



CONSORZIO DI BONIFICA DI SECONDO GRADO
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLO

Progetto ROTO-FERT



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

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

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

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

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

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

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

Possibili vantaggi

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

- La contaminazione delle falde è ridotta per la riduzione dei fertilizzanti impiegati e per la vicinanza temporale tra distribuzione frazionata ed assorbimento.

Possibili inconvenienti

- L'omogeneità di distribuzione del fertilizzante è condizionata dalla qualità dell'impianto irriguo.
- Sono necessarie attrezzature iniettrici aggiuntive sull'impianto irriguo.
- Non è possibile la localizzazione dei fertilizzanti.
- La soluzione fertirrigua bagna direttamente l'apparato fogliare ed occorre evitare concentrazioni capaci di ustionare le foglie.
- Le attrezzature sono traslanti: è quindi impossibile procedere 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 2007, presso l'azienda Sperimentale Marsili del CER, a Mezzolara di Budrio, scegliendo una coltura orticola ad alto reddito quale la patata, irrigata con rotolone dotato di barra nebulizzatrice e una coltura erbacea a pieno campo, il mais, irrigato 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.

La scelta di introdurre nel confronto colture erbacee estensive (mais) è legata al fatto che queste colture sono solitamente irrigate a pioggia, e che ricoprono grandi percentuali delle superfici coltivate regionali: su queste colture sarà particolarmente interessante 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), comunque ancora in gran parte irrigate a pioggia, si vuole invece valutare, oltre ai benefici ambientali, se è possibile ottenere quegli incrementi di resa e qualità che si sono riscontrati con la fertirrigazione applicata con gli impianti microirrigui.

Dal confronto tra irrigatore e barra nebulizzatrice, sarà inoltre possibile verificare l'uniformità di distribuzione di acqua ed elementi minerali in funzione del sistema a pioggia adottato.

Il confronto è stato effettuato su due appezzamenti distinti di circa 4500 m² per ciascuna coltura, il primo coltivato a patata, con la cv. Primura, che è stata seminata ad una distanza di 75x27 cm, impiegando del "tondello" di 28-35 cm, in data 16/3/2007, ed un secondo coltivato a mais, con un ibrido di classe FAO 400, il DKC 5353 (118 gg), seminato il 19/3/2007 a 70x 19.4 cm.

Ogni appezzamento è stato suddiviso in tre parti: nella prima, di circa 500 mq, non è stata effettuata alcuna concimazione, nella seconda, di circa 2000 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 2000 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 patata, solo azoto per il mais.

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 patata e mais nel corso della stagione 2007.

DATA	PATATA - OPERAZIONI COLTURALI 2007
12/09/06	Aratura a 50 cm
19/01/07	Lavorazione terreno con vibrocoltivatore
23/01	Creazione dei solchetti/ponticelli mediante assolcatori a m 0.75
14/03	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
16/03	Semina cm 75 x 27 cm di tondello 28/35 mm contestualmente alla prima rincalzatura dei tuberi seme
17/03	Diserbo con: Roundup a 2.5 l/ha e Sencor a 1.0 l/ha
10/04	Delimitate le tesi irrigue
12/04	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con 145.6 kg/ha di 18-46-0: pari a 26.2 kg/ha di N e 67 Kg/ha di P2O5
12/04	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con 173.9 kg/ha di 13-0-46: pari a 22.6 kg/ha di N e 80 kg/ha di K2O
13-14/04	Seconda rincalzatura
18/04	Montato linea irrigua, pompa Startec e posizionato semovente
02/05	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con 345 kg/ha di 27-0-0: pari a 93.2 kg/ha di N
21/06	Smontato impianti irrigui
27/06	Trituratore trainato dal trattore su infestanti
28/06	Raccolta sperimentale e lavorazione campioni
20/07	Raccolta meccanica
14/09	Aratura a 50 cm
DATA	CALENDARIO DEI TRATTAMENTI
16/03	Trattamento antiparassitario (Elateridi) con Regent a 10 kg/ha
07/05	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) e antiparassitario (Afdi) con Curzate a 3.0 l/ha + Confidor a 1.0 Kg/ha
31/05	Trattamento anticrittogamico (Peronospora) e antiparassitario (Afdi) con Curzate a 3.0 l/ha + Confidor a 1.0 Kg/ha

tabella 1: operazioni colturali della patata nel 2007

DATA	MAIS - OPERAZIONI COLTURALI 2007
12/09/06	Aratura a 50 cm
21/02/07	Lavorazione terreno con estirpatore
06/03	Lavorazione terreno con vibrocoltivatore
14/03	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
14-15/03	Lavorazione terreno con Fresa rotante per preparazione letto di semina
19/03	Semina meccanica a cm 70 x cm 19.4
10/04	Diserbo con Cadou Star plus: una confezione/ha
24/04	Concimazione Tesi TRADIZIONALE con Urea al 46% a 2.0 q/ha: 92 Kg/ha di N
07/05	Concimazione localizzata Tesi TRADIZIONALE mediante sarchiatura con Urea al 46% a 2.30 q/ha: 106 Kg/ha di N
07/05	Sarchiatura
08/05	Delimitate le tesi irrigue mediante fresatura di corridoi
22/05	Montato linea irrigua, pompa Startec e posizionato semovente
08/08	Smontato impianti irrigui
21/08	Raccolta sperimentale e lavorazione campioni
22/08	Trebbiatura
23-24/08	Trituratore trainato dal trattore sugli stocchi
14/09	Aratura a 50 cm

tabella 2: operazioni colturali del mais nel 2007

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:

PATATA

47.5% sabbia, 40% limo, 12.5% argilla, a cui corrisponde:

- capacità idrica di campo: 17.7% del peso secco
- punto di appassimento: 7.6% del peso secco
- acqua disponibile: 9.9% del peso secco
- peso specifico apparente (*da pedofunzione*): 1.37 (kg/dm³).

E' stato considerato uno strato di terreno utile esplorato dalle radici di 45 cm, a cui corrisponde una CIC di 108.5 mm, un punto di appassimento pari a 47.5 mm e una riserva di acqua disponibile alla capacità di campo di 61 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.

MAIS

32% sabbia, 50% limo, 18% argilla, a cui corrisponde:

- capacità idrica di campo: 24% del peso secco
- punto di appassimento: 11% del peso secco
- acqua disponibile: 13% del peso secco
- peso specifico apparente (*da pedofunzione*): 1.30 (kg/dm³).

E' stato considerato uno strato di terreno utile esplorato dalle radici di 50 cm, a cui corrisponde una CIC di 156 mm, un punto di appassimento pari a 71.5 mm e una riserva di acqua disponibile alla capacità di campo di 84.5 mm.

Le irrigazioni sono state programmate in modo da mantenere l'umidità del terreno compresa indicativamente tra il 40% e l'75% dell'acqua disponibile, con un volume di adacquata corrispondente di 30 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 patata	Fenofase
0.4	semina – emergenza
0.6	fino ai tuberi di diametro di 2 cm
0.8	fino alla chiusura tra le fila
1.1	fino al decadimento fogliare
Kc mais	Fenofase
0.4	dall'emissione delle foglie basali
0.6	dalla 6° foglia
0.8	dalla levata
1.2	dall'emissione del pennacchio
1.0	dalla senescenza delle setole
0.8	dalla maturazione lattea

tab. 3 : coefficienti colturali di patata e mais

Andamento meteorologico e irrigazioni

In figura 1 sono riportate le piogge e l'evaporato giornaliero di classe A, distinti per mese. L'andamento meteorologico 2007 e le irrigazioni sperimentali per le due

colture sono riportati nelle tabelle 4 e 5, relativi al periodo dal 18 aprile al 28 giugno per la patata, e dal 10 maggio al 21 agosto per il mais.

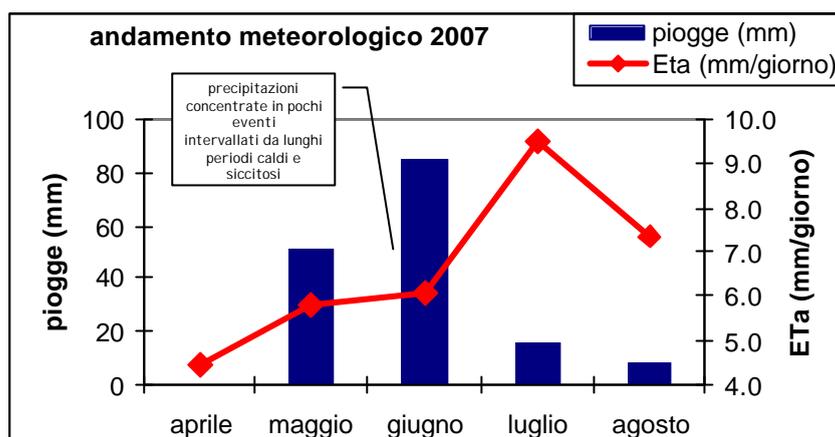


fig. 1: andamento meteorologico 2007 – piogge mensili ed evapotraspirazione media giornaliera stimata mediante evaporimetro di classe A

La stagione è stata particolarmente secca, con precipitazioni concentrate in pochi eventi piovosi di notevole entità e circoscritti in poche giornate, alternate a periodi prolungati con elevate temperature associate ad una forte domanda evapotraspirativa, che hanno determinato un sostanziale anticipo delle fenofasi, con un conseguente accorciamento generale del ciclo delle due colture.

	aprile	maggio	giugno	totale
piogge (mm)	0.0	50.6	85.1	135.7
Eta (mm/giorno)	4.47	5.79	6.49	5.6
Etm (mm/mese)	25.7	136.3	126.8	288.8
deficit (mm)	25.7	85.7	41.7	153.1
Irrigazione pioggia	30	80	25	135.0

tab. 4: andamento meteorologico durante il ciclo colturale della patata, dal 18/4 al 28/6, e volumi di irrigazione distinti per mese

	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	28.0	85.1	15.9	7.9	136.9
Eta (mm/giorno)	6.28	6.06	9.49	7.35	7.3
Etm (mm/mese)	69.9	148.0	107.4	-	325.3
deficit (mm)	41.9	62.9	91.5	-	196.3
Irrigazione	30	90	90	-	210.0

tab. 5: andamento meteorologico durante il ciclo colturale del mais, dal 10/5 al 21/8, e volumi di irrigazione distinti per mese

Dall'applicazione del bilancio idrico sono risultati necessari rispettivamente 135 mm di irrigazione per la patata, ripartiti in 6 interventi con volumi variabili da 10 a 30 mm, e 210 mm per il mais, frazionati in 7 interventi di 30 mm: l'ultima irrigazione della patata è stata effettuata il 14/6, due settimane circa prima della raccolta, mentre per il mais la sospensione delle irrigazioni è avvenuta il 19/7, al raggiungimento della maturazione lattea.

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 500 q/ha per la patata, e di 120 q/ha per il mais, 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	PATATA	MAIS
Sabbia %	68	32
Limo %	17	50
Argilla %	15	18
pH	7.7	7.8
CaCO ₃ %	17.4	17.4
Sost. Organica %	1.2	1.2
N tot. (g/kg)	0.78	0.8
P ass. (ppm)	8	6
K (ppm)	152	152
resa attesa (t/ha)	50	12
Piogge (1/10-31/3)	278.9	278.9
Precessione	grano (pianta intera)	grano (pinta 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

PATATA

Il terreno è risultato nel complesso povero di azoto e di fosforo, che ha richiesto una dose di arricchimento, da aggiungere alla quota prevista di asportazione, mentre la dotazione di potassio è risultata elevata: nel complesso, in base al modello di calcolo previsto dai DPI della Regione Emilia Romagna, sono risultati necessari 197 kg/ha di azoto, 177 di fosforo (come P₂O₅) e 160 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 rincalzatura ed in copertura.

PATATA		concimazione tradizionale		
data	fase	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
14/03/2007	pre-semi	55	110	80
12/04/2007	rincalzatura	48.8	67	80
02/05/2007	copertura	93.2		
TOTALE		197	177	160

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

La distribuzione dei fertilizzanti per la tesi fertirrigata è stata effettuata in due interventi, in presemina e alla rincalzatura per quanto concerne il fosforo, analogamente alla tesi tradizionale. L'azoto è stato ripartito, per un ammontare pari al 40% del totale, in presemina e rincalzatura, mentre il restante 60% è stato frazionato in 6 interventi fertirrigui, in corrispondenza delle irrigazioni. Analogamente il potassio è stato interrato per metà in presemina, ed il rimanente 50% frazionato nei 6 interventi fertirrigui. Le dosi di azoto e potassio distribuite in fertirrigazione sono state differenziate nel corso degli interventi, in base alle curve di assorbimento della coltura di patata, riportate in figura 2.

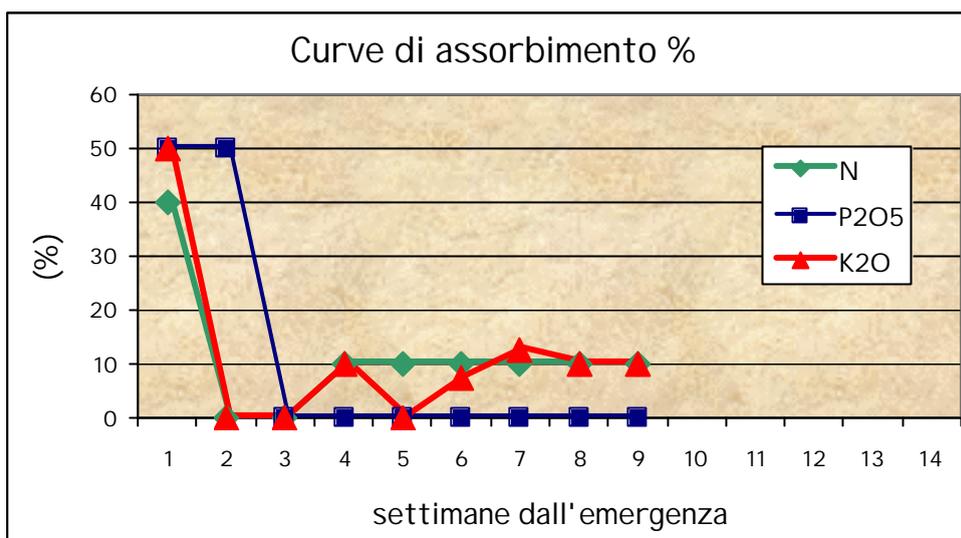


fig. 2: curve di assorbimento di azoto, fosforo e potassio, espresse in percentuale del fabbisogno totale di ciascun elemento, in funzione della lunghezza del ciclo culturale della patata

Le curve sono state leggermente adattate, 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. Ciononostante quest'anno, proprio in seguito alla stagione particolarmente calda che ha fatto anticipato la fase di senescenza della coltura, non è stato possibile effettuare il sesto ed ultimo intervento fertirriguo previsto, distribuendo così solo il 92% dell'intero ammontare di azoto programmato in fertirrigazione.

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	14/032007	55	110	80
rincalzatura	12/04/2007	26.2	67	
settimana	data	distribuito in fertirrigazione		
2	27/04/2007	16.5		8
3				
4	11/05/2007	16.8		8
5	21/05/2007	16.5		12
6	24/05/2007	16.5		20
7	14/06/2007	16.5		16
8	14/06/2007	16.5		16
9	non fatta	(16.5)		
TOTALE		180.5	177	160

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

In figura 3 sono riportate le distribuzioni di fertilizzanti nelle due tesi a confronto, in relazione al calendario delle fenofasi tipiche della coltura di patata, rilevate nella stagione 2007.

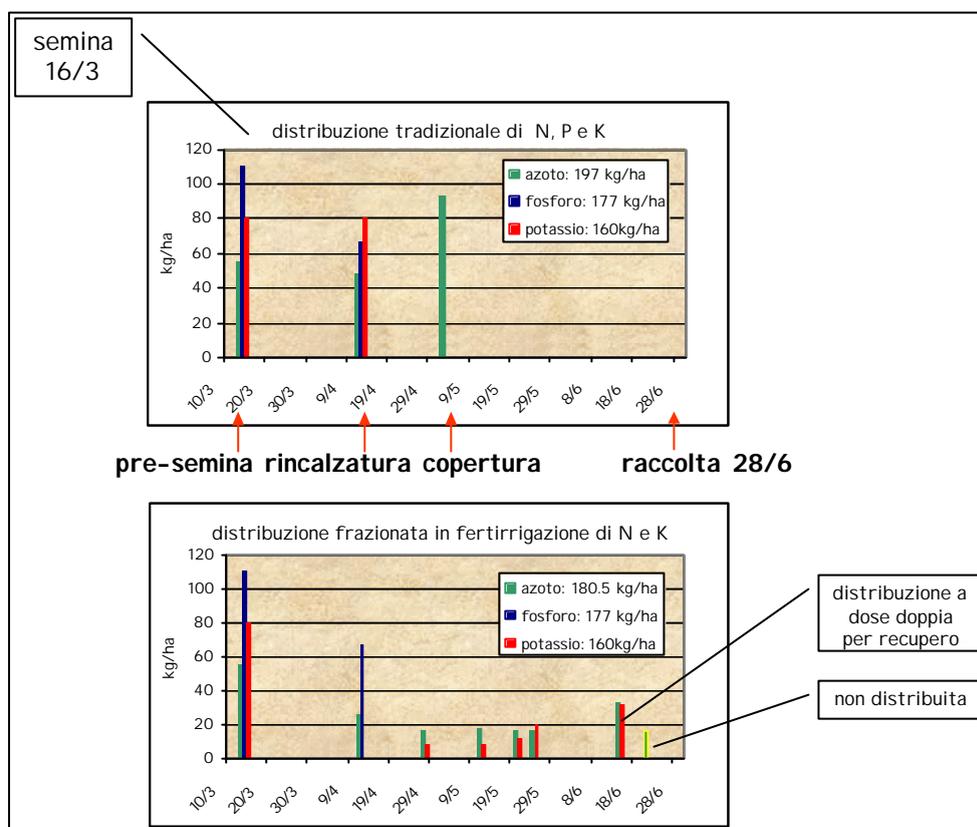


fig. 3: distribuzione delle concimazioni nelle due tesi di patata

Per quanto riguarda la scelta dei concimi, il fosforo è stato distribuito insieme all'azoto impiegando fosfato biammonico granulare (titolo 18-46-0) 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 sciolti in acqua calda, in una vasca di 150-200 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 40 mc/ora) la diluizione finale dei fertilizzanti a contatto con l'apparato fogliare della coltura non ha mai superato i 0.25-0.35 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.

MAIS

Anche l'appezzamento che ha ospitato la prova di mais, è risultato nel complesso povero di azoto e 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 253 kg/ha di azoto, 110 di fosforo (come P_2O_5) e 80 di potassio (come K_2O).

Nella tabella 9 sono riportati i calendari della concimazione tradizionale, con la distribuzione dei fertilizzanti in forma granulare in tre soluzioni, rispettivamente interrati in presemina, distribuiti a pieno campo dopo l'emergenza della coltura, e interrati in corrispondenza della sarchiatura, prima della levata.

MAIS		concimazione tradizionale		
data	fase	N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)
14/03/2007	pre-semina	55	110	80
24/04/2007	post-emergenza	92		
07/05/2007	sarchiatura	106		
TOTALE		253	110	80

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

Per la tesi fertirrigata, la distribuzione di fosforo e potassio è stata effettuata in un'unica soluzione con l'interramento dei concimi granulari in presemina, analogamente alla tesi tradizionale. L'azoto è stato invece ripartito, per un ammontare pari al 60% del totale, in presemina e in post-emergenza, mentre il restante 40% è stato frazionato negli interventi fertirrigui, in corrispondenza delle irrigazioni: le dosi di azoto distribuite in fertirrigazione sono state differenziate nel corso degli interventi, modulandole in base alla curva di assorbimento della coltura di coltura del mais, riportate in figura 4, in funzione delle settimane dall'emergenza.

In origine si era pensato di portare a termine 6-7 interventi fertirrigui, a partire dalla fase di inizio levata, ma l'abbondante precipitazione di inizio giugno ha di fatto annullato gli interventi irrigui previsti in levata, rendendo necessario, per recuperare, un aumento delle dosi azotate programmate nelle successive irrigazioni in fioritura; il prosieguo della stagione particolarmente calda ha poi di fatto determinato un anticipo della fase di maturazione della coltura, rendendo necessario un ulteriore accorpamento e conseguente riduzione del numero di interventi fertirrigui totali, che sono stati in tutto solo quattro.



fig. 4: curva di assorbimento dell'azoto per il mais, espressa in percentuale del fabbisogno totale dell'elemento, a partire dalla sarchiatura

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)
	fase	data	distribuzione granulare		
	pre-semina	14/03/2007	55	110	80
	post-emergenza	24/04/2007	92		
settimana dopo la sarchiatura	fase	data	distribuito in fertirrigazione		
3	inizio levata	28/05/2007			
6	fioritura maschile	18/06/2007	36		
7	emissione setole	22/06/2007	25		
8	setole secche	28/06/2007	25		
9	inizio lattea	03/07/2007	20		
TOTALE			253	110	80

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

In figura 5 sono riportate le distribuzioni di fertilizzanti nelle due tesi a confronto, in relazione al calendario delle fenofasi tipiche della coltura di mais, rilevate nella stagione 2007.

Per quanto riguarda la scelta dei fertilizzanti, sono stati impiegati gli stessi concimi granulari per entrambe le tesi (11-22-16 in pre-semina), con l'unica differenza che alla sarchiatura, alla tesi tradizionale, l'azoto è stato distribuito usando l'urea (46%), mentre per le fertirrigazioni si è impiegato il nitrato ammonico cristallino (titolo 34%), in virtù della maggiore solubilità e facilità d'impiego.

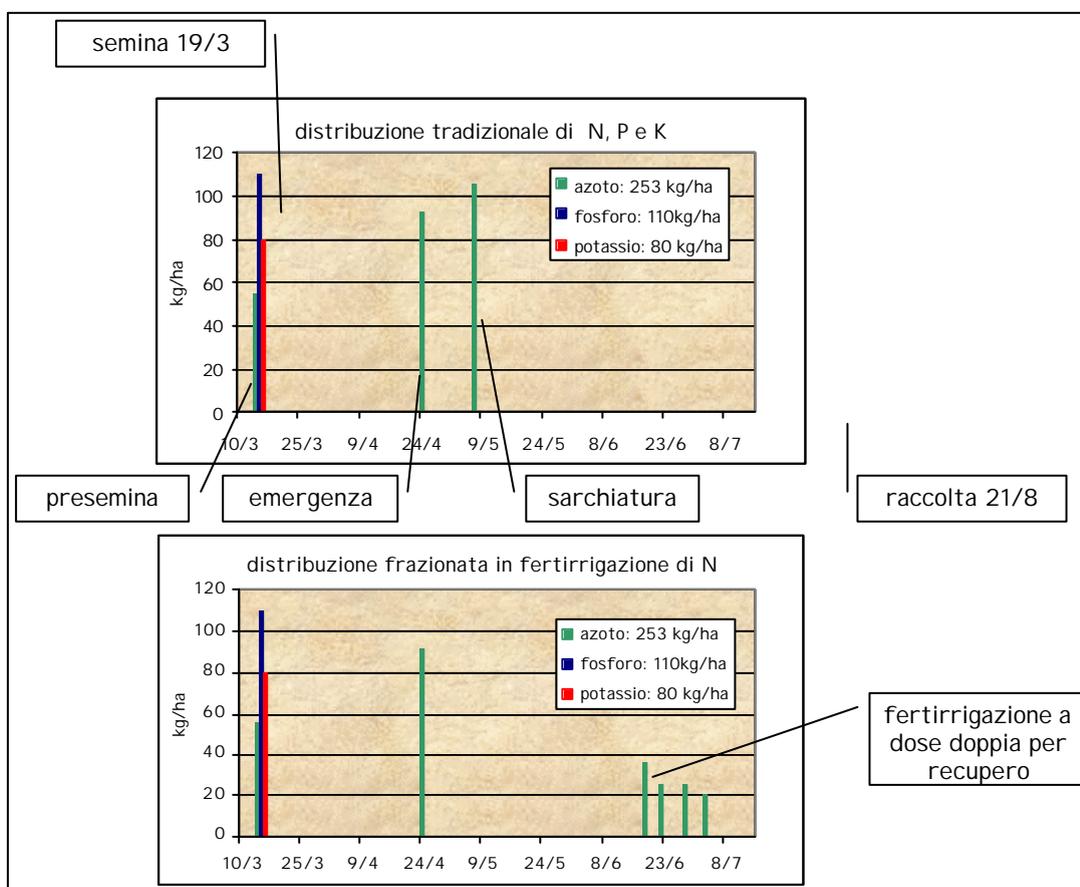


fig. 5: distribuzione delle concimazioni nelle due tesi di mais

Anche per il mais il concime granulare veniva preventivamente sciolto in acqua calda, in una vasca di 180-200 litri, in modo da non avere problemi di precipitati: grazie alla notevole portata dell'impianto irriguo semovente (indicativamente di 25 mc/ora) la diluizione finale dei fertilizzanti a contatto con l'apparato fogliare della coltura non ha mai superato i 0.25-0.35 g/l, comunque sempre abbondantemente sotto la soglia prudenziale del 3 per mille, per cui non si sono mai registrati problemi di fitotossicità da parte delle piante, anche nelle fasi iniziali del ciclo, più delicate.

Implementazione della macchina irrigatrice semovente

Con la collaborazione tecnica delle ditte costruttrici di semoventi, finanziatrici del progetto, 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 la patata è stato impiegato a tal fine un semovente di 90 mm di diametro del tubo, dotato di barra nebulizzatrice larga 36 m, con un ugello di 5 mm ogni metro: la portata media della barra era di 650-680 l/min, alla pressione di 4.5 atm.

Il volume di adacquata è stato fissato a 25 mm, in considerazione della tendenza ad incrostare del terreno in prova, con conseguente riduzione di permeabilità in caso di altezze di pioggia più elevate: la velocità di arretramento corrispondente, funzione della portata e della larghezza di bagnatura, è risultata di 43-45 m/ora, per distribuire 25 mm.

Per la distribuzione della soluzione madre di acqua e fertilizzante, è stata individuata la pompa iniettrice della ditta STARTEC, tarata per funzionare ad una portata costante di 150 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 50 m, coperta dalla barra in 1 ora e 10 minuti in base alla velocità di arretramento descritta in precedenza, veniva preparata una soluzione madre di acqua e concime di circa 175 litri, corrispondente all'esatta quantità che la pompa era in grado di iniettare nell'intervallo di tempo corrispondente alla durata dell'intervento fertirriguo.

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

Per il mais invece è stato impiegato un semovente di 75 mm di diametro del tubo, dotato di irrigatore a turbina con boccaglio di 16mm, in grado di fornire una portata di 420 l/min, alla pressione di 6.8 atm, con una gittata utile di 20m.

Il volume di adacquata è stato fissato a 30 mm, ottenibile con una velocità di arretramento, funzione della portata e della larghezza di bagnatura, di 21 m/ora,.

La pompa iniettrice STARTEC, è stata tarata in questo caso per funzionare ad una portata costante di 95 l/ora di soluzione nutritiva: poiché la lunghezza dell'appezzamento era di 40 m, coperta dall'irrigatore in 1 ora e 54 minuti in base alla velocità di arretramento descritta in precedenza, veniva preparata una soluzione madre di acqua e concime di circa 180 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, era 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.

La barra era stata già oggetto di indagine già nel 2006, in una serie di prove preliminari effettuate su pomodoro: in occasione di tre interventi irrigui, in data 4, 13 e 17 luglio, era stata posizionata una linea di pluviometri, disposti lungo la diagonale del campo, in modo da misurare i millimetri effettivamente distribuiti sulla coltura sia su scala spaziale, nei vari punti dell'appezzamento, che su scala temporale, in momenti diversi in successione all'interno dell'intervallo di avanzamento della barra.

Dai rilievi effettuati era emersa un'ottima efficienza ed uniformità di distribuzione dell'acqua (fig. 6), con una pluviometria media rilevata mediante il test esattamente di 25 mm a fronte di un volume di adacquata di 25 mm, corrispondente ad una efficienza di applicazione del 100% (perdite d'acqua nulle per evaporazione o deriva del vento nel corso dei tre interventi irrigui monitorati).

Anche in termini di uniformità di distribuzione, dal calcolo dell'indice di Christiansen, era risultata una uniformità media nei tre rilievi di 92.1%, 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.

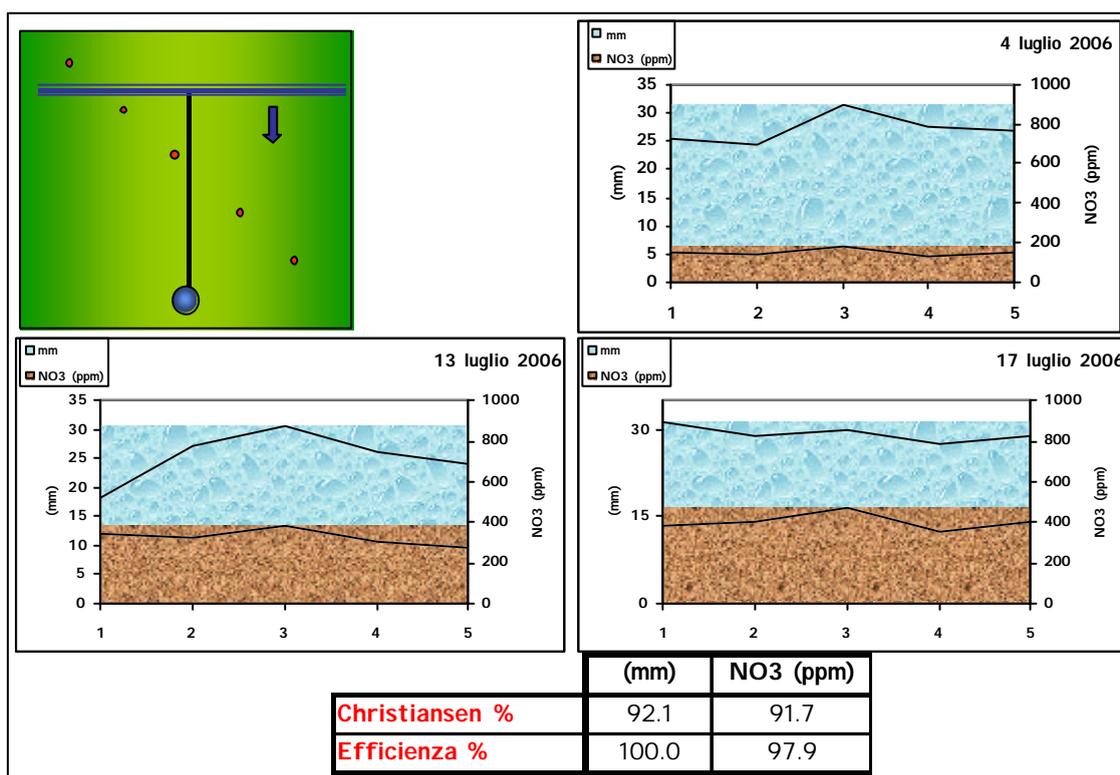


fig. 6: disposizione dei pluviometri durante i test effettuati nel 2006 sulla barra, valori delle intensità di precipitazione rilevate e relative concentrazioni di nitrati. La tabella riporta le percentuali di uniformità di Christiansen e l'efficienza di applicazione medie dei tre rilievi

Notevoli risultati si erano riscontrati anche in termini di efficienza ed uniformità di distribuzione dei fertilizzanti (sempre in fig. 6): dal confronto tra la concentrazione teorica di azoto distribuita per ogni intervento, nota sapendo il quantitativo di concime disciolto ogni volta e il volume di adacquata, e quelle rilevate dall'analisi dei campioni d'acqua captata dai diversi pluviometri, era risultato che, mediamente, la

concentrazione di azoto nitrico dell'acqua arrivata alle piante era corrispondente al 97.9% di quella teorica, a conferma dell'ottima efficienza di applicazione del sistema fertirriguo impiegato. Anche l'uniformità delle concentrazioni nelle diverse parti dell'appezzamento era risultata molto buona, con un valore di Christiansen del 91.7%.

Ulteriori prove sull'efficienza della barra sono previste nella seconda annualità del progetto, nel 2008.

Nel 2007 si è invece proceduto a testare le caratteristiche di distribuzione dell'irrigatore a turbina, in occasione dell'intervento irriguo del 22 giugno sul mais, posizionando una linea di 5 pluviometri, disposti parallelamente al tubo nel corridoio centrale, ricavato per non avere l'interferenza della coltura sulla misura delle pluviometrie: in questo modo è stato possibile misurare i millimetri effettivamente distribuiti nei vari punti dell'appezzamento, e in momenti diversi all'interno dell'intervallo di avanzamento dell'irrigatore.

Anche questo sistema irriguo ha dimostrato un'ottima efficienza di applicazione (100%) nella distribuzione dell'acqua (fig. 7), con una pluviometria media rilevata con il test esattamente di 30 mm a fronte di un volume di adacquata di 30 mm, con perdite d'acqua nulle per evaporazione o deriva del vento nel corso dell'intervento irriguo monitorato.

In termini di uniformità di distribuzione, dal calcolo dell'indice di Christiansen, è risultata una uniformità del 91%, comunque molto buona, specie considerando che gli ultimi due pluviometri erano posizionati nella zona prossima alla fine corsa dell'irrigatore. Questi risultati confermano la buona precisione di queste attrezzature irrigue, come era già emerso in analoghi test effettuati in precedenti prove.

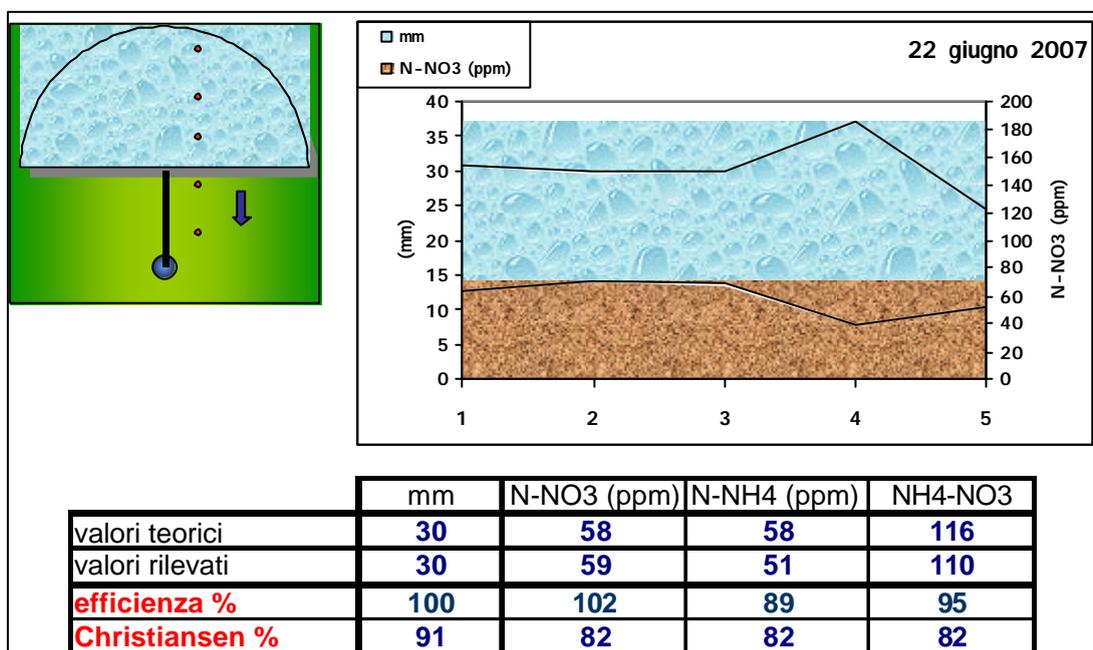


fig. 7: disposizione dei pluviometri durante il test effettuato nel 2007 sull'irrigatore, valori delle intensità di precipitazione rilevate e relative concentrazioni di azoto. La tabella riporta le percentuali di uniformità di Christiansen e l'efficienza di applicazione

Anche in termini di efficienza ed uniformità di distribuzione dei fertilizzanti (sempre in fig. 7) si osserva una buona corrispondenza tra la concentrazione teorica di azoto distribuito, e il dato rilevato dall'analisi dei campioni d'acqua captata dai diversi pluviometri: il 95% del nitrato ammonico distribuito è stato ritrovato nell'acqua pervenuta alle piante, mostrando pertanto una notevole efficienza di applicazione.

Si osserva inoltre che 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 condizionata dalla posizione degli ultimi due pluviometri, prossimi alla fine corsa dell'irrigatore, con un valore di Christiansen del 82%, non troppo elevato.

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 nella soluzione circolante

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 nella soluzione circolante, di pronta disponibilità per le piante: l'appezzamento della patata è risultato abbastanza povero nell'orizzonte superficiale, con un contenuto di azoto nitrico pari a 8.8 mg per kg di terreno secco (8.8 ppm) nello strato 0-30 cm, mentre è risultato maggiormente dotato nello strato più profondo, tra 40 e 70 cm, con 22.1 ppm; l'azoto ammoniacale è risultato invece scarso ad entrambe le profondità, rispettivamente 0.489 ppm tra 0 e 30 cm, e 0.481 ppm tra 40 e 70 cm.

L'appezzamento del mais ha presentato lo stesso tenore di azoto nitrico della patata, 8.8 mg per kg di terreno secco (8.8 ppm) tra 0 e 30 cm, per salire a 12.4 ppm nello strato più profondo, tra 40 e 70 cm; l'azoto ammoniacale è risultato analogo alla patata ad entrambe le profondità, rispettivamente 0.367 ppm tra 0 e 30 cm, e 0.488 ppm tra 40 e 70 cm.

Per una valutazione dell'eventuale riduzione del dilavamento dei nitrati indotto da una più puntuale distribuzione dei fertilizzanti azotati mediante fertirrigazione, 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 della soluzione circolante 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 7 campionamenti per la patata e 9 per il mais, in funzione del numero di interventi irrigui legati all'andamento climatico: i rilievi sono stati effettuati il giorno prima delle irrigazioni.

PATATA

Nella fig. 8 sono riportate le fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, per la patata, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate: nello strato più superficiale è evidente l'incremento di concentrazione di azoto corrispondente alle concimazioni granulari, più marcato nella tesi a concimazione tradizionale. Il tenore di nitrati cala tuttavia più rapidamente, in seguito ai dilavamenti conseguenti ai diversi interventi irrigui e all'assorbimento da parte della coltura, mentre nella tesi fertirrigata, grazie agli apporti frazionati, la dotazione di azoto prontamente disponibile viene consumata

più gradualmente, anche se è possibile notare la flessione legata al mancato intervento programmato ai primi di giugno, che non è stato fatto in seguito alle precipitazioni.

Il testimone non concimato presenta invece un progressivo calo di azoto nitrico conseguente all'asportazione da parte della coltura, che va ad intaccare anche la dotazione iniziale del terreno.

In entrambe le tesi concimate invece, a fine stagione, la dotazione di azoto residuo è tornata su valori simili a quella di inizio ciclo, a dimostrazione della corretta valutazione delle asportazioni della patata durante il ciclo colturale.

Nell'orizzonte più profondo, al di sotto dello strato colonizzato dalla maggior parte delle radici, si assiste ad un progressivo calo del tenore di azoto prontamente disponibile. Le fluttuazioni più marcate si sono verificate nella tesi a concimazione tradizionale: il picco finale potrebbe essere legato ad una percolazione dagli strati superiori, legato alle ultime irrigazioni e alle precipitazioni di metà giugno, che hanno rimesso in circolazione una frazione residua di azoto nitrico.

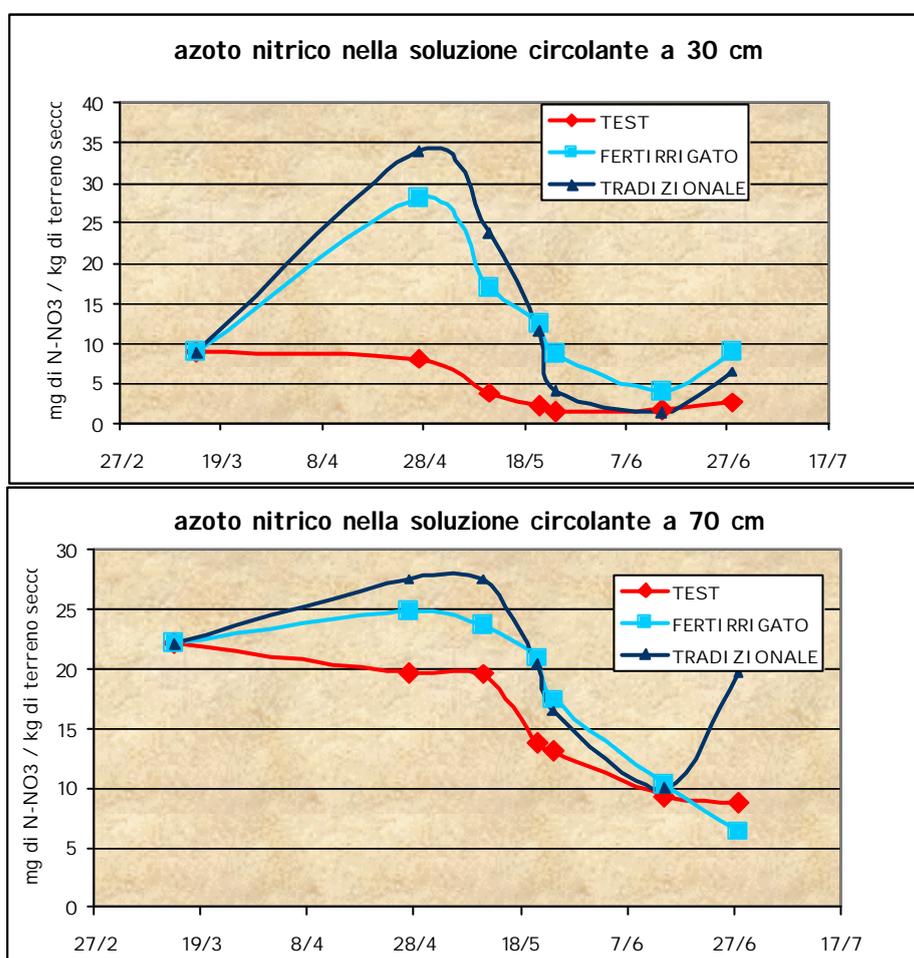


fig. 8: prova su patata - fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Il contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, rappresentato in figura 9, si è invece mantenuto più stabile nel corso della stagione, in entrambi gli orizzonti: solo nello strato più superficiale si osservano leggere fluttuazioni in corrispondenza delle concimazioni azotate della tesi tradizionale.

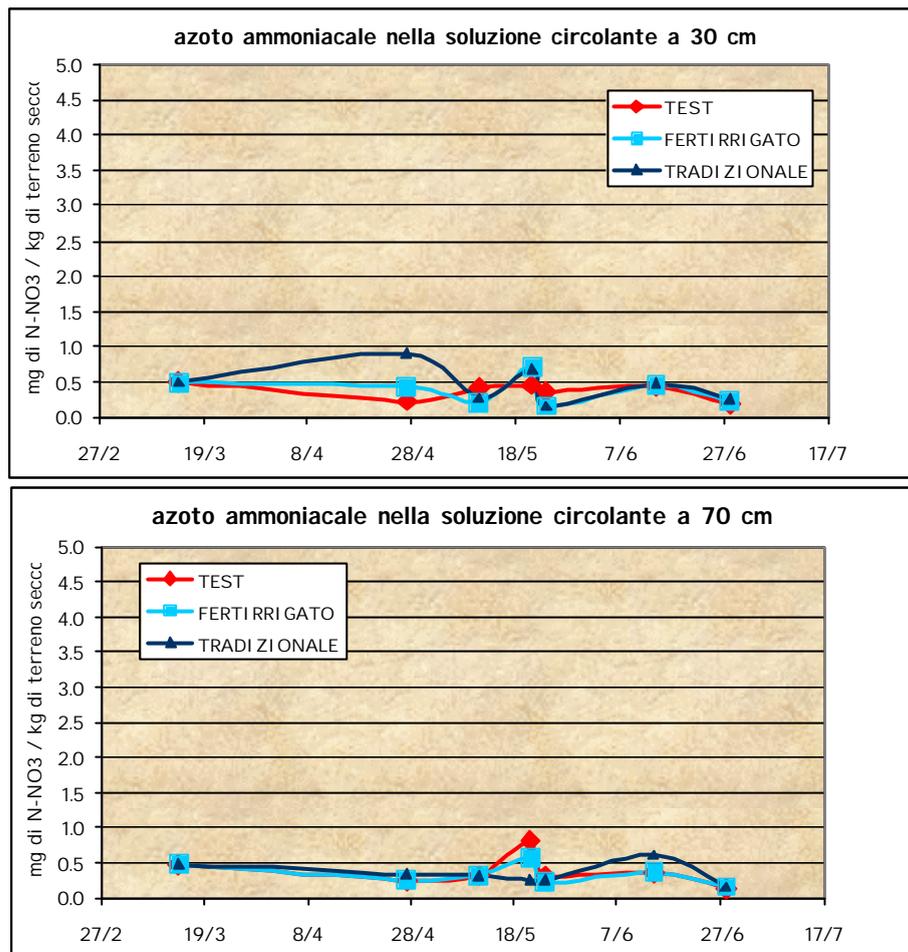


fig. 9: prova su patata - fluttuazioni del contenuto di azoto ammoniacale nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

MAIS

Nella fig. 10 sono riportate le fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, per il mais, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate: anche in questo caso è evidente l'incremento di concentrazione di azoto nello strato più superficiale, in corrispondenza delle concimazioni granulari. Tale incremento è più marcato nella tesi a concimazione tradizionale, così come è evidente il rapido calo conseguente ai dilavamenti legati ai diversi interventi irrigui e all'assorbimento da parte della coltura, nella fase di levata.

Anche la tesi fertirrigata presenta un rapido calo successivo alle asportazioni della coltura in levata, in quanto non è stato possibile effettuare gli interventi programmati ai primi di giugno, in seguito alle precipitazioni; successivamente però, grazie agli apporti frazionati, si è riusciti a garantire una maggior dotazione di azoto prontamente disponibile nel terreno per tutta la fase di fioritura, fino alla maturazione latte a metà luglio.

Il testimone non concimato presenta invece un progressivo calo di azoto nitrico conseguente all'asportazione da parte della coltura, con un dimezzamento della dotazione iniziale del terreno.

In entrambe le tesi concimate invece, a fine stagione, la dotazione di azoto residuo è tornata su valori simili a quella di inizio ciclo, a dimostrazione della corretta valutazione delle asportazioni del mais durante il ciclo colturale.

Nell'orizzonte più profondo, al di sotto dello strato colonizzato dalla maggior parte delle radici, le fluttuazioni legate agli apporti di fertilizzanti sono state molto più contenute; le tesi concimate presentano alla fine un tenore di azoto nitrico analogo all'inizio stagione, mentre nel test non concimato, in assenza di apporti di fertilizzanti, si osserva un depauperamento progressivo della dotazione iniziale, anche in profondità.

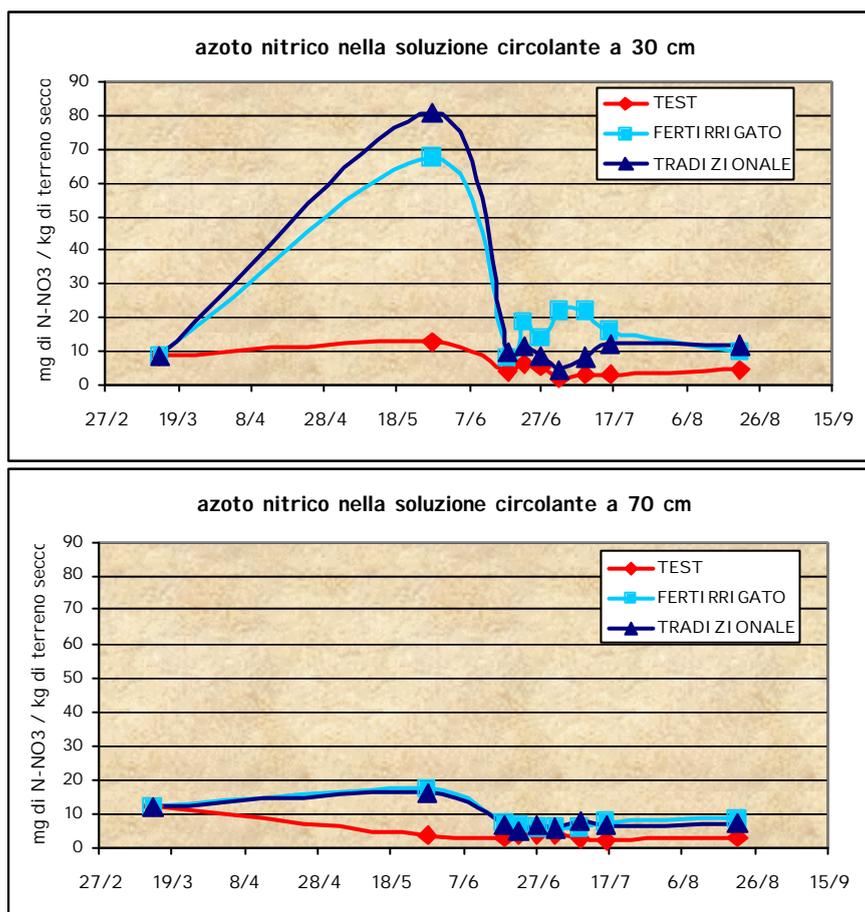


fig. 10: prova su mais - fluttuazioni del contenuto di azoto nitrico nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Il contenuto di azoto ammoniacale nel terreno, rappresentato in figura 11, è invece molto più stabile nel corso della stagione, ad esclusione dell'accumulo conseguente alle concimazioni granulari, evidente solo nella tesi tradizionale, e perlopiù confinato al solo strato più superficiale

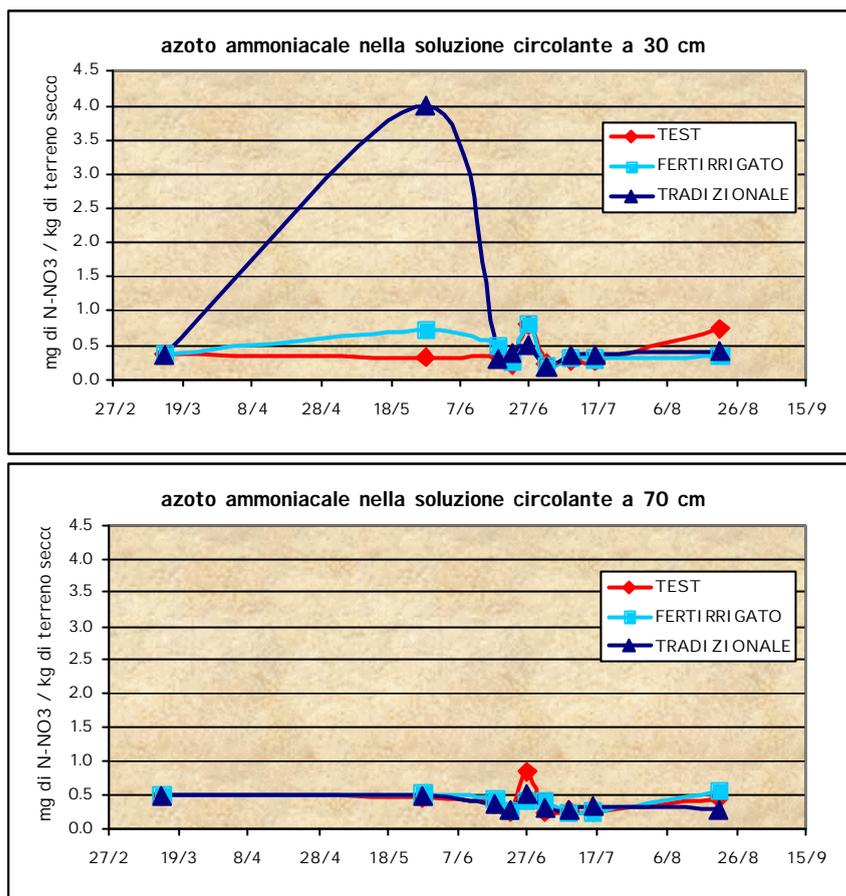


fig. 11: prova su mais - fluttuazioni del contenuto di azoto ammoniacale nella soluzione circolante, in funzione degli apporti idrici e delle concimazioni azotate nelle tre tesi a confronto, alle due profondità considerate

Valutazione dell'accumulo di azoto nelle piante

PATATA

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

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

- all'emergenza dopo l'ultima rincalzatura, in data 27/4/07,
- alla chiusura sulla fila, con le piante in fioritura e i tuberi di 2 cm di diametro, in data 14/5/07,
- alla chiusura tra le fila, in corrispondenza del massimo sviluppo vegetativo, con tuberi di 2 cm di diametro, in data 28/5/07,
- all'inizio del decadimento fogliare, con tuberi di 4-6 cm di diametro, in data 11/6/07,
- in prossimità della raccolta, in data 25/6/07.

In figura 12 sono riportate le curve rilevate di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e tuberi, per le due tesi a confronto: è evidente il maggior e più graduale accumulo di sostanza secca, sia di biomassa, che di tuberi, nella tesi fertirrigata, rispetto alla concimazione tradizionale, che ha ricevuto l'intero apporto di fertilizzanti solo fino ad aprile, e assorbito tutto l'azoto disponibile nel

terreno già dalla fine di maggio, in accordo con quanto osservato in precedenza dalle analisi della soluzione circolante.

L'accumulo di sostanza secca nei tuberi delle piante fertirrigate è stato invece costante fino alla raccolta, avendo potuto fruire fino alla metà di giugno degli ultimi apporti di fertilizzante,.

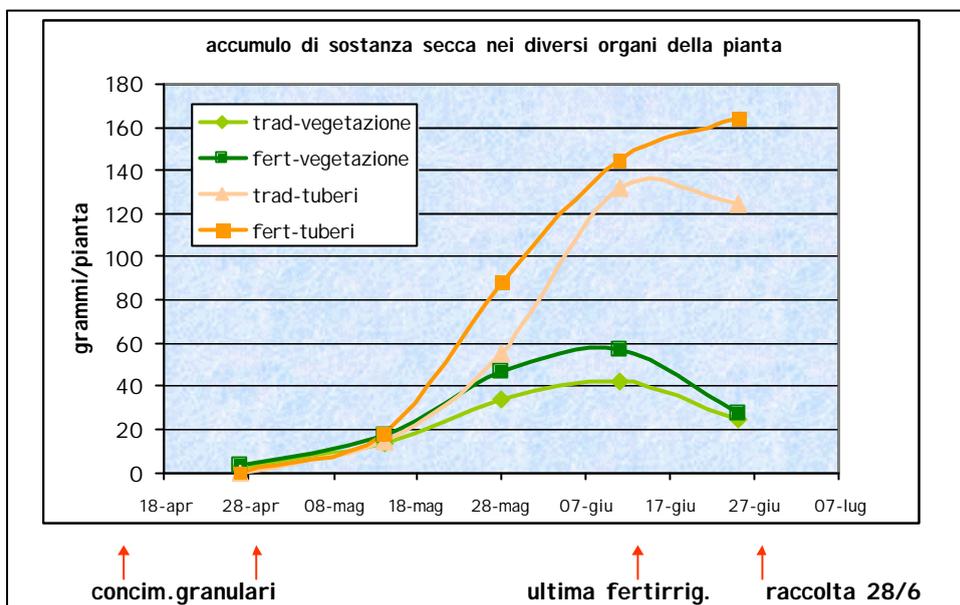


fig. 12: patata - curve di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e tuberi, per le due tesi a confronto

Sul materiale vegetale essiccato è stato poi determinato il contenuto di azoto totale, per valutare l'accumulo dell'elemento nelle piante, separatamente nella biomassa vegetale e nei tuberi: 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 vede chiaramente che la tesi a concimazione tradizionale ha esaurito il proprio accumulo di azoto, in particolare nei tuberi, in anticipo rispetto alla tesi fertirrigata, avendo praticamente già assorbito tutto l'azoto disponibile nel terreno, già dai primi giorni di giugno, in accordo con le analisi della soluzione circolante. Si è registrato anche un precoce decadimento di biomassa, in particolare dell'apparato fogliare, con una conseguente cessione di azoto organico al sistema. L'assorbimento dell'azoto nelle piante fertirrigate è stato viceversa più graduale nel corso della stagione, grazie agli apporti frazionati fino alla prima decade di giugno.

Se consideriamo che l'investimento della patata era di circa 50.000 piante per ettaro, (seminate a 75 x 27 cm), le asportazioni di azoto rilevate prima del decadimento fogliare (2.9-3.4 g/pianta rispettivamente per la tesi tradizionale e quella fertirrigata) corrispondono ad un quantitativo di azoto di 145 e 170 kg/ha, tra biomassa e tuberi: considerando che sono stati apportati 197 e 180.5 unità rispettivamente alla tesi tradizionale e a quella fertirrigata, si può stimare un'efficienza di distribuzione variabile dal 74 al 94% passando dalla concimazione tradizionale alla fertirrigazione. Dal punto di vista ambientale è interessante rilevare l'incremento di efficienza di distribuzione, e la conseguente riduzione del pericolo di dilavamenti di nitrati nelle falde, che è stato ottenuto grazie alla distribuzione frazionata dei fertilizzanti mediante fertirrigazione.

La valutazione del fabbisogno teorico della coltura è risultata comunque abbastanza centrata con entrambe le tesi: con l'adozione di un corretto bilancio idrico e

nutrizionale è possibile ridurre in buona misura l'impatto ambientale dell'attività agricola, anche se si impiegano le tecniche tradizionali.

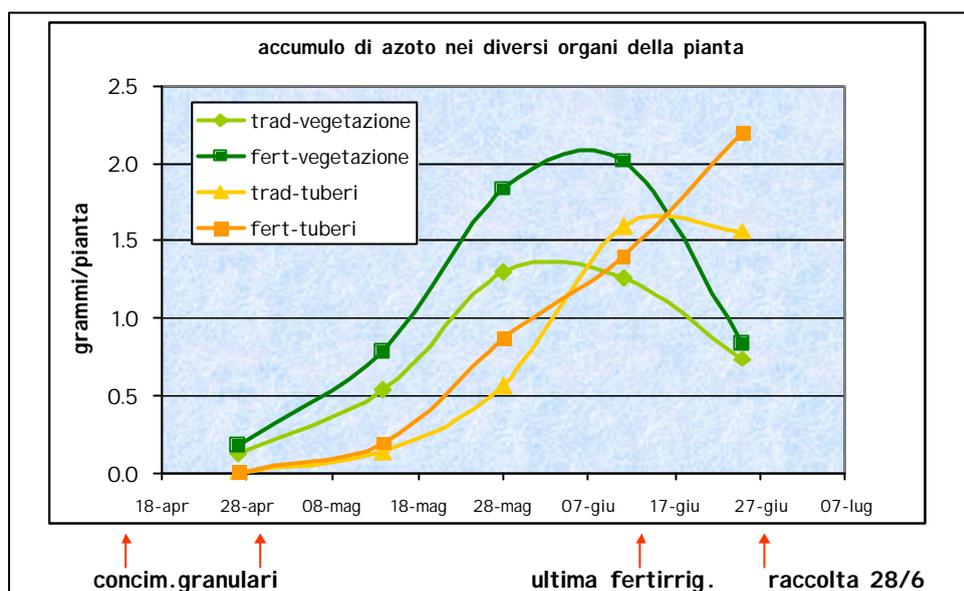


fig. 13: patata - curve di assorbimento dell'azoto per pianta, ripartita in biomassa vegetale e tuber, per le due tesi a confronto

MAIS

Anche nel mais 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 di bordo per ciascuna tesi, essicandole in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesandole, distinguendo le spighe e la granella da fusti e foglie.

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

- alla sesta foglia vera, in data 14/05/07,
- alla levata, con emissione delle prime infiorescenze maschili, in data 11/6/07,
- alla maturazione latte, in data 09/07/07,
- alla maturazione cerosa, in data 24/07/07,
- alla raccolta, effettuata in data 21/08/07.

In figura 14 sono riportate le curve rilevate di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e spighe/granella, per le due tesi a confronto: si vede con chiarezza il ritardo di accumulo di sostanza secca nella tesi fertirrigata, in seguito alle mancate fertirrigazioni in fase di levata, dovute alle precipitazioni di inizio giugno. Le piante poi, grazie ai successivi apporti di fertilizzante prolungati fino alla prima decade di luglio, hanno recuperato e superato la tesi a concimazione tradizionale che invece ha esaurito l'azoto disponibile nel terreno a partire dalla seconda metà di giugno, in accordo con quanto osservato in precedenza dalle analisi della soluzione circolante.

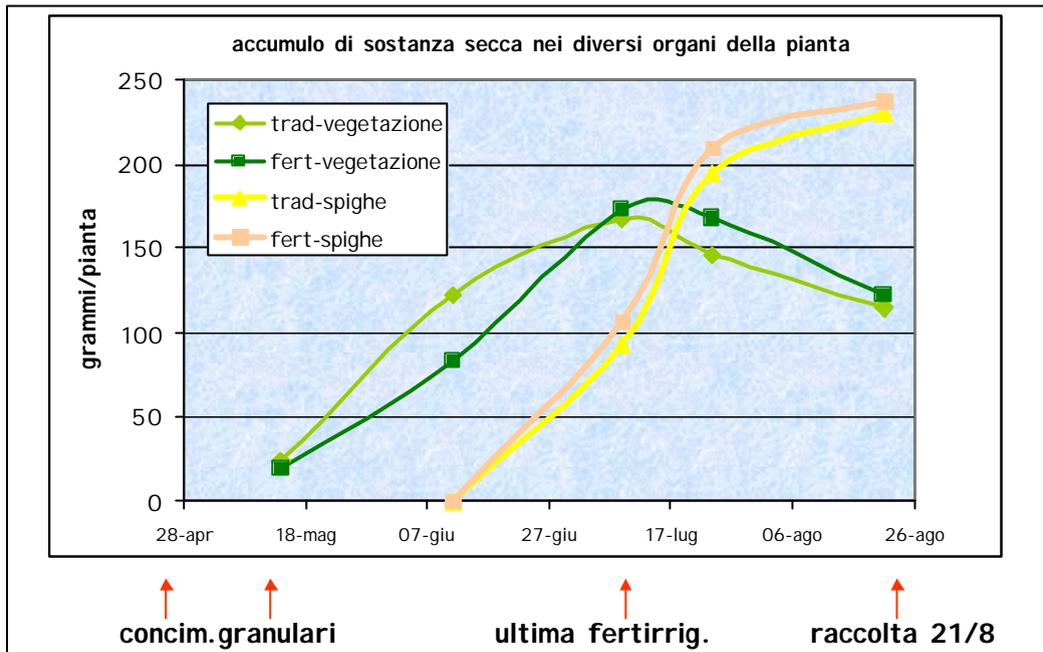


fig. 14: mais - curve di accumulo di sostanza secca per pianta, ripartita in biomassa vegetale e spighe/granella, per le due tesi a confronto

Anche nel mais, sul materiale vegetale essiccato è stato poi determinato il contenuto di azoto totale, per valutare l'accumulo di azoto nelle piante, distinto in biomassa e granella: 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 la tesi fertirrigata inizialmente in ritardo, per i mancati apporti in levata, per poi riallinearsi alla tesi tradizionale dai primi di luglio alla raccolta.

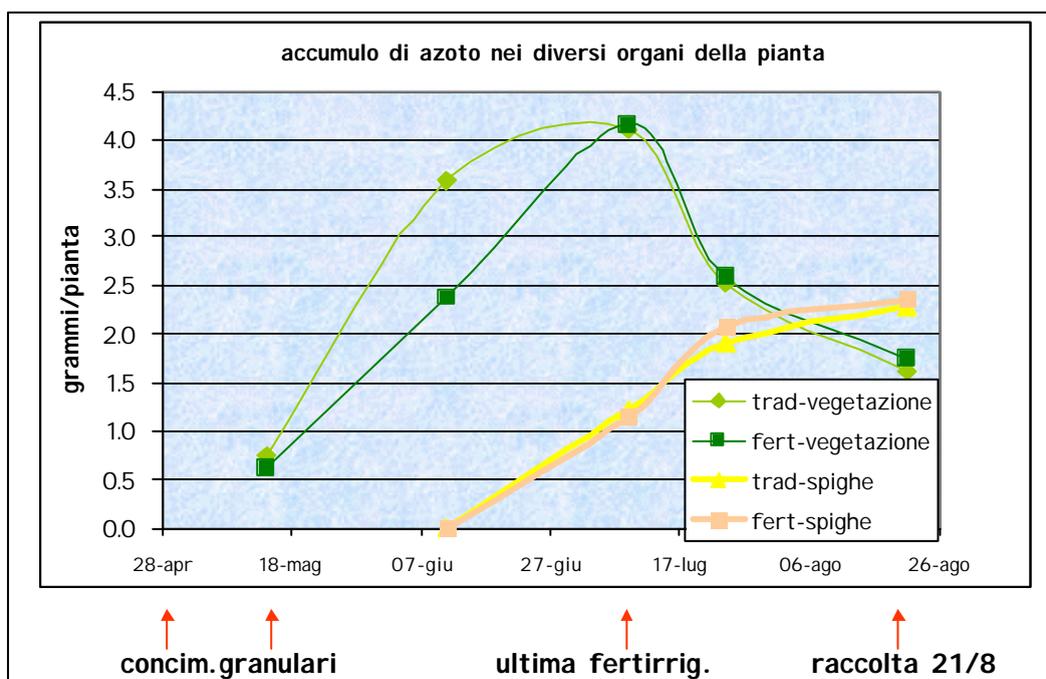


fig. 15: mais - curve di assorbimento dell'azoto per pianta, ripartita in biomassa vegetale e spighe/granella, per le due tesi a confronto

Se consideriamo che l'investimento reale del mais, al netto delle fallanze, è stato di 6.5 piante/mq, pari a circa 65.000 piante per ettaro, le asportazioni finali di azoto (rispettivamente di 3.9 e 4.1 g/pianta per la tesi tradizionale e per quella fertirrigata) corrispondono, tra biomassa e granella, a 255 kg/ha di azoto per la tesi tradizionale e a 266 kg/ha per quella fertirrigata: considerando che sono stati apportati poco più di 250 unità, la coltura ha di fatto consumato interamente il concime distribuito, indipendentemente dalle tesi, più una quota esigua di riserve già presenti nel terreno, con una elevatissima efficienza di applicazione. Questi valori dimostrano la correttezza della valutazione del fabbisogno teorico della coltura.

Ne consegue che, per entrambe le tesi, non si sono registrati dilavamenti di nitrati nelle falde, assai pericolosi dal punto di vista ambientale. Mentre per la tesi fertirrigata questo risultato era atteso, grazie alla distribuzione frazionata dei fertilizzanti, sorprende che anche con la tecnica tradizionale non si siano registrate perdite di azoto: occorre tuttavia ricordare che la stagione è stata favorevole per la tecnica tradizionale, con una minima influenza delle piogge naturali. Questo dimostra che è possibile ridurre in buona misura l'impatto ambientale dell'attività agricola, anche impiegando le tecniche tradizionali, purché si adottino un corretto bilancio idrico e nutrizionale.

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

PATATA

Alla raccolta, in data 28 giugno, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- produzione areica di tuberi, con distinzione tra totale, commerciale e di scarto
- suddivisione percentuale per classi di calibro,
- sostanza secca dei tuberi,
- % di tuberi deformati e verdi.

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, numero e peso medio dei tuberi, la % di sostanza secca.

L'incremento di resa commerciale per le tesi concimate, rispetto al testimone, è stato dell'ordine di 100-130q/ha, pari al 30-40%, significativo a $p < 0.05$: tale incremento è dovuto sia ad un significativo aumento del numero dei tuberi ($p < 0.05$), che ad una maggior percentuale di prodotto commerciale, significativo a $p < 0.05$, ed in generale ad un aumento del calibro dei tuberi, con un significativo ($p < 0.05$) spostamento verso le classi di pezzatura superiore.

	resa totale (q/ha)	resa comm. (q/ha)	resa comm. (%)	<40 mm (%)	40-60 mm (%)	60-75 mm (%)	tuberi/mq	peso medio (g)	sost. secca (%)
medie									
<i>fertirrigazione</i>	494.76 A	458.44 a	92.61 a	7.39 b	66.03 b	26.58 a	59.70 a	83.32	18.93
<i>concimazione tradizionale</i>	461.93 AB	431.64 a	93.33 a	6.67 b	70.40 ab	22.93 a	57.76 a	80.25	18.68
<i>test irrigato-non concimato</i>	367.18 B	329.52 b	89.52 b	10.48 a	77.74 a	11.78 b	51.56 b	71.83	19.01
livello di significatività	$p < 0.01$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	n.s.	n.s.
<i>incremento fert su trad</i>	7.11	6.21	-0.78	10.85	-6.20	15.88	3.36	3.83	1.36
<i>incremento fert su test</i>	34.74	39.12	3.45	-29.49	-15.06	125.64	15.79	16.00	-0.42
<i>incremento trad su test</i>	25.80	30.99	4.26	-36.39	-9.44	94.71	12.02	11.72	-1.75

tabella 11: patata - 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, grazie ad un più graduale accumulo di sostanza secca nel corso della stagione, la fertirrigazione ha determinato un incremento di circa 30 q/ha di prodotto commerciale (tuberi di diametro compreso tra 40 e 75 mm), pari al 6%, anche se tale differenza non è risultata significativa; questo leggero incremento della fertirrigazione rispetto alla concimazione tradizionale è imputabile ad una maggior numero di tuber, di calibro più elevato (anche se con differenze non significative).

Nelle figure 16 e 17 sono riportati graficamente tali risultati.

Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi, non sono emerse differenze significative, nei valori di sostanza secca dei tuber; non si sono registrati infine tuber verdi o deformati.

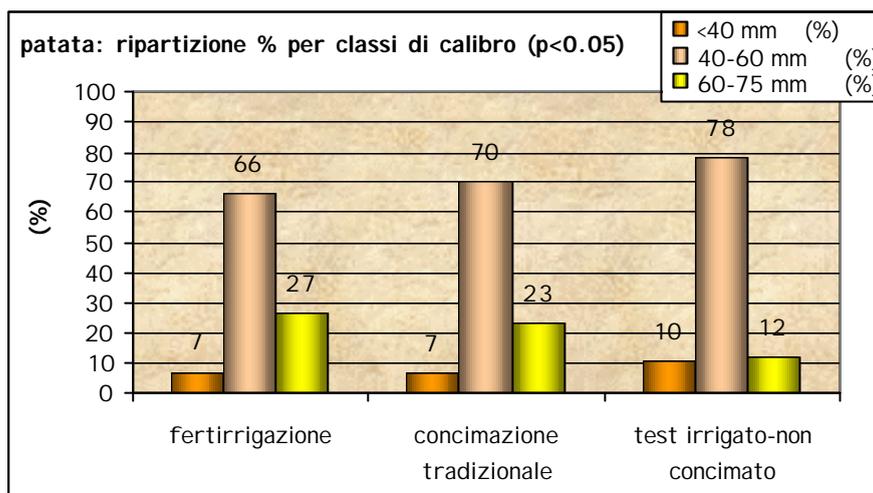


fig. 16: patata - ripartizione % delle classi commerciali di calibro

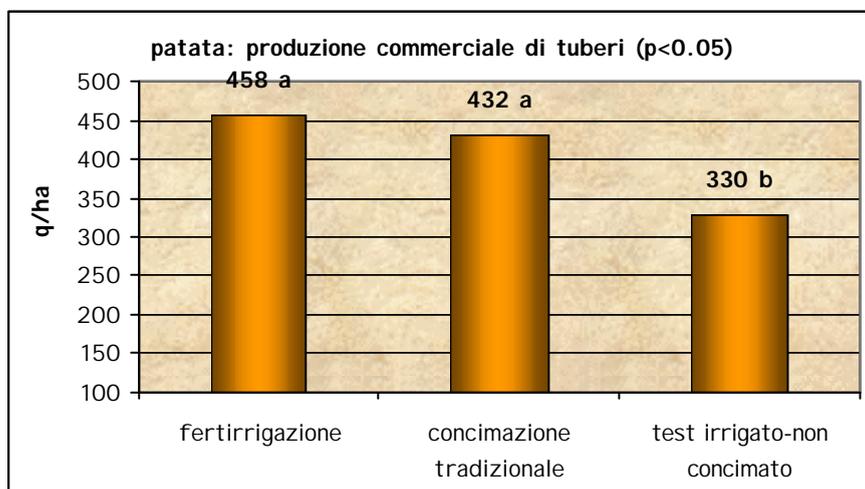


fig. 17: patata - dati di resa commerciale

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), espressi rispettivamente come grammi di prodotto per litro d'acqua, piogge più irrigazioni, o per kg di azoto distribuito.

La concimazione ha determinato un incremento di efficienza d'uso dell'acqua mediamente del 30%: solo la tesi fertirrigata tuttavia, con un ulteriore incremento del

7% rispetto alla concimazione granulare, risulta statisticamente diversa dal test non concimato.

Quest'ultimo ovviamente presenta una maggior efficienza d'uso dell'azoto (significativa a $p < 0.01$), avendo prodotto comunque 367 q/ha senza apporti di fertilizzanti, ad esclusione di un intervento in presemina; tra le tesi concimate risulta più efficiente quella fertirrigua, anche se in misura non significativa.

Poiché i risultati di resa e qualità sono stati ottenuti a parità di volumi irrigui stagionali e di apporti azotati (è mancato solo l'ultimo intervento fertirriguo per i motivi descritti in precedenza), variando solo la distribuzione di quest'ultimo, è evidente che l'incremento di resa totale ottenuto con la fertirrigazione rispetto alla concimazione tradizionale, è dovuto ad un miglioramento di efficienza d'uso, sia dell'acqua e che dell'azoto.

	resa totale (q/ha)	piogge +irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	N (kg/ha)	N.U.E. (kg/kg)
medie					
<i>fertirrigazione</i>	494.76 A	270.70	18.28 A	180.50	274.10 B
<i>concimazione tradizionale</i>	461.93 AB	270.70	17.06 AB	197.00	234.48 B
<i>test irrigato-non concimato</i>	367.18 A	270.70	13.56 B	55.00	667.60 A
livello di significatività	p<0.01		p<0.01		p<0.01
<i>incremento fert su trad</i>	7.11	0.00	7.11	-8.38	16.90
<i>incremento fert su test</i>	34.74	0.00	34.74	228.18	-58.94
<i>incremento trad su test</i>	25.80	0.00	25.80	258.18	-64.88

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

MAIS

Alla raccolta, in data 21 agosto, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- numero di spighe/pianta
- produzione di granella al 14% di umidità,
- umidità granella alla raccolta,
- peso ettolitrico e peso 1000 semi.

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 13 sono riportati i dati produttivi e qualitativi: l'incremento di resa commerciale al 14% di umidità, rispetto al testimone, è stato del 15% con la concimazione tradizionale, per arrivare al 22% con la fertirrigazione, con differenze significative a $p < 0.05$: le tesi concimate, in maniera indifferenziata tra loro, hanno presentato una maggiore umidità della granella, un maggior peso 1000 semi, ma un minor peso ettolitrico rispetto al testimone, tutti con differenze significative a $p < 0.01$.

Tra le due differenti gestione della concimazione, grazie ad un più graduale accumulo di sostanza secca nel corso della stagione, la fertirrigazione ha determinato un incremento di circa 12 q/ha di prodotto commerciale al 14% di umidità, pari al 7%, differenza risultata significativa a $p < 0.05$, mentre non sono emerse differenze significative per quanto riguarda gli aspetti qualitativi.

Nelle figure 18 e 19 sono riportati graficamente i dati di resa e qualità della granella.

<i>medie</i>	n. spighe per pianta	resa in granella (q/ha)	umidità % media	resa in granella al 14% di umidità (q/ha)	peso 1000 semi (g)	peso ettolitrico (kg/hl) media
<i>fertirrigazione</i>	1.00	171.42 a	18.61 A	162.24 a	402.48 A	70.32 B
<i>concimazione tradizionale</i>	1.01	159.72 b	18.39 A	151.58 b	406.92 A	69.98 B
<i>test irrigato-non concimato</i>	1.01	133.81 c	14.84 B	132.54 c	358.74 B	73.28 A
livello di significatività	n.s.	p<0.05	p<0.01	p<0.05	p<0.01	p<0.01
<i>incremento fert su trad</i>	-0.55	7.32	1.20	7.03	-1.09	0.49
<i>incremento fert su test</i>	-0.79	28.10	25.40	22.41	12.19	-4.04
<i>incremento trad su test</i>	-0.24	19.36	23.92	14.36	13.43	-4.50

tabella 13: mais - dati di resa e qualità della granella.

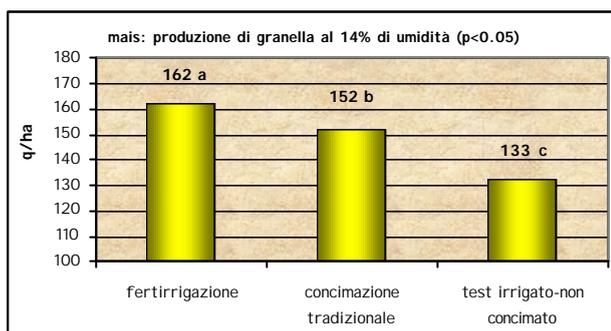


fig. 18: mais - resa in granella al 14% di umidità

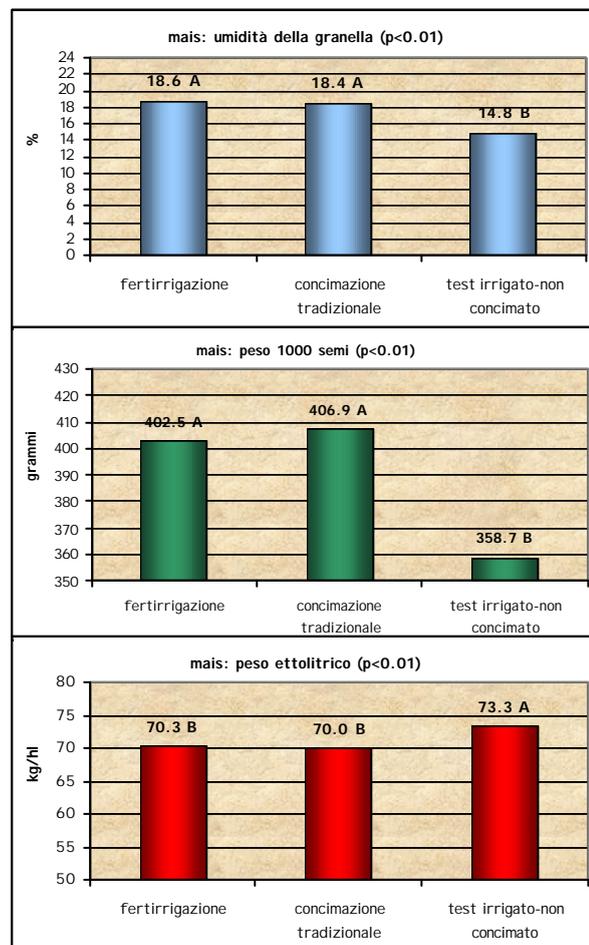


fig. 19: mais – aspetti qualitativi della granella

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), espressi rispettivamente come grammi di prodotto per litro d'acqua, piogge più irrigazioni, o per kg di azoto distribuito.

La concimazione ha determinato un incremento di efficienza d'uso dell'acqua indicativamente del 15-20%: poiché i risultati di resa sono stati ottenuti a parità di volumi irrigui stagionali, l'incremento di resa totale ottenuto con la fertirrigazione rispetto alla concimazione tradizionale e al test risulta significativo a $p < 0.05$.

Il testimone non concimato ovviamente presenta una maggior efficienza d'uso dell'azoto (significativa a $p < 0.01$), avendo prodotto comunque oltre 130 q/ha senza apporti di fertilizzanti, ad esclusione di un intervento in presemina; tra le tesi concimate risulta più efficiente quella fertirrigua, anche se in misura non significativa.

	resa in granella al 14% di umidità (q/ha)	piogge +irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	N (kg/ha)	N.U.E. (kg/kg)
medie					
fertirrigazione	162.24 a	346.90	4.68 a	253.00	64.13 B
concimazione tradizionale	151.58 b	346.90	4.37 b	253.00	59.91 B
test irrigato-non concimato	132.54 c	346.90	3.82 c	55.00	240.98 A
livello di significatività	$p < 0.05$		$p < 0.05$		$p < 0.01$
incremento fert su trad	7.03	0.00	7.03	0.00	7.03
incremento fert su test	22.41	0.00	22.41	360.00	-73.39
incremento trad su test	14.36	0.00	14.36	360.00	-75.14

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

Valutazioni economiche

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti: in tabella 15 sono riportati i valori di P.L.V. ottenuti dalle due colture nella stagione 2007, considerando un prezzo medio di conferimento per la patata di 0.22 €/kg, e di 21 €/q.le per il mais.

	Patata	Mais
medie		
fertirrigazione	10 085,72	3 406,97
concimazione tradizionale	9 496,04	3 183,14
test irrigato-non concimato	7 249,44	2 783,36
incremento fert su trad	6.21	7.03
incremento fert su test	39.12	22.41
incremento trad su test	30.99	14.36

tab. 15: valori di P.L.V. ottenuti dalle due colture nella stagione 2007

L'incremento di P.L.V., ottenuto con la fertirrigazione, è risultato, per la patata, di 590 €/ha, pari al 6% in più rispetto alla concimazione tradizionale, di 2386 €/ha, pari al 39% in più, rispetto al test non concimato (fig. 20).

Risultati economicamente meno rilevanti sono stati ottenuti con il mais, in virtù della minor redditività della coltura: l'incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione è

risultato comunque di 224 €/ha, pari al 7% in più rispetto alla concimazione tradizionale, di 624 €/ha, pari al 22% in più, rispetto al test non concimato (fig. 21).

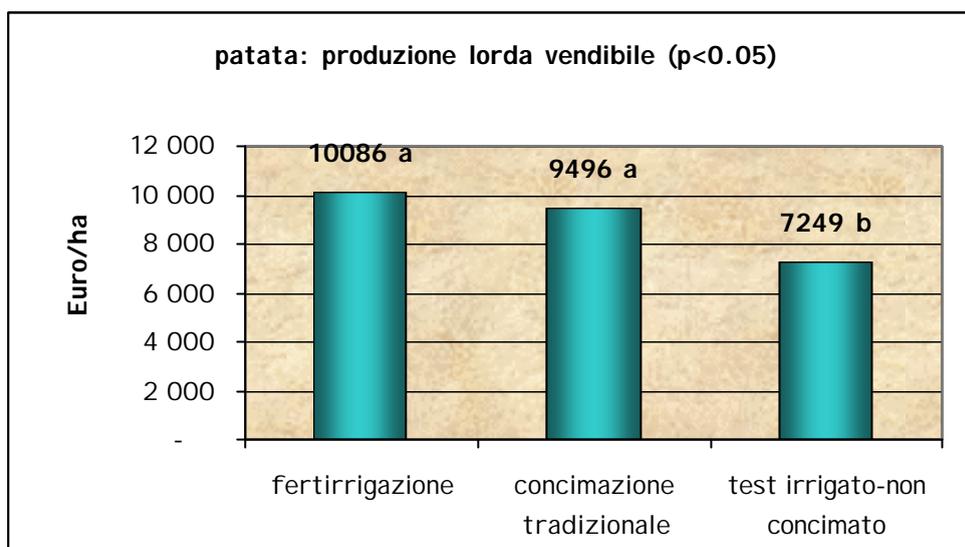


fig. 20: incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione su patata

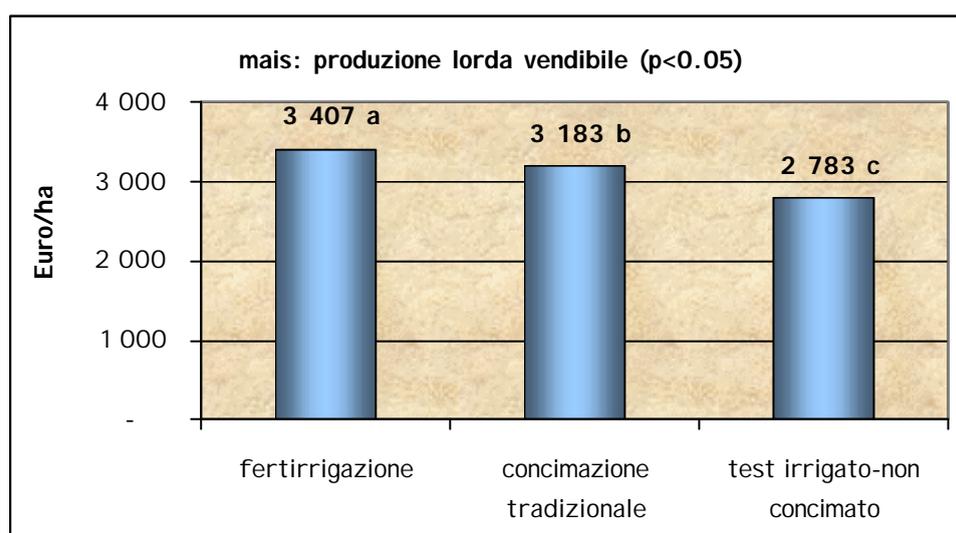


fig. 21: incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione su mais

Questi incrementi di PLV 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 253 unità di azoto al mais, il maggiore costo è stato di appena 27 €/ha, ancora più contenuto per la patata, con soli 21€/ha di differenza, avendo distribuito 197 unità (tab. 15).

Confrontato con l'urea, l'impiego in fertirrigazione del nitrato ammonico cristallino avrebbe comportato un maggior onere variabile da 37.8 a 48.5 €/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	MAIS		PATATA	
	N	P2O5	K2O	€/kg	+IVA 4%		apporti 2007 Kg/ha	costo €/ha	apporti 2007 Kg/ha	costo €/ha
						€/kg				
nitrato ammonico cristallino	34	0	0	0.297	0.309	0.91	253	229.8	197	179.0
nitrato ammonico	27	0	0	0.208	0.216	0.80	253	202.7	197	157.8
urea	46	0	0	0.317	0.330	0.72	253	181.3	197	141.2
differenza nitrato ammonico cristallino e normale								+27.1	-	+21.1
differenza nitrato ammonico cristallino e urea								+48.5	-	+37.8

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 prontuari 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 granulata 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 2006, 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 incrementi di PLV ottenuti nel 2006 su pomodoro, e nel 2007 su patata e mais, tradotti su base territoriale, con l'applicazione della fertirrigazione mediante impianti irrigui ad aspersione semovente si potrebbe ottenere un beneficio complessivo superiore ai 2.5 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	23 496	14 000	5 260	765	10 710 000
patata 2007	7 018	6 450	10 086	590	3 805 500
mais 2007	112 515	47 500	3 407	224	10 640 000
TOTALI	143 049	67 950	-	-	25 155 500
				ipotizzando il 10% di ricaduta	2 515 550

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

CONCLUSIONI

I risultati descritti confermano le notevoli potenzialità di applicazione della tecnica della fertirrigazione, anche utilizzando le macchine irrigatrici semoventi ad aspersione, nonostante l'annata non particolarmente favorevole, caratterizzata da una serie di precipitazioni concentrate all'inizio di giugno che ha reso necessaria la riduzione del numero di interventi fertirrigui che erano stati programmati, con conseguente modifica in corso d'opera del frazionamento degli apporti di azoto e potassio.

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

Anche 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.

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