stato dato il cosiddetto “effetto starter” con un prodotto liquido a base di N e P (Foxter, 5-30-0), distribuito localmente al momento del trapianto.

Nella tabella 3 sono riportati i calendari della concimazione tradizionale, distribuita interamente in forma granulare in tre soluzioni, rispettivamente al trapianto, alla comparsa dei primi fiori e dei primi frutti.

fase	data	concimazione tradizionale		
		N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)
trapianto	05/06/2006	1.5	9	
post-trap	06/06/2006		115	
1° fiori	24/06/2006	110		50
1° frutti	07/07/2006	110		50
	TOTALE	<b>221.5</b>	<b>124</b>	<b>100</b>

tab. 3: calendario delle concimazioni nella tesi tradizionale

La distribuzione dei fertilizzanti per la tesi fertirrigata è stata effettuata tutta al trapianto per quanto concerne il fosforo, analogamente alla tesi tradizionale, mentre azoto e potassio sono stati ripartiti in 9 interventi fertirrigui, in corrispondenza delle irrigazioni, con dosi differenziate in base alle curve di assorbimento della coltura di pomodoro, riportate in figura 2.

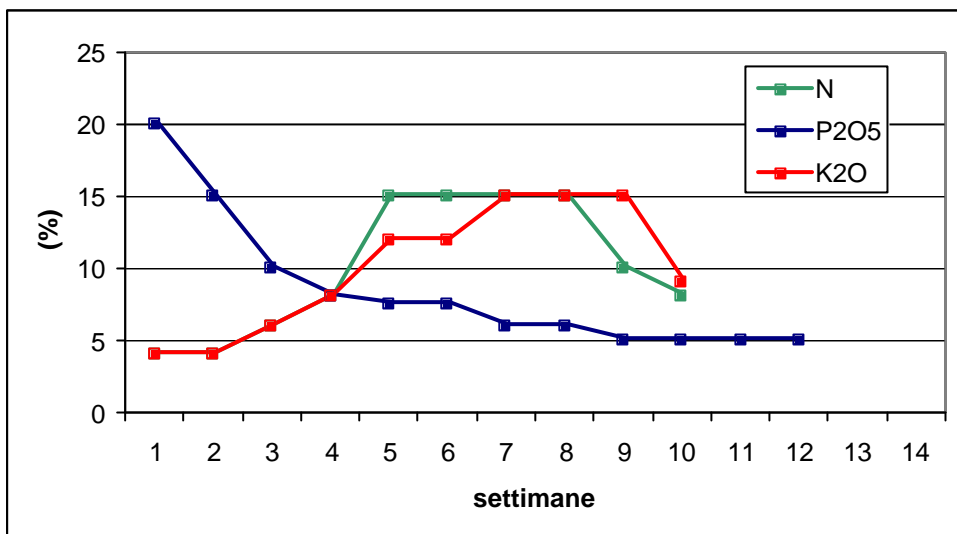


fig. 2: curve di assorbimento di azoto, fosforo e potassio, espresse in percentuale del fabbisogno totale di ciascun elemento, in funzione della lunghezza del ciclo colturale

Le curve sono state leggermente adattate, accorciando il ciclo di distribuzione rispetto alla microirrigazione, in considerazione del fatto che per aspersione il numero di interventi irrigui stagionali è normalmente limitato e, specie in annate piovose, l'impossibilità di operare tutti i successivi interventi programmati di fertirrigazione rischia di determinare stress nutrizionali nelle fenofasi più sensibili. Quest'anno tuttavia, grazie alla stagione particolarmente secca e alla lunghezza della durata della stagione irrigua del pomodoro, è stato possibile effettuare tutti gli interventi fertirrigui previsti, distribuendo così l'intero ammontare di azoto e potassio in fertirrigazione.

Nella tabella 4 sono riportati i calendari della distribuzione dei fertilizzanti per la tesi fertirrigata, in base alla metodologia descritta.

		tesi fertirrigazione		
		N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)
fase	data	distribuzione granulare		
trapianto	05/06/2006	1.5	9	
post-trap	06/06/2006		115	
settimana	data	distribuito in fertirrigazione		
2	17/06/2006	17.6		8
3	26/06/2006	13.2		6
4	04/07/2006	17.6		8
5	13/07/2006	33		12
6	18/07/2006	33		12
7	24/07/2006	33		15
8	28/07/2006	33		15
9	31/07/2006	22		15
10	04/08/2006	17.6		9
<b>TOTALE</b>	<b>TOTALE</b>	<b>221.5</b>	<b>124</b>	<b>100</b>

tab. 4: calendario della distribuzione dei fertilizzanti nella tesi fertirrigata

In figura 3 sono riportate le distribuzioni di fertilizzanti nelle due tesi a confronto, in relazione al calendario delle fenofasi tipiche della coltura del pomodoro, rilevate nella stagione 2006.

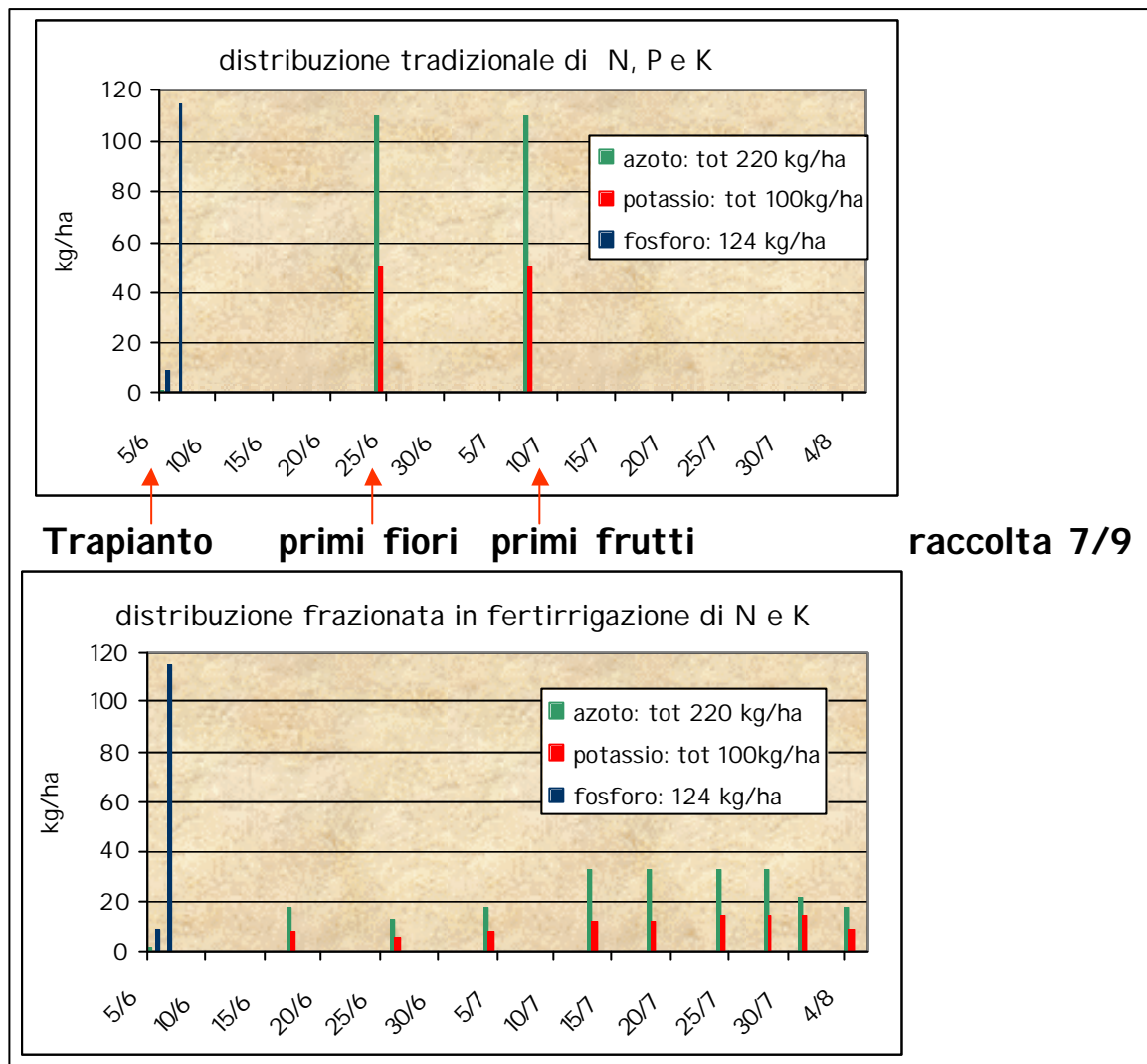


fig. 3: distribuzione delle concimazioni

Per quanto riguarda la scelta dei concimi, oltre al cosiddetto “effetto starter” con un prodotto liquido (Foxter, 5-30-0) distribuito localmente al momento del trapianto, per il fosforo si è impiegato perfosfato triplo granulare (titolo 46%) per entrambe le tesi. Per la tesi tradizionale, azoto e potassio sono stati in seguito distribuiti con concimi granulari classici (nitrato ammonico 27% e nitrato di potassio 13-0-46), mentre per la tesi fertirrigua si è impiegato il nitrato ammonico cristallino (titolo 34%), in virtù della maggiore solubilità, e il potassio liquido (K30), per la maggior semplicità di impiego rispetto al normale nitrato di potassio (titolo 13-0-46), più economico, ma che avrebbe richiesto più tempo per lo scioglimento.

I prodotti venivano preventivamente sciolti in acqua calda, in una vasca di 150-200 litri, in modo da non avere problemi di precipitati: poichè tale soluzione veniva poi iniettata in linea nell'irrigatore semovente, in virtù della notevole portata dell'impianto (oltre 40 mc/ora) la diluizione finale dei fertilizzanti a contatto con l'apparato fogliare della coltura non ha mai superato i 0.4-0.5 g/l, comunque sempre abbondantemente sotto la soglia prudenziale del 3 per mille, per cui non si sono mai registrati problemi di fitotossicità da parte delle piante, anche nelle fasi iniziali del ciclo, più delicate.



### ***Implementazione della macchina irrigatrice semovente***

Con la collaborazione tecnica delle ditte costruttrici di semoventi, finanziatrici del progetto, è stata assemblata una macchina dotata di pompa iniettrice e centralina elettronica, in grado di garantire sugli appezzamenti in prova la massima uniformità di distribuzione di acqua e fertilizzanti.

È stato impiegato a tal fine un semovente di 90 mm di diametro del tubo, dotato di barra nebulizzatrice larga 36 m, con un ugello di 5 mm ogni metro: la portata media della barra era di 680 l/min, alla pressione di 4.5 atm.

Il volume di adacquata è stato fissato a 25 mm, in considerazione della tendenza ad incrostare del terreno in prova, con conseguente riduzione di permeabilità in caso di altezze di pioggia più elevate: la velocità di arretramento corrispondente, funzione della portata e della larghezza di bagnatura, è risultata di 45 m/ora, per distribuire 25 mm.

Per la distribuzione della soluzione madre di acqua e fertilizzante, è stata individuata la pompa iniettrice della ditta STARTEC, tarata per funzionare ad una portata costante di 130 l/ora di soluzione nutritiva, capace di lavorare in un ampio range di pressione, compreso tra 3 e 12 atm: in pratica, poichè la lunghezza dell'appezzamento era di 53 m, coperti dalla barra in 1 ora e 10 minuti, in base alla velocità di arretramento descritta in precedenza, veniva preparata una soluzione madre di acqua e concime di circa 150 litri, corrispondente all'esatta quantità che la pompa era in grado di iniettare nell'intervallo di tempo corrispondente alla durata dell'intervento fertirriguo.

Sia il semovente, che la pompa iniettrice, sono stati corredati di centralina elettronica in grado di poter impostare e controllare la portata di iniezione, e garantire che questa rimanesse costante per tutta la durata dell'intervento irriguo, indipendentemente dalle variazioni di portata e pressione di funzionamento del rotolone.

## **RISULTATI**

### ***Verifica dell'uniformità di distribuzione di acqua e fertilizzanti***

Uno degli aspetti che più ci premeva verificare con il presente progetto, era la verifica dell'uniformità di distribuzione dell'acqua, e di conseguenza del concime in essa disciolto, condizione indispensabile per poter promuovere questa tecnica di distribuzione dei fertilizzanti: in occasione di tre interventi irrigui, in data 4, 13 e 17 luglio, è stata posizionata una linea di pluviometri, disposti lungo la diagonale del campo, in modo da misurare i millimetri effettivamente distribuiti sulla coltura sia su scala spaziale, nei vari punti dell'appezzamento, che su scala temporale, in momenti diversi in successione all'interno dell'intervallo di avanzamento della barra.

La prima considerazione riguarda l'ottima efficienza ed uniformità di distribuzione dell'acqua (fig. 4): come descritto in precedenza il volume di adacquata era di 25 mm, e la pluviometria media rilevata con il test è risultata esattamente di 25 mm, corrispondente ad una efficienza di applicazione del 100%: non si sono cioè registrate perdite d'acqua per evaporazione o deriva del vento nel corso dei tre interventi irrigui monitorati.

Anche in termini di uniformità di distribuzione, dal calcolo dell'indice di Christiansen, è risultata una uniformità media nei tre rilievi di 92.1%, molto buona, che conferma, come già osservato in analoghi test effettuati in precedenti prove con le medesime attrezzature irrigue, che anche con l'irrigazione ad aspersione è passibile distribuire l'acqua con una elevata precisione.

Notevoli risultati si sono riscontrati anche in termini di efficienza ed uniformità di distribuzione dei fertilizzanti (sempre in fig. 4): la concentrazione teorica di azoto distribuita per ogni intervento era nota, sapendo il quantitativo di concime disciolto

ogni volta e che il volume di adacquata di 25 mm, su una superficie di 1908 mq, corrisponde alla distribuzione di 47.7 mc. Sapendo inoltre il formulato del fertilizzante impiegato, era facile determinare le concentrazioni di azoto nitrico e ammoniacale dell'acqua distribuita.

Si è poi proceduto all'analisi dei campioni d'acqua captata dai diversi pluviometri ed è risultato che, mediamente, la concentrazione di azoto nitrico dell'acqua arrivata alle piante era corrispondente al 97.9% di quella teorica, a conferma dell'ottima efficienza di applicazione del sistema fertirriguo impiegato. Anche l'uniformità delle concentrazioni nelle diverse parti dell'appezzamento è risultata molto buona, con un valore di Christiansen del 91.7%.

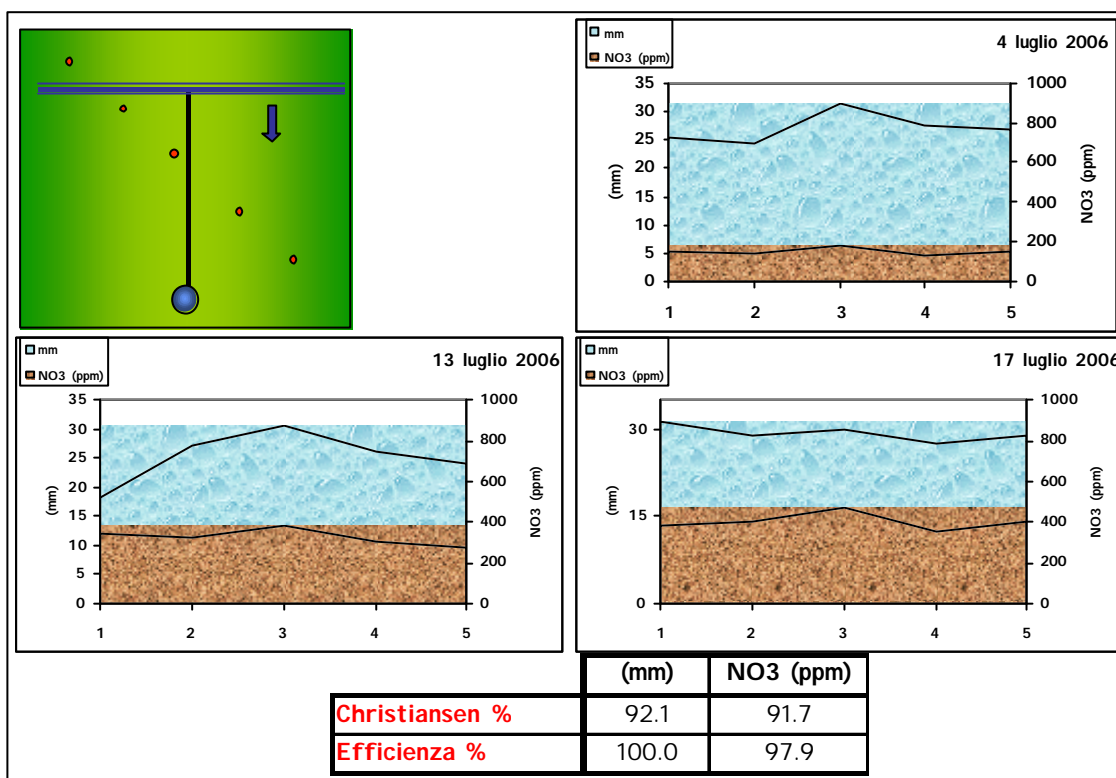


fig. 4: disposizione dei pluviometri durante il test, valori delle intensità di precipitazione rilevate e relative concentrazioni di nitrati. La tabella riporta le percentuali di uniformità di Christiansen e l'efficienza di applicazione medie dei tre rilievi

Questi risultati sono molto incoraggianti per una applicazione diffusa di queste metodologie di fertirrigazione: è evidente comunque che, quando si distribuisce anche il fertilizzante insieme all'acqua, occorre porre maggiore attenzione a non effettuare gli interventi fertirrigui in condizioni di elevata ventosità o nelle ore più calde della giornata.

#### **Valutazione del contenuto di azoto nella soluzione circolante**

Ad inizio campagna, prima del trapianto della coltura, era stato effettuato un campione di terreno per determinare la dotazione iniziale di azoto nitrico e ammoniacale nella soluzione circolante, di pronta disponibilità per le piante: ne è risultato un contenuto abbastanza scarso, ma uniformemente distribuito lungo il profilo, pari a 4.4 mg di azoto nitrico per kg di terreno secco (4.4 ppm) nello strato 0-30 cm, e 4.57 ppm nello strato più profondo, tra 40 e 70 cm.

Per una valutazione dell'eventuale riduzione del dilavamento dei nitrati indotto da una più puntuale distribuzione dei fertilizzanti azotati mediante fertirrigazione, sono stati successivamente posizionati, per ogni tesi a confronto, su due ripetizioni, due batterie di lisimetri a suzione, uno profondo circa 30 cm, posto nello strato di

massima esplorazione da parte delle radici, e un secondo collocato a 70 cm per il rilievo del contenuto in nitrati e ammonio nella soluzione circolante: sono stati poi effettuati 9 rilievi, 1-2 giorni prima delle irrigazioni, in modo da valutare l'azoto residuo nel terreno dopo le eventuali percolazioni dovute all'irrigazione precedente. Unitamente ai rilievi di nitrati e ammonio è stato rilevato, sempre a 30 e 70 cm, il contenuto idrico del terreno, impiegando sonde theta-probe per la determinazione dell'umidità in volume: questo dato, unitamente alle concentrazioni di nitrati e ammonio, ci ha consentito di effettuare un bilancio di massa dell'azoto veicolato nel terreno e percolato in profondità.

Nelle fig. 5 sono riportate le fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle due tesi a confronto, alle due profondità considerate: nella tesi a concimazione tradizionale sono ben evidenti i due picchi di concentrazione di azoto corrispondenti alle due concimazioni granulari. Il tenore di nitrati cala tuttavia più rapidamente, in seguito ai dilavamenti conseguenti ai diversi interventi irrigui e all'assorbimento da parte della coltura, mentre nella tesi fertirrigata, grazie agli apporti frazionati, la dotazione di azoto prontamente disponibile viene consumata più gradualmente, fino alle fasi più avanzate del ciclo colturale.

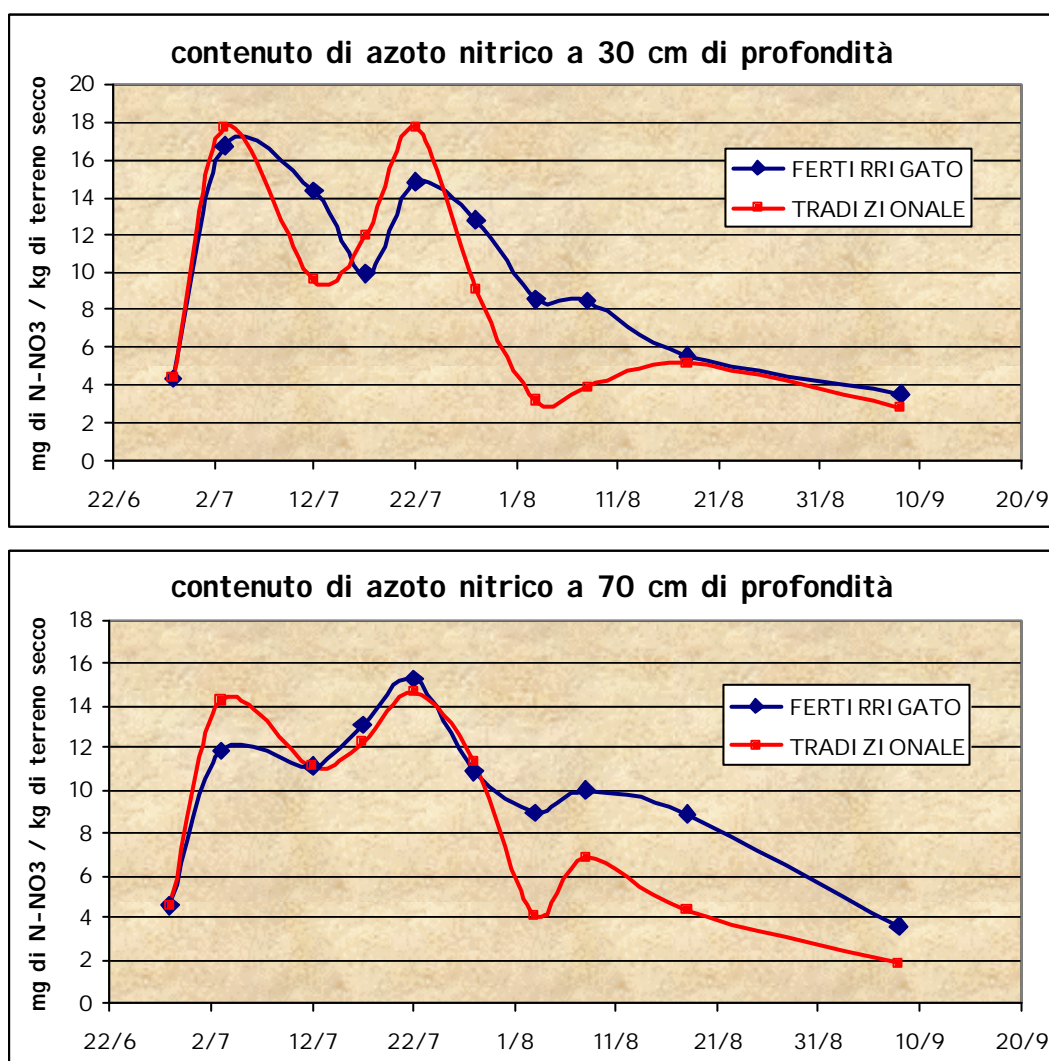


fig. 5: fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle due tesi a confronto, alle due profondità considerate

Questa differenza è ancora più evidente nell'orizzonte più profondo, dove le radici sono arrivate a colonizzare lo strato di terreno solo a partire dalla seconda metà di luglio: nella tesi tradizionale, già dai primi di agosto, si era quasi esaurito il contenuto di azoto nitrico, mentre era ancora disponibile per la tesi fertirrigata. In entrambi i confronti in ogni caso, a fine stagione, la dotazione di azoto residuo è tornata su valori simili a quella di inizio ciclo, a dimostrazione della corretta valutazione delle asportazioni del pomodoro durante il ciclo colturale.

### **Valutazione dell'accumulo di azoto nelle piante**

Durante il ciclo colturale erano previsti rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale per pianta, ripartita in biomassa e bacche: sono stati effettuati, su un mix di 2 ripetizioni, 4 prelievi di 5 piante di bordo per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo le bacche da fusti e foglie.

I rilievi sono stati eseguiti in corrispondenza delle fenofasi tipiche della coltura:

- alla comparsa dei primi frutti al secondo palco, ancora verdi e di diametro inferiore ai 2 cm, in data 3/7/06,
- con frutti verdi di 2-3 cm al terzo palco, in data 18/7/06,
- al massimo sviluppo vegetativo, con frutti al 5°- 6° palco, con circa il 5-10% di bacche rosse, in data 11/8/06,
- alla raccolta, effettuata in data 7/9/06.

In figura 6 sono riportate le curve rilevate di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto: è evidente come la tesi a concimazione tradizionale abbia raggiunto il massimo accumulo di sostanza secca, sia di biomassa, che di bacche, in anticipo rispetto alla tesi fertirrigata, avendo praticamente già assorbito tutto l'azoto disponibile nel terreno già dai primi giorni di agosto, in accordo con quanto osservato in precedenza dalle analisi della soluzione circolante.

L'accumulo di sostanza secca nelle piante fertirrigate è stato viceversa più graduale, è spostato più in avanti nella stagione, avendo potuto fruire ancora degli ultimi apporti di fertilizzante, fino alla prima decade di agosto.

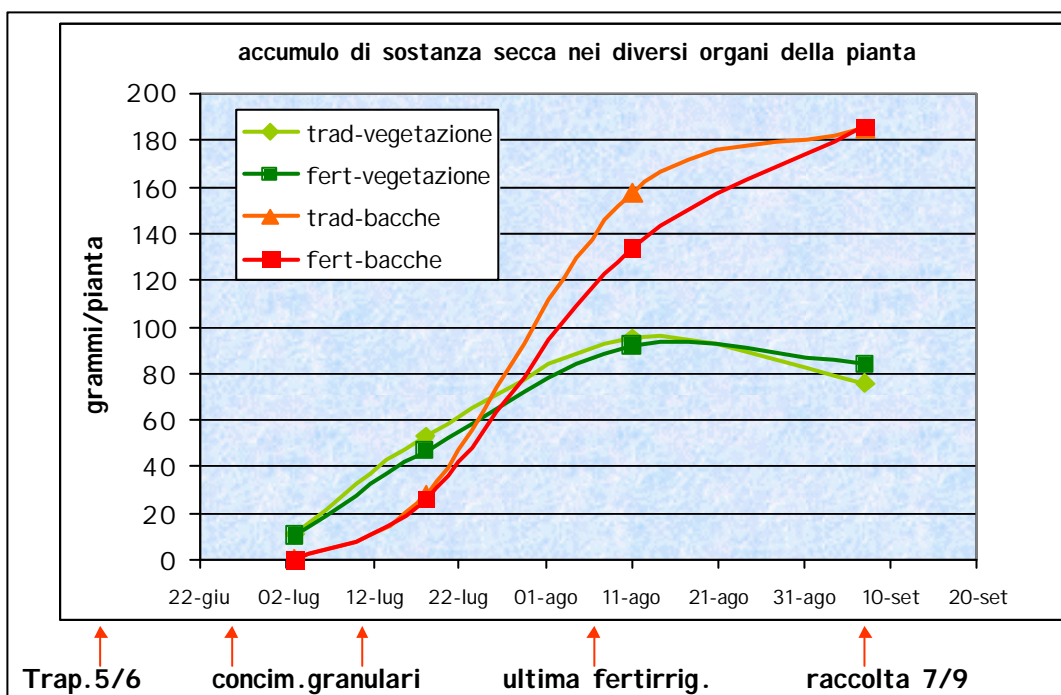


fig. 6: curve di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto

Sul materiale vegetale essiccato è stato poi determinato il contenuto di azoto totale, per valutare l'accumulo di azoto nelle piante, distinto in biomassa vegetale e frutti. In figura 7 sono riportate le curve così determinate di assorbimento dell'azoto espresse in grammi per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto: analogamente all'accumulo di sostanza secca, si vede chiaramente che la tesi a concimazione tradizionale ha terminato il proprio accumulo di azoto, sia di biomassa, che di bacche, in netto anticipo rispetto alla tesi fertirrigata, avendo praticamente già assorbito tutto l'azoto disponibile nel terreno già dai primi giorni di agosto, in accordo con le analisi della soluzione circolante. Si è anzi registrato un precoce decadimento di biomassa, in particolare dell'apparato fogliare, con una conseguente cessione di azoto organico al sistema. L'assorbimento dell'azoto nelle piante fertirrigate è stato viceversa più graduale nel corso della stagione, grazie agli apporti frazionati fino alla prima decade di agosto.

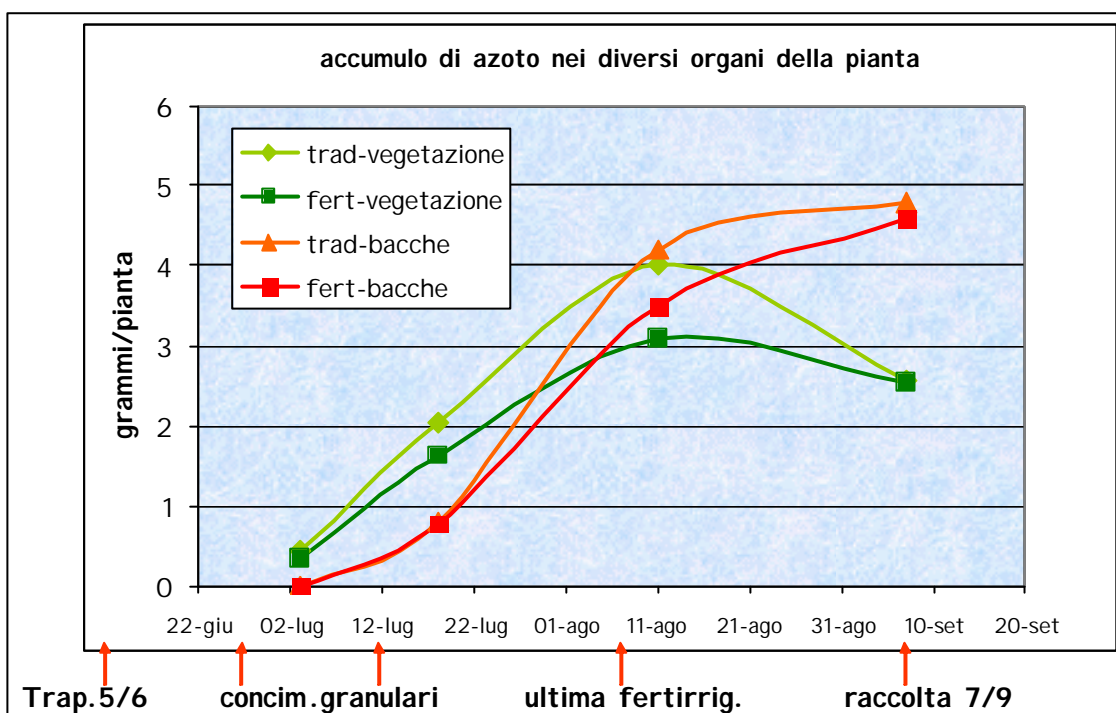


fig. 7: curve di assorbimento dell'azoto per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto

Se consideriamo che l'investimento era di circa 33.000 piante per ettaro, le asportazioni finali di azoto (circa 7 g/pianta) sono risultate, tra biomassa e bacche, di 236 e 243 kg/ha di azoto, rispettivamente per la tesi fertirrigata e quella tradizionale: considerando che sono stati apportati poco più di 220 unità, la coltura ha di fatto consumato interamente il concime distribuito, indipendentemente dalle tesi, più una quota esigua, 15-20 kg/ha, di riserve già presenti nel terreno. La valutazione del fabbisogno teorico della coltura è stata fatta pertanto in misura decisamente corretta. Ne consegue che, per entrambe le tesi, non si sono registrati dilavamenti di nitrati nelle falde, assai pericolosi dal punto di vista ambientale. Mentre per la tesi fertirrigata questo risultato era atteso, grazie alla distribuzione frazionata dei fertilizzanti, sorprende che anche con la tecnica tradizionale non si siano registrate perdite di azoto: occorre tuttavia ricordare che la stagione è stata particolarmente favorevole, con una minima influenza delle piogge naturali, ma che comunque anche solo con l'adozione di un corretto bilancio idrico e nutrizionale è possibile ridurre in buona misura l'impatto ambientale dell'attività agricola, anche se si impiegano le tecniche tradizionali.

## Risultati produttivi

Alla raccolta, in data 7 settembre, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- produzione areica di bacche,
- numero bacche/mq, peso medio bacche,
- suddivisione percentuale per classi (commerciale, verde e marcio);

Su campioni di prodotto commerciale, per ciascuna tesi, in laboratorio è poi stato rilevato:

- °Brix,
- colore (a/b Gardner),
- acidità totale e pH,
- nitrati
- viscosità (Bostwick).

Sulla base delle rese, dei volumi irrigui e degli apporti azotati, sulle quattro colture è stata calcolata la WUE (Water Use Efficiency) e la NUE (Nitrogen Use Efficiency).

In tabella 5 sono riportati i valori finali di investimento e produzione di biomassa: non si sono registrate variazioni significative tra i due metodi anche se, tendenzialmente, come visto dall'analisi delle curve di accumulo di sostanza secca, il precoce decadimento fogliare nella tesi tradizionale ha determinato una biomassa inferiore del 10% rispetto alla fertirrigazione.

	Piante/mq	vegetazione (g/pianta)	
		tal quale	sost.secca
fertirrigato	3.46	485.59	84.01
tradizionale	3.42	442.67	76.22
incremento%	1.17	9.70	10.22

tab. 5: valori finali di investimento e produzione di biomassa

Nelle tabelle 6 e 7 sono riportati i dati di resa e peso medio delle bacche, distinte nelle diverse classi commerciali, e le ripartizioni percentuali della produzione.

In sintesi, grazie ad una maggior gradualità di maturazione nel corso della stagione, la fertirrigazione ha determinato un incremento di oltre 100 q/ha di prodotto commerciale, bacche rosse e semirosse, pari al 13%, significativo a  $p < 0.10$ , anche in virtù di un significativo aumento del peso medio delle bacche rosse: la percentuale di prodotto commerciale è risultata vicina all'80%, significativamente superiore (a  $p < 0.05$ ) rispetto a quella fatta registrare dalla tesi a concimazione tradizionale che, viceversa, ha presentato maggiori percentuali di bacche e verdi e di scarto (anche se in misura non significativa).

	Rosso		Semirosso		Verde		Marcio		Totale
	q/ha	peso medio g	q/ha	peso medio g	q/ha	peso medio g	q/ha	peso medio g	q/ha
fertirrigato	818.25	59.72	92.94	53.83	177.53	29.88	90.16	33.09	1178.88
tradizionale	716.50	56.06	89.37	53.07	223.79	34.68	102.79	34.35	1132.45
incremento%	14.20	6.53	4.00	1.43	-20.67	-13.85	-12.29	-3.68	4.10

$p < 0.10$

$p < 0.05$

tab. 6: dati di resa e peso medio delle bacche, distinte per le diverse classi commerciali

	Commerciale		Verde	Marcio
	q/ha	(%)	(%)	(%)
fertirrigato	911.19	77.28	15.04	7.67
tradizionale	805.87	71.23	19.65	9.12
incremento%	13.07	8.50	-23.43	-15.89

$p < 0.10$

$p < 0.05$

tab. 7: ripartizione percentuale della produzione

Gli stessi risultati sono riportati sinteticamente nelle figure 8 e 9, che mostrano rispettivamente la ripartizione % delle classi commerciali delle due tesi a confronto, e i dati di resa commerciale conseguenti.

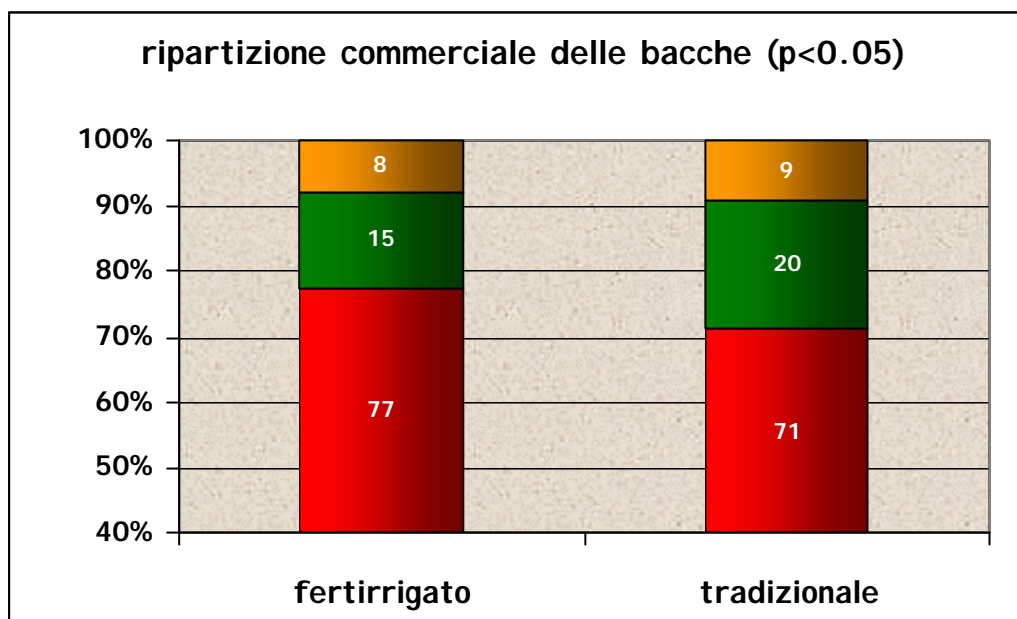


fig. 8: ripartizione % delle classi commerciali delle due tesi a confronto

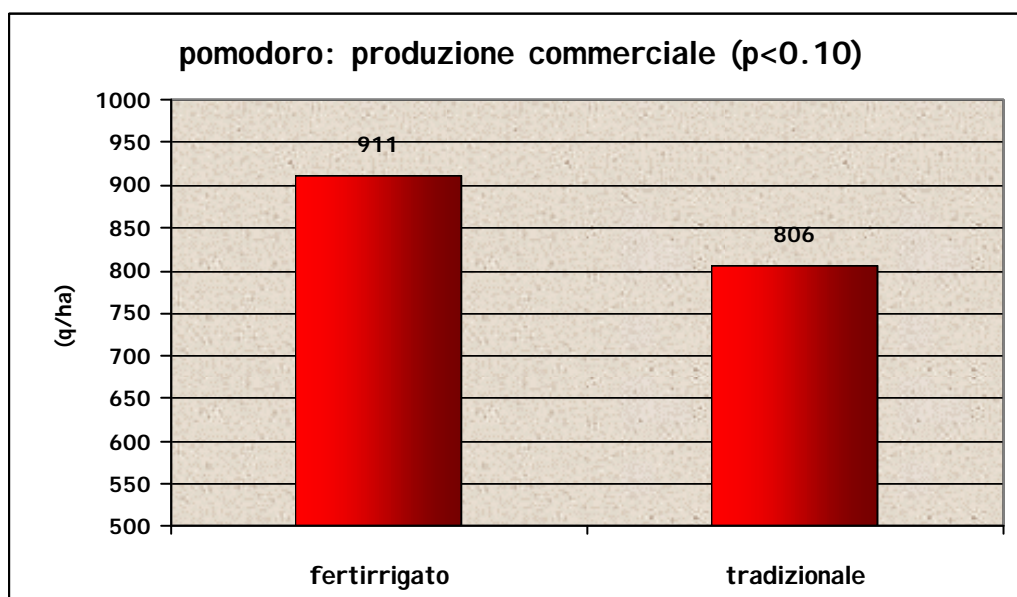


fig. 9: dati di resa commerciale

### **Risultati qualitativi**

In tabella 8 sono riportati i risultati delle analisi qualitative: non si rilevano differenze statisticamente significative tra le tesi a confronto, ma i principali parametri qualitativi sono risultati positivamente influenzati dalla fertirrigazione.

E', infatti, aumentato il tenore di residuo secco delle bacche, con un aumento del °brix: ne consegue che, dalla combinazione della maggior concentrazione con la resa commerciale più elevata, si è ottenuto, grazie alla fertirrigazione, un incremento di resa in residuo secco, espressa in °brix/ha, del 16.82%, significativo a  $p < 0.05$  (fig. 10).

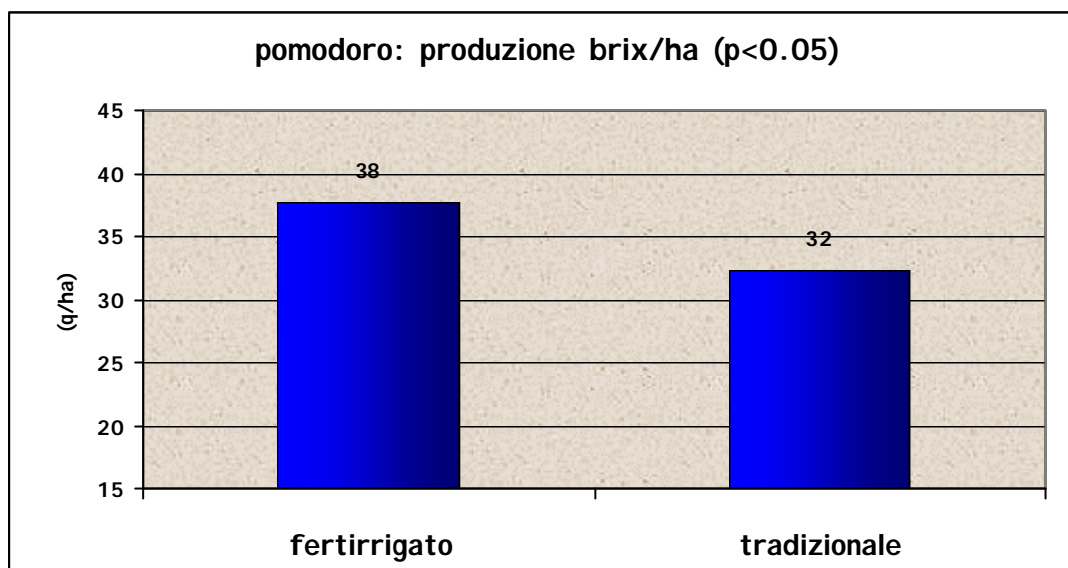


fig. 10: resa in residuo secco, espressa in °brix/ha

La fertirrigazione ha inoltre determinato un incremento della viscosità delle bacche, espressa secondo l'indice di Bostwick in cm/30 sec: in pratica viene fatta scivolare la polpa di pomodoro su un piano inclinato e misurato lo scivolamento per unità di tempo. Maggiore è il contenuto di sostanze peptiniche e quindi più è densa la polpa, minore sarà lo scivolamento sul piano: la viscosità della tesi fertirrigata è risultata superiore del 17% rispetto a quella della tesi tradizionale, anche se la differenza non è risultata statisticamente significativa.

Grazie alla fertirrigazione è stato infine possibile ridurre di quasi il 30%, il residuo di nitrati nelle bacche, parametro molto importante per gli aspetti sanitari del prodotto in quanto tali sostanze, specie se unite alle caseine, possono risultare dannose per la salute dell'uomo.

	°brix (g/100g)	°brix/ha	pH	ACIDITA' (g/100g)	Viscosità (BOSTWICK) (cm/30sec.)	COLORE HUNTER				NO <sub>3</sub> (mg/kg)
						L	a	b	a/b	
fertirrigato	4.15	37.84	4.35	0.36	7.8	24.3	28.8	11.8	2.44	6.2
tradizionale	4.02	32.40	4.34	0.36	9.5	24.3	28.9	11.8	2.45	8.6
incremento%	3.3	16.82	0.2	-0.9	-17.5	0.0	-0.5	-0.1	-0.4	-27.6

$p < 0.05$

tab. 8: risultati delle analisi qualitative

### **Efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto**

Poiché i risultati di resa e qualità sono stati ottenuti a parità di volumi irrigui stagionali e di apporti azotati, variando solo la distribuzione di quest'ultimo, è evidente che l'incremento di resa commerciale ottenuto è dovuto ad un miglioramento di efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto (Water Use Efficiency, WUE, e Nitrogen Use Efficiency, NUE), espressi rispettivamente come grammi di prodotto per litro d'acqua, piogge più irrigazioni, o per kg di azoto distribuito, come riportato in tabella 9.

L'Irrigation Water Use Efficiency, IWUE, esprime invece i grammi di prodotto per litro, considerando però solo l'acqua irrigua.



L'incremento di efficienza d'uso dovuto alla fertirrigazione è ancora più evidente (+16.82%, significativo a  $p < 0.05$ ), se consideriamo solo il residuo secco, ovvero la produzione in °brix/ha, per unità di acqua o fertilizzante distribuiti.

	Commerciale q/ha	brix q/ha	Vi (mm)	P+I (mm)	sul commerciale		sul brix/ha		N (kg/ha)	sul commerciale NUE kg/kg	sul brix NUE kg/kg
					WUE g/l	WUE g/l	WUE g/l	WUE g/l			
fertirrigato	911.19	37.84	285	335.6	27.15	31.97	1.13	1.33	221.50	411.37	17.09
tradizionale	805.87	32.40	285	335.6	24.01	28.28	0.97	1.14	221.50	363.82	14.63
incremento%	13.07	16.82	-	-	13.07	13.07	16.82	16.82	-	13.07	16.82
	p<0.10	p<0.05			p<0.10	p<0.10	p<0.05	p<0.05		p<0.10	p<0.05

tab. 9: efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto

### Valutazioni economiche

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti: le modalità di pagamento fissate nel 2006 per il pomodoro, tengono conto di una quota fissa legata al contributo comunitario, più una quota in base agli accordi interprofessionali, variabile in funzione del °brix (tab.10).

	intervento comunitario (€/Q.le)	base da accordo interprof. (€/Q.le)	° BRIX reale	fattore moltiplicativo dell'accordo interprofessionale	Resa Q.li/ha	PLV (€/ha)	prezzo unitario (€/Q.le)	increm. fertirrig. Q.li/ha
fertirrigato	3.043	3.9	4.15	70%	911.19	5260	5.77	765
tradizionale	3.043	3.9	4.02	65%	805.87	4495	5.58	(+17%)

tab. 10: determinazione della P.L.V.

L'incremento di brix ottenuto con la fertirrigazione ha determinato un passaggio di "scaglione" nel pagamento della quota base interprofessionale che, unitamente alla resa commerciale più elevata, ha portato ad un incremento di P.L.V. di 765 €/ha, pari al 17% in più rispetto alla concimazione tradizionale (fig. 11).

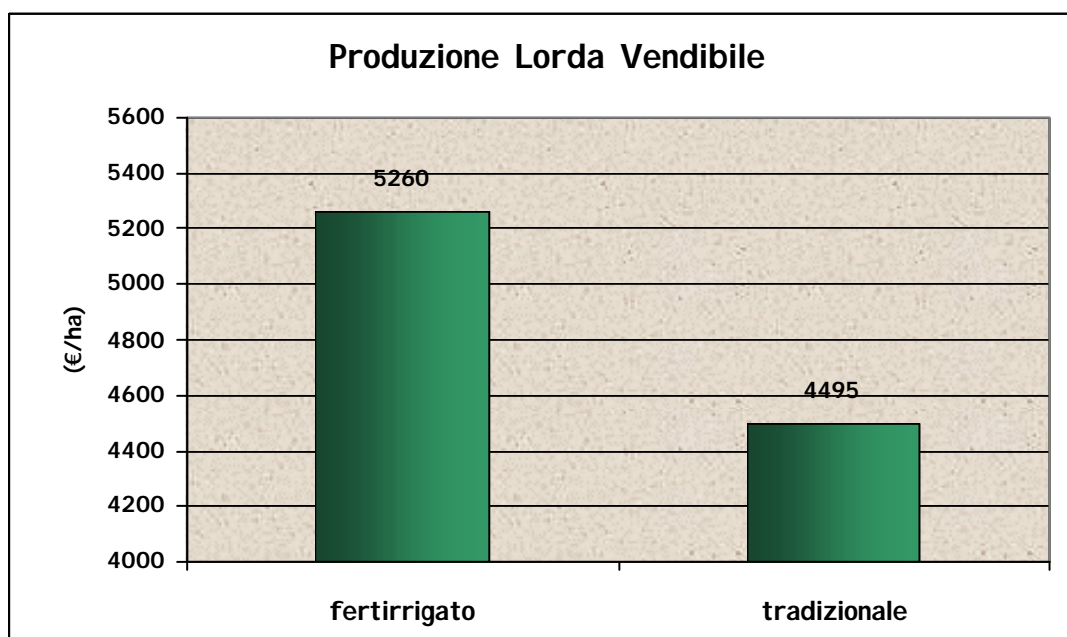


fig. 11: incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione

Questo incremento di PLV è stato ottenuto con spese aggiuntive molto contenute, non superiori a 50-60 €/ha, legate in pratica all'acquisto della pompa iniettrice e all'eventuale impiego di concimi a maggior solubilità.

L'acquisto della pompa iniettrice incide sull'impianto indicativamente per un valore di 2.000 €, spalmabile però sull'intera superficie irrigabile, dai 10 ai 20 ettari in funzione della capacità operativa della macchina semovente impiegata, e su una durata della pompa di almeno 5 anni: il costo ad ettaro per anno diventa pertanto trascurabile, di 20-40 €.

Con l'incremento di P.L.V. conseguibile in stagioni favorevoli, come i risultati della prova sembrano confermare, è pertanto possibile rientrare dell'investimento in un tempo molto breve.

Anche i maggiori oneri dovuti all'impiego di fertilizzanti differenti rispetto alla concimazione tradizionale possono essere molto contenuti: nel caso in oggetto, si è adottato un tipo di nitrato ammonico più solubile, con un prezzo unitario più elevato del 40% rispetto al tradizionale, ma con un titolo più alto di azoto (34% contro 27%): ne consegue che, per la distribuzione di 220 unità, la differenza per la distribuzione dell'azoto è stata di appena 23 €.

Per la distribuzione del potassio si è scelto il fertilizzante liquido (titolo 30%) solo per motivi di semplicità operativa nella gestione sperimentale: questo prodotto è però molto più costoso (più del doppio rispetto alle forme granulari) e ha comportato, per la distribuzione di 100 unità, un maggior costo di 183 €/ha: se però non consideriamo le esigenze sperimentali, in una applicazione a pieno campo, con le dovute accortezze nella preparazione della soluzione madre, si sarebbe potuto tranquillamente usare lo stesso nitrato di potassio impiegato nella tesi tradizionale, senza nessun costo aggiuntivo.

## **CONCLUSIONI**

I risultati descritti, seppur ottenuti in un'annata particolarmente favorevole, con un effetto molto contenuto delle precipitazioni, che ha consentito di frazionare in ben nove interventi fertirrigui gli apporti di azoto e potassio, confermano le notevoli potenzialità di applicazione della tecnica della fertirrigazione, anche utilizzando le macchine irrigatrici semoventi ad aspersione.

Si sono ottenuti ottimi risultati in termini di efficienza ed uniformità di applicazione del fertilizzante, non si sono riscontrati effetti di fitotossicità legati alla bagnatura fogliare, e gli incrementi di resa e qualità del prodotto sono stati di un certo rilievo, se si considera che anche nel confronto tradizionale si è cercato di operare al meglio, applicando un corretto bilancio idrico-nutrizionale, e frazionando in due interventi gli apporti di fertilizzanti.

Anche dal punto di vista ambientale, la tecnica ha inoltre consentito di azzerare la percolazione di nitrati in falda, come ha evidenziato il monitoraggio dell'azoto nel terreno.

In sostanza, tutti i vantaggi auspicati in premessa, hanno trovato un positivo riscontro nell'applicazione in campo, tale da incoraggiare la diffusione su larga scala di tale tecnica.