

Fertirrigazione con rotoloni

Colture: pomodoro, mais, patata, cipolla

Autori: CER - S. Anconelli, P. Mannini, G. Guidoboni, D. Solimando

Relazione tecnica 2008:

ROTO-FERT

Messa a punto della fertirrigazione con l'impiego delle macchine irrigue semoventi su colture erbacee e orticole, per il miglioramento quanti-qualitativo delle produzioni e il contenimento delle perdite di nitrati

OBIETTIVI e FINALITA'

Descrivere gli obiettivi raggiunti con la realizzazione del progetto.

Il progetto si proponeva di valutare l'effettiva potenzialità della fertirrigazione applicata mediante le macchine irrigatrici semoventi. Sono state analizzate le problematiche di impiego (individuazione della pompa iniettrice idonea 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 acqua di percolazione).

Gli obiettivi raggiunti sono di seguito sintetizzati:

- Messa a punto degli aspetti tecnici.

Implementazione della macchina irrigatrice semovente: è stata individuato un modello di pompa iniettrice idonea a lavorare alle elevate pressioni del rotolone, corredata di centralina elettronica in grado di garantire la massima uniformità di iniezione per tutta la durata dell'intervento irriguo, proporzionale alla portata dell'impianto, in grado di compensare eventuali variazioni di portata e pressione di funzionamento del rotolone.

Scelta di concimi idrosolubili a basso costo e individuazione delle concentrazioni non fitotossiche: per non caricare troppo i costi di produzione, è stata fatta la scelta di impiegare gli stessi concimi adottati nella tesi granulare tradizionale (solo per il nitrato ammonico si è impiegata una tipologia idrosolubile, il cui costo per unità fertilizzante varia comunque di poco); non si sono riscontrati effetti di fitotossicità legati alla bagnatura fogliare, poichè la diluizione dei fertilizzanti non ha mai superato i 0.25-0.5 g/l, in virtù delle notevoli portate dell'impianto ad aspersione.

- Adattamento delle curve di assorbimento degli elementi nutritivi e individuazione del frazionamento ottimale degli interventi fertirrigui. Visto il ridotto numero di interventi irrigui stagionali dell'aspersione, rispetto alla microirrigazione, è opportuno fissare una quota di fertilizzanti da distribuire in presemina e copertura in forma granulare, indicativamente almeno pari al 30-40% del fabbisogno nutrizionale totale, restituendo il rimanente in fertirrigazione (in 5-7 interventi), in funzione delle curve di assorbimento delle colture esaminate.

- Valutazione dell'omogeneità di distribuzione dei fertilizzanti: i numerosi test tecnologici effettuati hanno evidenziato, nella media, perdite d'acqua durante il lancio molto limitate, con valori di efficienza prossimi al 99-100%, sia con l'impiego della barra irrigatrice che con l'irrigatore a turbina.

Anche l'uniformità di distribuzione dell'acqua, misurata mediante numerosi pluviometri disposti lungo la diagonale del campo, è risultata molto elevata, con valori

di coefficiente di uniformità di Christiansen compresi tra 91 e 97%, per entrambe le attrezzature irrigue impiegate.

L'omogeneità di distribuzione dell'azoto ha mostrato valori analoghi, evidenziando quindi un'eccellente proporzionalità di iniezione dell'attrezzatura fertirrigua impiegata.

- **Quantificazione del contenimento delle perdite di nitrati** per percolazione profonda, legata ad una più puntuale distribuzione dei fertilizzanti: in linea generale è stato riscontrato che la somministrazione frazionata dell'azoto in fertirrigazione ha determinato una maggiore e più prolungata disponibilità di azotati fin nelle fasi più avanzate del ciclo colturale; tale condizione ha consentito, nel complesso, un più regolare accumulo di sostanza secca negli organi produttivi delle varie colture. Dal punto di vista ambientale, la tecnica ha consentito di azzerare la percolazione di nitrati in falda, come ha evidenziato il monitoraggio dell'azoto nel terreno ed il bilancio delle asportazioni delle colture prese in esame.

- **Valutazione dell'efficienza agronomica della fertirrigazione** su colture estensive ed orticole, con particolare riferimento al miglioramento dell'efficienza d'uso dell'azoto e dell'acqua: la miglior disponibilità di nutrienti durante il ciclo colturale e la buona uniformità di distribuzione in campo, hanno determinato un generalizzato incremento produttivo della tesi fertirrigua rispetto a quella tradizionale, con incrementi produttivi del 6-7% per il mais e la patata, fino al 13% di incremento di resa di bacche commerciali nel pomodoro. Su questa coltura è stato anche riscontrato un miglioramento qualitativo, che ha portato la resa in Brix da 32 a 38 q/ha nel 2006, e da 52 a 58 q/ha nel 2008.

Solo sulla cipolla non sono state riscontrate differenze tra le due tesi per effetto delle consistenti precipitazioni nel mese di giugno che non hanno permesso di effettuare tutte le fertirrigazioni previste nel momento di massimo assorbimento da parte della coltura.

Particolarmente elevate sono anche apparse le produzioni del test non concimato: la relativamente buona fertilità di fondo del terreno potrebbe quindi aver in parte mascherato risultati ancora più evidenti a favore della fertirrigazione.

Utilizzando i risultati produttivi del testimone non concimato, sono stati calcolati gli incrementi di resa per unità di fertilizzante apportato: la fertirrigazione ha determinato un incremento medio di resa pari a 40 kg di prodotto per kg d'azoto distribuito, contro i soli 27 della concimazione tradizionale. Ne consegue che, per il solo effetto della distribuzione frazionata del concime, è stato possibile incrementare l'efficienza d'uso dell'azoto del 48%.

- **Stima dei costi per l'adeguamento tecnologico** delle attrezzature irrigue per poter realizzare la fertirrigazione con gli irrigatori semoventi. I maggiori costi della fertirrigazione sono stati stimati in 40-60 €/ha, tra quota d'uso della pompa iniettrice (ad un costo intorno ai 2000 €, ammortizzabili su 10-20 ha in 5 anni) e all'impiego di concimi a maggior solubilità: per la tesi tradizionale è stato impiegato nitrato ammonico al 27%, mentre per la tesi fertirrigata è stato usato nitrato ammonico cristallino idrosolubile (34%), con un costo aggiuntivo di circa 0.1 €/kg di N; questi maggiori costi vengono compensati però dal risparmio di 1-2 interventi di distribuzione dei fertilizzanti con lo spandiconcime, il cui costo è indicativamente di 35-60 €/ha.

Le due tecniche, fertirrigazione e concimazione tradizionale, non differiscono quindi sostanzialmente dal punto di vista economico, sui costi colturali, ma la fertirrigazione ha permesso un recupero di produzione lorda vendibile rispetto alla concimazione tradizionale che, nella media delle colture, è risultato di 521 €/ha.

Ipotizzando una ricaduta dei risultati del progetto anche soltanto sul 10% delle superfici stimate coltivate con le colture indagate, in base agli incrementi di PLV ottenuti nel 2006-08 su pomodoro, e nel 2007 su patata e mais, pur con il risultato

negativo della cipolla nel 2008, tradotti su base territoriale, con l'applicazione della fertirrigazione mediante impianti irrigui ad aspersione semovente si potrebbe ottenere un beneficio complessivo superiore ai 2.7 milioni di euro.

CONTENUTO DEL LAVORO

Descrizione dettagliata del lavoro svolto.

Descrizione analitica dei risultati e dei prodotti intermedi e finali ottenuti.

AZIONE 1

Verifica tecnico-agronomica della fertirrigazione

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 migliorare le rese e salvaguardare l'ambiente mediante il contenimento di rilasci di nitrati.

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 ad 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.

Prove più articolate sono state condotte dal CER nel 2006, sempre su pomodoro da industria, presso l'Azienda Sperimentale Marsili sull'irrigazione del Consorzio CER: è emerso che la distribuzione frazionata di azoto e potassio mediante fertirrigazione, effettuata tramite macchina irrigua semovente dotata di barra, è risultata in grado di incrementare del 17% la PLV del pomodoro da industria, in virtù di un incremento di produzione, con un maggior residuo secco. Tale risultato è stato senza dubbio favorito da un andamento stagionale estremamente siccitoso che ha consentito di effettuare numerosi interventi fertirrigui, senza interferenze con le precipitazioni, e merita pertanto un approfondimento.

Le suddette esperienze, così come il presente progetto, è cofinanziato dalle seguenti ditte produttrici di macchine agricole semoventi, aderenti all'AMIS (Associazione Macchine Irrigatrici Semoventi):

OCMIS Irrigazione s.p.a. Castelvetro (MO)
 RM. San Quirico di Trecasali (PR)
 IRRIMEC s.r.l. Calendasco (PC)
 IRTEC s.p.a. Castelvetro (MO)
 IDROFOGLIA Lunano (PU)
 SIME s.r.l. Guastalla (RE),
 GIAMPI Lutrano di Fontanelle (TV)
 CASELLA Macchine Agricole s.r.l. Carpaneto P.no (PC)
 FERBO s.r.l. Lunano (PU)

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO

La sperimentazione in oggetto si è svolta nel biennio 2007-08, presso l'azienda Sperimentale Marsili del CER, a Mezzolara di Budrio: nel 2007 le prove hanno riguardato patata e mais, nel 2008 è stato indagato il comportamento di due colture orticole ad alto reddito, il pomodoro, irrigato con rotolone dotato di barra nebulizzatrice, e la cipolla, irrigata con rotolone dotato di irrigatore tradizionale.

Per ciascuna coltura e metodo irriguo, sono stati messi a confronto un testimone non concimato e 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 delle colture secondo i Disciplinari di Produzione della R.E.R., ma nelle tesi fertirrigue sono variate le distribuzioni nel corso del ciclo colturale, frazionando opportunamente le dosi mediante interventi di fertirrigazione.

Il mais è stato introdotto nel confronto in quanto coltura erbacea estensiva, irrigata a pioggia, che ricopre grandi percentuali delle superfici coltivate regionali, per verificare se la fertirrigazione è in grado di garantire una riduzione dei rilasci di nitrati in falda.

Sulle colture orticole di pieno campo ad alto reddito (patata, pomodoro e cipolla), in gran parte irrigate a pioggia, si sono voluti valutare, oltre ai benefici ambientali, i possibili incrementi di resa e qualità che si sono riscontrati con la fertirrigazione applicata con gli impianti microirrigui.

Si è voluto infine verificare l'uniformità di distribuzione di acqua ed elementi minerali in funzione dei sistemi a pioggia adottati, irrigatore e barra nebulizzatrice.

Il confronto è stato effettuato su due appezzamenti distinti di circa 4500 m² per ciascuna coltura, il primo coltivato a cipolla di tipo "dorata", con la cv. Derek, che è stata seminata a prose di 6 file ciascuna distanti 20 cm, con un interasse tra le prose di 150 cm, in data 22/02/2008, ed un secondo coltivato a pomodoro, cv. Perfect Peel, trapiantato a file binate, il 26/05/2008, a 40x40 cm, con un interasse tra le bine di 150 cm (33.333 piante per ettaro).

Per ciascuna delle due colture, ogni appezzamento è stato suddiviso in tre parti: nella prima, di circa 800 mq, non è stata effettuata alcuna concimazione, nella seconda, di circa 1850 mq, è stato distribuito solo concime granulare frazionato in tre interventi, uno in presemina e due in copertura secondo le indicazioni dei disciplinari di produzione, nella terza, nei restanti 1850 mq circa, il concime è stato frazionato in parte in presemina e copertura (con N, P e K) e il rimanente è stato apportato in fertirrigazione durante le irrigazioni, azoto e potassio nel caso della pomodoro, solo azoto per la cipolla.

E' stata posta la massima cura nella scelta degli appezzamenti, della precessione colturale, e nelle lavorazioni, in modo da garantire una buona omogeneità di fertilità. 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.

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportate le operazioni colturali, svolte dal personale consortile, su cipolla e pomodoro nel corso della stagione 2008.

DATA	TABELLA DELLE OPERAZIONI COLTURALI
12/09/07	Aratura a 50 cm
19/10/07	Lavorazione del terreno con estirpatore
19/02/08	Lavorazione terreno con vibrocoltivatore
20/02	Concimazione a pieno campo con 5 qli/ha di 11-22-16: 55 kg di N, 110 kg di P2O5 e 80 kg di K2O
20/02	Lavorazione terreno con ranocchio
22/02	Semina cm 120 x 20 cm (6 file x prosa)
29/02	Delimitate le tesi irrigue e posizionato semovente
14/03	Diserbo con: Most a 1.6 l/ha + Cipotril a 0.400 l/ha + Agil a 2 l/ha + Demetra a 0.600 l/ha
05/04	Diserbo con: Cipotril a 0.400 l/ha + Agil a 2 l/ha + Demetra a 0.600 l/ha
02/05	Diserbo con: Cipotril a 0.400 l/ha + Agil a 2 l/ha + Demetra a 0.600 l/ha
06/05	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con 43.5 kg/ha di 13-0-46 + 183 kg/ha di 27-0-0
06/05	Concimazione Tesi FERTIRRIGUA con 28.3 kg/ha di 13-0-46 + 119 kg/ha DI 27-0-0
07-09/05	Zappatura manuale delle infestanti e fatti arginelli tra le tesi
10/05	Montato linea irrigua, pompa startec e collaudato impianto
11/06	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con 32.4 kg di 27-0-0
22-30/07	Smontato impianti irrigui, linee e ricoverato semovente
05/08	Raccolta sperimentale e lavorazione campioni
13/08	Raccolta meccanica
18/09	Aratura a m 0.50
DATA	CALENDARIO DEI TRATTAMENTI
22/02	Trattamento antiparassitario (Elateridi) con Dursban a 10 kg/ha
23/05	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Curzate a 3.0 l/ha
03/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Guanidol a 2 l/ha + Tiovit Jet a 1.5 l/ha
05/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Guanidol a 2 l/ha + Tiovit Jet a 1.5 l/ha
11/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) e antiparassitario (afidi) con Curzate a 3.5 l/ha + Contest a 0.030 gr/gle
20/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Tiovit Jet a 1.5 l/ha
30/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Penncozeb DG a 2 l/ha + Tiovit Jet a 1.5 l/ha

tabella 1: operazioni colturali della cipolla nel 2008

DATA	TABELLA DELLE OPERAZIONI COLTURALI
12/09/07	Aratura a 50 cm
06/11/07	Lavorazione terreno con estirpatore
19/02	Lavorazione terreno con vibrocoltivatore
14/04	Diserbo con Roundup a 2 l/ha
22/04	Delimitate le tesi irrigue
23/04	Concimazione tesi FERT e TRAD con 175 kg di 11-22-16 e 46 kg di 0-46-0
24/04	Lavorazione terreno con Fresa rotante per preparazione letto di semina
30/04	Eseguita la posatura a m 1.50
02/05	Diserbo con Cadou Star plus ad una confezione/ha + Ronstar a 1 l/ha
14-15/05	Posizionato semovente e collegato con linea all'idrante
26/05	Trapianto meccanico a fila binata: cm 150 x 40 x 40
27/05	Montata barra irrigatrice al semovente e pompa startec
17/06	Sostituzione piante morte, zappato sponde e fatto argini per delimitare le tesi
21/06	Concimazione nella tesi TRAD con 22 kg di 13-0-46 + 36.6 kg di 27-0-0
26/06	Sarchiatura meccanica tra le file
05/07	Concimazione nella tesi TRAD con 22.1 kg di 13-0-46 + 33.4 kg di 27-0-0
26-27/08	Smontato impianti irrigui e ricoverato semovente
02/09	Raccolta sperimentale e lavorazione campioni
10/09	Raccolta Meccanica
12/09	Trituratore trainato dal trattore sui residui vegetali
18/09	Aratura a m 0.50
DATA	CALENDARIO DEI TRATTAMENTI
22/05	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Poltiglia Bordolese 144 gr/10 litri (piante trattate nei plateau)
26/05	Trattamento antiparassitario (Elateridi) con Regent a 10 kg/ha

11/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) e antiparassitario (Afiti) con Curzate a 3.5 l/ha + Contest a 0.030 gr/ql
20/06	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Curzate a 2.5 l/ha
05/07	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Cabrio TOP a 2.0 l/ha
16/07	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) e antiparassitario (Nottue) con Forum MZ a 2.5 l/ha + Contest a 0.030 gr/ql
24/07	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Cabrio TOP a 2.0 l/ha
04/08	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Forum R a 2.5 l/ha
22/08	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) con Syllit a 1.5 l/ha

tabella 2: operazioni colturali del pomodoro nel 2008

Gestione delle irrigazioni

I terreni su cui si sono svolte le prove sono caratterizzati da una forte componente sabbioso-limoso; dalle analisi del terreno sono state ricavate le costanti idrologiche:

CIPOLLA

35.3% sabbia, 46.5% limo, 18.3% argilla, a cui corrisponde:

- capacità idrica di campo: 19.8% del peso secco
- punto di appassimento: 9.7% del peso secco
- acqua disponibile: 10.1% del peso secco
- peso specifico apparente (*da pedofunzione*): 1.31 (kg/dm³).

E' stato considerato uno strato di terreno utile esplorato dalle radici di 35 cm, a cui corrisponde una CIC di 90.3 mm, un punto di appassimento pari a 44.5 mm e una riserva di acqua disponibile alla capacità di campo di 45.8 mm.

Le irrigazioni sono state programmate in modo da mantenere l'umidità del terreno compresa indicativamente tra il 35% e l'90% dell'acqua disponibile, con un volume di adacquata corrispondente di 25 mm per ciascun intervento.

POMODORO

35.3% sabbia, 46.5% limo, 18.3% argilla, a cui corrisponde:

- capacità idrica di campo: 19.8% del peso secco
- punto di appassimento: 9.7% del peso secco
- acqua disponibile: 10.1% del peso secco
- peso specifico apparente (*da pedofunzione*): 1.31 (kg/dm³).

E' stato considerato uno strato di terreno utile esplorato dalle radici di 50 cm, a cui corrisponde una CIC di 128.9 mm, un punto di appassimento pari a 63.6 mm e una riserva di acqua disponibile alla capacità di campo di 65.4 mm.

Le irrigazioni sono state programmate in modo da mantenere l'umidità del terreno compresa indicativamente tra il 45% e l'85% 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 i coefficienti colturali per le due colture riportati in tabella 3, che sono gli stessi inseriti dal CER nel modello di bilancio idrico IRRINET impiegato su circa il 20% delle superfici irrigue della regione Emilia-Romagna.

Kc cipolla	Fenofase
0.4	semina/trapianto
0.6	emergenza: fase piena (> 50%)
0.8	terza foglia: inizio fase (0-50%)
1.0	4° foglia/inizio formaz. Bulbo: fase piena (> 50%)
0.8	collasso del collo: inizio fase (0-50%)
0.4	collasso del collo: fase piena (> 50%)

Kc pomodoro	Fenofase
0.4	semina/trapianto
0.8	allegagione primo palco: fase piena (> 50%)
1.0	invasatura primo palco: inizio fase (0-50%)
1.0	invasatura secondo palco: fase piena (> 50%)
0.7	maturazione: coloraz. finale ragg. dal 50% delle bacche
0.1	maturazione: coloraz. finale ragg. dal 100% delle bacche

tab. 3 : coefficienti colturali di cipolla e pomodoro

Andamento meteorologico e irrigazioni

In figura 1 sono riportate le piogge e l'evaporato giornaliero di classe A, distinti per mese. L'andamento meteorologico 2008 e le irrigazioni sperimentali per le due colture sono riportati nelle tabelle 4 e 5, relativi al periodo dal 22 aprile al 5 agosto per la cipolla, e dal 26 maggio al 2 settembre per il pomodoro.

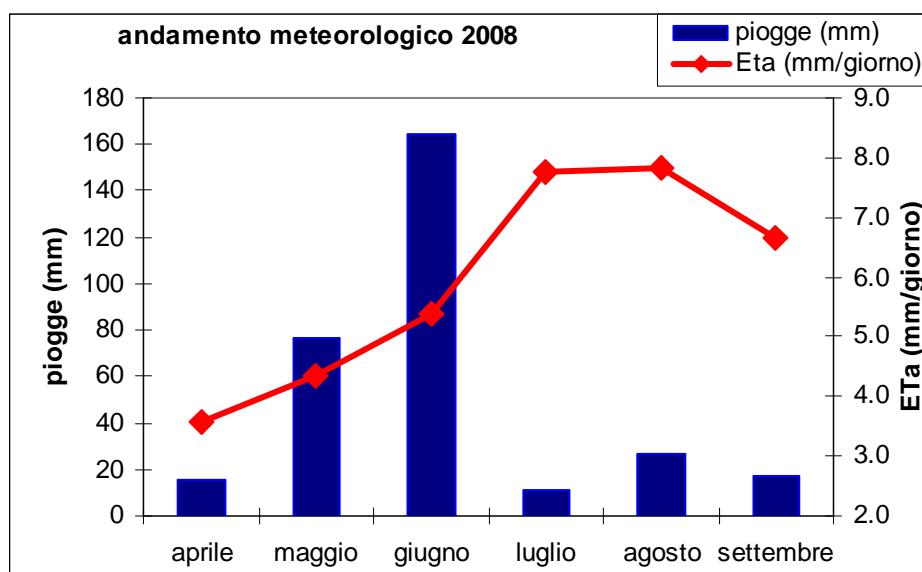


fig. 1: andamento meteorologico 2008 – piogge mensili ed evapotraspirazione media giornaliera stimata mediante evaporimetro di classe A

Nel 2008 la primavera è stata contraddistinta da un mese di giugno molto piovoso, seguito poi da una stagione con modeste precipitazioni ed elevata evapotraspirazione. Le piogge di giugno hanno determinato una parziale riduzione degli interventi irrigui per la cipolla, mentre non ha influito sulle irrigazioni previste per il pomodoro.

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	15.1	76.6	164.7	11.2		267.6
Eta (mm/giorno)	3.59	4.33	5.39	7.76	8.18	5.9
Etm (mm/mese)	15.5	82.7	129.4	192.4	16.4	436.4
deficit (mm)	0.4	6.1	-35.3	181.2	16.4	168.8
Irrigazione pioggia	-	65	61	110	-	236.0

tab. 4: andamento meteorologico durante il ciclo colturale della cipolla, dal 22/4 al 5/8, e volumi di irrigazione distinti per mese

	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	9.0	164.7	11.2	27.0	17.0	228.9
Eta (mm/giorno)	4.70	5.39	7.76	7.82	6.65	6.5
Etm (mm/mese)	13.5	82.0	185.2	168.2	8.5	457.5
deficit (mm)	4.5	-82.7	174.0	141.2	-8.5	228.6
Irrigazione	30*	15	175	75	-	265.0

tab. 5: andamento meteorologico durante il ciclo colturale del pomodoro, dal 26/5 al 2/9, e volumi di irrigazione distinti per mese (con l'asterisco, sono riportate le irrigazioni di attecchimento)

Dall'applicazione del bilancio idrico sono risultati necessari rispettivamente 236 mm di irrigazione per la cipolla, ripartiti in 10 interventi con volumi compresi tra 11 e 30 mm, e 265 mm per il pomodoro, frazionati in 13 interventi con volumi variabili da 15 a 30 mm, compresi due interventi in post trapianto per favorire l'attecchimento: l'ultima irrigazione della cipolla è stata effettuata il 17 luglio, venti giorni circa prima della raccolta, mentre per il pomodoro la sospensione delle irrigazioni è avvenuta il 13 agosto, al raggiungimento del 50% di bacche rosse.

Gestione della fertilizzazione

I fabbisogni nutrizionali stagionali delle due colture sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 600 q/ha per la cipolla, e di 850 q/ha per il pomodoro, secondo i Disciplinari di Produzione Integrata (tab. 6). Per un preciso calcolo dei bilanci nutrizionali sono stati preventivamente eseguiti dei prelievi di campioni di terreno per le analisi complete del suolo (pH, CaCO₃, HCO₃, Ntot, N-NO₃, 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 ciascuno dei due appezzamenti.

parametro	CIPOLLA	POMODORO
Sabbia %	56	57
Limo %	26	26
Argilla %	18	17
pH	7.9	7.8
CaCO ₃ %	15.3	15.9
Sost. Organica %	1.3	1.11
N tot. (g/kg)	0.82	0.73
P ass. (ppm)	16	10
K (ppm)	160	113
resa attesa (t/ha)	60	850
Piogge (1/10-31/1)	244.4	244.4
Precessione	grano (pianta intera)	grano (pianta intera)

tab. 6: parametri per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali delle due colture in prova, secondo il bilancio previsto nei Disciplinari di Produzione della RER

CIPOLLA

Il terreno è risultato nel complesso povero di azoto, mediamente dotato di fosforo, 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 160 kg/ha di azoto, 80 di fosforo (come P₂O₅) e 100 di potassio (come K₂O).

Nella tabella 7 sono riportati i calendari della concimazione tradizionale, distribuita interamente in forma granulare in tre soluzioni, rispettivamente in presemina, alla 4° foglia e all'inizio della fase di ingrossamento del bulbo.

CIPOLLA		concimazione tradizionale		
data	fase	N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)
20/02/2008	pre-semina	55	110	80
06/05/2008	4a foglia	55		20
11/06/2008	inizio bulbificazione	50		
TOTALE		160	110	100

tab. 7: calendario delle concimazioni nella tesi tradizionale su cipolla

La distribuzione dei fertilizzanti per la tesi fertirrigata è stata effettuata in un unico intervento in presemina per quanto concerne il fosforo, analogamente alla tesi tradizionale. L'azoto è stato ripartito, per un ammontare pari al 56% del totale, in presemina e alla 4° foglia, mentre il restante 44% è stato frazionato in 5 interventi fertirrigui, in corrispondenza delle irrigazioni. Analogamente il potassio è stato interrato per l'80% in presemina, il 13% alla 4° foglia, ed il rimanente 7% nel primo intervento fertirriguo. Le dosi di azoto distribuite in fertirrigazione sono state differenziate nel corso degli interventi, in base ad una curva teorica di distribuzione riportata in figura 2.

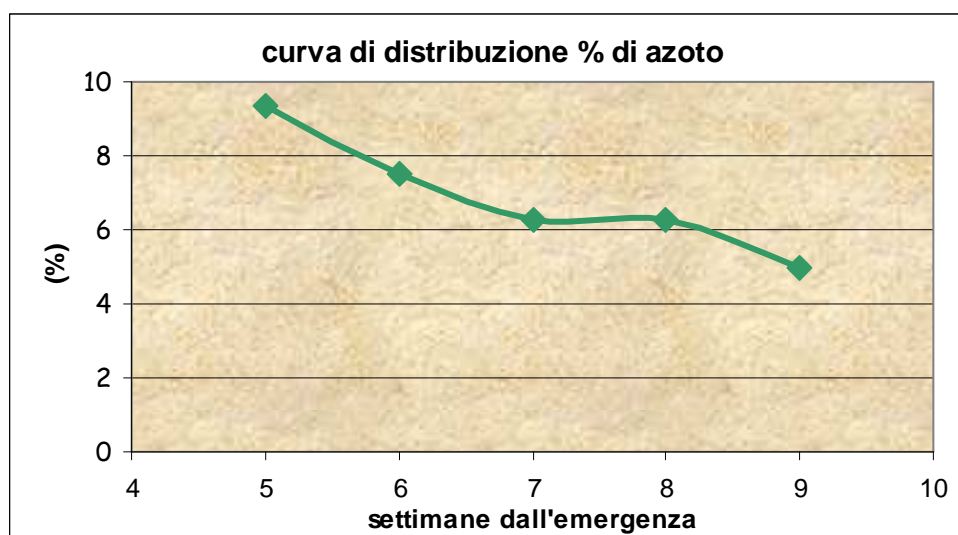


fig. 2: curva di distribuzione dell'azoto in fertirrigazione, espressa in percentuale del fabbisogno totale dell'elemento, in funzione della lunghezza del ciclo colturale della cipolla

La curva è stata leggermente adattata, accorciando il ciclo di distribuzione rispetto alla microirrigazione, in considerazione del fatto che per l'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. L'emergenza piena della coltura nel 2008 è avvenuta il 25 marzo, per cui si sarebbero dovuti effettuare 5 interventi di fertirrigazione entro la prima settimana di giugno, all'inizio della fase di ingrossamento del bulbo: in realtà, proprio in seguito alla stagione particolarmente piovosa nel bimestre maggio-giugno, non è stato possibile effettuare tutti gli interventi fertirrigui previsti entro tale fase sensibile, e si è reso necessario prolungare la stagione fertirrigua fino alla fine di giugno, in una fase dove la somministrazione dell'azoto è sicuramente meno efficace per la coltura.

Nella tabella 8 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		
pre-semina	20/02/2008	55	110	80
4a foglia	06/05/2008	35		13
Settimana dall'emergenza	data	distribuito in fertirrigazione		
7	14/05/2008	15		7
9	30/05/2008	15		
11	12/06/2008	20		
13	23/06/2008	15		
14	27/06/2008	5		
TOTALE		160	110	100

tab. 8: calendario della distribuzione dei fertilizzanti nella tesi fertirrigata su cipolla

In figura 3 sono riportate le distribuzioni di fertilizzanti nelle due tesi a confronto, in relazione al calendario delle fenofasi tipiche della coltura di cipolla, rilevate nella stagione 2008.

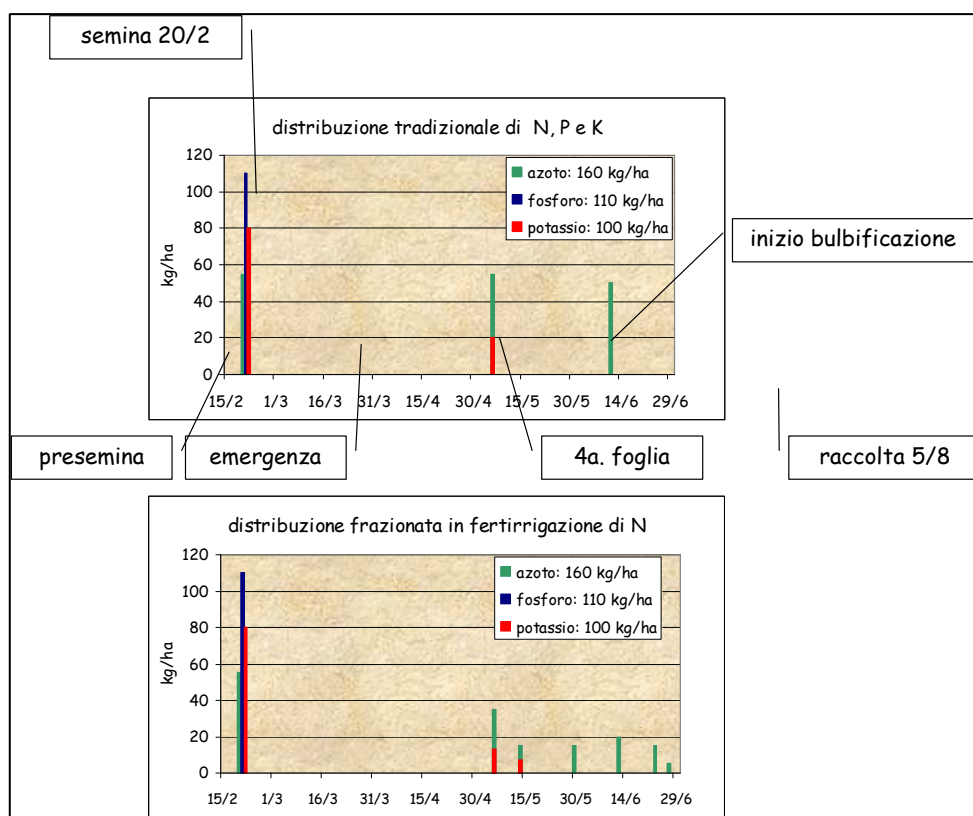


fig. 3: distribuzione delle concimazioni nelle due tesi di cipolla

Per quanto riguarda la scelta dei concimi, il fosforo è stato distribuito insieme all'azoto e al potassio impiegando un concime composto in presemina (titolo 11-22-16) 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 lo stesso nitrato di potassio (titolo 13-0-46) usato per la tesi tradizionale.

I prodotti erano preventivamente scolti in acqua calda, in una vasca di 75-125 litri, in modo da non avere problemi di precipitati: poiché tale soluzione madre veniva poi iniettata in linea nell'irrigatore semovente, in virtù della notevole portata dell'impianto (indicativamente di 26 mc/ora) la diluizione finale dei fertilizzanti a contatto con l'apparato fogliare della coltura non ha mai superato i 0.25-0.5 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.

POMODORO

Anche l'appezzamento che ha ospitato la prova di pomodoro è risultato nel complesso povero di azoto e di fosforo, mentre la dotazione di potassio è risultata nella norma: nel complesso, in base al modello di calcolo previsto dai DPI della Regione Emilia Romagna, sono risultati necessari 200 kg/ha di azoto, 170 di fosforo (come P₂O₅), compresi di una frazione di arricchimento e 200 di potassio (come K₂O).

Nella tabella 9 sono riportati i calendari della concimazione tradizionale, con la distribuzione dei fertilizzanti in forma granulare in tre soluzioni, interrati in pretrapianto, e distribuiti a pieno campo rispettivamente alla comparsa dei primi fiori e dei primi frutti.

POMODORO		concimazione tradizionale		
Data	fase	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
23/04/2008	pre-trapianto	55	170	80
21/06/2008	primi fiori	75	-	60
5/07/2008	primi frutti	70	-	60
TOTALE		200	170	200

tab. 9: calendario delle concimazioni nella tesi tradizionale su pomodoro

Fuori bilancio, localizzato al trapianto in forma granulare, come effetto starter per favorire l'attecchimento, sono stati distribuiti 30 kg/ha di 12-61-0 (pari a 3.6 kg/ha di N e 18.3 kg/ha di P₂O₅)

Per la tesi fertirrigata, la distribuzione di fosforo è stata effettuata in un'unica soluzione con l'interramento dei concimi granulari in pre-trapianto, analogamente alla tesi tradizionale. L'azoto è stato invece ripartito in pre-trapianto, per un ammontare pari al 27.5% del totale, mentre il restante 72.5% è stato frazionato in otto interventi fertirrigui, in corrispondenza delle irrigazioni.

Analogamente, per il potassio si è proceduto ad interrare il 40% in pre-trapianto, e distribuire il restante 60% frazionato in otto interventi fertirrigui: le dosi di azoto e potassio distribuite in fertirrigazione sono state differenziate nel corso degli interventi, modulate in base alle curve di assorbimento della coltura di pomodoro, riportate in figura 4, in funzione delle settimane dal trapianto.

Rispetto alla distribuzione teorica prevista, le tre dosi iniziali di azoto e potassio sono state accorpate nella prima fertirrigazione, posticipata in seguito alle abbondanti precipitazioni di inizio giugno che hanno fatto posticipare i primi interventi irrigui previsti; il prosieguo della stagione è stato invece caldo e asciutto, consentendo una regolare distribuzione degli interventi fertirrigui programmati.

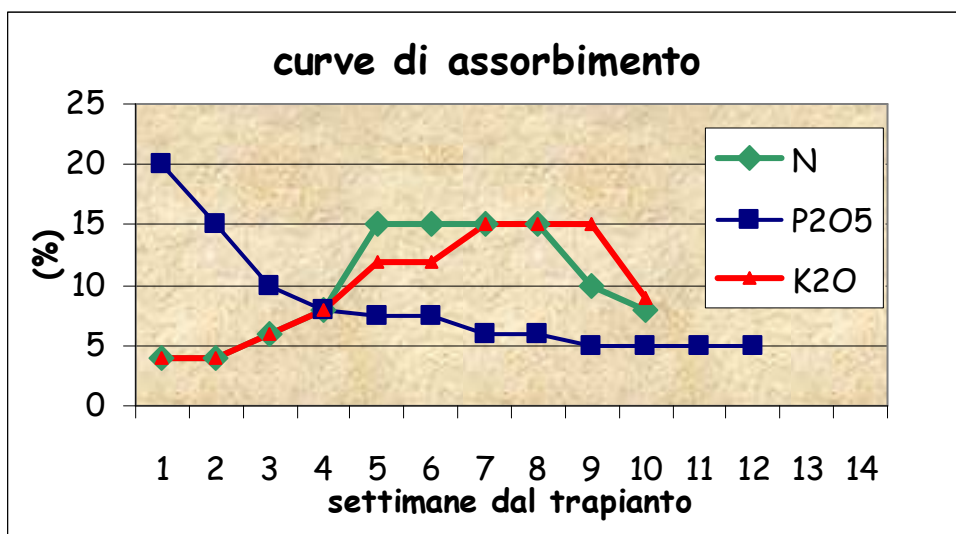


fig. 4: curve di assorbimento di azoto, fosforo e potassio per il pomodoro, espresse in percentuale del fabbisogno totale di ciascun elemento, a partire dal trapianto

Nella tabella 10 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)
pre-trapianto	23/04/2008	distribuzione granulare		
		55	170	80
settimana dal trapianto	data	distribuito in fertirrigazione		
3	24/06/2008	20.3		16.8
4	03/07/2008	19.7		13.2
5	09/07/2008	20		15
6	14/07/2008	20		15
7	17/07/2008	20		18
8	21/07/2008	20		18
9	25/07/2008	15		15
10	31/07/2008	10		9
TOTALE		200	170	200

tab. 10: calendario della distribuzione dei fertilizzanti nella tesi fertirrigata su pomodoro

In figura 5 sono riportate le distribuzioni di fertilizzanti nelle due tesi a confronto, in relazione al calendario delle fenofasi tipiche della coltura di pomodoro, rilevate nella stagione 2008.

Per quanto riguarda la scelta dei fertilizzanti, sono stati impiegati gli stessi concimi granulari per entrambe le tesi (11-22-16 e perfosfato triplo 46% in pre-trapianto, nitrato ammonico e nitrato di potassio, 13-0-46% in copertura) con l'unica differenza che per le fertirrigazioni si è impiegato il nitrato ammonico cristallino (titolo 34%), in virtù della maggiore solubilità e facilità d'impiego, rispetto a quello tradizionale (titolo 27%).

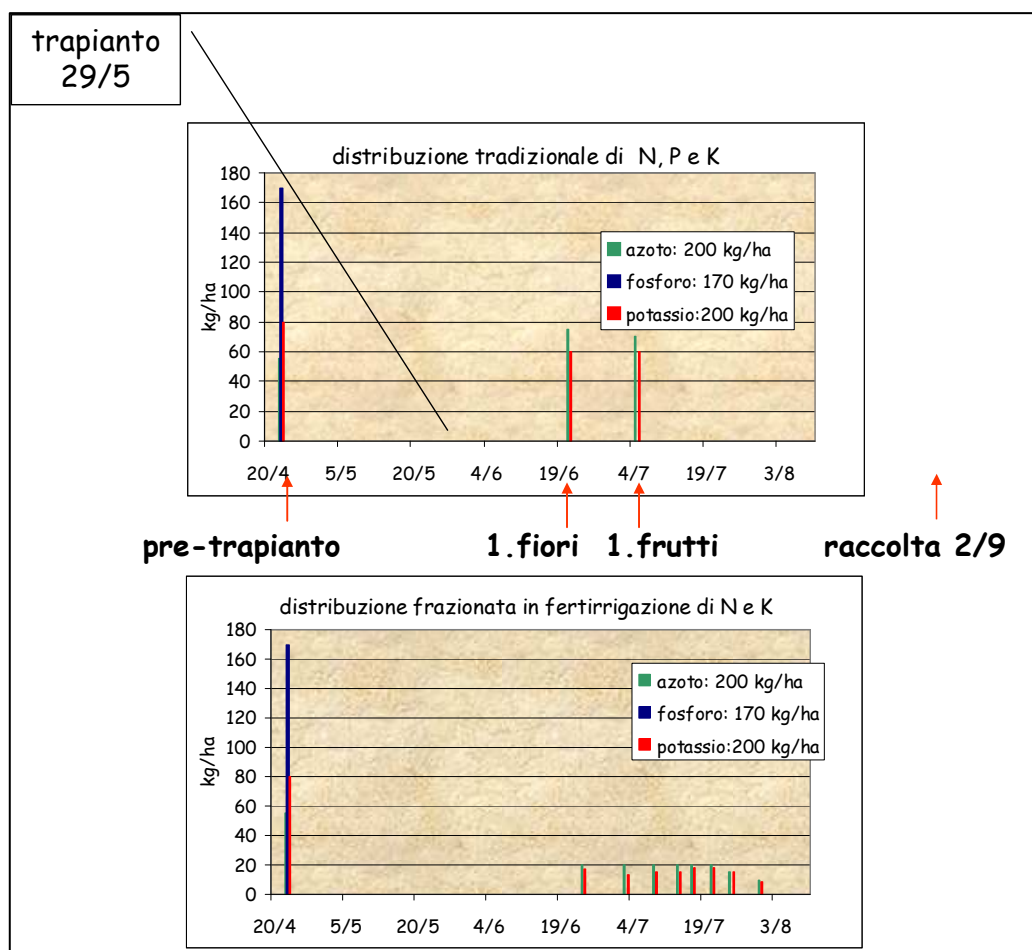


fig. 5: distribuzione delle concimazioni nelle due tesi di pomodoro

Anche per il pomodoro il concime granulare veniva preventivamente sciolto in acqua calda, in una vasca di 100-120 litri, in modo da non avere problemi di precipitati: grazie alla notevole portata dell'impianto irriguo semovente (indicativamente di 37-38 mc/ora) la diluizione finale dei fertilizzanti a contatto con l'apparato fogliare della coltura non ha mai superato i 0.3-0.4 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, co-finanziatrici del progetto, sono state assemblate due macchine dotate di pompa iniettrice e centralina elettronica, in grado di garantire sugli appezzamenti in prova la massima uniformità di distribuzione di acqua e fertilizzanti.

Per il pomodoro 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 è stata di 625-630 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 42-43 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 115 l/ora di soluzione nutritiva, capace di lavorare in un ampio range di pressione, compreso tra 3 e 12 atm: in pratica, poiché la lunghezza dell'appezzamento era di 43 m, coperta dalla barra in 1 ora in base alla velocità di arretramento descritta in precedenza, veniva preparata una soluzione madre di acqua e concime di circa 115 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, erano 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.

Per la cipolla invece è stato impiegato un semovente di 75 mm di diametro del tubo, dotato di irrigatore a turbina con boccaglio di 16 mm, in grado di fornire una portata di 430-435 l/min, alla pressione di 6.5-6.6 atm, con una gittata utile di 20 m.

Il volume di adacquata è stato fissato a 25 mm, ottenibile con una velocità di arretramento, funzione della portata e della larghezza di bagnatura, di 26 m/ora,.

La pompa iniettrice STARTEC, è stata tarata in questo caso per funzionare ad una portata costante di 70-75 l/ora di soluzione nutritiva: poiché la lunghezza dell'appezzamento era di 37 m, coperta dall'irrigatore in 1 ora e 25 minuti in base alla velocità di arretramento descritta in precedenza, veniva preparata una soluzione madre di acqua e concime di circa 100-110 litri, corrispondente all'esatta quantità che la pompa era in grado di iniettare nell'intervallo di tempo corrispondente alla durata dell'intervento fertirriguo.

RISULTATI

Verifica dell'uniformità di distribuzione di acqua e fertilizzanti

Uno degli aspetti da verificare con il presente progetto è il livello di uniformità di distribuzione dell'acqua, e di conseguenza del concime in essa disciolto, condizione indispensabile per poter promuovere questa tecnica di distribuzione dei fertilizzanti.

Sia la barra che l'irrigatore a turbina sono già stati oggetto di indagine nel 2006 e 2007, in una serie di prove effettuate su patata, pomodoro e mais, per valutare l'efficienza di applicazione dell'acqua (rapporto tra l'acqua effettivamente misurata al suolo tramite pluviometri e quella fuoriuscita dagli impianti) e l'omogeneità di distribuzione dell'acqua e della concentrazione di fertilizzanti in essa disciolti.

I test tecnologici effettuati hanno evidenziato, nella media, perdite d'acqua durante il lancio molto contenute, con valori di efficienza di applicazione prossimi al 99-100%, e valori di coefficiente di uniformità di Christiansen compresi tra 91 e 97%, sia con l'impiego della barra irrigatrice che con l'irrigatore a turbina.

L'omogeneità di distribuzione dell'azoto ha mostrato valori analoghi, evidenziando quindi un'eccellente proporzionalità di iniezione dell'attrezzatura fertirrigua impiegata.

Nel 2008 sono stati ripetuti i test su entrambe le attrezzature: in occasione di due interventi irrigui, in data 23 giugno per l'irrigatore a turbina e 21 luglio per la barra irrigatrice, è stata posizionata una linea di pluviometri, disposti lungo la diagonale del campo, in modo da misurare i millimetri effettivamente distribuiti sulle colture 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.

Il rilievo effettuato sull'irrigatore a turbina ha evidenziato un'ottima efficienza ed uniformità di distribuzione dell'acqua (fig. 6), con una pluviometria media rilevata mediante il test di 28 mm a fronte di un volume di adacquata teorico di 29 mm: questo è ovviamente dovuto al fatto che i pluviometri sono stati posizionati nella fascia centrale dell'appezzamento, su un fronte di 35 m, tralasciando i bordi esterni del campo (2-3 m per parte, dove arriva solo la deriva marginale del getto). L'efficienza di applicazione è risultata pertanto del 99% (perdite d'acqua quasi nulle per evaporazione o deriva del vento).

L'uniformità di distribuzione, secondo l'indice di Christiansen, è risultata superiore al 95%, molto buona, confermando, come già osservato in analoghi test effettuati in precedenti prove con le medesime attrezzature irrigue, che anche con l'irrigazione ad aspersione è possibile distribuire l'acqua con una elevata precisione.

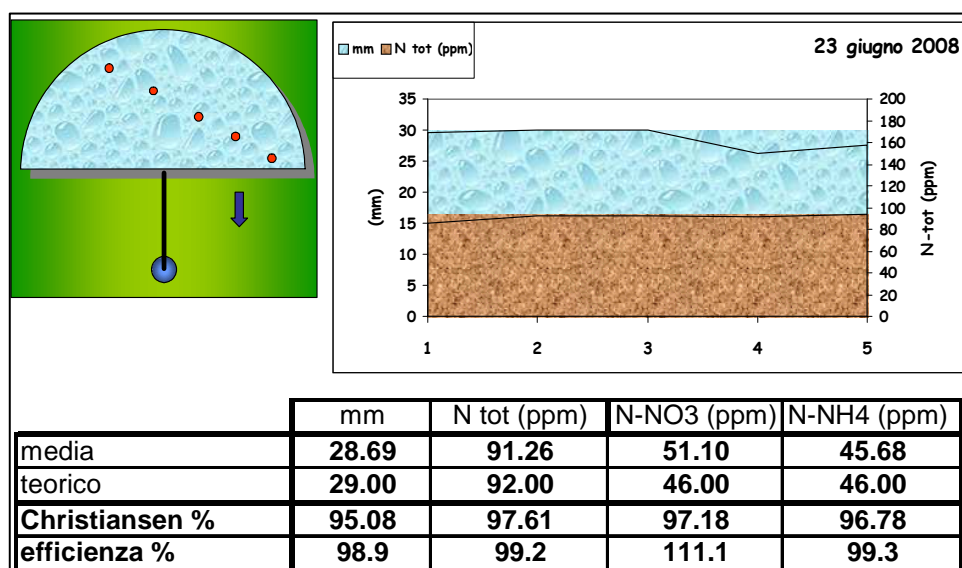


fig. 6: disposizione dei pluviometri durante il test effettuato il 23/6/2008 sull'irrigatore a turbina, valori dell'intensità di precipitazione rilevata e relative concentrazioni di azoto, indici di uniformità di Christiansen e di efficienza di applicazione.

Anche l'efficienza e l'uniformità di distribuzione dei fertilizzanti (sempre in fig. 6) sono risultate molto elevate: dal confronto tra la concentrazione teorica di azoto distribuito, nota sapendo il quantitativo di concime disciolto ed il volume di adacquata, e quelle rilevate dall'analisi dei campioni d'acqua captata dai diversi pluviometri, si rileva che quasi tutto l'azoto distribuito è arrivato al terreno (anche se con maggiori concentrazioni di azoto nitrico rispetto all'ammoniacale, in seguito al processo di nitrificazione di una parte dell'azoto ammoniacale durante l'applicazione) ed una elevata uniformità di distribuzione nelle diverse parti dell'appezzamento (valore di Christiansen dil 96-97%).

Anche il rilievo effettuato sulla barra irrigatrice il 21 luglio 2008 ha dimostrato un'ottima efficienza di applicazione (100%) nella distribuzione dell'acqua (fig. 7), con una pluviometria media rilevata con il test di 25 mm a fronte di un volume di adacquata di 25 mm, con perdite d'acqua nulle per evaporazione o deriva del vento nel corso dell'intervento irriguo monitorato.

Anche in termini di uniformità di distribuzione, il valore dell'indice di Christiansen, è risultato pari a 94%, molto elevato.

Anche in termini di efficienza ed uniformità di distribuzione dei fertilizzanti (sempre in fig. 7) si osserva un'ottima corrispondenza tra la concentrazione teorica dell'azoto

distribuito (è stato impiegato nitrato ammonico e nitrato di potassio), e il dato rilevato dall'analisi dei campioni d'acqua captata dai diversi pluviometri: il dato dell'azoto nitrico risulta addirittura superiore, sia per la frazione presente nell'acqua irrigua, sia perché parte della frazione ammoniacale ha subito il processo di nitrificazione nelle fasi successive alla distribuzione.

Anche l'uniformità delle concentrazioni nelle diverse parti dell'appezzamento è risultata molto elevata, con valori dell'indice di Christiansen compresi tra 96 e 97%.

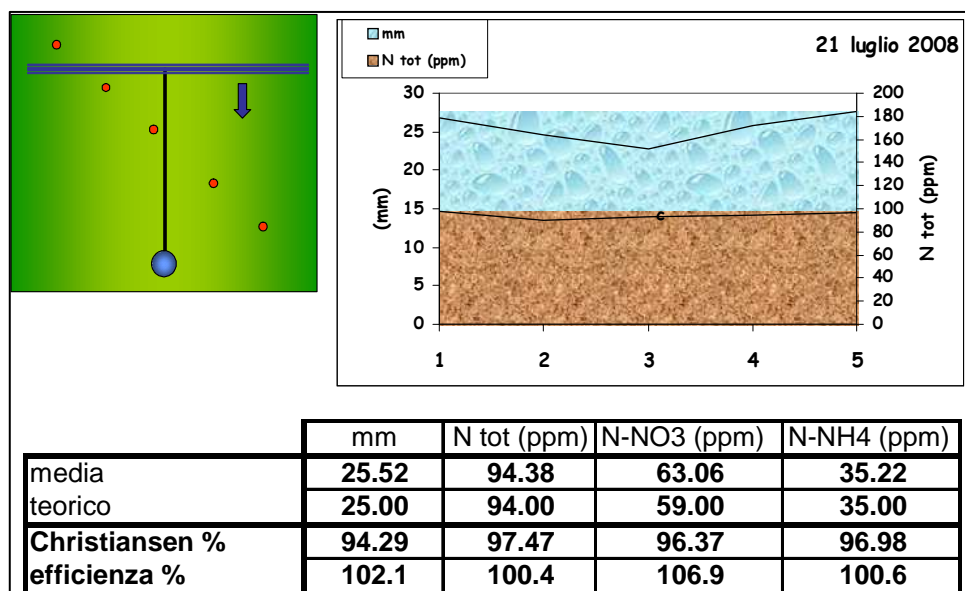


fig. 7: disposizione dei pluviometri durante il test effettuato il 21/7/2008 sulla barra irrigatrice, valori dell'intensità di precipitazione rilevata e relative concentrazioni di azoto, indici di uniformità di Christiansen e di efficienza di applicazione.

Questi risultati sono molto incoraggianti per un'applicazione diffusa di queste metodologie di fertirrigazione: è evidente in ogni caso 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 nel terreno

Ad inizio campagna, prima delle semine delle colture, è stato eseguito un campione di terreno per ciascun appezzamento per determinare la dotazione iniziale di azoto nitrico e ammoniacale nel terreno, di pronta disponibilità per le piante: l'appezzamento della cipolla è risultato abbastanza povero nello strato 0-70 cm, con un contenuto di azoto nitrico pari a 10 mg per kg di terreno secco (10 ppm) ; l'azoto ammoniacale è risultato più scarso, con 0.274 ppm.

Anche nell'appezzamento del pomodoro il tenore di azoto di partenza nello strato 0-70 cm è risultato scarso, con 7.5 mg per kg di terreno secco (7.5 ppm) in forma nitrica, e 0.26 ppm in forma ammoniacale.

Per una valutazione dell'eventuale riduzione del dilavamento dei nitrati indotto da una più puntuale distribuzione dei fertilizzanti azotati mediante fertirrigazione, su entrambe le colture, nel prosieguo della stagione sono stati prelevati dei campioni di terreno, su due ripetizioni per ciascuna tesi (testimone non concimato, concimazione tradizionale e fertirrigazione) e alle due profondità, a circa 30 cm, nello strato di massima esplorazione da parte delle radici, e nello strato sottostante, a 70-90 cm: una parte di terreno è stata messa in stufa per la determinazione del contenuto idrico

con metodo gravimetrico, mentre su un secondo sub-campione è stato determinato direttamente il contenuto di nitrati e ammonio del terreno mediante estrazione in acqua deionizzata, con diluizione nota, e successiva analisi di laboratorio. Dai valori di umidità in volume e dalle concentrazioni di nitrati e ammonio della soluzione circolante, è stato possibile determinare il contenuto di azoto minerale in percentuale del peso del terreno e valutarne l'andamento stagionale.

Nel complesso sono stati eseguiti rispettivamente 11 campionamenti per la cipolla e 12 per il pomodoro, in funzione del numero di interventi irrigui legati all'andamento climatico: i rilievi sono stati effettuati immediatamente prima delle irrigazioni.

CIPOLLA

Nella fig. 8 sono riportate le fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nel terreno, per la cipolla, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate.

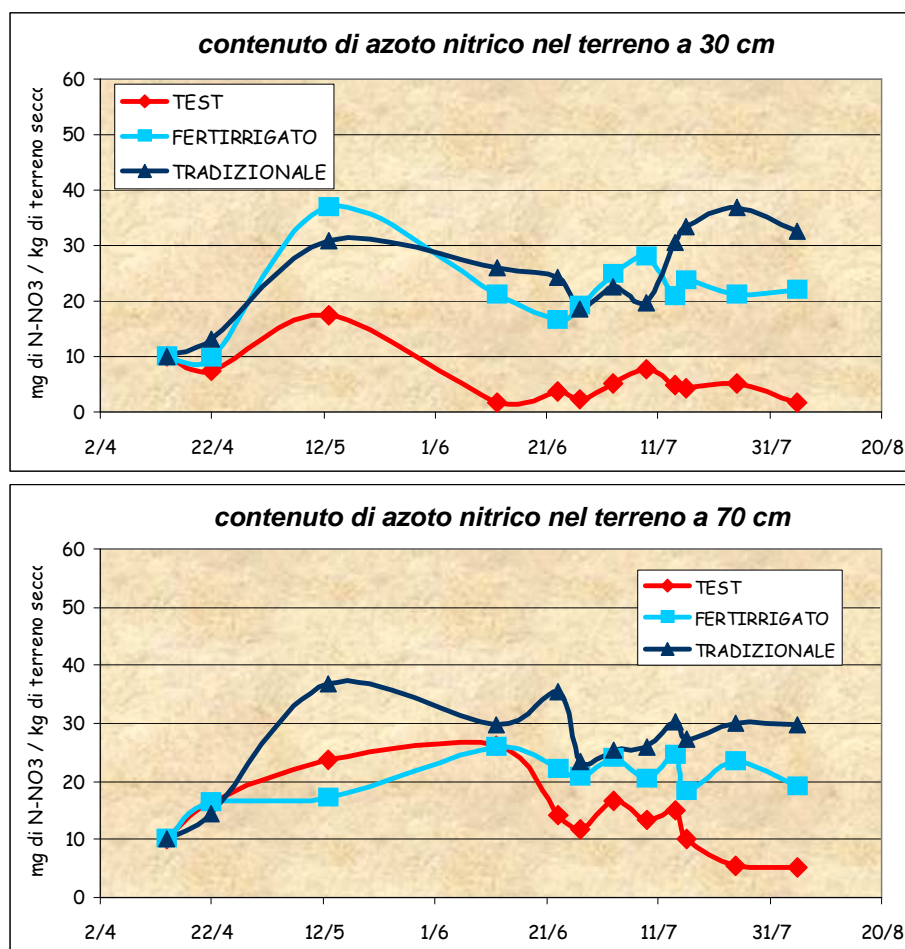


fig. 8: prova su cipolla - fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nel terreno, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Nello strato più superficiale, nel testimone non concimato, si osserva un progressivo calo del tenore di azoto nitrico, che si mantiene invece costante su valori di 20-30 mg/kg sia nella tesi a concimazione tradizionale che in quella fertirrigata, in seguito agli apporti di fertilizzanti nel corso del ciclo colturale.

Nello strato più profondo, invece, il calo di azoto nitrico nel testimone non concimato si registra solo a partire dalla seconda metà di giugno, all'approfondirsi dell'apparato radicale. Nella tesi a concimazione granulare tradizionale, inoltre, si osservano due "picchi" di concentrazione successivi alle concimazioni del 6/5 e 11/6, che potrebbero indicare che parte dell'azoto distribuito è percolato nello strato di terreno più profondo, al di sotto dello strato colonizzato dalla maggior parte delle radici.

Il contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, rappresentato in figura 9, si è invece mantenuto più stabile nel corso della stagione, in entrambi gli orizzonti, senza variazioni di rilievo tra le tesi, tranne un leggero accumulo in profondità nella tesi tradizionale, in corrispondenza della seconda concimazione in copertura.

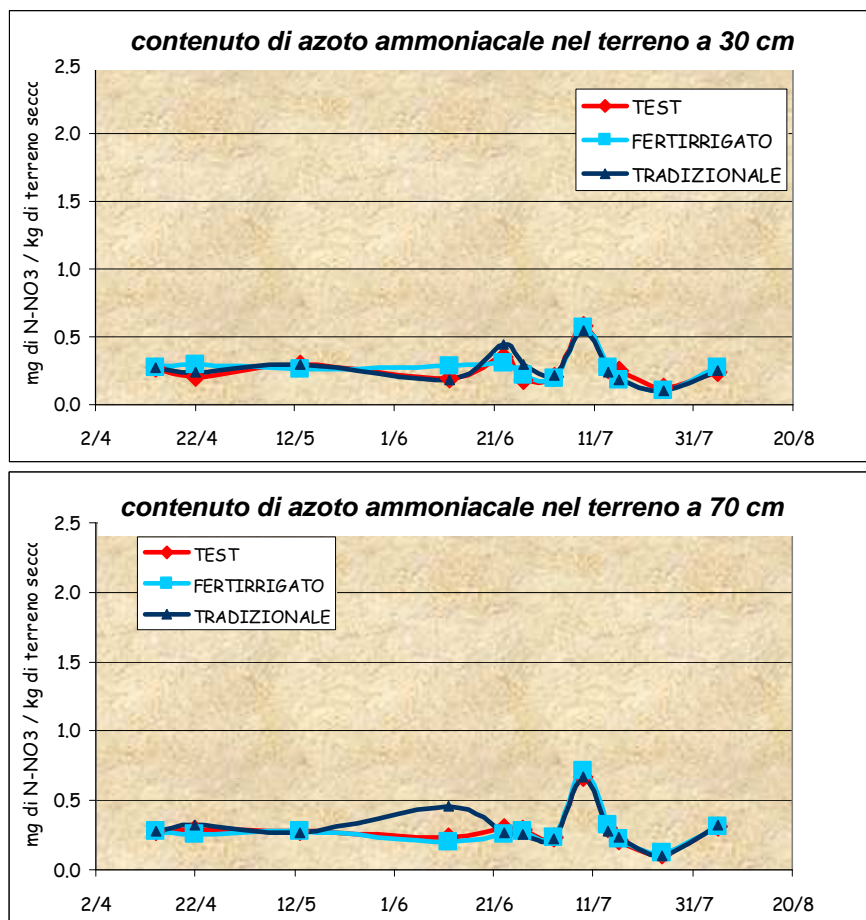


fig. 9: prova su cipolla - fluttuazioni del contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

POMODORO

Nella fig. 10 sono riportate le fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nel terreno, per il pomodoro, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate.

Nello strato di terreno più superficiale si osserva un calo progressivo di azoto nitrico nel test non concimato, una concentrazione sostanzialmente stabile nella tesi fertirrigata, con variazioni tra 5 e 20 mg/kg, mentre la tesi granulare presenta un accumulo progressivo, a partire dalla seconda dose di copertura (distribuita il 5/7), come se la coltura non fosse stata in grado di utilizzarla completamente.

Nello strato più profondo si registra un calo della frazione nitrica nel terreno proporzionale all'approfondirsi degli apparati radicali, più marcato nel testimone rispetto ai confronti concimati, che non si differenziano sostanzialmente tra loro.

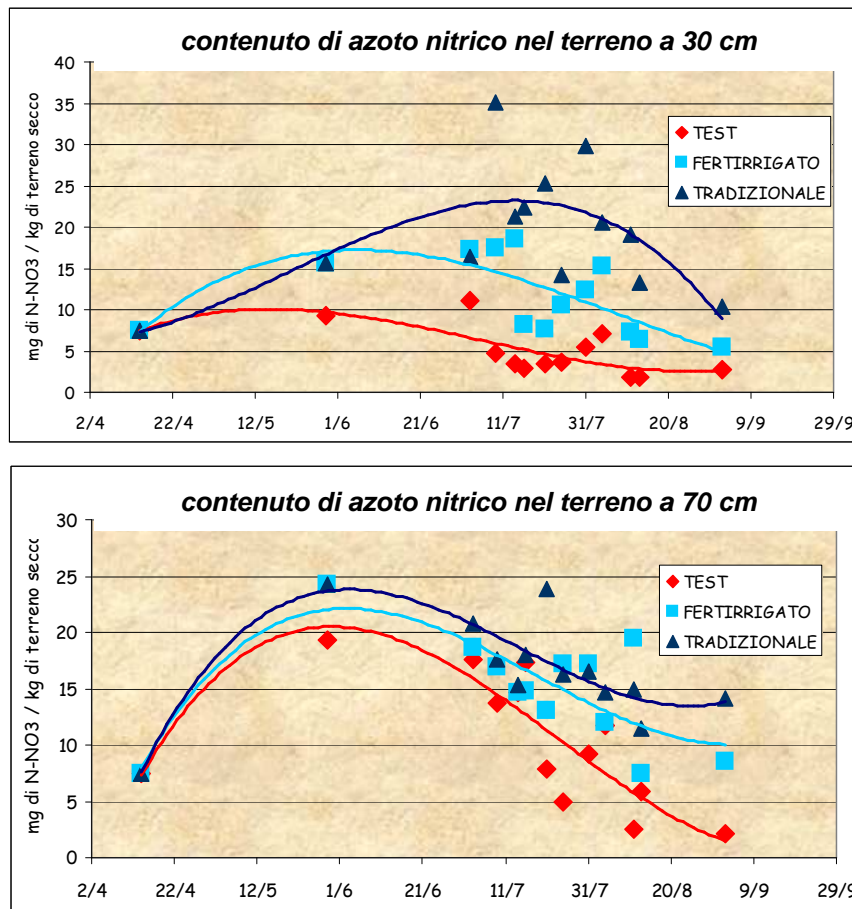


fig. 10: prova su pomodoro - fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nel terreno, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Il contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, rappresentato in figura 11, si è mantenuto invece molto più stabile nel corso della stagione, senza nessuna differenza di rilievo tra le tesi a confronto.

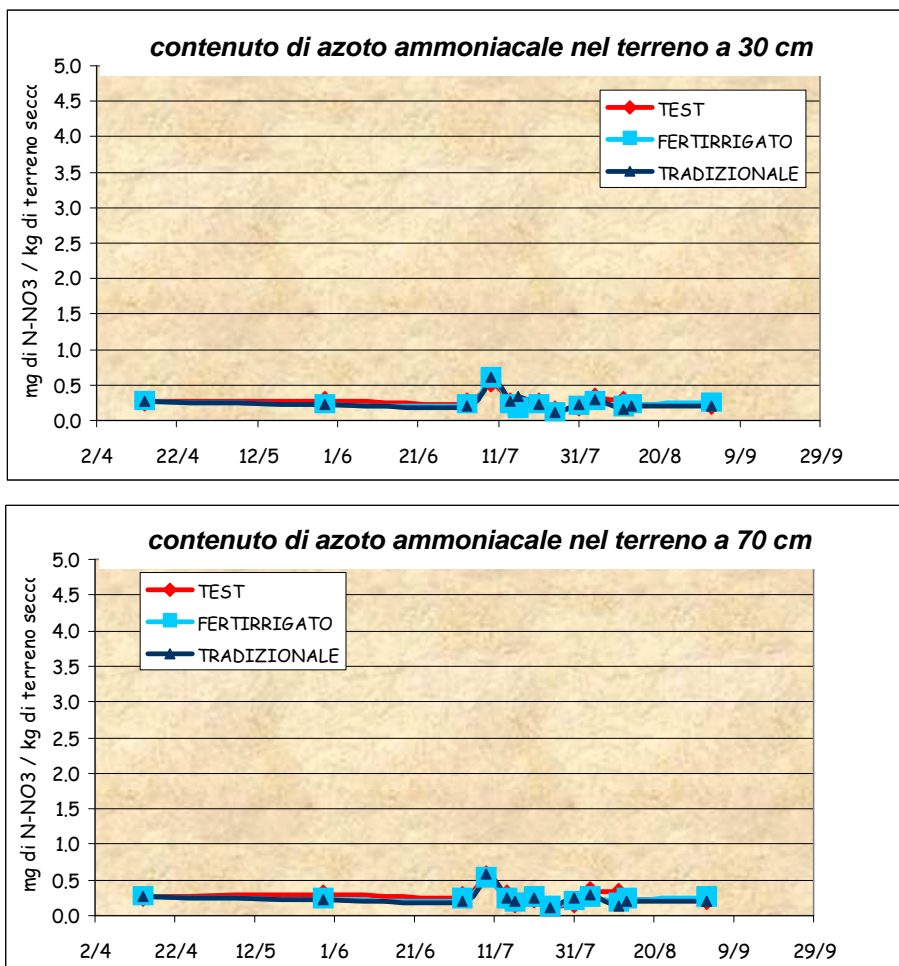


fig. 11: prova su pomodoro - fluttuazioni del contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Valutazione dell'accumulo di azoto nelle piante

CIPOLLA

Durante il ciclo colturale erano previsti rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale per pianta, ripartita in foglie e bulbi, nelle due tesi concimate: sono stati effettuati, su un mix di 2 ripetizioni, 5 prelievi di 6 piante per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo i bulbi da fusti e foglie.

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

- alla terza foglia, in data 12/5/08,
- alla settima-ottava foglia, con bulbi di tre-quattro cm, in data 16/6/08,
- alla decima foglia, all'inizio dell'ingiallimento fogliare, con piante alte 60-70 cm, in data 9/7/08,

- all'inizio del disseccamento fogliare, in data 21/7/08,
- in prossimità della raccolta, in data 5/8/08.

In figura 12 sono riportate le curve rilevate di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in foglie e bulbi, per le due tesi a confronto: si osserva un leggero anticipo nell'accumulo di sostanza secca, sia di biomassa, che di bulbi, nella tesi a concimazione tradizionale, avendo ricevuto l'intero apporto di fertilizzanti entro la prima decade di giugno, in anticipo rispetto alla tesi fertirrigata, che ha raggiunto successivamente il massimo sviluppo.

La produzione di biomassa finale non si è comunque differenziata tra le due tesi a confronto.

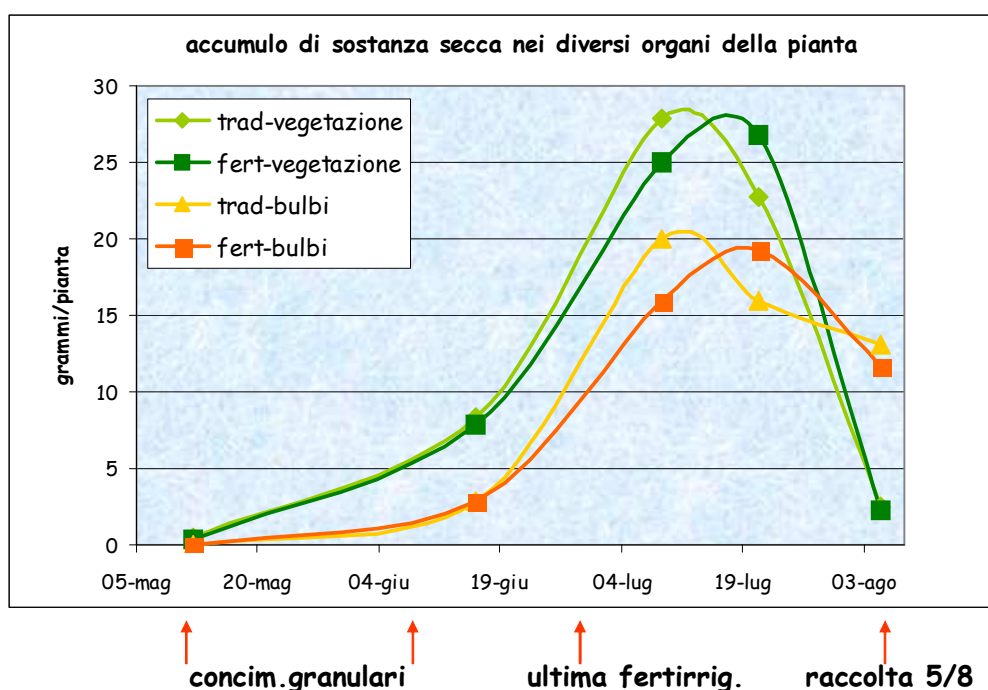


fig. 12: cipolla - curve di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa fogliare e tuber, per le due tesi a confronto

Sul materiale vegetale essiccato è stato poi determinato il contenuto di azoto totale, per valutare l'accumulo dell'elemento nelle piante, separatamente nella biomassa fogliare e nei bulbi: le curve di assorbimento dell'azoto nei diversi organi della pianta, espresse in grammi per pianta, sono riportate in figura 13, per le due tesi a confronto. Analogamente all'accumulo di sostanza secca, si osserva un leggero anticipo nell'assorbimento dell'azoto nella tesi a concimazione tradizionale, avendo esaurito l'intero apporto di fertilizzanti entro la prima decade di giugno, in anticipo rispetto alla tesi fertirrigata, che ha potuto contare su apporti frazionati fino alla fine di giugno.

Se consideriamo un investimento della cipolla di circa 80 piante/mq (con piante seminate a prose con interasse 1.5 m, ogni prosa di 6 file a 20 x 5 cm), le asportazioni finali di azoto di circa 0.2 g/pianta corrispondono ad un quantitativo totale di azoto asportato di 160 kg/ha, tra biomassa fogliare e bulbi, un valore

corrispondente agli apporti di fertilizzanti azotati impiegati nella stagione, su entrambe le tesi.

La valutazione del fabbisogno teorico della coltura è risultata pertanto ben calcolata, indipendentemente dalla distribuzione: ciò dimostra che con l'adozione di un corretto bilancio idrico e nutrizionale è possibile ridurre in buona misura l'impatto ambientale dell'attività agricola e la percolazione dei nitrati in falda, anche se si impiegano le tecniche tradizionali.

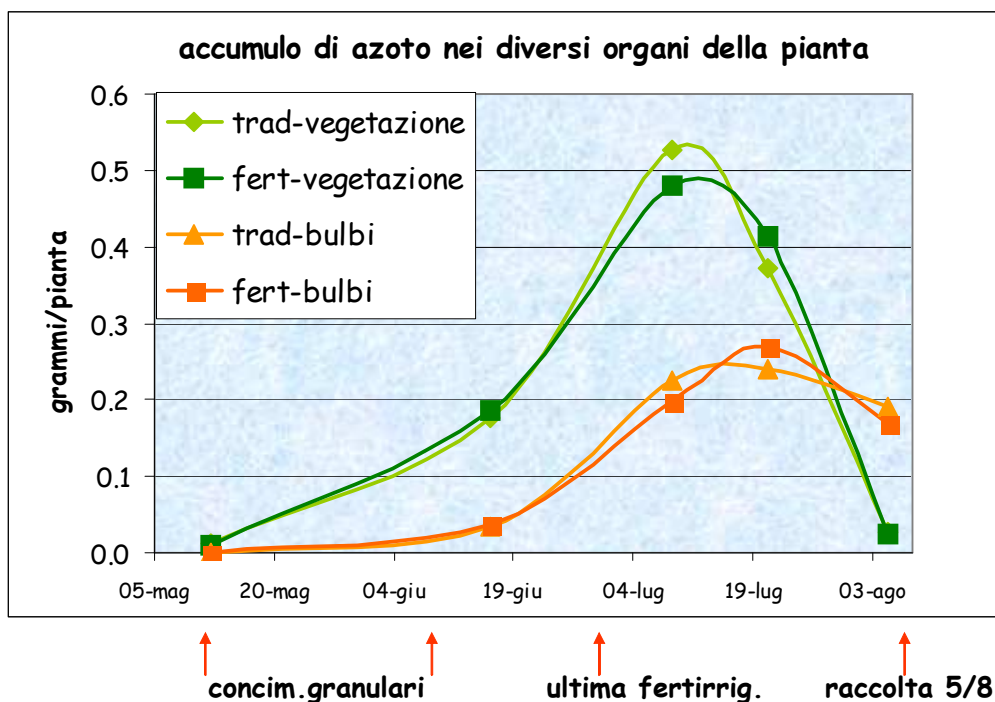


fig. 13: cipolla - curve di assorbimento dell'azoto per pianta, ripartita in biomassa fogliare e bulbi, per le due tesi a confronto

POMODORO

Anche nel pomodoro sono stati effettuati 5 rilievi distruttivi delle piante, per determinare l'accumulo di sostanza secca totale per pianta, su un mix di 2 ripetizioni, prelevando 6 piante per ciascuna tesi, essicandole in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesandole, distinguendo le bacche da foglie e fusti.

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

- sulle piantine al momento del trapianto, in data 23/05/08,
- con frutti verdi di 1-2 cm di diametro, al 1 e 2° palco, in data 30/06/08,
- al momento della massima copertura vegetale, con frutti a 4°-5° palco, con l'1% di bacche rosse, in data 21/07/08,
- con il 10-15% di bacche rosse, in data 08/08/08,
- alla raccolta, effettuata in data 2/09/08.

In figura 14 sono riportate le curve rilevate di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale (fusti e foglie) e bacche, per le due tesi a confronto: si vede con chiarezza il maggior accumulo di sostanza secca nella tesi fertirrigata, che comincia ad avvantaggiarsi sulla tesi a concimazione tradizionale a partire dall'ultima concimazione granulare, grazie ai successivi apporti graduali di fertilizzante

prolungati per l'intero mese di luglio, in accordo con quanto osservato in precedenza dalle analisi del suolo.

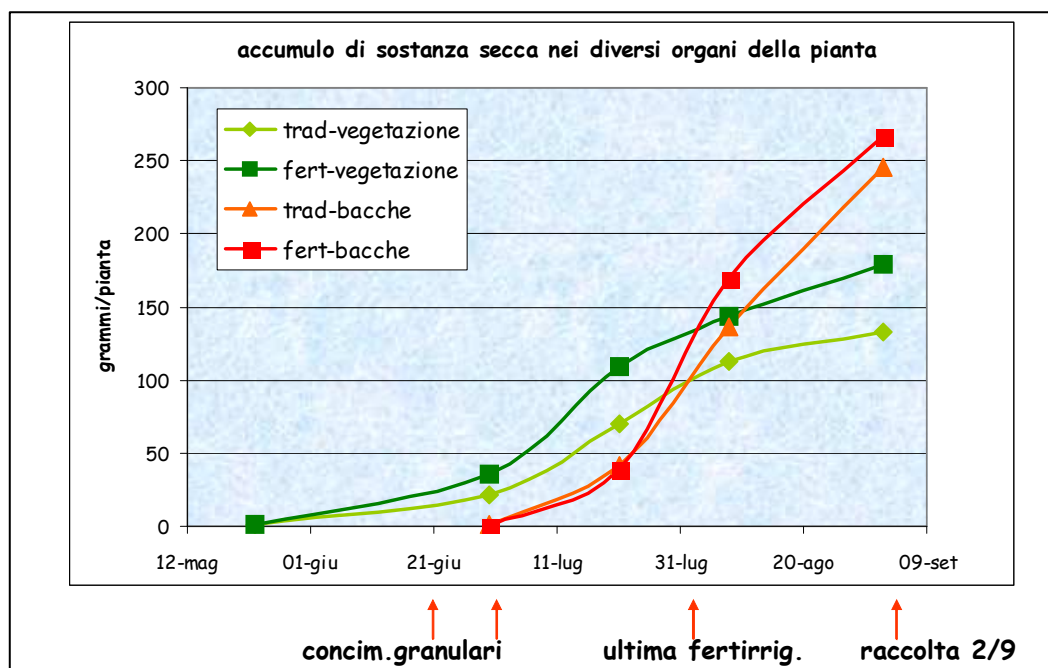


fig. 14: pomodoro - curve di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto

Anche nel pomodoro, 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 bacche: in figura 15 sono riportate le curve, così determinate, di assorbimento dell'azoto espresse in grammi per pianta, per le due tesi a confronto. L'andamento è analogo a quello dell'accumulo di sostanza secca descritto in precedenza, con un maggiore e più graduale assorbimento di azoto nella tesi fertirrigata; nella tesi tradizionale invece il picco di accumulo di azoto nella vegetazione si verifica a metà luglio, per poi calare andando verso la raccolta.

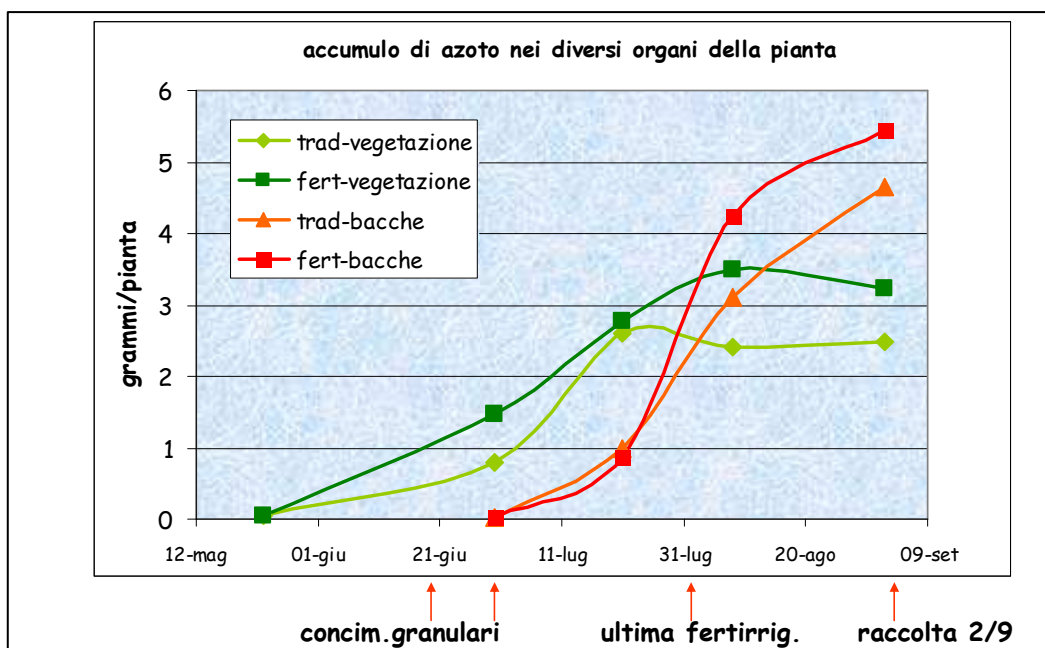


fig. 15: pomodoro - curve di assorbimento dell'azoto per pianta, ripartita in biomassa vegetale e bacche, per le due tesi a confronto

Se consideriamo un investimento del pomodoro indicativo di 33.000 piante/ha, le asportazioni finali di azoto (rispettivamente di 7.1 e 8.7 g/pianta per la tesi tradizionale e per quella fertirrigata) corrispondono, tra biomassa vegetale e bacche, a circa 234 kg/ha di azoto per la tesi tradizionale e a 287 kg/ha per quella fertirrigata: considerando che sono stati apportati 200 unità di azoto, ne consegue che la coltura ha di fatto consumato interamente il concime distribuito, più una quota di riserve già presenti nel terreno, con una maggior efficienza nella la tesi fertirrigata.

Si puo quindi concludere che non si sono registrati dilavamenti di nitrati nelle falde, assai pericolosi dal punto di vista ambientale, grazie anche alla stagione favorevole, con una minima influenza delle piogge naturali.

Risultati produttivi, qualitativi e di efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto

CIPOLLA

Alla raccolta, in data 5 agosto, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- numero di piante/mq,
- produzione areica di bulbi, con distinzione tra totale, commerciale e scarto
- suddivisione percentuale per classi di calibro,
- peso medio dei bulbi.

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

Nella tabella 11 sono riportati i dati di resa, totale e commerciale, la ripartizione percentuale per classi di calibro, il numero e il peso medio dei bulbi.

L'incremento di resa commerciale per le tesi concimate, rispetto al testimone, è stato dell'ordine di 50 q/ha, pari al 10-11%, anche se non significativo: tale incremento è dovuto sia ad un significativo aumento del peso medio dei bulbi ($p < 0.05$), che ad una maggior percentuale di prodotto commerciale, significativo a $p < 0.01$, ed in generale ad un aumento del calibro dei bulbi, con uno spostamento verso le classi di pezzatura superiore.

	resa totale (q/ha)	resa comm. (q/ha)	resa comm. >40 (%)	<40 mm (%)	40-50 mm (%)	50-60 mm (%)	60-80 mm (%)	60-75 mm (%)	tuberi/mq	peso medio (g)
medie										
fertirrigazione	506.42	498.20	98.33 A	1.67 B	11.34	28.84	56.08 a	2.07	49.50	102.3 ab
concimazione tradizionale	513.96	507.11	98.63 A	1.37 B	10.05	27.85	58.57 a	2.16	46.84	109.6 a
test irrigato-non concimato	467.94	453.56	96.77 B	3.23 A	13.14	30.37	48.02 b	5.24	50.88	92.3 b
livello di significatività	n.s	n.s	p<0.01	p<0.01	n.s	n.s	p<0.05	n.s	n.s.	p<0.05
incremento fert su trad	-1.5	-1.8	-0.3	21.5	12.9	3.6	-4.2	-4.6	5.7	-6.7
incremento fert su test	8.2	9.8	1.6	-48.5	-13.7	-5.0	16.8	-60.5	-2.7	10.8
incremento trad su test	9.8	11.8	1.9	-57.6	-23.6	-8.3	21.9	-58.7	-7.9	18.7

tabella 11: cipolla - dati di resa, totale e commerciale, ripartizione percentuale per classi di calibro, numero e peso medio dei tuberi e % di sostanza secca.

Tra le due differenti gestione della concimazione, non si registrano differenze significative di produzione.

La fertirrigazione tuttavia, a differenza di quanto osservato nelle altre colture in prova, è risultata meno produttiva rispetto alla concimazione tradizionale: come descritto in precedenza infatti le precipitazioni nel mese di giugno hanno di fatto ritardato la distribuzione dell'azoto rispetto alla fase di maggior assorbimento della coltura, tra la 4° foglia e la fase di ingrossamento del bulbo, vanificando i potenziali vantaggi di una distribuzione frazionata dell'azoto. Nelle figure 16 e 17 sono riportati graficamente tali risultati.

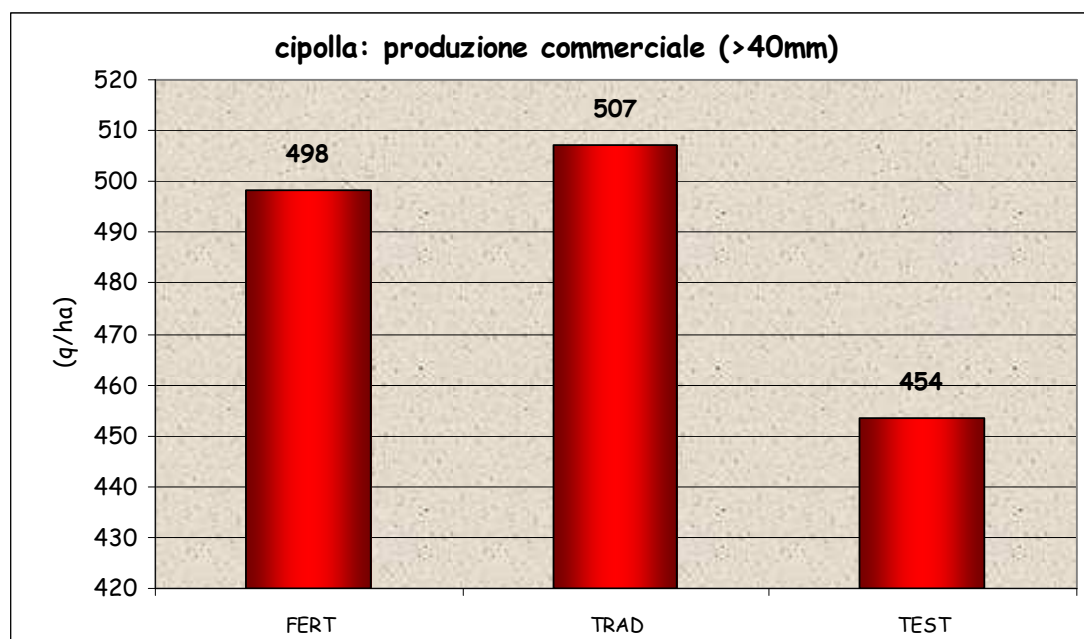


fig. 16: cipolla - dati di resa commerciale

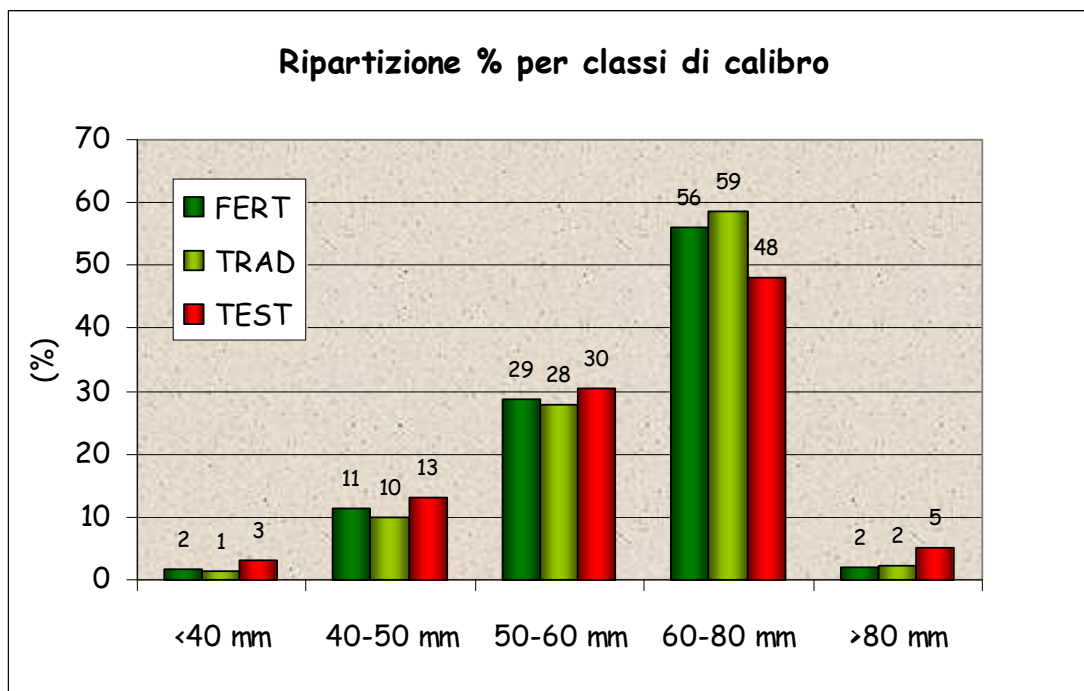


fig. 17: cipolla - ripartizione % delle classi commerciali di calibro

In tabella 12 sono infine riportati i valori di efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto (Water Use Efficiency, WUE, e Nitrogen Use Efficiency, NUE).

La concimazione ha determinato un incremento di efficienza d'uso dell'acqua, espressa come grammi di prodotto per litro d'acqua, piogge più irrigazioni, mediamente del 10.8% rispetto al test non concimato, dovuto all'incremento di produzione totale, ottenuto a parità di volume d'acqua distribuito, senza differenze statisticamente significative tra le due modalità di distribuzione a confronto.

La Nitrogen Use Efficiency, NUE, espressa come kg di incremento di produzione totale rispetto al test non concimato, per kg di azoto distribuito, è risultata ovviamente superiore nella tesi tradizionale (+16.4%), in seguito al ritardo degli interventi fertirrigui.

	resa totale (q/ha)	piogge +irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	N (kg/ha)	N.U.E. (kg/kg)
medie					
fertirrigazione	506.42	503.60	9.89	160	24.05
concimazione tradizionale	513.96	503.60	10.07	160	28.77
test irrigato-non concimato	467.94	503.60	9.01	-	-
livello di significatività	n.s.	-	n.s.	-	-
incremento fert su trad	-1.5	-	-1.8	-	-16.40
incremento fert su test	8.2	-	9.8	-	-
incremento trad su test	9.8	-	11.8	-	-

tab. 12: cipolla - efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto.

POMODORO

Alla raccolta, in data 2 settembre, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- produzione areica di bacche
- numero e peso medio delle bacche,
- suddivisione per classi (commerciale, verde e marcio)
- su campioni di prodotto commerciale sono stati rilevati i parametri qualitativi: Brix, colore Hunterlab (L, a/b), acidità totale, p H, viscosità (Bostwick).

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

Nelle tabelle 13 sono riportati i dati produttivi e qualitativi: la distribuzione del concime frazionato in fertirrigazione ha determinato un maggior accumulo di sostanza secca per pianta, sia per quanto riguarda la vegetazione, foglie e fusti, (+37 rispetto alla concimazione tradizionale e +40% rispetto al test, significativo a $p<0.05$), che di bacche (rispettivamente +8.8% e +15.6%, anche se n.s.)

Sono riportate in dettaglio le produzioni di bacche rosse, semirose, verdi e marce, numero e peso medio: le uniche differenze significative riguardano il test non concimato che presenta una maggiore produzione di marcio (significativa a $p<0.01$), e bacche verdi ($p<0.01$) e semirose di peso medio maggiore ($p<0.05$).

Nel complesso la tesi fertirrigata presenta la maggior resa di prodotto totale e commerciale (rosso e semirosso), +11% rispetto al testimone, e +7% rispetto alla concimazione tradizionale (n.s), grazie ad un significativo maggior numero di bacche per pianta ($p<0.05$).

Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi, la fertirrigazione ha determinato un valore di brix più elevato, con una conseguente maggiore resa di monte grado (quintali di brix per ettaro) con differenze significative a $p<0.05$, sia rispetto al test (+20%) che alla concimazione tradizionale (+11%).

Anche gli altri parametri qualitativi presi in esame, ad esclusione della viscosità, presentano differenze significative, anche se di lieve entità.

Tab 13a	Piante/mq	vegetazione (g/pianta)		Bacche sost.secca (g/pianta)
		tal quale	sost.secca	
<i>fertirrigazione</i>	3.66	874.79	181.56 a	268.69
<i>concimazione tradizionale</i>	3.72	786.27	132.12 b	246.91
<i>test irrigato-non concimato</i>	3.82	769.82	129.35 b	232.36
livello di significatività	n.s.	n.s.	p<0.05	n.s.
<i>incremento fert su trad</i>	-1.61	11.26	37.42	8.82
<i>incremento fert su test</i>	-4.19	13.64	40.36	15.63
<i>incremento trad su test</i>	-2.62	2.14	2.14	6.26

Tab 13b	Rosso			Semirosso			Verde			Marcio		
	(q/ha)	p.m. (g)	n/pianta	(q/ha)	p.m. (g)	n/pianta	(q/ha)	p.m. (g)	n/pianta	(q/ha)	p.m. (g)	n/pianta
<i>fertirrigazione</i>	1064.81	45.02	64.93	166.46	40.75 b	11.25	282.29	29.93 B	25.78	24.76 B	27.28	2.41
<i>concimazione tradizionale</i>	1002.71	45.63	60.10	141.41	42.95 ab	8.76	288.47	29.29 B	26.16	43.92 AB	32.46	3.65
<i>test irrigato-non concimato</i>	921.15	48.37	50.20	183.17	47.19 a	10.17	257.19	35.36 A	18.93	66.15 A	36.12	4.97
livello di significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	p<0.05	n.s.	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	n.s.
<i>incremento fert su trad</i>	6.19	-1.33	8.04	17.71	-5.11	28.41	-2.14	2.18	-1.45	-43.62	-15.94	-34.15
<i>incremento fert su test</i>	15.59	-6.92	29.35	-9.13	-13.65	10.62	9.76	-15.35	36.23	-62.57	-24.46	-51.61
<i>incremento trad su test</i>	8.85	-5.67	19.72	-22.80	-9.00	-13.86	12.16	-17.16	38.24	-33.61	-10.13	-26.51

Tab 13c	Totale (q/ha)	Commerciale		Verde (%)	Marcio (%)	bacche	
		(q/ha)	(%)			p.medio (g)	n./pianta
<i>fertirrigazione</i>	1538.32	1231.26	80.08	18.28	1.64 B	40.57 B	104.37 a
<i>concimazione tradizionale</i>	1476.51	1144.12	77.61	19.37	3.02 AB	40.39 B	98.68 ab
<i>test irrigato-non concimato</i>	1427.66	1104.33	77.33	17.87	4.80 A	44.47 A	84.27 b
livello di significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.05
<i>incremento fert su trad</i>	4.19	7.62	3.19	-5.61	-45.86	0.43	5.77
<i>incremento fert su test</i>	7.75	11.49	3.56	2.34	-65.96	-8.78	23.86
<i>incremento trad su test</i>	3.42	3.60	0.36	8.42	-37.12	-9.17	17.10

Tab 13d	brix (%)	brix (q/ha)	pH	Acidità Totale	Bostwick	Colore Hunterlab			
						a/b	L	a	b
<i>fertirrigazione</i>	4.68 a	57.57 a	4.31 b	0.54 a	8.78	2.49 a	24.03 a	29.78 b	11.96 b
<i>concimazione tradizionale</i>	4.50 ab	51.66 ab	4.30 b	0.52 ab	8.96	2.50 a	23.74 b	30.36 a	12.14 a
<i>test irrigato-non concimato</i>	4.32 b	47.72 b	4.36 a	0.50 b	8.36	2.41 b	24.16 a	29.50 b	12.25 a
livello di significatività	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05	n.s.	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05
<i>incremento fert su trad</i>	3.95	11.45	0.28	3.83	-2.01	-0.48	1.24	-1.90	-1.47
<i>incremento fert su test</i>	8.48	20.64	-1.01	8.84	5.02	3.24	-0.55	0.94	-2.34
<i>incremento trad su test</i>	4.36	8.24	-1.28	4.82	7.18	3.73	-1.76	2.89	-0.88

tabella 13: pomodoro - dati di resa e qualità.

Nelle figure 18 e 19 sono riportati graficamente i dati di resa commerciale e del monte grado brix del pomodoro.

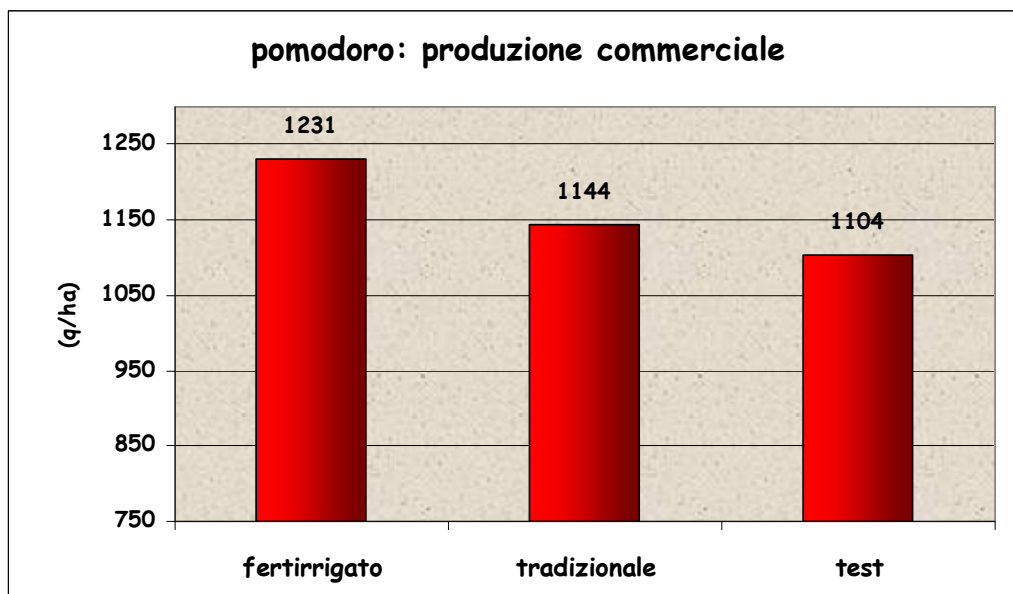


fig. 18: pomodoro - resa commerciale

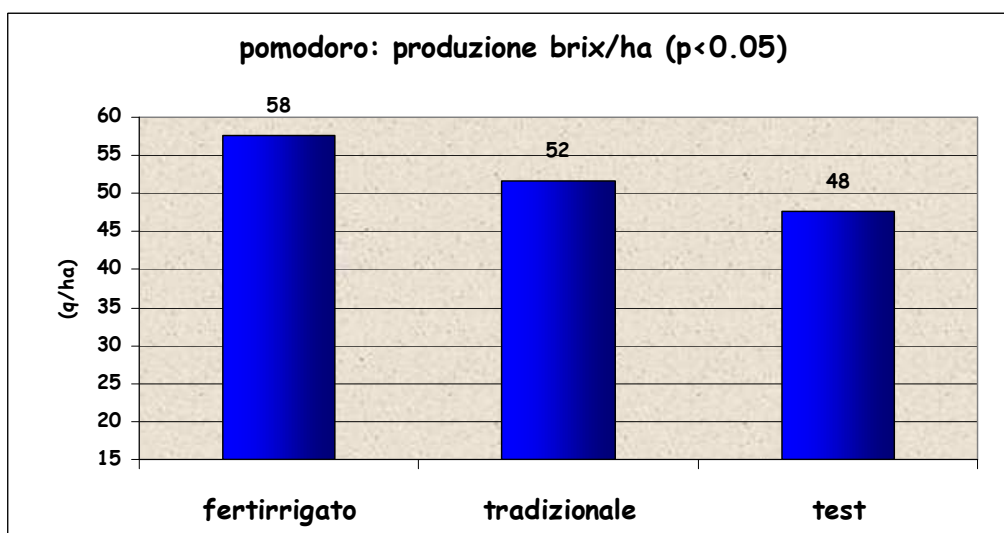


fig. 19: pomodoro – resa espressa in quintali di brix per ettaro

In tabella 14 sono infine riportati i valori di efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto (Water Use Efficiency, WUE, e Nitrogen Use Efficiency, NUE).

La fertirrigazione ha determinato un incremento di efficienza d'uso dell'acqua, espressa come grammi di prodotto per litro d'acqua, piogge più irrigazioni, rispettivamente del 7.8% e del 3.4% della fertirrigazione e della concimazione tradizionale rispetto al test non concimato, dovuto all'incremento di produzione totale, ottenuto a parità di volume d'acqua distribuito, senza differenze statisticamente significative tra le due modalità di distribuzione a confronto.

La Nitrogen Use Efficiency, NUE, espressa come kg di incremento di produzione totale rispetto al test non concimato, per kg di azoto distribuito, è risultata più che raddoppiata con la fertirrigazione rispetto alla tesi tradizionale (+126.54%), grazie alla distribuzione frazionata di concime.

	resa totale (q/ha)	piogge +irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	N (kg/ha)	N.U.E. (kg/kg)
medie					
<i>fertirrigazione</i>	1538.32	493.90	31.15	200	55.33
<i>concimazione tradizionale</i>	1476.51	493.90	29.89	200	24.42
<i>test irrigato-non concimato</i>	1427.66	493.90	28.91	-	-
livello di significatività	n.s.	-	n.s.	-	-
<i>incremento fert su trad</i>	4.19	-	4.19	-	126.54
<i>incremento fert su test</i>	7.75	-	7.75	-	-
<i>incremento trad su test</i>	3.42	-	3.42	-	-

tab. 14: pomodoro - efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto

Valutazioni economiche

L'ultimo e non meno importante aspetto preso in considerazione riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti: in tabella 15 sono riportati i valori di P.L.V. ottenuti dalle due colture nella stagione 2008.

	cipolla	pomodoro
medie		
<i>fertirrigazione</i>	6522	10 901 a
<i>concimazione tradizionale</i>	6722	9 675 ab
<i>test irrigato-non concimato</i>	5664	8 900 b
livello di significatività	n.s.	p<0.05
<i>incremento fert su trad</i>	-3.0	12.7
<i>incremento fert su test</i>	15.1	22.5
<i>incremento trad su test</i>	18.7	8.7

tab. 15: valori di P.L.V. ottenuti dalle due colture nella stagione 2008

Per la cipolla sono stati applicati i prezzi di conferimento per la stagione 2008, di 15 €/qle per i calibri 50-80 mm e 5 €/qle per quelli superiori a 80 mm: anche se le differenze non sono risultate significative, la concimazione ha determinato un incremento medio di circa il 17% rispetto al test non concimato, e la tesi a concimazione tradizionale ha ottenuto una PLV di 200 € superiore alla tesi fertirrigata (+3%), per i problemi descritti in precedenza (fig. 20).

Per il pomodoro invece è stato considerato il contributo comunitario pari a 1.5 €/qle, sommato al compenso dell'accordo interprofessionale, funzione del brix, fissato come base per il 2008 a 7.95 €/qle per un prodotto con brix pari al 5%.

L'incremento di P.L.V., ottenuto con la fertirrigazione, è risultato, per il pomodoro, di 1226 €/ha, pari al 12.7% in più rispetto alla concimazione tradizionale, e di 2001 €/ha, pari al 22.5% in più, rispetto al test non concimato (fig. 21), in virtù sia di una maggiore resa, che del brix più elevato, che ha fatto aumentare di una classe il premio dell'accordo interprofessionale.

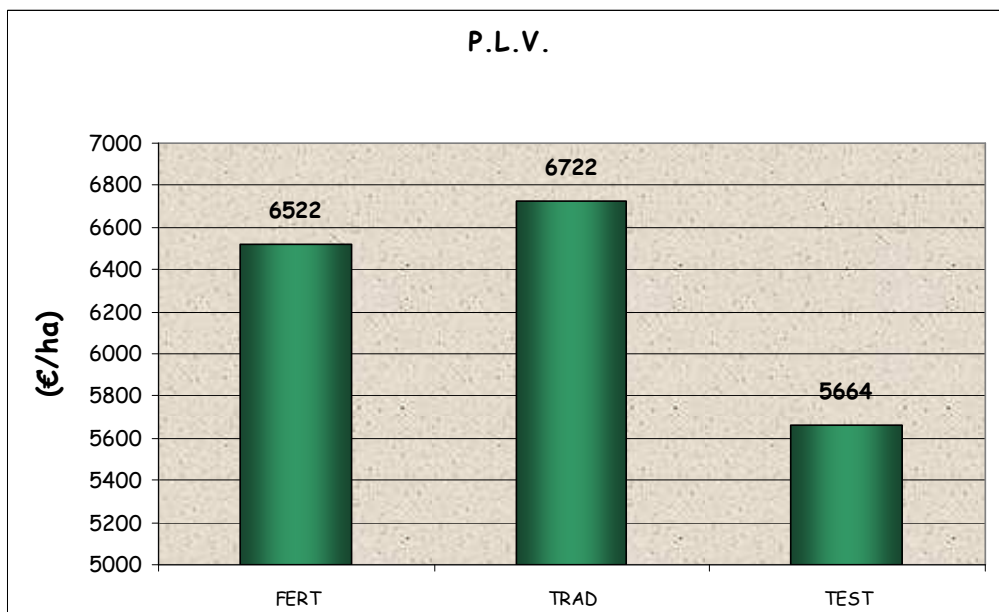


fig. 20: valori di P.L.V. su cipolla

°brix: fertirrigato 4.7% - 8.85 €/Q.le
 tradizionale 4.5% - 8.46 €/Q.le
 test 4.3% - 8.06 €/Q.le

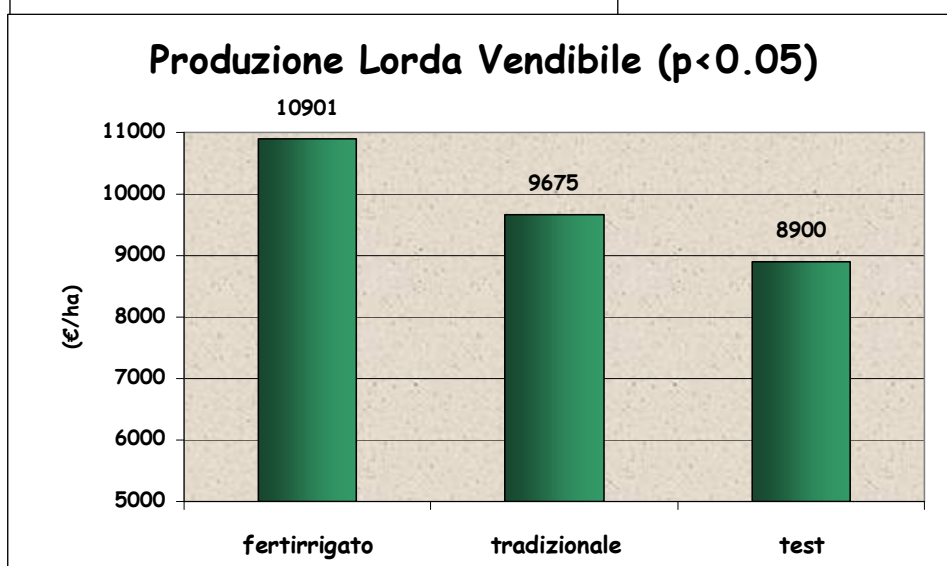


fig. 21: incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione su pomodoro

Gli incrementi di PLV rilevati sul pomodoro sono stati ottenuti con spese aggiuntive molto contenute, non superiori a 40-60 €/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 €, che va caricato però sull'intera superficie irrigabile, dai 10 ai 20 ettari in funzione della capacità operativa della macchina semovente impiegata, e considerando 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 delle prove sembrano confermare, è pertanto possibile rientrare dell'investimento in un tempo molto breve.

La pompa iniettrice funziona con la pressione di esercizio dell'acqua, e non comporta pertanto ulteriori costi energetici per la distribuzione del concime.

L'impiego di manodopera non differisce sostanzialmente rispetto alla semplice irrigazione, anche se occorre prestare maggiore attenzione al corretto funzionamento dell'impianto.

Anche i maggiori oneri dovuti all'impiego di fertilizzanti differenti rispetto alla concimazione tradizionale risultano 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%): la differenza di costo per unità fertilizzante risulta pertanto molto contenuta, 0.9 €/kg con il nitrato ammonico cristallino, contro 0.8 €/kg per il prodotto tradizionale. Ne consegue che, per la distribuzione di 160 unità di azoto alla cipolla, il maggiore costo è stato di appena 17 €/ha, e leggermente superiore per il pomodoro, con 21.5 €/ha di differenza, avendo distribuito 200 unità (tab. 15).

Confrontato con l'urea, l'impiego in fertirrigazione del nitrato ammonico cristallino avrebbe comportato un maggior onere variabile da 30.7 a 38.4 €/ha, ma i due concimi sono in realtà diversi per modalità di impiego e tempi di assorbimento dell'azoto.

Per la distribuzione del potassio è stato invece usato lo stesso nitrato di potassio impiegato nella tesi tradizionale, senza nessun costo aggiuntivo.

	titolo			costo unitario		costo N €/kg	CIPOLLA		POMODORO	
	N	P2O5	K2O	€/kg	+IVA 4%		apporti 2008 Kg/ha	costo €/ha	apporti 2008 Kg/ha	costo €/ha
	nitrato ammonico cristallino	34	0	0	0.297	0.309	0.91	160	145.4	200
nitrato ammonico	27	0	0	0.208	0.216	0.80	160	128.2	200	160.2
urea	46	0	0	0.317	0.330	0.72	160	114.7	200	143.3
differenza nitrato ammonico cristallino e normale								+17.2	-	+21.5
differenza nitrato ammonico cristallino e urea								+30.7	-	+38.4

tab. 15: differenza di costo tra i concimi impiegati

Riassumendo, quindi, i maggiori costi della fertirrigazione sono stimati in 40-60 €/ha, tra quota d'uso della pompa iniettrice e impiego di concimi a maggior solubilità; per contro però si sono risparmiati 1-2 interventi di distribuzione dei fertilizzanti con lo spandiconcime, il cui costo, se si fa ricorso a contoterzi, varia a seconda delle diverse province, da 25 a 50 €/ha, a seconda delle colture. A titolo esemplificativo, in base alle vigenti tariffe ATMA (Associazione Trebbiatori e Motoaratori della provincia di Bologna), un intervento di concimazione costa 10-12 €/q.le di concime distribuito, pari ad un importo indicativo di 25-50 €/ha, per distribuire 3-4 q/ha di nitrato ammonico.

Tali valori sono in linea con i proutari normalmente impiegati in agricoltura per la definizione dei conti colturali (per es. il Ribaudò), che indicano in 1.5-3 ore/ha il tempo necessario per la concimazione, in funzione delle colture: anche ricorrendo a mezzi aziendali, considerando 10 €/ora il costo d'esercizio di trattore e spandiconcime, e circa 12 €/ora il costo della manodopera, il costo economico della distribuzione granulare del concime è indicativamente di 35-60 €/ha

Si può pertanto concludere che le due tecniche, fertirrigazione e concimazione tradizionale, non differiscono sostanzialmente dal punto di vista economico, sui costi colturali.

Queste valutazioni economiche possono essere estese a livello di comparto regionale, sulla base delle superfici investite con le colture interessate (fonte RER – Statistiche Agrarie 2007, a cura del Servizio Programmi Monitoraggio e Valutazione dell'Assessorato Agricoltura), e della loro parzializzazione irrigua (stime CER), mediante sistemi ad aspersione.

Ipotizzando una ricaduta dei risultati del progetto solo sul 10% della superficie stimata, in base agli incrementi di PLV ottenuti nel 2006/08 su pomodoro, e nel 2007 su patata e mais, pur con il risultato negativo della cipolla nel 2008, tradotti su base territoriale, con l'applicazione della fertirrigazione mediante impianti irrigui ad aspersione semovente si potrebbe ottenere un beneficio complessivo superiore ai 2.7 milioni di euro, come riportato in tabella 16.

Coltura	superficie coltivata in RER (ha)	superficie irrigata a pioggia (ha)	PLV ottenuta con la fertirrigazione (€/ha)	incremento di PLV ottenuto con la fertirrigazione (€/ha)	incremento totale (€)
pomodoro 2006-08	22 310	14 000	8 081	996	13 937 000
patata 2007	7 716	6 450	10 086	590	3 805 500
mais 2007	104 025	47 500	3 407	224	10 640 000
cipolla 2008	2 995	2 490	6 522	-200	-498 000
TOTALI	137 046	70 440	-	-	27 884 500
				ipotizzando il 10% di ricaduta	2 788 450

tab. 16 – valutazione della ricaduta economica derivante dall'applicazione della fertirrigazione sul territorio regionale

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI E DEI PRODOTTI FINALI OTTENUTI

Verifica dell'uniformità di distribuzione dell'acqua e dei fertilizzanti

Durante ogni anno di prova sono state effettuate delle valutazioni tecnologiche riguardanti l'efficienza di applicazione dell'acqua (rapporto tra l'acqua effettivamente misurata al suolo tramite pluviometri e quella fuoriuscita dagli impianti), l'omogeneità di distribuzione dell'acqua e della concentrazione di fertilizzanti in essa disciolti.

I numerosi test tecnologici effettuati hanno evidenziato, nella media, che la perdita d'acqua durante il lancio è risultata molto limitata, con valori di efficienza prossimi al 99-100%, sia con l'impiego della barra irrigatrice che con l'irrigatore a turbina.

Anche l'uniformità di distribuzione dell'acqua, misurata mediante numerosi pluviometri disposti lungo la diagonale del campo, è risultata molto elevata, con valori di coefficiente di uniformità di Christiansen compresi tra 91 e 97%, per entrambe le attrezzature irrigue impiegate.

L'omogeneità di distribuzione dell'azoto ha mostrato valori analoghi, evidenziando quindi un'eccellente proporzionalità di iniezione dell'attrezzatura fertirrigua impiegata.

Valutazione del contenuto di azoto nel suolo

Per una valutazione dell'eventuale riduzione del dilavamento dei nitrati indotto da una più puntuale distribuzione dei fertilizzanti azotati mediante fertirrigazione, sulle

colture in prova, prima di ogni interventi irriguo, sono stati prelevati campioni di terreno a due profondità, 30 cm, nello strato di massima esplorazione da parte delle radici, e nello strato sottostante, a 70 cm, per determinare le concentrazioni di nitrati e ammonio nel suolo, espressi in percentuale del peso di terreno secco, e valutarne l'andamento stagionale.

Durante il ciclo colturale sono stati parallelamente prelevati dei campioni dei vari organi delle piante, per valutare l'efficienza di accumulo della sostanza secca e dell'azoto in rapporto alle diverse modalità di distribuzione dei concimi.

In linea generale è stato riscontrato che la somministrazione frazionata dell'azoto in fertirrigazione ha determinato una maggiore e più prolungata disponibilità di azotati fin nelle fasi più avanzate del ciclo colturale; tale condizione ha consentito, nel complesso, un più regolare accumulo di sostanza secca negli organi produttivi delle varie colture.

Risultati produttivi

La miglior disponibilità di nutrienti durante il ciclo colturale e la buona uniformità di distribuzione in campo, hanno determinato un generalizzato incremento produttivo della tesi fertirrigua rispetto a quella tradizionale, con incrementi produttivi del 6-7% per il mais e la patata, fino al 13% di incremento di resa di bacche commerciali nel pomodoro. Su questa coltura è stato anche riscontrato un miglioramento qualitativo, che ha portato la resa in Brix da 32 a 38 q/ha nel 2006, e da 52 a 58 q/ha nel 2008. Solo sulla cipolla non sono state riscontrate differenze tra le due tesi per effetto delle consistenti precipitazioni nel mese di giugno che non hanno permesso di effettuare tutte le fertirrigazione previste nel momento di massimo assorbimento da parte della coltura.

Particolarmente elevate sono anche apparse le produzioni del test non concimato: la relativamente buona fertilità di fondo del terreno potrebbe quindi aver in parte mascherato risultati ancora più evidenti a favore della fertirrigazione.

Efficienza d'uso dell'azoto

Utilizzando i risultati produttivi del testimone non concimato, sono stati calcolati gli incrementi di resa per unità di fertilizzante apportato: la fertirrigazione ha determinato un incremento medio di resa pari a 40 kg di prodotto per kg d'azoto distribuito, contro i soli 27 della concimazione tradizionale. Ne consegue che, per il solo effetto della distribuzione frazionata del concime, è stato possibile incrementare l'efficienza d'uso dell'azoto del 48% (fig. 22).

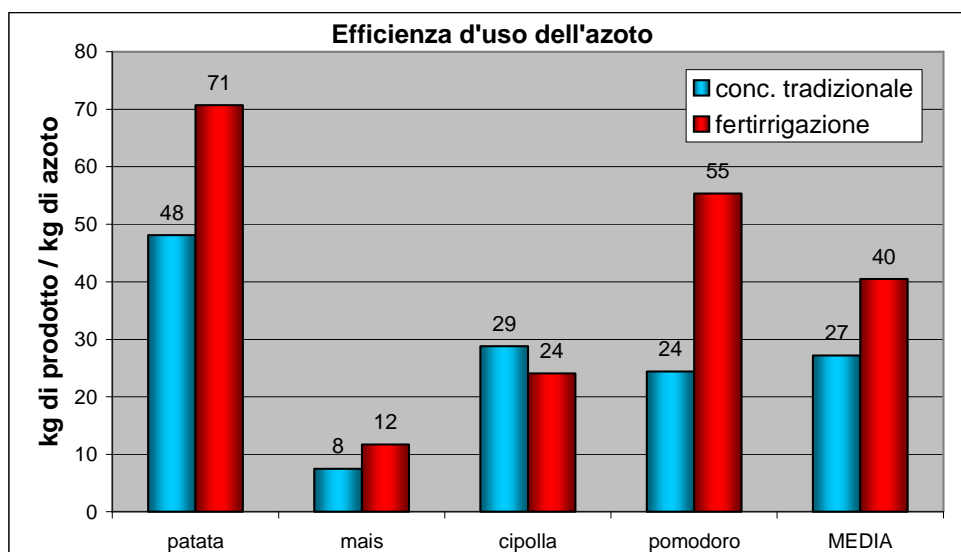


fig. 22: efficienza d'uso dell'azoto

Considerazioni economiche

Sotto il profilo economico, la fertirrigazione ha permesso un recupero di produzione lorda vendibile rispetto alla concimazione tradizionale che, nella media delle colture, è risultato di 521 €/ha (tab. 17). La coltura che ha mostrato di avvantaggiarsi di più della fertirrigazione è risultata il pomodoro, che ha ottenuto un incremento di oltre 1200 €/ha, anche in virtù della migliore remunerazione conseguente all'aumento del Brix: tale risultato è facilmente spiegabile col fatto che la coltura si è avvantaggiata del lungo periodo vegetativo coincidente con i mesi più caldi e secchi, che hanno permesso un maggior frazionamento degli apporti fertirrigui azotati, rispetto alle altre colture testate.

A fronte degli incrementi di PLV ottenuti, è stata compiuta la valutazione dei costi aggiuntivi derivanti dalla gestione fertirrigua, che sono stati individuati in non più di 40-60 €/ha, conseguenti all'acquisto della pompa iniettrice (ad un costo intorno ai 2000€, ammortizzabili su 10-20 ha in 5 anni) e all'impiego di concimi a maggior solubilità: per la tesi tradizionale è stato impiegato nitrato ammonico al 27%, mentre per la tesi fertirrigata è stato usato nitrato ammonico cristallino idrosolubile (34%), con un costo aggiuntivo di circa 0.1 €/kg di N.

	test (€/ha)	tradizionale (€/ha)	fertirrigato (€/ha)	variazioni di PLV					
				tradizionale sul test		fertirrigato sul test		fertirrigato sul tradizionale	
				(€/ha)	(%)	(€/ha)	(%)	(€/ha)	(%)
pomodoro 06	-	4 495	5 260					765	17.0
patata 07	7 249	9 496	10 086	2 247	31.0	2 837	39.1	590	6.2
mais 07	2 783	3 183	3 407	400	14.4	624	22.4	224	7.0
cipolla 08	5 664	6 722	6 522	1 058	18.7	858	15.1	- 200	-3.0
pomodoro 08	8 900	9 675	10 901	775	8.7	2 001	22.5	1 226	12.7
MEDIE	6149	6714	7235	1 120	18.2	1 580	24.8	521	8.0

tab. 17 - Incremento di Produzione lorda vendibile ottenuta con la fertirrigazione

CONCLUSIONI

Le prove effettuate hanno evidenziato che la fertirrigazione per aspersione mediante macchine semoventi è di facile realizzazione e può consentire ottimi risultati produttivi.

L'impiego di attrezzature moderne capaci di irrigare con un'elevata uniformità di erogazione e dotati di adeguate attrezzature di fertirrigazione è, naturalmente, una condizione indispensabile per ottenere un effettivo miglioramento dell'efficienza nell'uso dei fertilizzanti, con potenziale riduzione dei rilasci di nitrati nell'ambiente e dell'impatto dell'agricoltura nei confronti delle acque superficiali e sotterranee.

Alcuni limiti della fertirrigazione per aspersione possono emergere sulle colture a ciclo molto breve, sulle quali il frazionamento è reso incerto per il ridotto numero di interventi irrigui a cui tali colture sono solitamente sottoposte; analoghi problemi possono anche insorgere in caso di stagioni molto piovose nelle quali il calendario fertirriguo potrebbe non essere adeguatamente rispettato. Nella fertirrigazione per aspersione risulta quindi consigliabile anticipare in presemina e copertura almeno un terzo delle dosi di fertilizzanti previste.

Gli eccellenti risultati agroambientali ed economici conseguiti dovrebbero sollecitare la costruzione di macchine irrigue semoventi dotate di fertirrigatore integrato, e regolato tramite un unico controller elettronico di cui gran parte dei moderni rotoloni sono già dotati.

*Prove condotte con il contributo della Regione Emilia Romagna, (L.R. 28/98) ed il cofinanziamento delle seguenti ditte costruttrici di macchine irrigue semoventi: GIAMPI, OCMIS, IDROFOGLIA, IRRIMEC, RM, IRTEC, CASELLA, FERBO e SIME (costruttrice di irrigatori ad aspersione)
Un ringraziamento va anche alla ditta STARTEC per la collaborazione tecnica.*

AUTOCONTROLLO E PROCEDURE DI QUALITA'.

Descrivere le procedure (indicando le metodologie applicate), con cui il capoprogetto (o il singolo beneficiario) effettuerà il coordinamento del progetto e applicherà le politiche di controllo di qualità all'interno del progetto.

In ogni anno devono essere fissate almeno due momenti di **verifica** (di cui una coincidente con la fine dell'anno di attività) dei prodotti intermedi ottenuti e dello **stato di avanzamento** dei lavori.

PROCEDURE DI COORDINAMENTO DEL PROGETTO

Il Consorzio Canale Emiliano Romagnolo, con deliberazione n. 754/02/DA assunta dall'organo deliberante in data 28 novembre 2002, ha avviato i lavori di implementazione di un Sistema Gestione Qualità, secondo le norme ISO 9001 (Vision 2000). Si è conclusa la fase informativa/formativa del personale e sono state attivate le procedure gestionali che regolano i processi principali e di supporto; sono già stati approvati il manuale e le procedure che regolano i processi principali, tra cui l'attività di ricerca e sperimentazione svolta in campo irriguo.

Il Sistema di Gestione per la Qualità introdotto assicura, attraverso procedure, istruzioni operative, relative registrazioni, la gestione della progettazione, l'addestramento del personale, la valutazione dei fornitori, la realizzazione delle iniziative di ricerca, sperimentazione e divulgazione, la verifica e la valutazione delle conformità delle operazioni e dei risultati perseguiti rispetto a quanto atteso.

A seguire vengono elencati i principali moduli introdotti dalle diverse fasi di supporto delle attività previste dai Progetti di ricerca e sperimentazione, già introdotti dal Sistema di Gestione per la Qualità:

- a) M11 Elenco fornitori (contiene campi per la loro valutazione) (UNI EN ISO 9001, §. 7.4)
- b) M13 Proposta di spesa (UNI EN ISO 9001, §. 7.4)
- c) M14 Ordinativo di fornitura (UNI EN ISO 9001, §. 7.4)
- d) M31 Scheda personale (UNI EN ISO 9001, cap. 6)
- e) M32 Piano di formazione (UNI EN ISO 9001, cap. 6)
- f) M38 Inventario e piano di manutenzione delle attrezzature (UNI EN ISO 9001, cap. 6)
- g) M51 Rapporto di non conformità (UNI EN ISO 9001, § 8.3 e § 8.5)
- h) M52 Elenco delle non conformità (UNI EN ISO 9001, § 8.3 e § 8.5)
- i) M54 Piano di miglioramento (UNI EN ISO 9001, § 8.3 e § 8.5)
- j) M61 Pianificazione delle verifiche ispettive interne (UNI EN ISO 9001, §. 8.2.2)
- k) M62 Lista di controllo per le verifiche ispettive interne (UNI EN ISO 9001, §. 8.2.2)
- l) M63 Rapporto di verifica ispettiva interna (UNI EN ISO 9001, §. 8.2.2)

L'intero progetto, le cui attività sono state previste nel biennio 2007-08, è stato definito sotto il profilo tecnico-scientifico dal CER e attuato dai suoi ricercatori. L'effettuazione delle attività agronomiche e tecnologiche, la raccolta dei risultati, l'informatizzazione, l'elaborazione e interpretazione dei dati, è stata integralmente seguita dai tecnici e dai ricercatori del CER. Sia il coordinamento di tutte le azioni e fasi del progetto che il controllo della qualità dello svolgimento risultano quindi semplificate.

Il progetto è stato realizzato con il controllo del responsabile del progetto, coordinato e collegato agli altri progetti presentati dal CER da un dirigente coordinatore; le due figure, oltre a partecipare attivamente alla realizzazione di gran parte delle azioni del progetto hanno condotto personalmente il controllo delle procedure e il coordinamento intra ed inter progetto, che rappresentano una attività specifica di ogni fase prevista in ogni azione del progetto.

Durante la fase di gestione esecutiva dei test e delle prove di campo le procedure di coordinamento sono consistite essenzialmente in bisettimanali brevi riunioni in campo, in laboratorio idraulico od in ufficio di tutti i ricercatori coinvolti nel progetto, nelle quali sono stati relazionati gli stati di avanzamento delle attività, i problemi insorti, le correzioni da apportare ai dispositivi sperimentali. Inoltre, mensilmente, è stata verificata sia la rispondenza della

tempistica dei lavori programmati, sia la rispondenza economica e contabile delle spese sostenute rispetto a quelle preventivate.

La collaborazione dei tecnici di tutte le ditte costruttrici di rotoloni, coinvolte finanziariamente nel progetto, è stato un punto altamente qualificante le attività: i tecnici, oltre che collaborare garantiranno, con la loro esperienza idraulica e meccanica pratica, che i risultati del progetto abbiano una pronta ed efficace ricaduta pratica nella filiera che va dal costruttore delle macchine irrigue all'agricoltore che le utilizza.

Rientrano tra le procedure di coordinamento anche quelle rivolte verso gli EOR mediante la partecipazione ai loro comitati tecnici di filiera. Un maggiore coordinamento tra CER e CRPV avviene nell'ambito del comitato tecnico congiunto CRPV-CER.

Durante le fasi successive alla gestione esecutiva delle prove (informatizzazione, elaborazione dati, stesura relazione tecnica, ecc) il coordinamento è stato effettuato mediante giornaliere interazioni tra i ricercatori che hanno condotto le azioni (e che per maggior garanzia ne elaborano anche i risultati) ed il coordinatore del progetto che ne ha controllato le procedure statistiche ed interpretative.

Per una ottimale corresponsione agli obiettivi dei Servizi di sviluppo un ulteriore elemento di coordinamento è stato garantito dalla presenza nel gruppo di ricerca del CER sia di un esperto delle attività di test tecnologici degli erogatori relativa al progetto INNOVAZIONE TECNOLOGICA IRRIGUA sia di un esperto nel campo dei servizi e dei supporti per l'A.T. regionale (GIAS) che, anche in qualità di responsabile del progetto IRRINET, Acqua in mostra, Coordinamento regionale del SAC, ne ha controllato la miglior finalizzazione.

VERIFICHE INTERMEDIE E FINALI.

Anno 2007

Il progetto è stato avviato nel gennaio 2007 con attività di reperimento e messa a punto delle macchine irrigue implementate con fertirrigatori volumetrici, e sono proseguite con la semina dei campi di mais e patata da sottoporre a fertirrigazione, e con la predisposizione dei rilievi per il controllo chimico della soluzione circolante nel terreno; la prima verifica è stata quindi utilmente effettuata nel mese di giugno.

Questa prima analisi ha riguardato, oltre alla verifica dello stato di avanzamento dei lavori rispetto a quelli preventivati, anche quella dei risultati e prodotti ottenuti; a tale data erano già visibili le macchine predisposte per la fertirrigazione, le colture ed i primi dati di soluzione circolante analizzati.

Una seconda verifica è stata effettuata a fine anno 2007, periodo nel quale i dati erano già stati raccolti ed elaborati per la formulazione dello stato di avanzamento.

Un'apposita verifica intermedia è stata fatta sia assieme ai tecnici delle ditte produttrici di rotoloni cofinanziatrici del progetto, che ai tecnici del Servizio Sviluppo dell'Assessorato Agricoltura, per controllare la congruità delle prove eseguite alla luce di eventuali particolarità della prima annata di prove.

Anno 2008

Nell'anno conclusivo del progetto sono state fatte verifiche in giugno dei campi predisposti per i confronti colturali sulle colture oggetto di indagine agronomica-tecnologica. A fine anno è stata realizzata la prima bozza della relazione tecnica finale con l'illustrazione dei risultati complessivamente conseguiti in termini di resa, miglioramento d'efficienza nell'uso dei fertilizzanti, riduzione della percolazione profonda di nutrienti.

Nell'intero biennio sono poi state effettuate ogni due mesi delle verifiche tra i ricercatori del CER ed i tecnici delle ditte cofinanziatrici del progetto, con lo scopo di informare sui risultati raggiunti e di ricevere indicazioni tecnico-pratiche di miglioramento tecnologico delle attrezzature.

POLITICHE DI CONTROLLO DELLA QUALITA' DEL PROGETTO

Il controllo della qualità del progetto, oltre che dalle procedure di coordinamento descritte, è stato garantito dalla esecuzione dei test tecnologici e dei controlli di omogeneità ed efficienza secondo gli standard internazionali ISO e ANSI (American National Standard Procedure), e della ASAE (American Society of Agricultural Engineering) della quale Paolo Mannini e Giorgio Guidoboni del CER sono senior members.

- ASAE S398.1 JAN01. Procedure for sprinkler testing and performance
- ANSI/ASAE S436.1 MAR01- Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot and lateral move irrigation machines, equipped with spray and nozzles.
- ANSI/ASAE S330.1 JUN00 – Procedure for sprinkler distribution testing for research purposes.

Relativamente alle procedure di controllo il CER ha una consolidata esperienza, anche alla luce dei numerosissimi test condotti nell'ambito del progetto Innovazione tecnologica irrigua.

Sotto il profilo idraulico e meccanico la qualità progettuale relativa all'implementazione dei rotoloni con fertirrigatori di alta precisione ed affidabilità è stata inoltre garantita dalla partecipazione al progetto del P.i. Roberto Colli della OCMIS (maggior produttore mondiale di rotoloni) e del prof. Giuseppe Taglioli dell'Istituto di Genio Rurale dell'Università di Bologna, che hanno una esperienza ultradecennale nella costruzione e studio di macchine irrigatrici semoventi.

Particolare attenzione è stata posta all'effettuazione dei test e dei collaudi dei dispositivi sperimentali, nonché nella regolarità e precisione delle analisi di laboratorio della soluzione circolante e del terreno.

Gli operai agricoli dipendenti del CER, addetti alle operazioni manuali di collaudo, sono altamente specializzati per le particolari procedure sperimentali (con 15 anni di esperienza di prove idrauliche di laboratorio e di campo) ed hanno seguito corsi sulla sicurezza negli ambienti di lavoro.