



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo Agricolo  
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"**

**FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

**RELAZIONE TECNICA FINALE**

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5005233

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5111850

FOCUS AREA: 4B

Titolo Piano	Implementazione nel servizio IRRINET di un software per la gestione della fertirrigazione
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Consorzio di bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo
Elenco partner del Gruppo Operativo	Consorzio di bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo - capofila C.R.P.V. – Centro Ricerche Produzioni Vegetali – Soc. Coop. – partner effettivo C.I.O. – Consorzio interregionale ortofrutticoli soc. coop. a r.l. – partner effettivo Società Agricola Sandri Maurizio e Paolo s.s. – partner associato Apofruit Italia – Soc. Coop. Agricola – partner associato Grandi Colture Italiane Società Cooperativa Agricola – partner associato

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	31
Data inizio attività	01/09/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	31/03/2019

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/09/2016	Al 31/03/2019
Data rilascio relazione	21/05/2019	

Autore della relazione	Stefano Anconelli		
telefono		email	anconelli@consorzioicer.it

## 1. Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Il piano di innovazione che si è realizzando era finalizzato allo sviluppo e diffusione di un software per le fertilizzazioni per ottimizzare l'impiego dei concimi minerali, soprattutto di quelli azotati, attraverso il miglioramento del loro utilizzo nel sistema acqua-suolo-pianta al fine di ridurre i rilasci di sostanze inquinanti nell'ambiente, come i nitrati in falda. L'applicativo realizzato è di facile utilizzo e funge da supporto per gli agricoltori e i tecnici nel calcolo sia della concimazione di fondo che nel frazionamento delle dosi fertirrigue. Il software è stato implementato nel servizio IRRINET consentendo una diffusione pressoché completa su tutto il territorio regionale e sfrutta le sinergie ottenibili dalla gestione combinata idrico/nutrizionale con la massimizzazione dei risultati sia in termini produttivi che ambientali. L'aspetto innovativo è dato dal passaggio da una gestione statica della fertilizzazione ad una dinamica e tiene conto del ciclo colturale delle diverse specie modulando le restituzioni nutritive in funzione dei fabbisogni della coltura in ogni singola fase fenologica. L'attenzione è stata rivolta alle principali colture che necessitano di importanti input azotati e che sono diffuse prevalentemente in zone vulnerabili ai nitrati.

### 1.1. Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
Azione 1	CER - CRPV	Esercizio cooperazione	1	1	31	31
Azione 3.1	CER	Reperimento dei parametri per la determinazione delle curve di assorbimento degli elementi nutritivi	1	1	10	18
Azione 3.2	CER	Realizzazione di un software per la determinazione temporale dei fabbisogni nutritivi	1	1	16	24
Azione 3.3	CER - CIO	Taratura e validazione dell'applicativo FERTIRINET mediante confronto in campo tra concimazione tradizionale	8	8	31	31
Azione 4	CER - CRPV	Piano divulgazione	20	20	31	31

## 2. Descrizione per singola azione

### 2.1. AZIONE 1

#### 2.1.1. Attività e risultati Azione 1

Azione 1	Esercizio della Cooperazione
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>Il CER, nel suo ruolo di capo mandatario ha mantenuto la funzione di coordinamento generale e di responsabilità tecnico-scientifica delle attività, demandando, in accordo con gli altri Partner, al CRPV il ruolo organizzativo per garantire il funzionamento tecnico ed amministrativo del Gruppo Operativo (GO).</p> <p>Al CRPV è stato affidato quindi il compito di pianificare le attività previste nel Piano, mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi.</p> <p><u>Attivazione del Gruppo Operativo</u></p> <p>La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.</p> <p>In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, il CRPV, unitamente al Responsabile Tecnico Scientifico (RTS) e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).</p> <p><u>Costituzione del Comitato di Piano</u></p> <p>In occasione della riunione di attivazione del 19-12-2016 si è proceduto all'attivazione formale del progetto, nella quale il RTS Stefano Anconelli ha riproposto i contenuti e gli obiettivi del Piano, al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare le modalità di realizzazione delle azioni d'innovazione. Nella medesima riunione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), nella persona di (CER);</li> <li>- Responsabile Organizzativo del Piano (RO), nella persona di (CRPV);</li> <li>- Rappresentante di APOFRUIT</li> <li>- Rappresentante di CIO</li> <li>- Rappresentante di Grandi Colture Italiane</li> </ul>

- Rappresentante dell'Azienda agricola Sandri

#### Gestione del Gruppo Operativo

Dalla data di attivazione del GO il Responsabile Organizzativo di Piano ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- La definizione delle azioni correttive.

Il Responsabile Organizzativo di Piano (RO), in stretta collaborazione con il Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Allo stesso modo, l'RO e l'RTS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi e finali ottenuti in ciascuna fase e in tutto il Piano. In particolare CRPV ha curato per la sua parte la relazione delle attività relative all'esercizio della cooperazione che sono state presentate alla Regione Emilia-Romagna nel corso del controllo amministrativo cui ha partecipato il RO del 03/05/2018, effettuato a seguito della Relazione Intermedia di Progetto. Il RO ha tenuto regolari rapporti con il Responsabile Scientifico per monitorare lo stato di avanzamento (18/07/2017, 27/03/2018, 26/11/2018, 22/03/2019). Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del CRPV (v. Autocontrollo e Qualità).

#### Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio

A campione, il RO ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RO ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità del CRPV.

#### Preparazione dei documenti per le domande di pagamento

In occasione della prima domanda di pagamento (stralcio), l'RO e l'RTS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati intermedi ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico. Analoga attività è stata svolta per la preparazione dei



documenti relativi alla domanda di pagamento a saldo.

#### Altre attività connesse alla gestione del GO

Oltre alle attività descritte in precedenza, il CRPV ha svolto una serie di altre attività di supporto al mandatario CER dell'ATS, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento e la redazione e l'inoltro di eventuali richieste di proroga e/o varianti.

Il CRPV si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.

Il progetto è stato inoltre presentato al Convegno "AGRI INNOVATION SUMMIT", organizzato dalla Rete PEI-AGRI in data 11-12 Ottobre 2017 a Lisbona, Portogallo.

#### Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, il CRPV ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte.

#### *Attività di coordinamento*

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Tecnico Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

#### *Attività di controllo*

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul

	<p>funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;</li> <li>- Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività.</li> </ul> <p><i>Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti</i> Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.</p> <p>Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità del CRPV.</p> <p>Il Sistema Qualità CRPV, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti.</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare.</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	nessuna

### 2.1.2. Personale Azione 1

#### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Ricercatore Quadro preposto	Know how risparmio idrico in agricoltura	40	1.564,70
	Ricercatore Quadro preposto	Know how servizi di assistenza tecnica per l'irrigazione	29	1.135,49
			<b>Totale</b>	<b>2.700,19</b>

#### PERSONALE CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Segreteria	Segreteria	41	954,35
	Tecnico	Coordinamento	47	868,56
	Tecnico	Coordinamento	62,5	1.836,09

	Tecnico	Coordinamento	46	1.278,34
	Amministrativo	Supporto	27	1.004,67
	Amministrativo	Supporto	44	977,56
			<b>Totale</b>	<b>6.919,57</b>

### 2.1.3. Trasferte

#### CER

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Trasferte presso sede legale partner progetto per esercizio della cooperazione	61,60
		<b>Totale</b>
		61,60

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

## 2.2. AZIONE 3

### 2.2.1. Attività e risultati Azione 3

Azione 3.1	Reperimento dei parametri per la determinazione delle curve di assorbimento degli elementi nutritivi
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	Per questa attività, relativamente per le colture oggetto di studio, sono state individuate: <ul style="list-style-type: none"> <li>• le curve di assorbimento dei principali nutrienti (N, P e K);</li> <li>• la quota di concime da distribuire in modo tradizionale;</li> <li>• la quota di concime da distribuire in fertirrigazione.</li> </ul> L'attività in dettaglio è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale Fert-Irrinet azione 3.1".
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Tutti i parametri necessari all'individuazione sia delle curve di assorbimento dei principali nutrienti che delle quote di concime da distribuire in maniera tradizionale e in fertirrigazione sono stati reperiti.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste sono state realizzate.

Azione 3.2	Realizzazione di un software per la determinazione temporale dei fabbisogni nutritivi
Unità aziendale responsabile	<b>CER</b>
Descrizione attività	L'attività è stata svolta dal CER in collaborazione con Altavia s.r.l. Sono state effettuate le attività connesse alla realizzazione del sw

	<p>che gestirà la fertirrigazione in IrrNet, sono state apportate le necessarie modifiche al sw di IrrNet per consentire di gestire le nuove entità non presenti nel db, nonché le nuove pagine di interfaccia di gestione degli input e degli output, anche in conformità delle norme regolanti l'adesione delle colture al PSR. Sono stati scritti i codici dei nuovi algoritmi per la gestione della fertilizzazione prima e della fertirrigazione poi, i codici relativi al frazionamento delle dosi irrigue mediante applicazione della fertirrigazione, mentre è stato scritto l'algoritmo di calcolo che ne sarà la base. L'attività dettagliata è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale Fert-Irrinet azione 3.2".</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Il sw è stato interamente realizzato.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste sono state realizzate.

Azione 3.3	Taratura e validazione dell'applicativo FERTIRRINET mediante confronto in campo tra concimazione tradizionale e fertirrigazione
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività è stata svolta nel 2017 interamente presso l'azienda sperimentale del CER. Per la taratura e validazione dell'applicativo FERTIRRINET, prevista in questa attività, sono state messe a confronto in campo due modalità di fertilizzazione: una tradizionale e una fertirrigua; distribuendo per entrambe una parte del concime in fase di pre-impianto della coltura. La restante parte, nella tesi fertilizzata in maniera tradizionale, è stata distribuita con spandiconcime e/o localizzato con la seminatrice/sarchiatrice a seconda della coltura e, a parità di dosi complessive, nelle tesi fertirrigate, frazionata in più interventi mediante fertirrigazione. Quest'ultima tecnica è stata testata sia con impianti di irrigazione ad aspersione che a micro-portata, distribuendo prevalentemente la frazione azotata e somministrando la maggior parte dei fabbisogni di fosforo e potassio in modo tradizionale. Nel 2018, la versione beta del software è stata validata, parallelamente, sia presso l'Azienda "Marsili", che presso la società agricola Sandri per la coltura della Patata, presso aziende agricole aderenti alla Società Cooperativa Grandi Colture Italiane per la coltura del Mais da granella, al CIO per la coltura del Pomodoro da industria e alla APOFRUIT per la coltura del Pero. L'attività dettagliata svolta nel biennio è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale "Fert-Irrinet azione 3.3".</p>
Grado di raggiungimento	Tutte le attività sperimentali previste per questa azione sono state

degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	svolte. Per dominare la variabilità di campo e ottenere una maggiore rappresentatività dei dati si è deciso di modificare il protocollo sperimentale ipotizzato inizialmente conducendo la prova per ogni coltura, tranne che per il Mais, in un unico appezzamento sostituendo la macchina irrigatrice semovente con un impianto ad aspersione stanziale.
Attività ancora da realizzare	Tutte le attività previste sono state realizzate.

### 1.2.2. Personale Azione 3

#### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	353	13.807,96
	Personale di concetto	Realizzazione	111	2.970,63
	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	152	6.041,34
	Personale di concetto	Realizzazione	129	2.965,47
	Personale di concetto	Realizzazione	400	12.937,99
	Tecnico operaio	Realizzazione	796	13.637,72
	Operaio specializzato	Realizzazione	719	13.643,28
	Operaio specializzato	Realizzazione	773	13.763,02
	Operaio specializzato	Realizzazione	526	7.394,56
			<b>Totale</b>	<b>87.161,97</b>

#### PERSONALE CIO

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Tecnico specializzato	Realizzazione	84	6.158,00
			<b>Totale</b>	<b>6.158,00</b>

### 1.2.3. Trasferte

#### CER

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Missione presso l'azienda Marsili	1.221,11

	Trasferta presso la Software Company aggiudicatrice per la fornitura delle indicazioni per la realizzazione dell'applicativo	577,03
	Missione presso l'azienda Marsili	838,87
	<b>Totale</b>	2.637,01

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CIO

#### 2.2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	53,10
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	630,00
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	141,32
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	320,00
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	95,25
Progetto Terra di Giglioli Riccardo	Concimi e antiparassitari	396,00
Canettoli Vivai di Canettoli Gianni	Piantine pomodoro	375,00
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	943,60
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	507,20
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	393,75
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	208,30
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	257,44
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	48,65
F.Ili Farné snc di Farnè Daniele e C.	Concimi e antiparassitari	312,00
Hach Lange s.r.l.	Reagenti chimici	726,34
	<b>Totale</b>	5.407,95

#### 2.2.5 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ



Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
AGRI-BIO-ECO Laboratori Riuniti s.r.l.		€ 8.000,00 di cui rendicontante 1.278,00	Analisi terreno chimica e analisi vegetali	1.278,00
AGRI-BIO-ECO Laboratori Riuniti s.r.l.		€ 8.000,00 di cui rendicontante 1.617,00	Analisi terreno chimica e analisi vegetali	1.617,00
AGRI-BIO-ECO Laboratori Riuniti s.r.l.		€ 8.000,00 di cui rendicontante 1.128,00	Analisi terreno chimica e analisi vegetali	1.128,00
Altavia s.r.l.		€ 109.500,00 di cui rendicontate 7.680,00	Software per la gestione della Fertirrigazione ed integrazione su piattaforma IRRINET	7.680,00
AGRI-BIO-ECO Laboratori Riuniti s.r.l.		€ 8.000,00 di cui rendicontante 510,00	Analisi terreno chimica e analisi vegetali	510,00
AGRI-BIO-ECO Laboratori Riuniti s.r.l.		€ 8.000,00 di cui rendicontante 5.654,00	Analisi terreno chimica e analisi vegetali	5.654,00
Rondelli Sergio		€ 1.500,00 di cui rendicontante 1.100,00	Lavorazione terreni, semine, trattamenti antiparassitari, raccolte meccaniche	1.100,00
Altavia s.r.l.		€ 109.500,00 di cui rendicontate 12.800,00	Software per la gestione della Fertirrigazione ed integrazione su piattaforma IRRINET	12.800,00
Altavia s.r.l.		€ 109.500,00 di cui rendicontate 6.125,00	Software per la gestione della Fertirrigazione ed integrazione su piattaforma IRRINET	6.125,00
<b>Totale:</b>				<b>37.892,00</b>

## 2.3. AZIONE 4

### 2.3.1. Attività e risultati Azione 4

Azione 4	Piano di divulgazione di trasferimento dei risultati e implementazione della rete PEI
Unità aziendale responsabile	<b>CER</b>
Descrizione attività	E' stata pubblicata un'apposita pagina sul sito web dell'ente capofila, dedicata esclusivamente al piano.

Sono stati realizzati due video tutoriali:

- Fertirrinet
- Fertirrigazione

Inoltre sono stati realizzati:

- 3 video da utilizzare all'interno dell'informazione televisiva (servizio tg) (Luglio 2018 – 2 a Marzo 2019).

- 3 video da utilizzare all'interno dell'informazione televisiva specialistica o di settore (tipo redazionale) (Nettuno TV Agosto 2017 – Agosto 2018 - Marzo 2019)

Il materiale audiovisivo disponibile sarà caricato sul sito del Consorzio CER, attraverso il canale YouTube dedicato con lo scopo di amplificare il messaggio veicolato dall'intero Piano, aumentandone la ricaduta sia territoriale, sia coinvolgendo categorie di fruitori più avvezzi a questi mezzi di comunicazione assai differenti e più immediati rispetto ai tradizionali manuali cartacei.

Sono stati progettati, stampati e installati, n.5 appositi pannelli illustrativi del progetto, per permettere una diffusione dell'impegno dei partner e della Regione anche con metodi tradizionali e a livello locale, dando particolare risalto all'impegno concreto e territoriale.

**Tabella 1** – Descrizione delle iniziative di divulgazione svolte dal 1° settembre 2016 al 31 marzo 2019 **GO 5005233**

	<b>Titolo (Provincia, data, n. presenze, link portale CRPV)</b>				
<b>Incontri tecnici</b>	La fertirrigazione del pomodoro da industria con Fert-Irrinet FE 28-11-2017 (67) <a href="#">FERTIRRINETIncontro28nov17FE</a>	La fertirrigazione del pomodoro da industria con Fert-Irrinet AL 25-01-2018 (no) <a href="#">FERTIRRINETIncontro25genn18AL</a>	Implementazione del sistema esperto Irrinet/Irriframe per il consiglio fertirriguo sulle colture ortofrutticole RN 11-05-2018 (75) <a href="#">FERTIRRINETIncontro11magg18RN</a>		
<b>Visite guidate</b>	Illustrazione delle tecnologie e dei risultati delle prove di fertirrigazione su patata, pomodoro, mais e pero BO (no) <a href="#">FERTIRRINETVisita22febb18BO</a>	Visita alle prove di campo con impiego dei sensori BO 03-07-2018 (22) <a href="#">FERTIRRINETVisita3lug18BO</a>			
<b>Campus cloud</b>	Presentazione dei risultati del Progetto FertIrrinet BO 22-03-2019 (15)				
<b>Pubblicazioni</b>	Nuove frontiere del risparmio a portata di app (Rivista Agricoltura 4/2017) <a href="#">FERTIRRINETRivistaAgricolturaAprile2017</a>	IrriFrame, continua l'evoluzione (Terra è Vita 20-2018) <a href="#">FERTIRRINETTerraVita202018</a>	IrriFrame, continua l'evoluzione (Frutticoltura 5 2018) <a href="#">FERTIRRINETFrutticoltura52018</a>	Fert-Irrinet, software on-line per la fertirrigazione <a href="#">FERTIRRINETTerraVita122019</a>	Fertirrigare con un software per aumentare rese e pezzatura (Informatore Agrario n.20)

	<p>Nell'ambito dei Bollettini di Produzione Integrata, il Servizio Agricoltura sostenibile ha riconosciuto l'applicativo Fert-Irrinet come sistema informatizzato per la fertilizzazione inserendo una nuova sezione denominata Fertirrigazione riportante la seguente dicitura:</p> <p>Il nuovo servizio è presente in IRRINET e fornisce un consiglio di fertilizzazione a norma DPI e permette anche la registrazione anch'essa a norma delle operazioni eseguite. L'applicazione tiene conto del tipo di coltura, fase fenologica, tipo di suolo, condizioni meteo rilevate e previste, oltre che delle irrigazioni e fertilizzazioni eseguite (incluse le eventuali fertilizzazioni ordinarie), nonché coltura precedente. Al servizio si accede, per i nuovi utenti, previa registrazione attraverso il link <a href="https://www.irriframe.it/irriframe/home/Index_er">https://www.irriframe.it/irriframe/home/Index_er</a> . Per chi è già utente IrriNet è sufficiente inserire i seguenti input richiesti per ottenere il calcolo: "Dati chimici del suolo" e "Dati della coltura per la fertirrigazione".</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Le attività previste ed illustrate precedentemente sono state realizzate interamente. La pubblicazione dei materiali sarà un processo continuo che proseguirà anche oltre la fine del piano.</p> <p>Per velocizzare il sistema di messa in onda sarebbe stato opportuno prevedere il finanziamento anche dei costi di messa in onda.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	

### 2.3.2. Personale Azione 4

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

#### PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Personale di concetto	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	22	576,23
	Impiegato direttivo	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	43	1.392,86
			<b>Totale</b>	<b>1.969,09</b>

#### PERSONALE CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Tecnico	Divulgazione	34	1.850,44
	Segreteria	Segreteria	21	523,95
	Tecnico	Divulgazione	16	779,56

Foschi Piera	Tecnico	Divulgazione	44	1.102,48
	Tecnico	Divulgazione	56	1.556,24
			<b>Totale</b>	<b>5.812,67</b>

### 2.3.3. Trasferte

#### CER

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Trasferte per la realizzazione del materiale illustrativo e promozionale e lo svolgimento delle attività dimostrative	82,43
	Trasferte per la realizzazione del materiale illustrativo e promozionale e lo svolgimento delle attività dimostrative	319,38
		<b>Totale</b>
		<b>401,81</b>

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

### 2.3.4. Attività di formazione

#### CRPV

E' stata sostenuta l'attività di formazione, con il seminario "La fertirrigazione con FERTIRRINET" – Domanda di sostegno 5005303.

### 2.3.5. Collaborazioni, consulenze, altri servizi

#### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo €
Urca di Romagnoli Umberto		€ 81.000,00 di cui rendicontate 3.250,00	Riprese e montaggio video	3.250,00
			<b>Totale €</b>	<b>3.250,00</b>

## 3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico-scientifiche	Sono state riscontrate in letteratura, per la sola coltura del pero, poche informazioni per la determinazione delle curve di assorbimento degli elementi nutritivi.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	nessuna
Criticità finanziarie	nessuna

#### 4. Altre informazioni

Molte della attività previste nel progetto sono state svolte con protocolli di comunicazione via web che hanno reso necessario un maggior numero di ore di lavoro d'ufficio per la programmazione. Questo però ha consentito di ridurre il numero di trasferte necessarie per il coordinamento e per la raccolta dei dati in campo.

#### 5. Considerazioni finali

/

Data 21 maggio 2019

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

dott. Massimiliano Pederzoli

firmato digitalmente

# RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5005233 - FERT-IRRINET

ATTIVITA' SVOLTE

## Azione 3.1

Per questa attività, relativamente per le colture oggetto di studio, **sono state individuate:**

- le curve di assorbimento dei principali nutrienti (N, P e K);
- la quota di concime da distribuire in modo tradizionale;
- la quota di concime da distribuire in fertirrigazione.

### Curve di assorbimento

La dinamica di assorbimento delle colture, pur dipendendo da diversi fattori, segue un andamento descrivibile con una curva dove, in funzione del tempo, l'assorbimento dei nutrienti avviene dapprima in maniera meno che proporzionale per poi avere un punto di flesso che demarca un aumento repentino degli assorbimenti, corrispondente al periodo di massimo sviluppo della coltura e, infine, un ultimo tratto in cui gli assorbimenti si riducono progressivamente e la curva assume forma convessa. Questa tipica curva di risposta può essere facilmente descritta tramite una funzione matematica polinomiale che viene utilizzata per determinare, in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli e dei sistemi irrigui adottati, quando e con quanto fertilizzare. Altro aspetto importante ai fini della modellizzazione degli assorbimenti è dato dalla dinamica di crescita delle colture. Il servizio di assistenza irrigua IRRINET, nel quale si è implementato il software di fertirrigazione, simula lo sviluppo delle colture attraverso la stima delle fasi fenologiche sulla base della sommatoria gradi giorno (GDD). La suddivisione dei fabbisogni nutritivi tra le diverse fasi fenologiche ha permesso di assecondare la nutrizione delle colture durante l'intero ciclo colturale.

L'esperienza pregressa del CER in materia di gestione idrico-nutrizionale delle principali colture agrarie, le indicazioni e gli algoritmi riportati nelle Norme Generali dei DPI della Regione Emilia-Romagna (Cap. Fertilizzazioni), un'approfondita ricerca bibliografica sulla nutrizione minerale e la dinamica degli assorbimenti dei principali nutrienti (N, P e K) della Patata comune, del Pomodoro da industria, del Mais da granella e del Pero, hanno permesso l'individuazione delle seguenti informazioni suddivise per colture:



## Patata comune

Il ciclo colturale della patata si distingue in cinque fasi: germogliamento-emergenza, sviluppo vegetativo, formazione dei tuberi-fioritura, ingrossamento dei tuberi e senescenza. La maggior parte dell'assorbimento dei nutrienti avviene durante la fase di ingrossamento dei tuberi. Tuttavia, essendo la patata una coltura ad alto fabbisogno di potassio (potassofila) beneficia di lauti apporti di questo elemento con elevati tassi di assorbimento che avvengono sin dalla formazione dei tuberi-fioritura.

Fenofasi della Patata	Somma Termica (gradi)
Semina	
Germogliamento-emergenza: fase piena (> 50%)	410
Formazione tuberi-fioritura: inizio fase ( 0-5%)	250
Ingrossamento dei tuberi: fase piena (> 50%)	275
Ingiallimento foglie basali: inizio fase ( 0-5%)	484
Ingiallimento foglie basali: fase piena (> 50%)	400

Tabella 1 – Sommatorie termiche utilizzate dal modello IRRINET per la stima dell'accrescimento.

## Esigenze nutrizionali

Nello specifico, la coltura della patata ha un apparato radicale superficiale e viene coltivata prevalentemente in terreni sciolti, di conseguenza, eccessi di **azoto** nel suolo sfuggono all'assorbimento e vengono facilmente lisciviati. Per queste ragioni, beneficia della distribuzione frazionata dell'azoto che deve essere mirata a soddisfare i fabbisogni della coltura durante l'intero ciclo colturale, sin dalle fasi iniziali. Infatti, anche se nelle fasi di germogliamento e emergenza la maggior parte dei nutrienti richiesti sono contenuti nel tubero seme, è necessario destinare alla concimazione di fondo una quota importante (30-40% dell'azoto), evitando in questo modo distribuzioni tardive che potrebbero stimolare lo sviluppo vegetativo a scapito della produzione. (Kleinschmidt, 1984.)

Il **fosforo** è importante sin dalle prime fasi di sviluppo della coltura per garantire sia lo sviluppo radicale che vegetativo, e per la tuberificazione. Non essendo soggetto a lisciviazione, l'intero fabbisogno può essere distribuito con la concimazione di fondo o in fase di piantagione, in maniera localizzata (Hopkins *et al.*, 2014). La distribuzione frazionata non migliora l'efficienza di assorbimento (Hopkins *et al.*, 2010).

La patata assorbe più **potassio** di qualunque altro elemento e la maggior parte di esso viene asportato con i tuberi. Inoltre, l'assorbimento termina durante la fase di ingrossamento dei tuberi (Hopkins *et al.*, 2010). La bassa mobilità di questo elemento, nella maggior parte dei suoli, permette la distribuzione quasi integrale con la concimazione di fondo. Tuttavia, nei terreni sabbiosi la coltura si beneficia del frazionamento. (Rosen *et al.*, 2012).

In condizioni ottimali di nutrizione, per ogni tonnellata di tuberi prodotta, la coltura della patata necessita di 4,2 kg di N, 1,5 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 6,9 kg di K<sub>2</sub>O. (Norme Generali dei DPI della Regione Emilia-Romagna -Cap. Fertilizzazioni). Prendendo come riferimento le rese medie ottenute in provincia di Bologna negli ultimi anni pari a circa 40 t/ha (Indagini congiunturali sulle coltivazioni RER), si può desumere che il fabbisogno nutritivo per la coltivazione di un ettaro di patate ammonti a circa 170 kg di N, 60 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 280 kg di K<sub>2</sub>O; corrispondenti esattamente alle dosi standard ammesse dai DPI.

Durante le fasi di maggior assorbimento di nutrienti, a seconda delle cultivar, degli obiettivi di resa e altri fattori, le richieste giornaliere possono arrivare ad avere picchi di: 4.0 kg/ha N, 0.5 kg/ha P e 6.0 kg/ha K. (Harris, 1978). Del fabbisogno totale, la quota che viene asportata dalla coltura, attraverso l'accumulo all'interno dei tuberi corrisponde al 45% di N, 70% di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 75% di K<sub>2</sub>O (White *et al*, 2009).

La dinamica degli assorbimenti di azoto, con un trend simile anche per il fosforo e il potassio, rispecchia l'andamento della tipica curva descritta in precedenza: bassi nelle fasi iniziali per poi incrementare rapidamente durante le fasi di formazione e ingrossamento dei tuberi e ridursi nuovamente fino a fine ciclo colturale (Lauer, 1985).

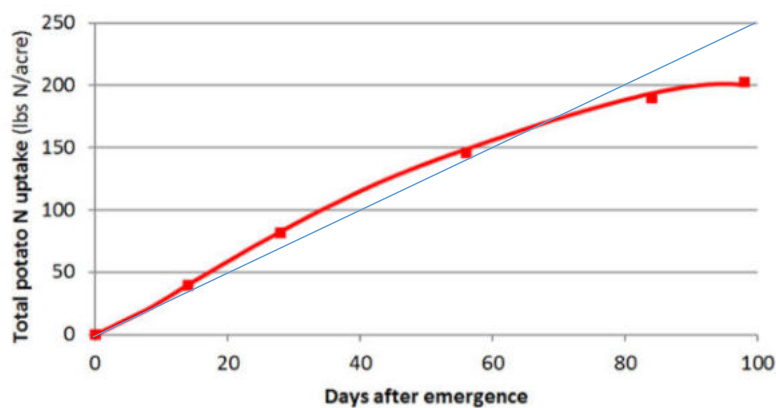


Grafico 1 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della patata. (Lauer, 1985)

## Pomodoro da industria

Pur impiegando ibridi a sviluppo determinato, la coltura del pomodoro da industria presenta fasi fenologiche che si susseguono e si sovrappongono con una certa scalarità (allegagione I°, II°, III° e IV° palco, invaiatura I°, II°, III° e IV° palco e maturazione I°, II°, III° e IV°) che determinano un susseguirsi e sovrapporsi di esigenze nutritive. Convenzionalmente la fenologia può essere suddivisa in cinque fasi: trapianto-attecchimento, primi fiori-allegagione primo palco, invaiatura primo palco, invaiatura secondo palco e maturazione del 50% delle bacche.

Fenofasi del Pomodoro da industria	Somma Termica (gradi)
semina/trapianto	
Allegagione primo palco: fase piena (> 50%)	450
Invaiatura primo palco: inizio fase ( 0-5%)	160
Invaiatura secondo palco: fase piena (> 50%)	320
Maturazione: coloraz. finale ragg. dal 50% delle bacche	140

Tabella 2 – Sommatorie termiche utilizzate dal modello IRRINET per la stima dell'accrescimento.

## Esigenze nutrizionali

A partire dalle prime fasi di post-trapianto i tassi di assorbimento di **azoto** sono trascurabili (0.2-0.6 kg/ha/giorno) interessando limitatamente l'intorno della zona radicata. Successivamente i fabbisogni giornalieri aumentano rapidamente fino a raggiungere livelli massimi di 4.0-5.0 kg/ha, in corrispondenza dell'invaiatura dei primi palchi, per poi diminuire gradualmente fino alla maturazione (1-2 kg/ha/giorno), (Tei *et al.*, 2002). La maggior parte degli assorbimenti di azoto avvengono tra la fioritura e l'inizio della maturazione (de C. Carmello, and Anti, 2006). La dinamica appena descritta indica che con la concimazione di fondo è consigliabile non superare i 50-60 kg/ha (20-30% fabbisogno) considerando che solo un terzo del fabbisogno totale di azoto viene assorbito prima della fioritura (Elia and Conversa, 2012). Preferendo il ricorso alla fertirrigazione si può addirittura evitare di distribuire azoto in fase di pre-impianto della coltura distribuendo come starter, localizzato contestualmente al trapianto, solo 10-15 kg/ha. (Hartz *et al.*, 2002). La localizzazione dell'azoto al trapianto consente alla coltura di assorbirlo con più facilità aumentandone l'efficienza e riducendo il rischio di lisciviazione dei nitrati. (Miyao, 2002). La curva di assorbimento dell'azoto nel pomodoro da industria suggerisce di evitare applicazioni tardive che, oltre a protrarre la maturazione, rischiano di non essere assorbite dalla coltura restando inutilizzate nel suolo e liscivate in falda (Hartz and Bottoms, 2009).

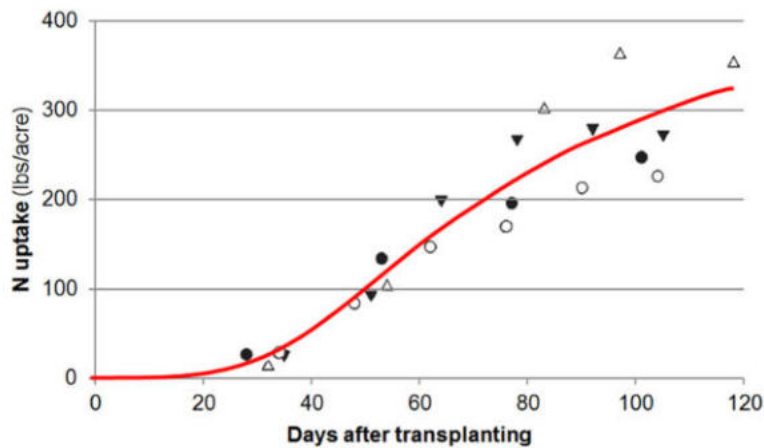


Grafico 2 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del pomodoro da industria. (Hartz and Bottoms, 2009)

I fabbisogni di **fosforo** ( $P_2O_5$ ) del pomodoro da industria non sono elevati e mostrano un andamento pressoché lineare durante tutto il ciclo colturale con asportazioni giornaliere nelle prime fasi di 0.1-0.2 kg/ha che possono raggiungere picchi di 0.4-0.5 kg/ha nel periodo tra la fioritura e l'allegagione per poi diminuire progressivamente nella restante parte del ciclo (de C. Carmello, and Anti, 2006). Sebbene sia possibile distribuire il fosforo in fertirrigazione, facendo però attenzione alla formazione di precipitati, essendo un elemento poco mobile, nella pratica ordinaria la quasi totalità degli apporti avviene in fase di pre-impianto. Tuttavia, la sua scarsa mobilità nel terreno, le più basse temperature del suolo e il ridotto sviluppo radicale nelle fasi iniziali, suggeriscono una localizzazione al trapianto. Successivamente, quando la coltura colonizza un maggior volume di suolo e il fosforo diventa facilmente accessibile, la necessità di frazionarlo si riduce. (Hartz and Bottoms, 2009). La distribuzione localizzata al trapianto di una dose starter di 10-20 kg/ha di  $P_2O_5$  ha effetti positivi sia sullo sviluppo radicale delle giovani piantine che in quello dell'intera pianta compresi i frutti. (Grubinger *et al.*, 1993).

I fabbisogni di **potassio** ( $K_2O$ ) nel pomodoro da industria sono molto alti, superiori a quelli dell'azoto. Gli assorbimenti medi sono elevati sin dalle prime fasi raggiungendo i 2 kg/ha/giorno già ai primi fiori. In seguito, e per un periodo lungo che si protrae sino alla maturazione, vengono assorbiti 4-5 kg/ha per poi diminuire tornando sui livelli iniziali (Hartz, 2002). Come per il fosforo, la scarsa mobilità del potassio suggerisce distribuzioni concentrate in fase di preparazione del terreno. Tuttavia, la distribuzione frazionata in fertirrigazione del potassio è molto importante per il miglioramento qualitativo del prodotto, soprattutto nelle fasi che vanno dalla fioritura all'invasatura (Hartz, *et al.*, 2005). Infine, l'aumento di efficienza dell'utilizzo del potassio somministrato in fertirrigazione aumentando la produttività della coltura e quindi l'assorbimento di tutti gli altri elementi, riduce di riflesso i residui azotati nel terreno a fine ciclo evitando che possano essere lisciviati (Zhang *et al.*, 2009).

Questi tassi di assorbimento determinano per il pomodoro da industria dei coefficienti unitari di 2,6 kg di N, 1,1 kg di  $P_2O_5$  e 3,7 kg di  $K_2O$ . (Norme Generali dei DPI della Regione Emilia-Romagna -Cap. Fertilizzazioni). Riferendosi alle rese medie ottenute nelle province di Piacenza e Ferrara negli ultimi anni di circa 75 t/ha (Indagini congiunturali sulle coltivazioni RER), si può desumere che il fabbisogno nutritivo per la coltivazione di un ettaro di pomodori ammonti a circa 200 kg di N, 80 kg di  $P_2O_5$  e 300 kg di  $K_2O$ ; come da metodo del bilancio del DPI.

## Mais da granella

La coltura del Mais è caratterizzata da uno sviluppo molto rapido in fase di levata e, pur avendo un apparato radicale profondo, concentra i maggiori assorbimenti idrico-nutrizionali nei primi 50 cm di suolo. Questo comporta una concentrazione sia spaziale che temporale delle concimazioni con il rischio di perdite per dilavamento soprattutto dei nitrati. La suddivisione fenologica del mais in IRRINET si distingue nelle seguenti fasi:

Descrizione fenofase	Somma Termica (gradi)
semina/trapianto	
emergenza: fase piena (> 50%)	100
levata: fase piena (> 50%)	422
emissione del polline: fase piena (> 50%)	448
senescenza delle setole: fase piena (> 50%)	142
maturazione lattea: fase piena (> 50%)	220
maturazione cerosa: inizio fase ( 0-5%)	280

Tabella 3 – Sommatorie termiche utilizzate dal modello IRRINET per la stima dell'accrescimento.

## Esigenze nutrizionali

L'**azoto** rappresenta l'elemento più importante per il mais influenzandone in maniera determinante la produzione. L'assorbimento dell'azoto nelle primissime fasi avviene in maniera limitata, con una concentrazione della maggior parte dei fabbisogni tra l'inizio della levata e la maturazione lattea (Karlen *et al.*, 1987). I picchi massimi giornalieri possono raggiungere i 4 kg/ha e alla fase "emissione del pennacchio" viene raggiunto l'assorbimento del 70% dell'azoto totale (Ciampitti *et al.*, 2013). La concimazione azotata di fondo viene effettuata poco prima della semina per ridurre al minimo il rischio di dilavamento, distribuendo circa il 20% dell'azoto totale. Dall'emergenza all'inizio della levata, periodo in cui è ancora possibile operare con mezzi meccanici, viene distribuito il restante fabbisogno, cercando di frazionarlo in due interventi: il primo ad emergenza avvenuta e il secondo poco prima della levata, localizzando il concime vicino alle piante per favorirne l'assorbimento. Concimazioni azotate tardive hanno effetti solo in condizioni di carenza (Binder *et al.*, 2000).

Il **fosforo** è assorbito in modeste quantità durante l'intero ciclo della coltura e deve essere prontamente disponibile soprattutto nelle fasi iniziali, al fine di garantire un buon sviluppo radicale e vegetativo. Essendo il fosforo scarsamente mobile nella maggior parte dei suoli, con la concimazione di fondo viene distribuita la totalità dei fabbisogni della coltura. L'interramento e, preferibilmente la localizzazione, ne favorisce l'assorbimento soprattutto nelle prime fasi quando le più basse temperature e il ridotto sviluppo radicale possono dare origine a fenomeni di carenza (Rehm 1986).

L'assorbimento del **potassio**, invece, avviene in grandi quantità ed è concentrato prevalentemente durante la fase di levata. Anche in questo caso, il basso rischio di lisciviazione in quasi tutti i tipi di suolo permette di distribuirlo tutto in fase di pre-impianto della coltura.

Questi tassi di assorbimento determinano per il mais da granella dei coefficienti unitari di 22,7 kg di N, 6,9 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,8 kg di K<sub>2</sub>O. (Norme Generali dei DPI della Regione Emilia-Romagna -Cap. Fertilizzazioni). Riferendosi alle rese medie ottenute nella provincia di Ferrara negli ultimi anni di circa 10 t/ha (Indagini congiunturali sulle coltivazioni RER), si può desumere che il fabbisogno nutritivo per la coltivazione di un ettaro di mais ammonti a circa 270 kg di N, 70 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg di K<sub>2</sub>O; come da metodo del bilancio del DPI.

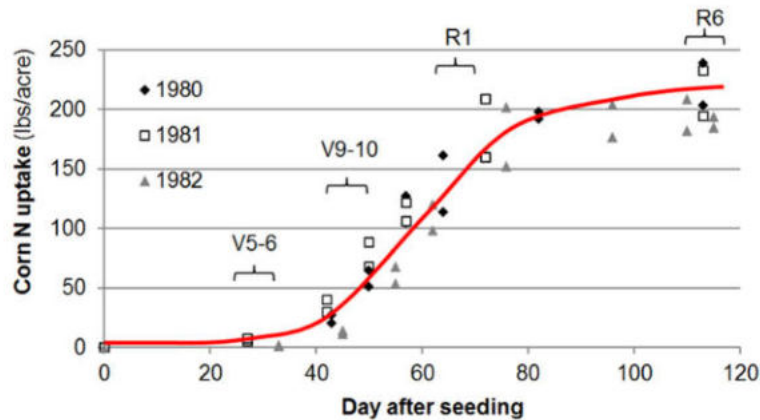


Grafico 3 – Curva di assorbimento dell’azoto nella coltura del mais da granella. (Karlen *et al.*, 1987)

### Pero

La coltura del Pero essendo poliennale, rispetto alle colture affrontate in precedenza, presenta delle differenze legate alla ciclicità annuale e alle fasi di crescita in cui si trova: allevamento, entrata in produzione e piena produzione. La suddivisione fenologica del pero in IRRINET si distingue nelle seguenti fasi:

Descrizione fenofase	Somma Termica (gradi)
gemme in riposo invernale	
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	275
caduta petali: fase piena (> 50%)	284
rapido sviluppo	358
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	454
frutti maturi: inizio fase ( 0-5%)	551
frutti maturi: fase piena (> 50%)	563



## Esigenze nutrizionali

I fabbisogni nutrizionali del Pero e, in generale, di tutte le colture arboree, rispetto alle colture erbacee annuali, non sono di facile determinazione, dipendendo da una serie di fattori come il portinnesto, la forma di allevamento, l'età della pianta e la carica di frutti. Un'ulteriore complicazione è data dalla ciclicità poliennale. La maggior parte dell'**azoto** in un pereto viene impiegato dalla pianta per lo sviluppo dei germogli e per l'accrescimento dei frutti e proprio in coincidenza di queste fasi che avviene l'assorbimento dell'80% dell'azoto totale (Sánchez 2002). Il 40% dell'azoto totale assorbito dalla pianta proviene dalle riserve interne e la maggior parte viene utilizzato prima della fase di "caduta petali" e solo in seguito l'azoto assorbito dalle radici diventa preponderante con un 50% del totale viene assorbito tra marzo e maggio e solo il 10% nel restante periodo (Quartieri *et al.*, 2002). Inoltre, nei moderni pereti viene richiesta una maggiore attenzione alla nutrizione minerale in quanto vengono adottate alte densità di impianto, diventando necessario anticipare l'entrata in produzione, perseguendo obiettivi quanti-qualitativi sempre più elevati.

L'assorbimento del **fosforo** avviene in quantità limitata e concentrato prevalentemente nelle primissime fasi seguenti la ripresa vegetativa. Non essendo soggetto a lisciviazione, perché trattenuto dai colloidali del suolo, può essere somministrato in un'unica soluzione anche alla fine dell'inverno (Tagliavini and Quartieri 2008).

Il **potassio** è insieme al calcio l'elemento che viene assorbito in grandi quantità nel pero ed è determinante per la qualità dei frutti (Tagliavini *et al.*, 2000). Buona parte del potassio assorbito viene asportato con i frutti e accumulato al loro interno rapidamente durante l'ingrossamento. Eccessive disponibilità o distribuzione troppo anticipate possono innescare fenomeni di antagonismo con il calcio e il magnesio peggiorando la conservabilità dei frutti (Sorrenti and Rombolà, 2006).

Pur non disponendo di precisi tassi di assorbimento per il Pero, basandoci sui coefficienti unitari di 3,3 kg di N, 0,6 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,1 kg di K<sub>2</sub>O. (Norme Generali dei DPI della Regione Emilia-Romagna - Cap. Fertilizzazioni) e riferendoci alle rese medie ottenute nella provincia di Ferrara negli ultimi anni di circa 20 t/ha (Indagini congiunturali sulle coltivazioni RER), si può calcolare che il fabbisogno nutritivo per la coltivazione di un ettaro di Pero ammonta a circa 70 kg di N, 15 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg di K<sub>2</sub>O; come da metodo del bilancio del DPI.

## BIBLIOGRAFIA

Binder, D.L., Sander, D.H., Walters, D.T., 2000. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. *Agronomy Journal* 92, 1228–1236.

Ciampitti, I.A., Camberato, J.J., Murrell, S.T., Vyn, T.J., 2013. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal* 105, 783–795.

de C. Carmello, Q.A., Anti G.R., 2006. Accumulation of nutrients and growth of processing tomato. *Acta Horticulturae* 724, 85-90. Elia, A., Conversa, G., 2012. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy* 40, 64-74.

Elia, A., Conversa, G., 2012. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy* 40, 64-74.

Harris 1978, "The Potato Crop. The Scientific Basis for Improvement". Chap 5 - Mineral Nutrition.

Hartz, T.K., Giannini, C., Miyao, E.M., Valencia, J.G., 2002. Divergent transplant production practices produce comparable growth, yield, and quality of processing tomatoes. *HortScience* 37, 296-299.

Hartz, T.K., Bottoms, T.G., 2009. Nitrogen Requirements of Drip-irrigated Processing Tomatoes. *HortScience* 44, 1988-1993.

Hopkins, B., Stark, J., 2010. Potato Nutrition. In: Bohl., W.H., Johnson, S.B., (Eds.). *Commercial Potato Production in North America*. American.

Hopkins, B.G., Ellsworth, J.W., Bowen, T.R., Cook, A.G., Stephens, S.C., Jolley, V.D., Eggett, D., 2010. Phosphorus fertilizer timing for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 33, 529-540.

Hopkins, B.G., Horneck, D.A., MacGuidwin, A.E., 2014. Improving phosphorus use efficiency through potato rhizosphere modification and extension. *American Journal of Potato Research* 91, 161-174.

Karlen, D.L., Sadler, E.J., Camp, C.R., 1987. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. *Agronomy Journal* 79, 649-656.

Kleinschmidt, G.D., 1984. Starter Fertilizer for Optimum Potato Yields. *Proceedings of the University of Idaho Winter Commodities Schools, 1984*.

Lauer, D.A., 1985. Nitrogen uptake patterns of potatoes with high-frequency sprinkler-applied N fertilizer. *Agronomy Journal* 77, 193-197.

Miyao, G., 2002. Fertilizer guidelines for processing tomatoes.

Quartieri M., Millard P., Tagliavini M., 2002. Storage and remobilization of nitrogen by pear (*Pyrus communis* L.) trees as affected by timing of N supply. *Europ. J. of Agr.* 17.

Rehm, G.W., 1986. Effect of phosphorus placement on early growth, yield and phosphorus absorption by irrigated corn. *Journal of Fertilizer Issues* 3(1), 12-17.

Rosen, C., McNearney, M., Bierman, P., 2012. Optimizing potassium management for irrigated potato production: Russet Burbank. Research Report to the Northern Plains Potatao Grower's Association.

Sorrenti G.; Rombolà A.D., 2006 - La fertilizzazione del pero nella frutticoltura sostenibile. ITALUS HORTUS, 13(6), pp. 43 – 50.

Sánchez E.E., 2002. Nitrogen nutrition in pear orchards. ISHS 2002, Acta Hort. 596: 653-657.

Tagliavini M. and M. Quartieri. 2008. I fabbisogni nutrizionali del pero per la definizione del piano di fertilizzazione. Italus Hortus, 15 (6), 131-137.

Tagliavini M., Quartieri M., Rombolà A.D., Zavalloni C., Malaguti D. 2000. Ripartizione degli elementi minerali nei frutti degli alberi decidui. Frutticoltura, (1): 83-87.

Tej, F., P. Benincasa, and M. Guiducci. 2002. Critical nitrogen concentration in processing tomato. Eur. J. Agron. 18:45–55.)

White et al, 2009 - Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. Hortscience vol. 44, 6-11.

## *Prodotti realizzati*

### WebAPI che restituisce la cumulata pioggia in base alla geolocalizzazione e a un intervallo di date

La chiamata WebAPI SumRainOfPoint (vedi documentazione in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) richiede in ingresso la localizzazione di un punto coperto dal servizio IrriNet (di seguito chiamato IN) ed un intervallo di date e restituisce la sommatoria della pioggia nel periodo richiesto. Viene utilizzato nei calcoli fertirrigui.

### Recupero della ricetta irrigua da FIN (modulo fertirriguo)

Chiamata al modulo fertirriguo con i dati e parametri necessari al calcolo e memorizzazione nel DB IN dei dati della ricetta irrigua ottenuta.

Al caricamento della dashboard viene valutato il campo plot.DataUpdInfoFert (vedi 0) dei plot utente. Se questo è nullo significa che non ha inserito le informazioni per il calcolo fertirriguo e quindi non viene chiamato FIN. Se contiene una data valida la si confronta con FertiRecipe.LastUpdate (data di aggiornamento della ricetta fertirrigua. Vedi 0). Se FertiRecipe.LastUpdate è nulla allora la ricetta ancora non esiste per quella CHU oppure è precedente a plot.DataUpdInfoFert (la ricetta necessita di un aggiornamento) si opera la chiamata che aggiorna la ricetta esistente per quella CHU o la inserisce se ancora non esiste.

In entrambi i casi il campo FertiRecipe.LastUpdate viene aggiornato con la data e ora della chiamata.

### Estensione entità di IN per i dati necessari a FIN

Modifica al DB IN per memorizzare le informazioni necessarie alla chiamata di FIN. Queste nuove informazioni sono le seguenti:

#### Tabella Plot

Ntot\_gKg

K2O\_ppm

P2O5\_ppm

SO

CN

Mg\_ppm

CSC

Caco3

CaicAtt\_perc

Ph

DisponibilitaOssigeno\_Cod

Ubicazione\_Cod

FissazioneN\_Perc

IsInsideZvn

#### Tabella CropHistoryUnit

FaseCicloColturale\_Cod

FertilizzanteOrganico\_Tipo

FertilizzanteOrganico\_Frequenza

FertilizzanteOrganico\_Qta

ColturaProtetta

Resa

PrecessioneSpecie\_Cod

Finalita\_Cod

### Gestione Dati Chimici del suolo nell'interfaccia Web

I principali dati chimici del suolo sono gestiti a livello di appezzamento e di coltura ed è gestito sia l'INSERT che l'UPDATE.

La comparsa o meno della sezione relativa ai dati chimici del suolo (vedi Figura 1) è controllata da un campo booleano (si/no) presente in InfoProvider [IsFertiInfoON] quindi può essere attivata o meno a livello di singolo consorzio.

L'interfaccia di modifica è mostrata in Figura 2, i dati di Fosforo e Potassio possono essere inseriti sia come elemento (P, K) che come molecola (K2O, P2O5) selezionando l'opzione dal menù a discesa. Se vengono inseriti come elemento

il sistema li converte sempre in molecole P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O e quindi in fase di editing del dato saranno visualizzati sempre come molecole e non come elemento perchè il motore di calcolo li utilizza in questa forma.

Il rapporto C/N viene calcolato automaticamente dal sistema in base a sostanza organica e azoto attraverso la formula:  $\frac{\text{C}}{\text{N}}$  Notate

Il flag **Appezzamento in zona vulnerabile** consente la gestione delle quantità di fertilizzanti consentiti (vedi Figura 10 Dettaglio informazioni fertirrigue in zona vulnerabile)

)



Figura 1: menù appezzamento da cui si accede alla sezione fertirrigua

#### Appezzamento 48740 - Pomodoro FCP > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg	<input type="text" value="0,75"/>
Potassio ppm <input type="text" value="K2o"/>	<input type="text" value="154,2"/> <input type="button" value="Converti"/>
Fosforo ppm <input type="text" value="P2o5"/>	<input type="text" value="18,33"/> <input type="button" value="Converti"/>
Sostanza organica %	<input type="text" value="1,14"/>
Rapporto C/N	<input type="text" value="8,82"/>
Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto	
Magnesio ppm	<input type="text" value="89"/>
Capacità di scambio cationico	<input type="text" value="11,68"/>
Calcare totale %	<input type="text" value="13,4"/>
Calcare attivo %	<input type="text" value="2"/>
Ph	<input type="text" value="7,7"/>
Disponibilità di ossigeno	<input type="text" value="Moderata"/>
Ubicazione	<input type="text" value="Pianura isolata"/>
% di azoto fissazione	<input type="text" value="0"/>
Appezzamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>

Figura 2: sezione fertirrigua nella interfaccia appezzamento

Tipo di coltura	PATATA
Ciclo	Unico ▼
Descrizione	Fertirinet Goccia
Data inizio ciclo della fase semina/trapianto	26/03/2018
Data di raccolta	01/07/2018
Coltura protetta	<input type="checkbox"/>
Coltura creata il	20/02/2018 16:04:51

**Dati della coltura per la fertilizzazione**

Finalità produttiva	Produzione ▼
Fase ciclo colturale	Primaverile-estiva 100-130 gg ▼
Tipo fertilizzante organico	Nessuno ▼
Frequenza fertilizzante organico	saltuario ▼
Quantità fertilizzante organico Kg/ha	0
Resa t/ha	55
Tipologia colturale precedente	Cereale autunno-vern. Paglia asportata ▼

**Salva**

**Figura 3: sezione fertirrigua nella interfaccia coltura**

### Estensione WBPARG\_CropType con codice GIAS

Alla tabella che contiene le codifiche della colture IN è stata aggiunta la codifica della stessa coltura secondo i disciplinari di concimazione gestite dal modulo FIN (vedi 0). Il nuovo campo si chiama VegCodGIAS

### DataUpdInfoFerti: Criterio di validità per calcolare la ricetta fertirrigua

Il criterio di validità risponde a due requisiti

- sapere se una CHUNIT ha i dati per poter calcolare la ricetta fertirrigua: se una CHU non ha i dati necessari può essere che non è fertirrigua (non li avrà mai) oppure che è in fase di completamento da parte dell'utente. Se non ha i dati la chiamata al modulo FIN NON viene effettuata
- sapere se la ricetta fertirrigua va calcolata/ricalcolata : per evitare chiamate inutili al modulo FIN si valuta se la data delle modifiche è successiva alla data update della ricetta FI che viene calcolata/ricalcolata solo o se non è presente (calcolo) o se è presente ma precedente alla data di modifica delle informazioni (ricalcolo)

Questo criterio viene implementato tramite un algoritmo di verifica i cui risultati sono salvati in un campo di PLOT denominato Plot.DataUpdInfoFerti come campo di tipo Data.

L'algoritmo di verifica viene scatenato ad ogni salvataggio (new/edit) sia di Plot che di Chunit ed ha la seguente struttura:

1. verifica che tutti i campi obbligatori per la chiamata a FIN siano completi sia in CHU che in Plot
2. se i dati NON SONO completi restituisce NULL
3. se i dati SONO completi restituisce TODAY (data corrente di sistema)

### Memorizzazione della ricetta fertirrigua in IN.

E' stata creata nel DB IN una nuova tabella denominata FertiRecipe con la seguente struttura:

```

Id_CHUnit
LastUpdate
N_Ammesso
P_Ammesso
K_Ammesso
Limite_Mas
    
```



## Registro fertilizzazioni

Nel menu appezzamento è stato aggiunto un link al registro fertirriguo (vedi Figura 4) che per prima cosa mostra la lista delle fertirrigazioni effettuate con i totali (vedi Figura 5).

Il registro, come gli altri, ha le funzionalità di nuova registrazione, modifica, cancellazione

Il registro è mappato sulla tabella FertirriG che è stata aggiunta al DB IN ed ha la seguente struttura:

Id\_CHUnit  
Data  
TitoloN  
TitoloP  
TitoloK  
DoseKg  
LastUpdate  
UserUpdate

L'inserimento di una nuova fertirrigazione ha diverse modalità:

### 1. modalità "ho fertirrigato"

Se alla pagina nuova fertirrigazione (vedi Figura 6) si arriva dal link "ho fertirrigato" posto nella dashboard vi è associato anche una indicazione relativa a N P K (non è detto siano presenti tutti e tre i valori)

In questo caso

A. i campi NPK sono già riempiti con i valori da inserire (modificabili)

B. Il sistema verifica dinamicamente i valori dei titoli inseriti, abilitando o disabilitando il pulsante "Salva ed Inserisci" nel caso il titolo inserito non copra tutta la necessità dell'elemento che ha il maggior titolo. Questo avviene in modo iterativo fino a che non si raggiunge o supera la dose indicata per l'elemento che presenta il maggior titolo.

C. Viene mostrata una tabella riassuntiva delle dosi somministrate e da somministrare.

### 2. modalità "autonoma"

L'utente accede alla pagina liberamente dal menù plot in questo caso le indicazioni non ci sono e i dati sono tutti inseriti dall'utente.

L'utente può inserire più interventi fertirrigui nello stesso giorno quindi non è presente l'indice di chiave duplicata data+id\_CHU presente invece negli altri registri.



## Appezzamento 6. PATATA - Patata Fertirrinet Goccia (Distretto alla domanda) - IdPlot 45114

[< Torna al Cruscotto Irriguo](#)  
[Dettaglio irriguo >](#)  
[Dettaglio nutritivo >](#)  
[Compilazione guidata dati di base >](#)

### MENU' RIEPILOGO DATI CAMPO IRRIGUO (APPEZZAMENTO)

#### Dati di base

Questa sezione riguarda i dati di base da compilare al momento della registrazione di un nuovo appezzamento e della relativa coltura che sono comunque sempre modificabili

Il marker  indica che mancano dei dati necessari al calcolo del consiglio irriguo. Perché sia possibile effettuare il calcolo irriguo tutti i marker devono essere 

#### Appezzamento

Descrizione >	Testo descrittivo dell'appezzamento, superficie ed eventuale riferimento catastale	
Geolocalizzazione e dati catastali >	Coordinate geografiche che determinano la posizione dell'appezzamento, necessarie per assegnare automaticamente il Consorzio, la stazione meteo, etc..	
Impianto irriguo >	Tipologia e caratteristiche dell'impianto irriguo con cui è servito l'appezzamento.	
Contesto ambientale >	Stazione meteorologica, falda e dati del suolo	
Dati economici >	Dati economici (facoltativi) necessari alla valutazione economica del consiglio irriguo	
Dati chimici del suolo >	Dati chimici del suolo (facoltativi) necessari al calcolo del piano di fertilizzazione	

#### Coltura

[Creare sull'appezzamento una nuova coltura](#)

#### Registro informazioni

Questa sezione permette di salvare e modificare i dati relativi agli eventi della presente stagione irrigua

Irrigazioni >	Interventi irrigui effettuati sulla coltura attiva
Nessun pluviometro associato all'appezzamento	La stazione meteo locale/pluviometro è necessaria se si desidera comunicare piogge locali in sostituzione di quelle della stazione meteo di riferimento Per associare una stazione meteo locale a questo appezzamento modificare il <a href="#">Contesto ambientale</a> dell'appezzamento Se non si è già creata una stazione meteo locale è prima necessario andare alla <a href="#">Lista stazioni meteo locali</a> e crearne uno.
Falda >	Profondità di falda
Umidità >	Valore di umidità misurata o stimata in un determinato giorno della stagione irrigua
Fertilizzazioni >	Interventi fertilizzanti (NPK) effettuati sulla coltura attiva

#### ELIMINA appezzamento >

L'eliminazione dell'appezzamento comporta la perdita irreversibile di tutti i dati eventualmente associati compresi quelli storici. Cliccando su questo link comparirà la lista dei dati che saranno eliminati in caso di conferma.

**Figura 4 Accesso al registro fertirriguo da menù appezzamento**

**Coltura 6. PATATA > REGISTRO FERTILIZZAZIONI**

Data start: 26/03/2018  
 Impianto irriguo: Impianto a goccia generico  
 Sesto erogatori: 0,3 mt x 0,75 mt - Portata erogatore: 1,6 lt/h - Portata impianto: 7,111 mm/h  
 Superficie appezzamento m<sup>2</sup>: 1290

Fertilizzazioni effettuate

Tot. dose N kg/ha	Tot. dose P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Tot. dose K <sub>2</sub> O kg/ha
218,3	82,5	161,6

Data	Titolo N	Titolo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Titolo K <sub>2</sub> O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Dose K <sub>2</sub> O kg/ha	Data ricezione	Nome prodotto	User	
13/06/2018	34,2	0	0	0,6	1,7	0,0	0,0	12/06/2018	Amnitra		Modifica Elimina
11/06/2018	34,2	0	0	1,9	5,0	0,0	0,0	11/06/2018	Amnitra	solimando	Modifica Elimina
07/06/2018	34,2	0	0	1,9	5,0	0,0	0,0	07/06/2018	Amnitra		Modifica Elimina
29/05/2018	3	0	30	0,3	0,1	0,0	0,7	24/05/2018	Potassio 30		Modifica Elimina
29/05/2018	34,2	0	0	1,5	4,0	0,0	0,0	24/05/2018	Amnitra		Modifica Elimina
26/05/2018	34,2	0	0	3,8	10,1	0,0	0,0	24/05/2018	Amnitra		Modifica Elimina

**Figura 5 Lista fertirrigazioni**

**Coltura PATATA > REGISTRO FERTILIZZAZIONI > NUOVA**

Superficie m<sup>2</sup>: 945  
 Data somministrazione: 25/06/2018  
 Titolo N:   
 Titolo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:   
 Titolo K<sub>2</sub>O:   
 Dose distribuita Kg:   
 Nome prodotto:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Consiglio di fertilizzazione (Kg/superficie)	0,2	0,0	0,2
Dosi rimanenti (Kg/superficie)	0,2	0,0	0,2

Salva      Salva e inserisci

**Figura 6 Inserimento/Modifica dei dati fertirrigui**

**Estensione di WBPARG\_Phenofase con parametri fertirrigui**

Per ogni riga della tabella fenofasi vengono inserite le soglie superiori e inferiori per i tre elementi. Per evitare confusione con le soglie del bilancio idrico la soglia superiore viene chiamata "intervento" (soglia è sottintesa) e la soglia inferiore "riserva".

I nuovi campi inseriti in tabella fenofasi sono i seguenti:

- FabbisognoNperc
- InterventoNKgh
- RiservaNperc
- FabbisognoPperc
- InterventoPKgh

RiservaPperc  
 FabbisognoKperc  
 InterventoKKgh  
 RiservaKperc

## Estensione di FARM con scelta del vincolo

In tabella Farm è stato aggiunto un campo (Farm.adesione) che indica l'adesione a un qualche vincolo tipo PSR o schemi di qualità, disciplinari etc.. Il campo è gestito nella interfaccia Web della azienda (vedi Figura 7).

Questo campo potrà essere utilizzato anche in contesti diversi dalla fertilizzazione.

Proprio perché questo campo può determinare comportamenti a valle molto diversi (dati obbligatori, soglie di volumi massimi irrigui, dati bloccati etc..) per ora è un semplice enumerativo scritto nel codice che avrà poi un determinato comportamento nell'ambito dell'applicativo. Per cui nella figura 7 viene mostrata la pagina con questo campo visualizzato, ma dato che al momento, non esistono funzionalità gestite che dipendono da questa informazione, si è deciso di non renderlo visibile nella versione attuale.

Figura 7 Scelta vincoli/disciplinari in Farm

## Presentazione delle informazioni fertirrigue: testo e grafico

Nella dashboard per ogni coltura vengono visualizzati i consigli di fertilizzazione con la data della prossima fertilizzazione prevista ed i valori consigliati per ogni elemento. Cliccando sul link “Dettaglio nutritivo” vengono mostrati i dati del dettaglio nutritivo (fig.9,10 e 11). Mediante il link “Ho fertilizzato” si viene rimandati alla pagina di inserimento delle fertilizzazioni (vedi Registro fertilizzazioni) dove è possibile inserire le dosi consigliate o modificarle. Il check box sotto al valore di K2O indica se si tratta di forzatura fertirrigua o meno.

Cliccando sul link “Dettaglio nutritivo” si viene inviati alla pagina del dettaglio delle fertilizzazioni (fig. 9).

9	<b>PATATA</b>	Patata FCP	4,55	Oggi	13,2	3:57	<a href="#">Dettaglio &gt;</a>	<a href="#">Ho irrigato &gt;</a> <a href="#">Consiglio economico &gt;</a>
Prossima fertilizzazione (kg/superficie)		25/06/2018	0,22 N	0 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16 K <sub>2</sub> O	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Dettaglio nutritivo &gt;</a>	<a href="#">Ho fertilizzato &gt;</a>

Figura 8 Informazioni fertirrigue nella dashboard

Nella sezione consiglio di fertilizzazione i dati sono mostrati in forma tabellare suddivisa in due parti: il bilancio nutritivo con i fabbisogni, le fertilizzazioni effettuate e quelle ancora da effettuare per ogni elemento. I fabbisogni derivano dal calcolo del modulo fertirriguo (vedi), quelle effettuate derivano dalla somma di tutte le fertilizzazioni (tabella FertirriG) e quelle da effettuare sono date dalla loro differenza. In caso di aree vulnerabili ai nitrati i valori di azoto sono limitati in base al MAS per quella determinata coltura e viene mostrato un messaggio apposito (fig.10).

Sulla base dei fabbisogni applicando l'algoritmo di distribuzione frazionata (vedi sotto) sono mostrati i risultati del consiglio nella rispettiva tabella, con la data prevista per la prossima fertilizzazione, i consumi giornalieri e gli apporti da distribuire per ogni elemento. Viene poi mostrato un flag che segnala se in base all'algoritmo di distribuzione frazionata si è in fase di forzatura oppure no.


Nella sezione dei grafici (fig. 11) sono riportati i valori giornalieri delle soglie superiore (linea rossa) inferiore (linea blu) e del valore stimato dall'algoritmo presente nel suolo ad una determinata data (linea verde) per ogni elemento. I valori delle soglie sono calcolati in base ai parametri presenti nella tabella WBPAR\_CropPhenophase per una determinata fase fenologica della pianta.

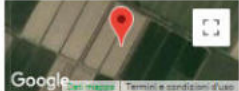

INFORMAZIONI NUTRITIVE « Torna al Cruscotto Irriguo  
Registro fertilizzazioni »

Appezamento 9 - PATATA Patata FCP  
CONSORZIO BONIFICA RENANA - Distretto LO - UNICO - Alla domanda

**Dati colturali** Modifica >

Data start: 06/04/2018  
Impianto irriguo: Impianto a goccia generico Sesto erogatori: 0,3mtr x 0,8mtr Portata erogatore: 0,8lt/h Portata impianto: 3,3m<sup>3</sup>/h

Stazione meteo 1539 S.GIOVANNI IN TRIARIO  Vedi dati >

 Stampa questa pagina 

---

**Consiglio di fertilizzazione**

Bilancio nutritivo (kg/ha)				Consiglio di fertilizzazione	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
Fabbisogno annuale	218,0	82,5	243,5	Data prevista per la fertilizzazione	25/06/2018
Fertilizzazioni effettuate	-217,8	92,9	-243,3	Consumo giornaliero (kg/ha)	0,83 N
Fertilizzazioni da effettuare	0,2	-10,4	0,2		1,85 K <sub>2</sub> O
				Apporti nutritivi da distribuire (kg/superficie)	0,22 N
					0 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
					0,16 K <sub>2</sub> O
				Numero di giorni previsti per la fertilizzazione successiva	0
				Forzatura fertirrigua	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 9 Dettaglio informazioni fertirrigue

**Consiglio di fertilizzazione**

**Bilancio nutritivo (kg/ha)**

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	60,0	19,8	112,3
Fertilizzazioni effettuate	43,4	0,0	57,5
Fertilizzazioni da effettuare	16,6	19,8	54,8
MAS	120,0		
Zona vulnerabile ai nitrati	<input checked="" type="checkbox"/>		

Appezamento in zona vulnerabile ai nitrati: il limite di massima applicazione per questa coltura è pari a [120] Kg di N ad ha e può essere superato solo se è possibile documentare una resa superiore a [30] q/ha

Figura 10 Dettaglio informazioni fertirrigue in zona vulnerabile

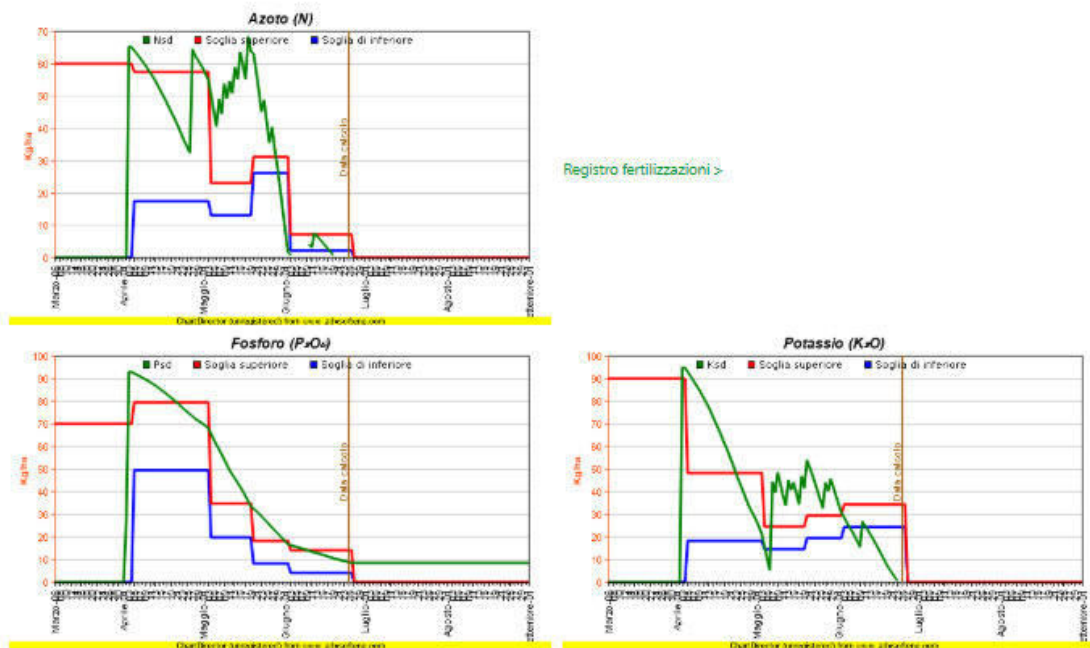


Figura 11 Dettaglio grafici informazioni fertirrigue

### Stampa fertirrigazioni

L'accesso avviene dallo storico coltura come per la stampa irrigua e il layout della stampa può essere differenziato a livello di consorzio.



## Storico delle colture su appezzamento 9 Patata FCP

- **PATATA - Ciclo Unico - Data start 06/04/2018**  
creata il 04/04/2018 16:57:57
- [Vedi dettaglio >](#)
- [Stampa irrigazioni >](#)
- [Stampa fertilizzazioni >](#)

Figura 10 Accesso alla stampa fertirrigua



Data di stampa 02/02/2019 14:17:46

**Utente**

1649 solimando domenico Email: solimando@consorzioer.it Cellulare: 3358735866

**Azienda**

FCP Email: - Cellulare: -  
CUAA: - P.IVA: -

**Appezamento**

9 (IdPlot: 116568) Superficie:0,09 haPatata FCP

**Zona di vulnerabilità ai nitrati** No

**Piano di fertilizzazione redatto/modificato** 07/05/2018

**Coltura**

PATATA (IdChUnit: 130445) Patata FCP Data start: 06/04/2018 Creata il 04/04/2018

**Resa attesa** 55,0 t/Ha

**Lista fertirrigazioni**

Data fertilizzazione	Titolo N	Titolo P2O5	Titolo K2O	Dose Kg	Dose N Kg/ha	Dose P2O5 Kg/ha	Dose K2O Kg/ha	Nome prodotto	Data Registrazione	Utente della registrazione
<b>Apporto ammesso col bilancio</b>					218,0	82,5	243,5			
03/04/2018	0	46	0	5,70	0,0	27,7	0,0		09/04/2018	
04/04/2018	11	11	16	56,00	65,2	65,2	94,8		09/04/2018	
28/04/2018	27	0	0	11,80	33,7	0,0	0,0		23/04/2018	
08/05/2018	13	0	46	9,00	12,4	0,0	43,8		07/05/2018	
10/05/2018	13	0	46	2,90	4,0	0,0	14,1		09/05/2018	1649 DOMENICO SOLIMANDO (solimando@consorzioer.it)
10/05/2018	34	0	0	2,76	10,0	0,0	0,0	Amnitra	09/05/2018	1649 DOMENICO SOLIMANDO (solimando@consorzioer.it)

Figura 11 Esempio di stampa fertirrigua

## Modulo fertirriguo FIN

Lo sviluppo ha portato alla realizzazione di un nuovo modulo software funzionale (FIN) di tipo web-application che si integra con IN. Il modulo, tramite l'implementazione di opportuni algoritmi e delle basi dati di parametri colturali specifici, permette la generazione della ricetta o consiglio di fertilizzazione oppure di fertirrigazione se abbinato a IN, beneficiando della base di dati utente già impostata su IN (vedi 0).

In particolare FIN presenta le seguenti caratteristiche funzionali:

- Calcolo in uso per i disciplinari di produzione integrata con l'indicazione delle dosi massime ammissibili di N-P-K
- Algoritmo avanzato per la distribuzione frazionata del concime in fertirrigazione che utilizza curve di sviluppo colturali di assorbimento
- Algoritmo di calcolo che segnali eventuali superamenti del vincolo di disciplinare legato all'ammontare complessivo di concime da distribuire
- Output informativo (ricetta fertirrigua) memorizzabile dentro il DB IN (vedi 0), in modo che l'utente possa visualizzare l'ultima ricetta acquisita e che questa sia utilizzata in modo integrato con il calcolo del bilancio idrico
- Compatibilità con la normativa che gestisce le operazioni colturali previste nelle misure 10.1 e 10.2 dei PSR

Sfruttando la base di conoscenza sperimentale e scientifica consolidata, è stato elaborato un algoritmo che consente di formulare una vera e propria ricetta di fertilizzazione e/o di fertirrigazione.

Si indicano di seguito i diversi parametri e le variabili utilizzate dall'algoritmo (entità in gioco):

### CONCIMAZIONE AZOTATA

Concimazione azotata delle colture erbacee e pluriennali in produzione

Per calcolare gli apporti di azoto da somministrare alla coltura, si applica la seguente relazione:

**Concimazione azotata (N) = fabbisogni colturali (A) – apporti derivanti dalla fertilità del suolo (B) + perdite per lisciviazione (C) + perdite per immobilizzazione e dispersione (D) - azoto da residui della coltura in precessione (E) - azoto da fertilizzazioni organiche effettuate negli anni precedenti (F) – apporti naturali (G).**

A) Fabbisogni colturali (kg/ha) (resa prevista ed attese dall'utente operatore dell'appezzamento oggetto di ricetta);

B) Apporti di azoto derivanti dalla fertilità del suolo (kg/ha) (stato attuale del terreno in N come da analisi inserita/archiviata da utente);

- C) Perdite per lisciviazione (vedi piovosità del periodo lettura dati meteo quadrante);  
 D) Perdite per immobilizzazione e dispersione (vedi parametri tessitura terreno /analisi appezzamento);  
 E) Azoto da residui della coltura in precessione (parametri colturali come da tabelle archiviate);  
 F) Azoto da fertilizzazioni organiche effettuate negli anni precedenti (come da parametri tabellari e vincoli normative MAS e direttiva nitrati);  
 G) Azoto da apporti naturali (residui colturali da precessioni interramenti, ecc. come da dati di input utente e parametri tabellari);

#### EFFICIENZA DELL'AZOTO APPORTATO COI FERTILIZZANTI

- Efficienza dei concimi di sintesi
- Efficienza degli effluenti zootecnici
- Gruppo colturale e ciclo Modalità di distribuzione in relazione alla coltura e all'epoca efficienza
- Efficienza degli ammendanti organici

#### CONCIMAZIONE FOSFATICA

*Colture erbacee annuali e pluriennali e colture arboree in produzione*

**Concimazione fosfatica = fabbisogni colturali (A) +/- [apporti derivanti dalla fertilità del suolo (B) x immobilizzazione (C)]**

- 1) *Fabbisogni colturali (A) (kg/ha)* I fabbisogni colturali tengono conto della necessità di fosforo della coltura, determinato sulla base delle asportazioni colturali unitarie e della produzione attesa, secondo quanto di seguito indicato;  
 A = asportazione colturale unitaria x produzione attesa
- 2) *Apporti di fosforo derivanti dalla fertilità del suolo (B) (kg/ha)* Sono stimate sulla base della griglia delle dotazioni di P assimilabile (ppm)
- 3) *Immobilizzazione (C)* Il fattore di immobilizzazione (C) tiene conto della quantità di fosforo che viene resa indisponibile ad opera di processi chimico fisici, qualora si debba procedere ad una concimazione di arricchimento.

#### CONCIMAZIONE POTASSICA

*Colture erbacee annuali e pluriennali e colture arboree in produzione*

Per calcolare gli apporti di potassio da somministrare alla coltura, si applica la seguente relazione:

**Concimazione potassica = fabbisogni colturali (E) + [apporti derivanti dalla fertilità del suolo (F) x immobilizzazione (G)] + lisciviazione (H)**

- 1) *Fabbisogni colturali (E) (kg/ha)* I fabbisogni colturali tengono conto della necessità di potassio della coltura, determinato sulla base degli assorbimenti colturali unitari e della produzione attesa, secondo quanto di seguito indicato:  
 A = asportazione colturale unitaria x produzione attesa  
 Per asportazione colturale si intende la quantità di potassio assorbita dalla pianta e che esce dal sistema suolo pianta con la raccolta dei prodotti.
- 2) *Disponibilità di potassio derivanti dalla fertilità del suolo (F) (kg/ha)* Sono stimate sulla base della griglia delle dotazioni di K scambiabile (ppm) ;
- 3) *Immobilizzazione (G)*
- 4) *Lisciviazione (H)* L'entità delle perdite per lisciviazione (kg/ha).

#### Requisiti Web API di integrazione e Interfaccia utente

Sviluppando il sistema proposto con concetti abbastanza standard ma evoluti e cioè separando nettamente il livello dati, il livello di accesso ai dati e quello della GUI (web interfacce) e/o WEB API renderà possibile in futuro riutilizzare il DSS FIN anche disgiuntamente da IN o comunque di poter interoperare anche con altri sistemi informativi e DSS di terze parti in quanto dotato di proprie logiche ed interfacce di gestione.

Ovviamente i due contesti dovranno condividere l'autenticazione utente, i certificati o token di accesso alle Web API in modo da evitare utilizzi indesiderati e non certificati delle API e delle risorse di calcolo.

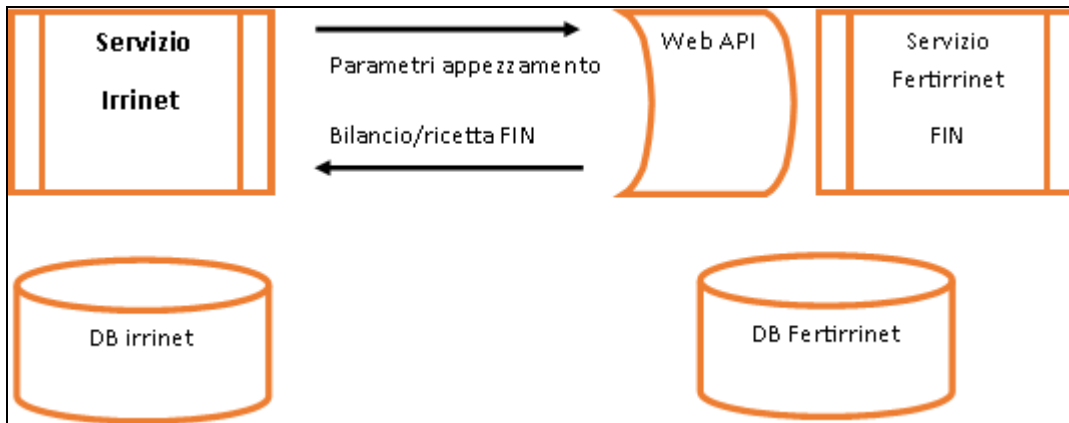


Figura 12 Schema funzionale della Web API di FIN

## Consiglio fertirriguo e forzatura

E' stato implementato, come da specifiche del committente, l'algoritmo di distribuzione frazionata sotto riportato solo per l'azoto, che è stato applicato anche agli elementi fosforo e potassio, dando luogo al consiglio di fertilizzazione (vedi).

## Routine di calcolo (caso azoto):

- **Determinazione del fabbisogno di Azoto (espresso in kg/ha)**
  - $N_d$  - Determinazione del fabbisogno giornaliero di azoto  $N_d = N_{tot} \cdot N_{ff\%} \cdot GDD_d / GDD_{ff}$   
dove:
    - Fabbisogno di azoto totale ( $N_{tot}$ ): proviene da applicativo RER;
    - Fabbisogno % di azoto per fase fenologica  $N_{ff\%}$ : proviene da DB IF;
    - $GDD_d$  gradi giorno del giorno d: calcolato da IF
    - $GDD_{ff}$  gradi giorno complessivi per fenofase: proviene da DB IF
  - **Bilancio giornaliero (espresso in kg/ha)**
    - Azoto nel suolo  $N_{sd} = N_{sd-1} - N_d + N_{fert}$ 
      - $N_{sd}$  = N nel suolo al giorno d
      - $N_d$  = assorbimento di azoto da parte delle coltura al giorno d
      - $N_{fert}$  = N applicato al suolo con concime: inserimento utente

Quando  $N_{sd-1}$  si riferisce alla Fase 1 (pre-semina/trapianto) sarà uguale a  $N_{fert}$

- **Calcolo delle soglie di intervento:**
  - Soglia inferiore ( $N_{inf}$ ):  $N_{tot} \cdot N_{ff\%} \cdot N_{a\%}$ 
    - $N_{a\%}$ : parametro da DB
  - Soglia superiore:  $N_{sup} = N_{inf} + N_{imp}$ 
    - $N_{imp}$ : parametro da DB (espresso in kg/ha)
- **Calcolo della dose da distribuire (espresso in kg/ha)**

Il calcolo della dose di fertilizzante da distribuire deve iniziare quando  $N_{sd} < N_{sup}$

- Start del consiglio fertirriguo:  $N_{sd} < N_{sup}$
- La dose consigliata è vera se  $\sum N_{fert} \leq N_{tot}$ .



Il calcolo della dose di fertilizzante da distribuire deve terminare quando  $\sum N_{fert} \geq N_{tot}$ .

- Stop del consiglio fertirriguo:  $\sum N_{fert} \geq N_{tot}$ .

L'ultimo intervento fertilizzante deve portare al 100% l' $N_{tot}$

- Se  $N_{residua} < N_{fert}$  allora  $N_{residua}$
- $N_{residua} = \text{Max}(0, N_{tot} - \sum N_{fert}^i)$
- **se  $(N_{tot} - \sum N_{fert}) > N_{sup} - N_{sd}$  o  $> N_d \times \text{turno}$  allora  $N_{fert} = N_{tot} - \sum N_{fert}$** 
  - **$N_{residua}$** : ultima dose di fertilizzante da distribuire

**La dose consigliata  $N_{fert}$ :**

Le fertilizzazioni devono essere sincronizzate con le irrigazioni. Il giorno in cui viene consigliata l'irrigazione (iesima) la dose verrà calcolata come segue:

- $N_{fert}^i = N_{sup} - N_{sd}$

Allo stesso giorno in cui viene consigliata l'irrigazione/fertirrigazione sarà calcolata anche la dose di N da distribuire per coprire il fabbisogno complessivo dal giorno previsto dell'irrigazione (iesima) fino a quello dell'irrigazione futura (iesima+1):

- **$N_{fert}^{i+1} = N_d \times \text{turno}$** 
  - dove turno = giorni che trascorrono dalla data di irrigazione a quella dell'irrigazione futura (intervallo di tempo calcolato da IF)
  - i fabbisogni giornalieri  $N_d$  non sono costanti e devono essere calcolati per tutti i giorni intercorrenti la prossima irrigazione (turno) a partire dai dati meteo storici.

Nel caso in cui alla data dell'irrigazione futura (iesima+1)  $N_{sd} < N_{inf}$  è necessario fertirrigare con maggiori restituzioni:

- **se  $(N_{sd} - N_d \times \text{turno}) < N_{inf}$  allora:**
- **$N_{fert}^{i+1} > N_{fert}^i$  e  $N_{fert}^i$  assume lo stesso valore di  $N_{fert}^{i+1}$**

La dose da distribuire non deve mai essere superiore alla differenza tra le due soglie

- Se  $N_{fert}^i$  o  $N_{fert}^{i+1} > N_{sup} - N_{inf}$  allora  $N_{fert} = N_{sup} - N_{inf}$

Il medesimo calcolo futuro deve essere effettuato in parallelo anche per il fosforo e per il potassio.

## RELAZIONE TECNICA FINALE Azione 3.3

### DOMANDA DI SOSTEGNO 5005233 - FERT-IRRINET

#### ATTIVITA' SVOLTE

Per la taratura e validazione dell'applicativo FERT-IRRINET, prevista in questa attività, sono state messe a confronto in campo due modalità di fertilizzazione: una tradizionale e una fertirrigua; distribuendo per entrambe una parte del concime in fase di pre-impianto della coltura. La restante parte, nella tesi fertilizzata in maniera tradizionale, è stata distribuita con spandiconcime e/o localizzato con la seminatrice/sarchiatrice a seconda della coltura e, a parità di dosi complessive, nelle tesi fertirrigate, frazionata in più interventi mediante fertirrigazione. Quest'ultima tecnica è stata testata sia con impianti di irrigazione ad aspersione che a micro-portata, distribuendo prevalentemente la frazione azotata e somministrando la maggior parte dei fabbisogni di fosforo e potassio in modo tradizionale. Sono state condotte prove sperimentali su Patata comune, Pomodoro da industria, Mais da granella e Pero (Abate Fetel/MH). Le prove sperimentali sono state replicate per due anni consecutivi, nel 2017 e nel 2018, presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili", sita nel comune di Mezzolara di Budrio. Nel secondo anno di prova, con l'obiettivo di validare l'applicativo su scala territoriale, sono state registrate al servizio FERT-IRRINET le aziende agricole associate alle OP coinvolte nel GO ed esaminato come queste gestivano la nutrizione delle colture interessate dal progetto.

### **1. Patata comune**

#### **Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2017-2018**

Per la coltura della Patata comune sono state messe a confronto tre strategie di fertilizzazione: concimazione tradizionale, fertirrigazione ad aspersione e fertirrigazione a micro-portata. La prova è stata effettuata ogni anno in un unico appezzamento di circa 4500 m<sup>2</sup> suddiviso in nove parcelle: tre strategie x tre repliche, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all'impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 500 m<sup>2</sup>, delimitandole mediante corridoi sia trasversali che longitudinali al campo in prova. La piantagione della patata è avvenuta il primo anno in data 6 marzo 2017 e il secondo anno in data 26 marzo 2018, impiegando sempre la stessa cultivar di tubero seme "Primura", con un sesto di impianto di 0,8 m fra le file e 0,23 m sulla fila e con una densità teorica di 54348 tuberi per ettaro.

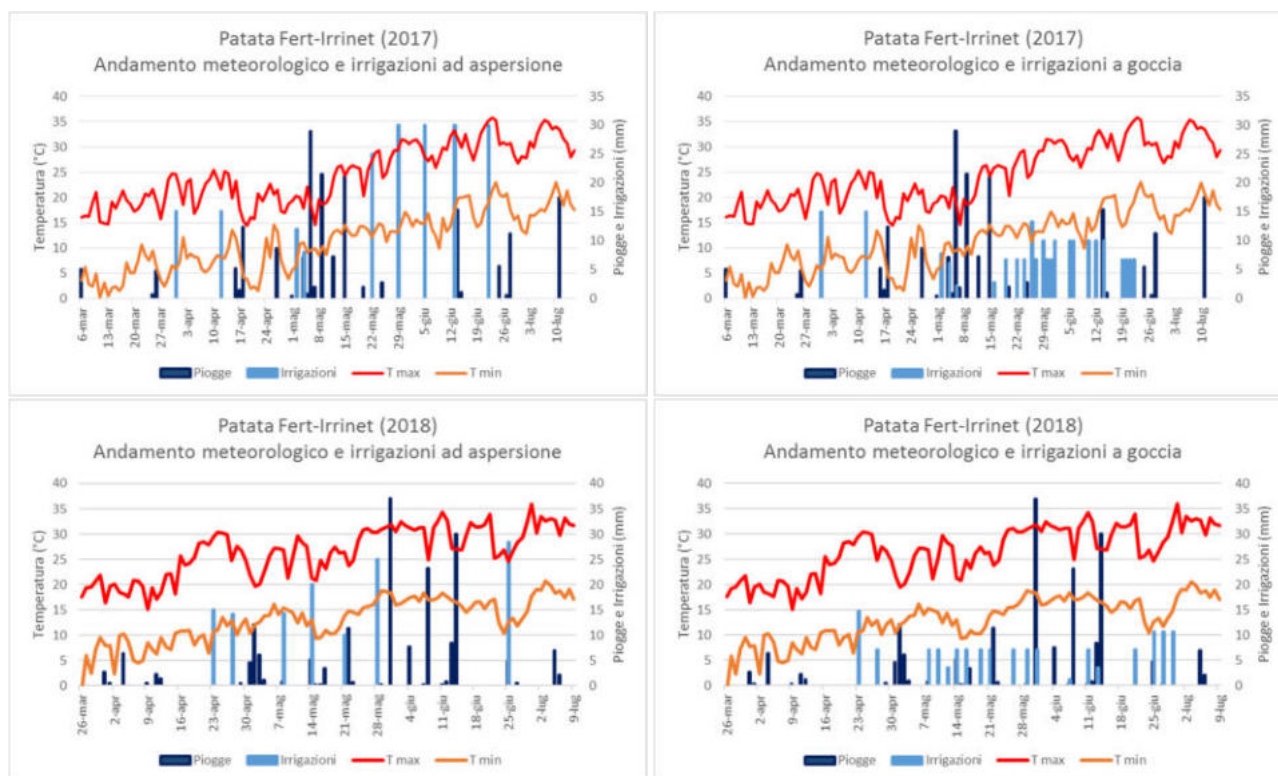


**Fig. 1a e 1b- Foto della piantagione della patata (sx) e dell'emergenza della coltura (dx).**

La cultivar adottata è stata scelta sia perché costituisce un riferimento per la pataticoltura, in particolare per l'areale bolognese, sia per la sua risposta produttiva alle fertilizzazioni azotate e la manifestazione di fisiopatie da eccesso di azoto, come tuberi deformi e/o sovra-misura.

### **Andamento meteorologico e irrigazioni**

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato differente tra le annate: nel **2017** molto caldo e siccitoso durante tutto il ciclo colturale della patata con piogge significative solo nella prima decade di maggio, le quali hanno determinato una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo, mentre il **2018** si è distinto per una piovosità maggiore e concentrata nella prima metà di giugno. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere necessarie, nel **2017**: 195 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 9 interventi con volumi compresi tra 10 e 30 mm, e 199 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 24 interventi con volumi variabili da 2 a 10 mm e, nel **2018**: 137 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 7 interventi con volumi compresi tra 15 e 30 mm, e 140 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 19 interventi con volumi variabili da 2 a 10 mm. Compresi nei predetti volumi, per garantire l'emergenza della coltura è stato necessario intervenire con irrigazioni ad aspersione da 15 mm: due nel 2017 e una nel 2018.



### **Gestione delle fertilizzazioni**

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 450 q/ha per il **2017** e, per testare la tecnica fertirrigua anche a livelli produttivi maggiori, una resa di 550 q/ha per il **2018**. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, sono stati prelevati per ogni anno di prova campioni di suolo su

un orizzonte di 50 cm e sottoposti ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Per entrambi gli anni, trattandosi di campi in prova attigui, dai risultati delle analisi, i suoli sono risultati essere nel complesso sciolti, con una reazione mediamente alcalina, un basso contenuto di azoto, una dotazione media di fosforo e alti livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata media e, pur essendo ben dotati di calcio e magnesio, il basso rapporto di questi elementi con il potassio indicava potenziali fenomeni di antagonismo con determinazione di fisiopatie da carenza.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stata impiegata nel 2017 l'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert\_Office\_v1\_16", che segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale.

Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la Patata, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere per il 2017 di 193 kg/ha di N, 68 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 157 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

		kg/ha		
		N	P2O5	K2O
<b>NECESSITA'</b>				
A)	Fabbisogno della coltura	189	68	311
C)	Perdite per lisciviazione	8		20
D)	Immobilizzazioni e dispersioni (*)	49		
B1)	Arricchimenti		0	0
A2)	Anticipazioni anni futuri		0	0
<b>Totale necessità</b>		<b>246</b>	<b>68</b>	<b>331</b>
<b>DISPONIBILITA'</b>				
B)	Fertilità del suolo	43	0	173
E)	Precessione	0		
F)	Fertilità organica residua	0		
G)	Apporti naturali	10		
<b>Totale disponibilità</b>		<b>53</b>	<b>0</b>	<b>173</b>
<b>Bisogno calcolato</b>		<b>193</b>	<b>68</b>	<b>157</b>
<b>Apporto ammesso col "Bilancio"</b>		<b>193</b>	<b>68</b>	<b>157</b>

Nel 2018, invece, in seguito alla realizzazione della versione beta del software, per il calcolo dei fabbisogni della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet. Di seguito gli screenshot delle scremate delle due tesi fertirrigate.

Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata ad aspersione.

Fig. 3a e 3b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata a goccia.

Il fabbisogno di nutrienti per la Patata, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere per il 2018 di circa 218 kg/ha di N, 83 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 160 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	217,3	82,5	157,7
Fertilizzazioni effettuate	213,7	82,5	161,6
Fertilizzazioni da effettuare	3,6	0,0	-3,9

Fig. 4- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata ad aspersione.

Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	218,3	82,5	161,6
Fertilizzazioni effettuate	218,3	82,5	161,6
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	0,0	0,0

Fig. 5- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata a goccia.

Sia per il 2017 che per il 2018, il frazionamento dell'azoto e del potassio è avvenuto in maniera differenziata fra le tesi, distribuendo per la tesi tradizionale, una parte prima della piantagione e la restante in copertura, contestualmente alle due rinalzature per favorirne l'interramento. Per le tesi fertirrigate, invece, è stata destinata una quota da distribuire di fondo, una in copertura in maniera tradizionale e una in fertirrigazione veicolandola con le acque di irrigazione. Per le distribuzioni di fondo sono stati impiegati dei concimi minerali ternari con un equilibrato rapporto N/P/K. Per quelle di copertura tradizionale formulazioni commerciali solitamente poco solubili contenenti sia la forma ammoniacale che quella nitrica, quest'ultima in combinazione con il potassio. Infine, per le fertirrigazioni le stesse formulazioni impiegate in copertura tradizionale ma ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua. La ripartizione temporale dei fabbisogni non ha riguardato la distribuzione del fosforo, che è avvenuta in un unico intervento di "fondo". Nel 2018, si è deciso di destinare una minore quota di azoto e potassio da distribuire con la concimazione di fondo, con l'obiettivo, rispettivamente: di ridurre ulteriormente le perdite per lisciviazione dei nitrati e favorire un maggior assorbimento del potassio durante il rapido sviluppo dei tuberi.

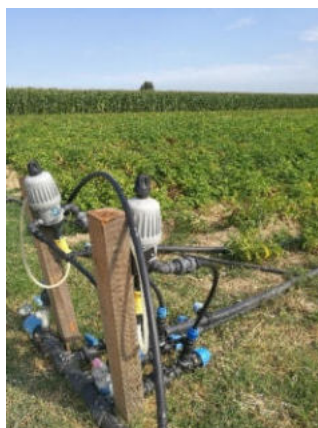
Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	33%	100%	60%	67%	-	40%	-	-	-
Aspersione fertirrigata	33%	100%	60%	34%	-	30%	33%	-	10%
Micro-portata fertirrigata	33%	100%	60%	34%	-	10%	33%	-	30%

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno della Patata nel 2017

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	25%	100%	50%	75%	-	50%	-	-	-
Aspersione fertirrigata	25%	100%	50%	50%	-	-	25%	-	50%
Micro-portata fertirrigata	25%	100%	50%	40%	-	-	35%	-	50%

Tabella 2 – Frazionamento del fabbisogno della Patata nel 2018

La soluzione madre da iniettare durante le fertirrigazioni è stata ottenuta sciogliendo preventivamente in acqua le dosi di concimi da distribuire, in una vasca di 100 litri circa. Conoscendo il grado di solubilità dei fertilizzanti, la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione, la salinità della soluzione madre, la presenza di calcio e magnesio, si è deciso che non era necessario acidificare la soluzione madre in quanto non c'erano i presupposti per la formazione di precipitati. La fertirrigazione avveniva in tre fasi: in una prima fase, pari a circa il 50-60 % del tempo totale di irrigazione, veniva distribuita solo acqua, successivamente tutto il volume della soluzione madre (10-20% del tempo) e, nella restante fase l'irrigazione viene effettuata di nuovo con la sola acqua. Tale modalità di distribuzione è di fondamentale importanza per evitare perdite per lisciviazione profonda soprattutto dei nitrati. Infatti, veicolando i nutrienti attraverso le acque di irrigazione, se l'impianto di distribuzione non è correttamente dimensionato o non si distribuisce correttamente la soluzione nutritiva, nonostante si frazionino le dosi di azoto, si rischia di portare i nutrienti oltre l'orizzonte esplorato dalle radici. L'iniezione è avvenuta per mezzo di pompe dosatrici.



**Fig. 5 – Particolare delle pompe dosatrici impiegate nella prova.**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni fertirrigazione, è stato adottato l'approccio matematico descritto nell'azione 3.2, calcolando il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. Nel 2017, primo anno di prova, partendo dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo e dalle caratteristiche dei diversi metodi irrigui, sono stati individuati una prima serie di parametri da adottare per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche. Ad ogni fase fenologica è stata attribuita una durata (**GDD<sub>ff</sub>**), un fabbisogno (**N<sub>ff%</sub>** e **K<sub>2O<sub>ff%</sub></sub>**), una riserva (**N<sub>α%</sub>** e **K<sub>2O<sub>α%</sub></sub>**) e una dose (**N<sub>imp</sub>** e **K<sub>2O<sub>imp.</sub></sub>**). Di seguito i parametri impiegati per la Patata.

	GDDff	Nff%
F1	0	0
F2	410	35
F3	250	35
F4	275	20
F5	484	10
F6	400	0

	GDDff	K <sub>2O<sub>ff%</sub></sub>
F1	0	0
F2	410	35
F3	250	30
F4	275	20
F5	484	15
F6	400	0

**GDD<sub>ff</sub>** : Sommatoria gradi giorno complessivi per fenofase.

**N<sub>ff%</sub>** e **K<sub>2O<sub>ff%</sub></sub>** : Fabbisogno percentuale di azoto e potassio per fase fenologica.

N <sub>α</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	0,0%	0,0%	0,0%
F2	20,0%	25,0%	30,0%
F3	15,0%	20,0%	20,0%
F4	15,0%	15,0%	15,0%
F5	5,0%	10,0%	10,0%
F6	0,0%	0,0%	0,0%

K <sub>2O<sub>α</sub></sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	0,0%	0,0%	0,0%
F2	25,0%	25,0%	30,0%
F3	20,0%	20,0%	20,0%
F4	15,0%	15,0%	15,0%
F5	10,0%	10,0%	10,0%
F6	0,0%	0,0%	0,0%

**N<sub>α%</sub>** e **K<sub>2O<sub>α%</sub></sub>**: frazione di fabbisogno che si intende mantenere come riserva nel terreno.

N <sub>imp</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	60	60	60
F2	15	20	30
F3	10	15	20
F4	10	10	15
F5	5	5	10
F6	0	0	0

K <sub>2O<sub>imp</sub></sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	90	90	90
F2	15	30	40
F3	15	15	20
F4	15	10	15
F5	10	5	10
F6	0	0	0

**N<sub>imp</sub>** e **K<sub>2O<sub>imp.</sub></sub>**: dosi fertilizzanti relativi all'impianto irriguo.





Fig. 6a e 6b – Particolare delle fertirrigazioni a goccia (sx) e aspersione (dx).

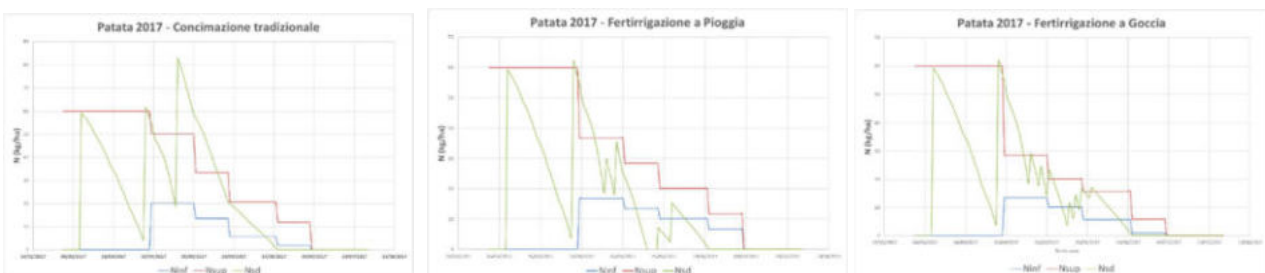
Sempre durante il 2017, non avendo ancora a disposizione la versione beta del software, i bilanci nutrizionali sono stati calcolati con l'ausilio di un foglio di calcolo di Excel e, al raggiungimento delle soglie inferiori, effettuate le fertilizzazioni. Di conseguenza, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 4 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 7 per quella a microportata per azoto e, rispettivamente, 1 e 6 per il potassio. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

Fertilizzazioni Azotate Patata 2017 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
10/03/2017	65,74	65,74	65,74
28/03/2017	60,03	60,03	60,03
26/04/2017	67,42		
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
26/04/2017		13,87	13,25
02/05/2017		20	10
06/05/2017			10
16/05/2017			10
19/05/2017			10
22/05/2017		20	10
27/05/2017			4,3
29/05/2017		13,6	
<b>Totale</b>	<b>193</b>	<b>193</b>	<b>193</b>

Fertilizzazioni Potassiche Patata 2017 (kg/ha di K <sub>2</sub> O)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
10/03/2017	95,62	95,62	95,62
27/04/2017	61,53	48,02	
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
27/04/2017			15,01
02/05/2017			12,01
16/05/2017			12,00
19/05/2017			12,00
22/05/2017		13,51	8,00
27/05/2017			2,50
<b>Totale</b>	<b>157</b>	<b>157</b>	<b>157</b>

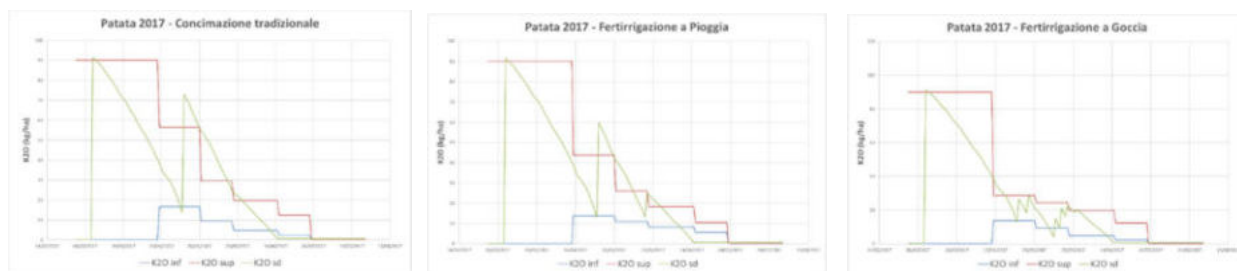
Tabelle 3a e 3b – Frazionamento dell'azoto e del potassio effettuato nel 2017.

La dinamica dell'azoto nel suolo nelle tre tesi, calcolata secondo i criteri precedentemente esposti è stata la seguente:





La dinamica del potassio nel suolo nelle tre tesi, calcolata sempre secondo i criteri precedentemente esposti, è stata la seguente:



Nel 2018, invece, basandosi sui risultati delle curve di assorbimento ottenuti nell'anno precedente, la serie di parametri adottata l'anno prima è stata corretta con l'obiettivo di aderire maggiormente alle dinamiche di assorbimento della coltura ed evitare distribuzioni premature di elementi, soprattutto azoto, che potrebbero essere soggette a lisciviazioni profonde, oltre a determinare un eccessivo sviluppo vegetativo della coltura che andrebbe a scapito di quello produttivo.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	70	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	140	0	60	0	0	70	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	410	30	40	30	30	30	200	35	50	30
formazione tuberi: inizio fase	F4	250	40	20	20	30	30	80	30	20	20
bottoni fiorali: fase piena	F5	275	20	15	15	20	20	30	20	20	50
ingiallimento foglie basali: inizio fase	F6	484	10	10	10	20	15	20	15	20	100
ingiallimento foglie basali: fase piena	F7	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Aspersione.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	70	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	140	0	60	0	0	70	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	410	30	30	20	30	30	200	35	20	25
formazione tuberi: inizio fase	F4	250	40	10	15	30	15	40	30	15	25
bottoni fiorali: fase piena	F5	275	20	10	15	20	10	30	20	15	50
ingiallimento foglie basali: inizio fase	F6	484	10	5	5	20	10	10	15	15	100
ingiallimento foglie basali: fase piena	F7	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 4 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Microportata.

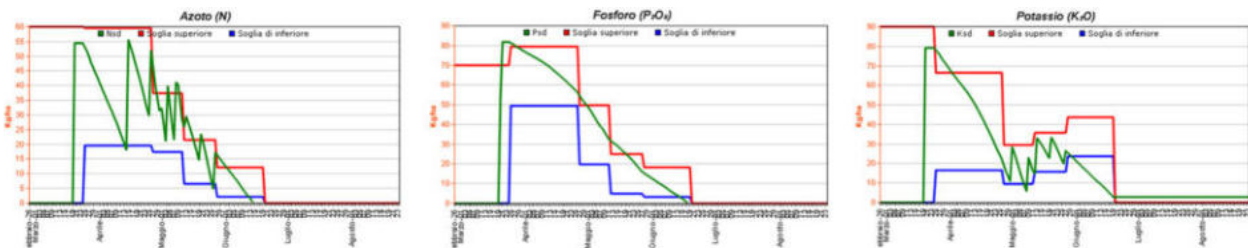
Nel 2018, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 5 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 11 per quella a micro-portata per azoto e, rispettivamente, 5 e 6 per il potassio. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nella tabella seguente.

Fertilizzazioni Azotate Patata 2018 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
21/03/2018	54,50	54,50	54,50
16/04/2018	40,00	40,00	29,90
27/04/2018	100,2	50	40,7
09/05/2018	23,17	25,1	20,80
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
02/05/2018		5,7	
07/05/2018			5
10/05/2018		5,8	15
14/05/2018		5,7	5,7
16/05/2018			7,7
19/05/2018			9,3
21/05/2018		11,2	2,8
26/05/2018			11,3
28/05/2018		15,8	
29/05/2018			4,1
07/06/2018			5
11/06/2018			5
13/06/2018			1,7
Totale	217,87	213,80	218,50

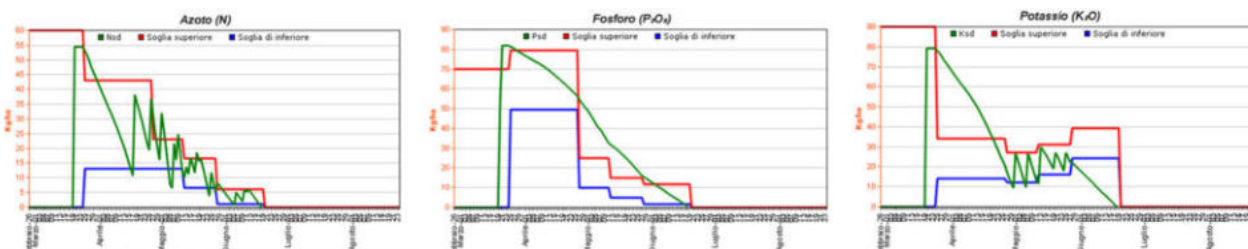
Fertilizzazioni Potassiche Patata 2018 (kg/ha di K <sub>2</sub> O)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
21/03/2018	79,30	79,30	79,30
08/05/2018	82,10		
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
02/05/2018			20
08/05/2018			20
10/05/2018			20,6
14/05/2018			20,1
21/05/2018			12,8
26/05/2018			11,6
28/05/2018			8,9
26/05/2018			0,7
Totale	161,40	161,70	161,60

Tabelle 5a e 5b – Frazionamento dell’azoto e del potassio effettuato nel 2018.

Di conseguenza, la dinamica degli elementi nel suolo delle sole due tesi fertirrigate, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata per la tesi fertirrigata ad aspersione la seguente:



e per quella fertirrigata a goccia la seguente:



Nel biennio, nell’esecuzione del protocollo sperimentale sono state riscontrate le seguenti problematiche:

2017 - un ritardo nella distribuzione delle dosi fertirrigue, in concomitanza dell’evento piovoso della prima decade di maggio, in quanto il terreno si presentava troppo bagnato. Ritardo che è stato più accentuato nella tesi fertirrigata a pioggia che in quella a goccia. In quest’ultima, non appena è stato possibile, è stata effettuata una fertirrigazione in quanto sono sufficienti pochi millimetri di irrigazione. 2018 – sono state anticipate delle fertirrigazioni prima che si verificasse un evento piovoso agli inizi di maggio. Anticipazione che è stata maggiore nella tesi fertirrigata a pioggia che in quella a goccia.

## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto nel biennio 2017-2018

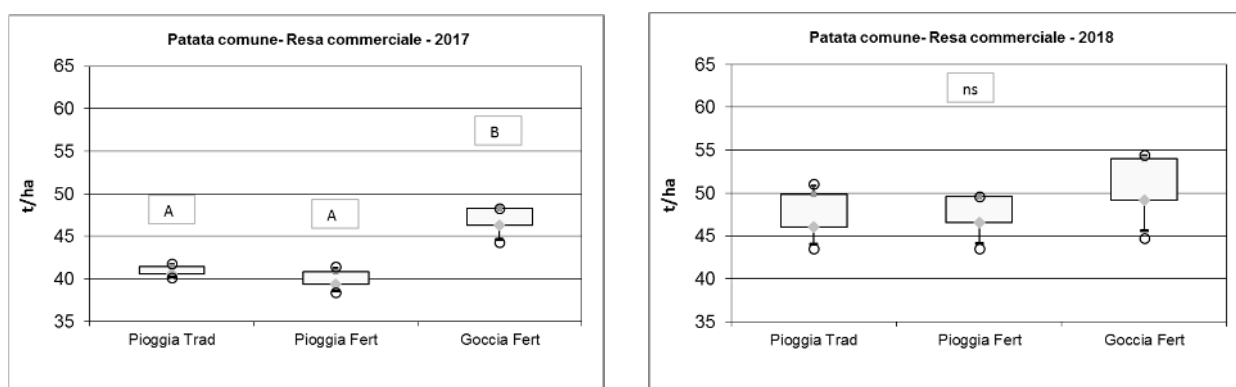
Nel biennio, le raccolte sono state effettuate nel 2017 in data 5 luglio e nel 2018 in data 9 luglio. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 m<sup>2</sup> per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

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



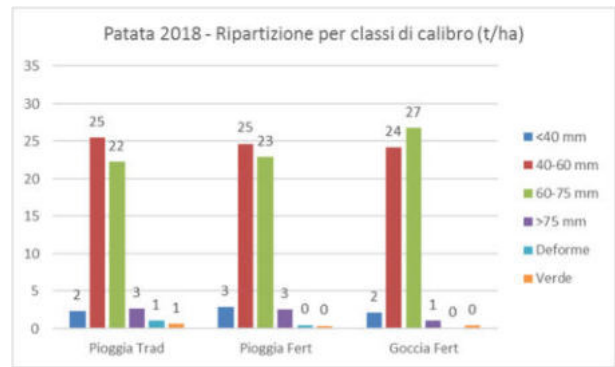
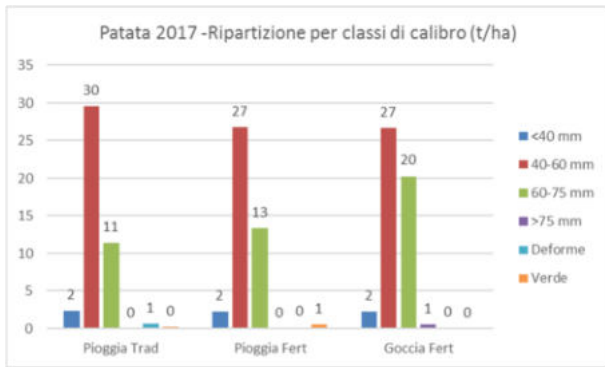
**Fig. 7 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio confermano le potenzialità della tecnica fertirrigua, anche se l'incremento di resa commerciale per la tesi fertirrigata a goccia, rispetto alle altre due tesi, è stato statisticamente significativo solo nel 2017, e dell'ordine di 70-80 q/ha, pari al 15-20%. Risultato analogo è stato raggiunto nel 2018, ma l'annata particolarmente piovosa ha ridotto le differenze tra le tesi, risultando non statisticamente diverse tra di loro.



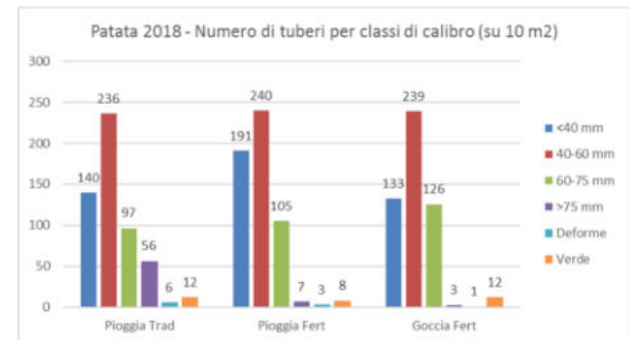
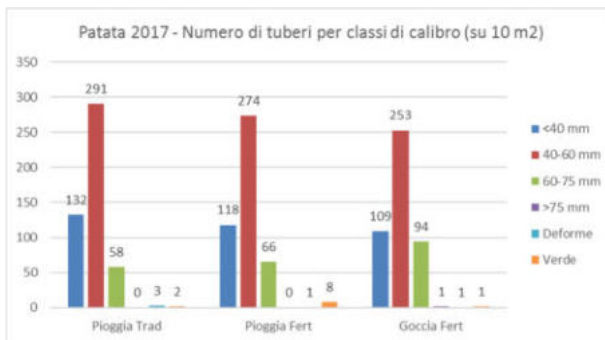
**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali medie ottenute nei due anni.**

Tali incrementi di resa sono dovuti principalmente ad un aumento del calibro dei tuberi di classe commerciale 60-75 mm; più evidente nel 2017 rispetto al 2018.



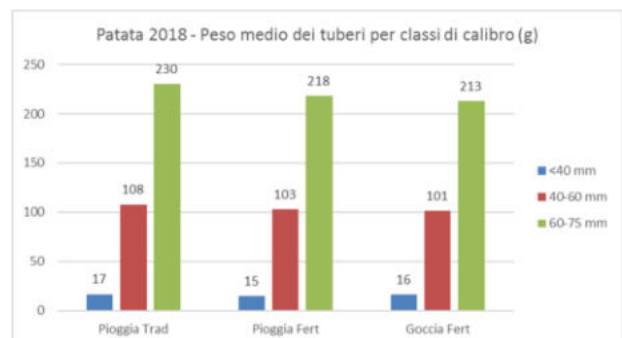
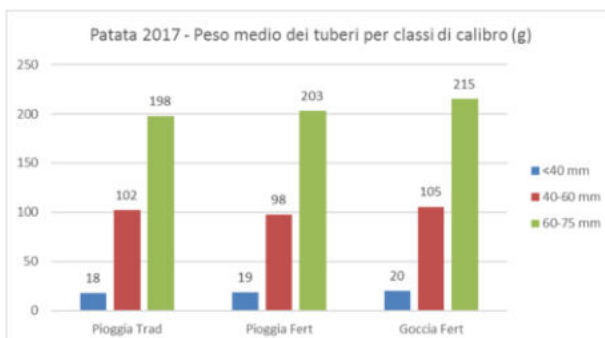
**Fig. 9a e 9b – Suddivisione per classi di pezzatura ottenute nei due anni.**

Inoltre, il frazionamento nel tempo dell’azoto effettuato nelle tesi fertirrigate ha influenzato sulla tuberificazione, riducendo il numero di tuberi per unità di superficie. Infatti, disponibilità eccessive di azoto, sia in fase di tuberificazione che di ingrossamento dei tuberi, inducono la coltura nel primo caso a differenziare più tuberi, che risulteranno più piccoli e nel secondo a sviluppare tuberi sovra-misura (> 75 mm), non commercialmente premianti.



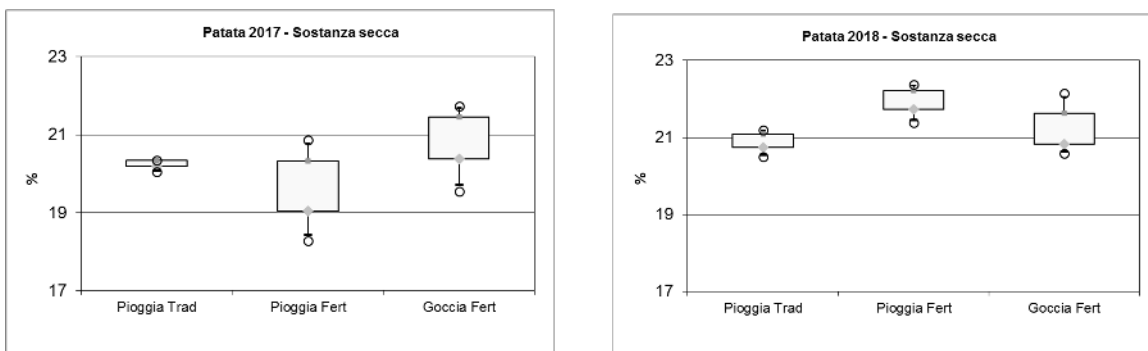
**Fig. 10a e 10b – Numero di tuberi per classe di pezzatura ottenuti nei due anni.**

Un minor numero di tuberi osservati nelle tesi fertirrigate ha determinato un incremento del loro peso medio nel 2017, ma non nel 2018. Nel secondo anno di prova, la maggiore piovosità ha favorito un eccessivo ingrossamento dei tuberi nella tesi tradizionale a scapito della qualità.



**Fig. 11a e 11b – Ripartizione per classe di pezzatura dei pesi medi ottenuti nei due anni.**

A conferma di quanto detto, anche se i trattamenti non sono risultati statisticamente differenti tra di loro, il maggior numero di tuberi ottenuti nel 2017 e il loro maggiore accrescimento verificatosi nel 2018, osservati entrambi per la tesi tradizionale, ha prodotto sempre una riduzione della percentuale di sostanza secca.



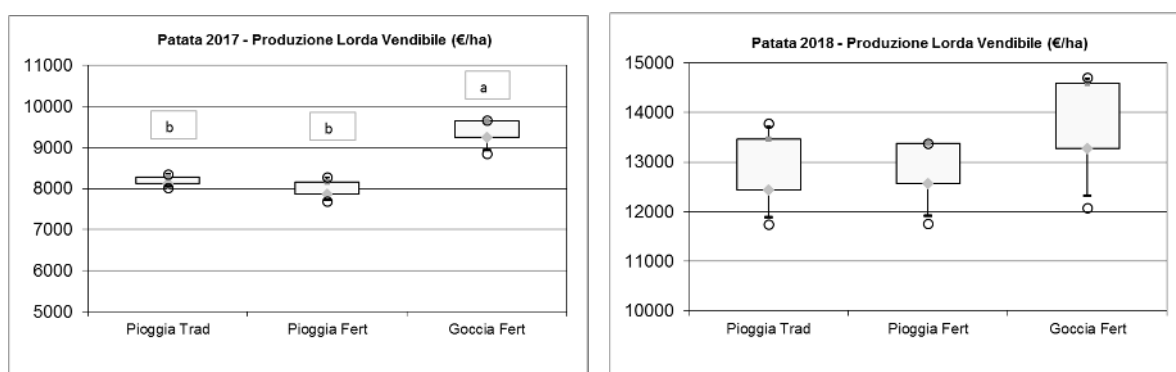
**Fig. 12a e 12b – Qualità dei tuberi di patata ottenuti nei due anni.**

Sulla base delle rese e degli apporti azotati, è stata anche calcolata l'efficienza di utilizzo dell'azoto (Nitrogen Use Efficiency). I risultati sono stati ottenuti a parità di apporti azotati, variando solo la distribuzione temporale. Nel 2017, la maggiore efficienza ottenuta nella tesi fertirrigata a goccia, rispetto alle altre due tesi, è dovuta principalmente al frazionamento dell'azoto. Nel 2018, la particolare annata climatica non ha fatto osservare differenze statisticamente significative.



**Fig. 13a e 13b – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nei due anni.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel 2017, l'incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione a goccia, rispetto alla concimazione tradizionale, è risultato di circa 1200 €/ha, pari a circa il 15% e non si sono osservate differenze statistiche tra la tesi tradizione e quella fertirrigata ad asperzione. Nel 2018, anche se i valori medi sono a favore della tesi fertirrigata a goccia, non sono emerse differenze statisticamente significative tra le tesi.



**Fig. 14a e 14b – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nei due anni.**

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati elementari di resa, totale e commerciale, il peso medio dei tuberi e la % di sostanza secca, l'efficienza di utilizzo dell'azoto, la produzione lorda vendibile e le relative significatività statistiche ottenuti nel biennio.

		Repliche					Repliche			
		1	2	3			1	2	3	
Totale (t/ha)	Tesi			3 * p < 0,05	Totale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Trad	45,14	42,17	45,95		Pioggia Trad	49,59	55,37	59,31	n.s.
	Pioggia Fert	43,15	44,26	42,06		Pioggia Fert	57,60	56,16	50,04	n.s.
	Goccia Fert	50,86	47,28	52,89		Goccia Fert	57,72	48,73	59,09	n.s.
Commerciale (t/ha)	Tesi			3 ** p < 0,01	Commerciale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Trad	41,78	40,14	41,05		Pioggia Trad	43,50	51,04	48,67	n.s.
	Pioggia Fert	40,24	41,41	38,43		Pioggia Fert	49,54	49,57	43,56	n.s.
	Goccia Fert	48,25	44,29	48,27		Goccia Fert	53,62	44,73	54,44	n.s.
Peso medio (g/tubero)	Tesi				Peso medio (g/tubero)	Tesi				
	Pioggia Trad	111,74	130,93	112,68		Pioggia Trad	139,60	139,15	151,80	n.s.
	Pioggia Fert	123,98	118,25	111,73		Pioggia Fert	132,31	139,17	142,52	n.s.
	Goccia Fert	130,71	125,86	150,40		Goccia Fert	136,43	119,97	166,01	n.s.
% S.S.	Tesi				% S.S.	Tesi				
	Pioggia Trad	20,33	20,05	20,35		Pioggia Trad	21,19	20,50	20,99	n.s.
	Pioggia Fert	19,79	20,87	18,28		Pioggia Fert	21,39	22,37	22,07	n.s.
	Goccia Fert	21,19	19,55	21,73		Goccia Fert	21,09	20,58	22,15	n.s.
N.U.E. kg/kg	Tesi			3 * p < 0,05	N.U.E. kg/kg	Tesi				
	Pioggia Trad	233,58	218,22	237,74		Pioggia Trad	232,04	259,09	277,55	n.s.
	Pioggia Fert	223,25	229,04	217,64		Pioggia Fert	269,53	262,78	234,16	n.s.
	Goccia Fert	263,16	244,64	273,65		Goccia Fert	264,39	223,22	270,68	n.s.
P.L.V. €/ha	Tesi			3 ** p < 0,01	P.L.V. €/ha	Tesi				
	Pioggia Trad	8356	8027	8210		Pioggia Trad	11745	13780	13141	n.s.
	Pioggia Fert	8048	8282	7686		Pioggia Fert	13377	13383	11762	n.s.
	Goccia Fert	9650	8858	9654		Goccia Fert	14477	12078	14700	n.s.

**Tabella 6a e 6b – Risultati produttivi ottenuti nel 2017 (sx) e nel 2018 (dx).**

### Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio nelle piante

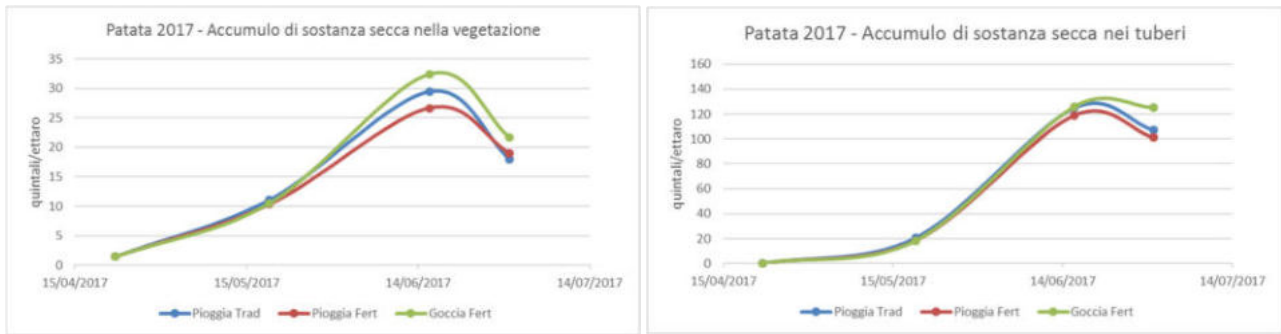
Durante il ciclo colturale, in entrambi gli anni, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa e tuberi, nelle tre tesi concimate: sono stati effettuati, su 2 ripetizioni per tesi, 4 prelievi di 5 piante per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo i tuberi dalla vegetazione.

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

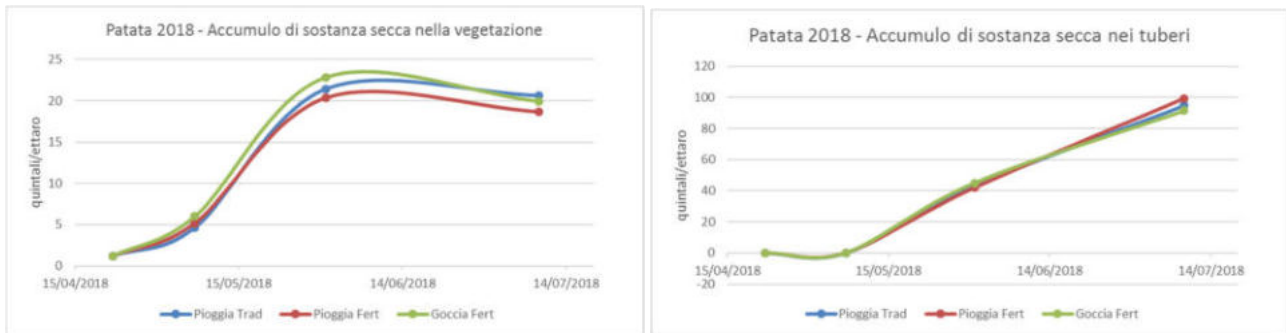
- all'emergenza;
- alla chiusura tra le fila, con le piante in fioritura e i tuberi di 2 cm di diametro;
- in corrispondenza del rapido ingrossamento dei tuberi;
- in prossimità della raccolta.

### Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute le biennio per le tre tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e tuberi. Per entrambi gli anni è evidente un maggior accumulo di sostanza secca nella vegetazione nella tesi fertirrigata a goccia, rispetto alla concimazione tradizionale; quest'ultima ha sempre ricevuto l'intero apporto di fertilizzanti prima della fine di aprile. La tesi fertirrigata a pioggia mostra accumuli di sostanza secca inferiori. L'accumulo di sostanza secca nei tuberi non ha mostrato differenze tra i trattamenti.



**Fig. 15a e 15b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2017.**



**Fig. 16a e 16b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2018.**

### Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha) ottenute nel biennio per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e tuberi.

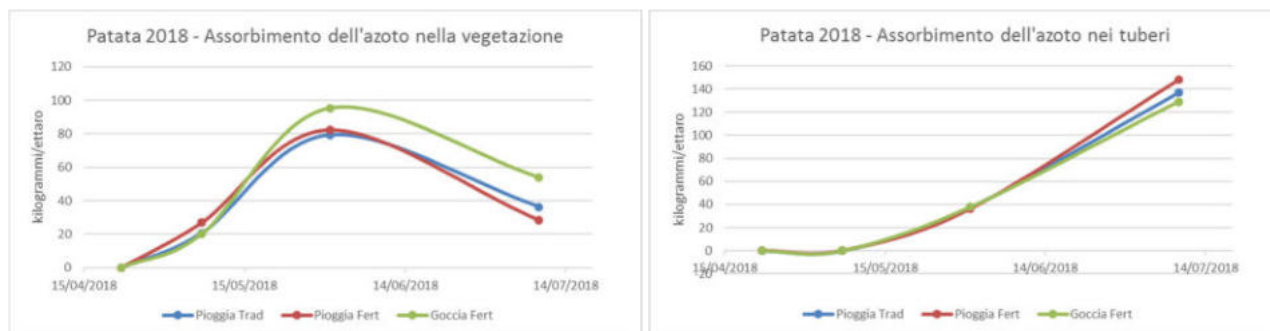
Nel 2017, nella tesi concimata tradizionalmente si è osservato nelle fasi iniziali un maggior assorbimento di azoto, per via della maggior disponibilità nel terreno, successivamente un recupero della tesi fertirrigata a goccia, non colmato dalla restante tesi che ha risentito del ritardo nella distribuzione dell'azoto causato dall'impossibilità di intervenire perché era piovuto. Nei tuberi, dove avvengono la maggior parte degli assorbimenti, pur avendo un andamento analogo, le differenze sono meno marcate e alla raccolta non differiscono di molto tra di loro.



**Fig. 17a e 17b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2017.**

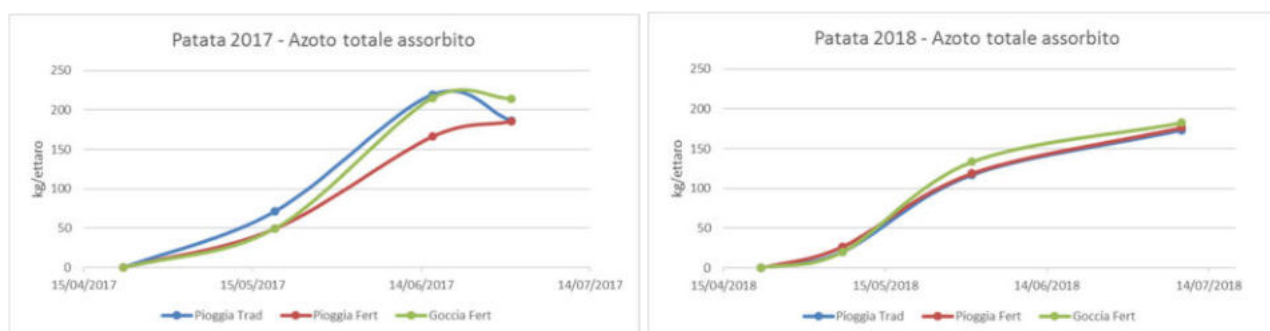


Nel 2018, l'anticipo della fertirrigazione effettuato per la tesi fertirrigata ad asperione ha evitato ritardi negli assorbimenti verificatesi l'anno prima. Nei tuberi si osservano andamenti analoghi visti l'anno precedente.



**Fig. 18a e 18b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2018.**

Nel 2017, il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato corrispondente agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura. Nel 2018, invece questi sono risultati inferiori in quanto la resa attesa non è stata raggiunta e si sono verificate maggiori perdite per lisciviazione dovute alla maggiore piovosità dell'annata.



**Fig. 19a e 19b – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nei due anni.**

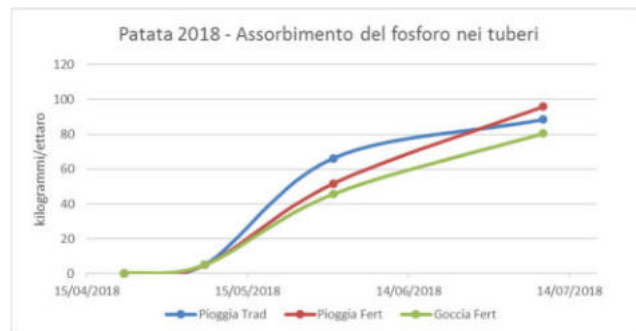
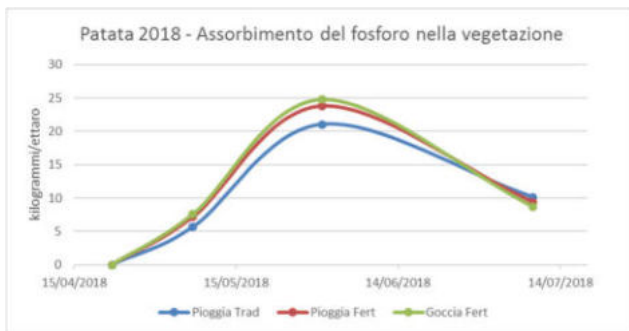
### Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel biennio (2017-2018) per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e bacche. La distribuzione in fertirrigazione del fosforo mostra assorbimenti maggiori.



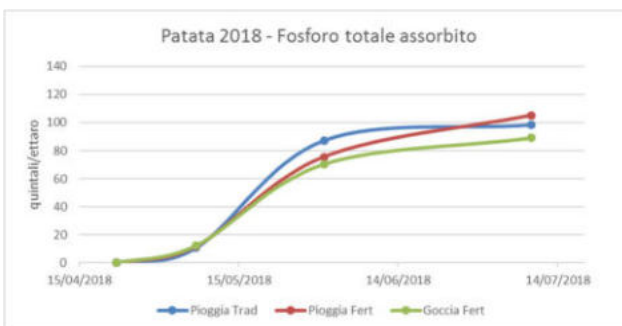
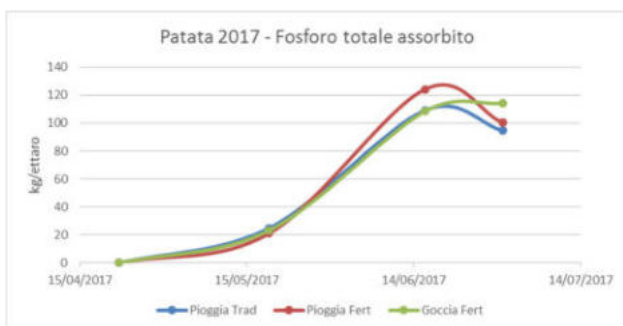
**Fig. 20a e 20b – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel 2017.**





**Fig. 21a e 21b – Dinamica dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel 2018.**

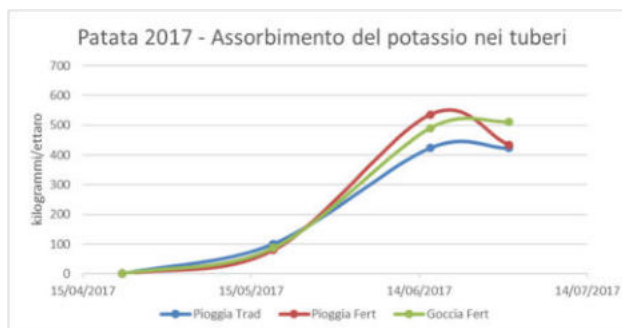
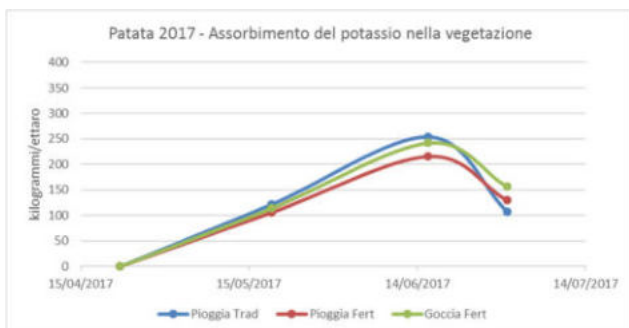
Nel 2017, il fabbisogno di fosforo stimato ad inizio stagione è stato leggermente inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura. Nel 2018, invece questi sono risultati corrispondenti in quanto la resa attesa era maggiore anche se quella reale è risultata inferiore.



**Fig. 22a e 22b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del fosforo ottenuta nei due anni.**

### Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all’assorbimento del potassio per ettaro per le tre tesi a confronto, ripartito tra vegetazione e tuberi. Nel 2017, essendo il terreno in prova con una dotazione elevata, le differenze non sono marcate, anche se la tesi fertirrigata a goccia è quella che ha mostrato le performance migliori.



**Fig. 23a e 23b – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel 2017.**

Nel 2018, la scelta di distribuire il 50% del fabbisogno in fertirrigazione ha migliorato l'efficienza di assorbimento del potassio, ma senza variazioni dei contenuti tra le tesi alla raccolta nei tuberi.



Fig. 24a e 24b – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel 2018.

In entrambi gli anni di prova le tesi fertirrigate hanno fatto registrare assorbimenti maggiori nelle fasi di rapido sviluppo della coltura, ma alla raccolta non si sono registrate differenze significative.

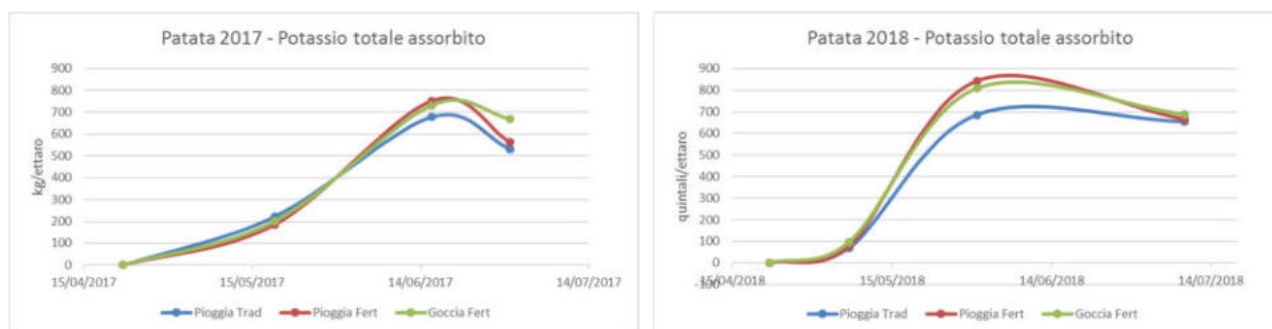


Fig. 25a e 25b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nei due anni

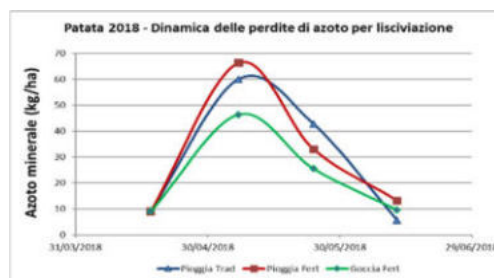
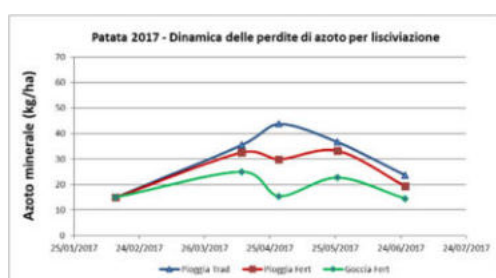
### Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

In entrambi gli anni, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato esplorato dalle radici, 6 lisimetri a suzione (3 tesi x 2 repliche) per la captazione del lisciviato. Le soluzioni circolanti intercettate sono state analizzate per il contenuto in nitrati e ammonio. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.



Fig. 26 – Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo posizionamento sulla coltura (dx).

Nelle figure sottostanti sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto minerale (nitrico più ammoniacale) nelle tre tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio. Nonostante la concimazione di fondo e quella alla rincalzatura non siano state differenziate tra le tesi, in termini di azoto perso per lisciviazione, si è osservata una sostanziale differenza la tesi irrigata a goccia e le restanti. Nel 2017, il ritardo nella distribuzione della dose fertirrigua nella tesi a pioggia e nel 2018 un suo anticipo, hanno determinato rispettivamente una minore e una maggiore perdita di azoto. Risulta molto importante quindi evitare le distribuzioni azotate in concomitanza di eventi piovosi importanti. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati nella tesi a goccia, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nella strato maggiormente esplorato dalle radici.



Infine, i maggiori assorbimenti di azoto e le minori perdite per lisciviazione osservate nella tesi fertirrigata a goccia trovano conferma nei minori quantitativi di azoto totale residuo rimasto nel terreno alla raccolta nell'orizzonte di suolo 0-50 cm.

2017

2018

	N tot (%)
Pioggia Trad	0,081
Pioggia Fert	0,089
Goccia Fert	0,078

	N tot (%)
Pioggia Trad	0,086
Pioggia Fert	0,085
Goccia Fert	0,085

### Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi

Al termine della prova, dai risultati delle curve di assorbimento dei tre principali elementi ottenuti nel corso del biennio, sono stati estrapolati i nuovi parametri nutritivi per la Patata e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	70	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	140	0	60	0	0	70	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	410	20	40	40	30	30	200	30	30	30
formazione tuberi: inizio fase (0-5%)	F4	250	30	30	20	40	30	80	30	20	20
bottoni fiorali: fase piena (> 50%)	F5	275	40	15	50	20	20	50	20	20	50
ingiallimento foglie basali: inizio fase (0-5%)	F6	484	10	10	10	10	15	20	20	20	100
ingiallimento foglie basali: fase piena (> 50%)	F7	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabella 7 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Aspersione.**

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	70	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	140	0	60	0	0	70	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	410	20	40	40	30	30	200	30	30	25
formazione tuberi: inizio fase ( 0-5%)	F4	250	30	10	20	40	15	60	30	10	20
bottoni fiorali: fase piena (> 50%)	F5	275	40	5	30	20	10	50	20	10	40
ingiallimento foglie basali: inizio fase ( 0-5%)	F6	484	10	5	10	10	10	50	20	10	50
ingiallimento foglie basali: fase piena (> 50%)	F7	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabella 8 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Microportata.**

## **2. Pomodoro da industria**

### **Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2017-2018**

Per la coltura del Pomodoro da industria sono state messe a confronto tre strategie di fertilizzazione: concimazione tradizionale, fertirrigazione ad aspersione e fertirrigazione a micro-portata. La prova è stata effettuata ogni anno in un unico appezzamento di circa 4500 m<sup>2</sup> suddiviso in nove parcelle: tre strategie x tre repliche, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. Il trapianto del pomodoro è avvenuto il primo anno in data 23 maggio 2017 e il secondo anno il 15 maggio 2018, impiegando piantine sempre dello stesso ibrido “Heinz 3402”, con un sesto a file binate a 40x38 cm sulla fila e con un interasse tra le bine di 150 cm (34.188 piante per ettaro). In seguito al trapianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 500 m<sup>2</sup>, delimitandole trasversalmente mediante corridoi incolti e longitudinalmente delimitate dall’interfilare tra le bine.

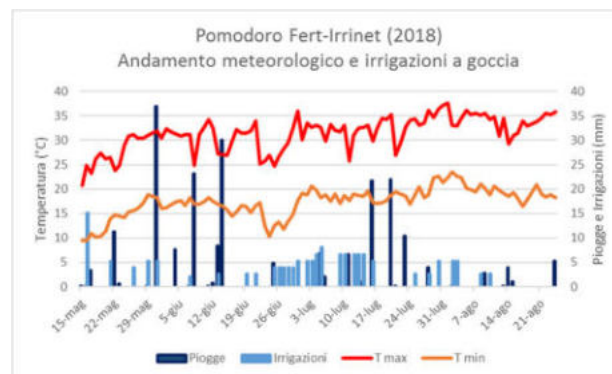
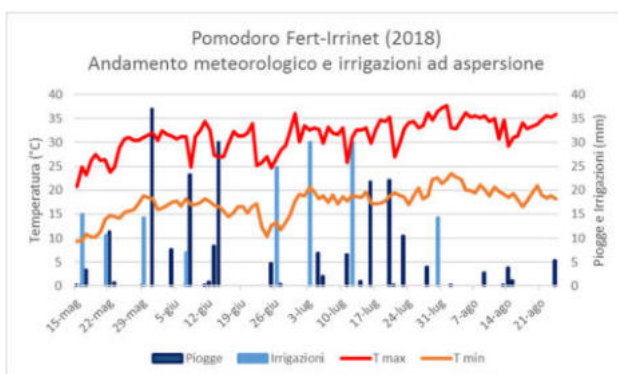
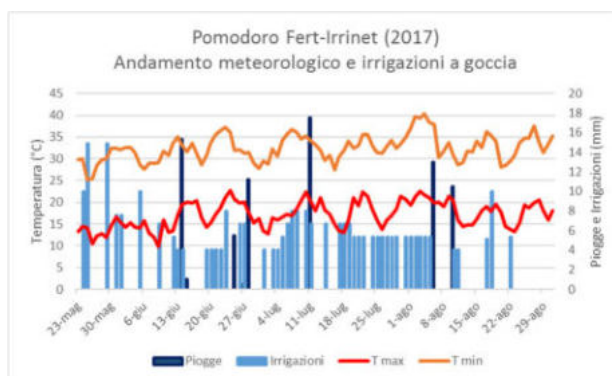
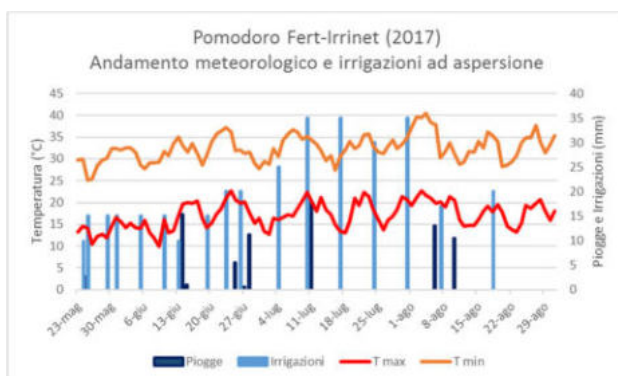


**Fig. 1a e 1b - Foto del trapianto Pomodoro (sx) e dell’ala gocciolante (dx).**

L'ibrido Heinz 3402 è stato scelto in quanto è la varietà più diffusa in Italia e non solo, viene impiegato per raccolte medio-tardive e costituisce il punto di riferimento nel pomodoro da industria per la trasformazione in polpa. Si adatta ad ogni genere di terreno e metodo di coltivazione e risponde molto bene al variare degli input produttivi.

### Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato differente tra le annate: nel 2017 molto caldo e siccitoso durante tutto il ciclo colturale del pomodoro e ha visto piogge significative solo in pochissime occasioni, le quali hanno richiesto una riduzione minima degli interventi irrigui, mentre nel 2018 si è distinto per una piovosità maggiore e concentrata nella prima metà di giugno e nella seconda decade di luglio. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere necessarie, nel 2017: 347 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 14 interventi con volumi compresi tra 10 e 35 mm, e 312 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 47 interventi con volumi variabili da 4 a 8 mm e, nel 2018: 146 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 8 interventi con volumi compresi tra 10 e 30 mm, e 151 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 32 interventi con volumi variabili da 2 a 8 mm. Compresi nei predetti volumi, per garantire l'attecchimento della coltura è stato necessario intervenire con tre irrigazioni ad aspersione da 10-15 mm: due nel 2017 e una nel 2018.



### Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutrizionali sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 950 q/ha per entrambi gli anni. Sono stati prelevati per ogni anno di prova campioni di suolo su un orizzonte di 50 cm e sottoposti ad analisi



chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Per entrambi gli anni, trattandosi di campi in prova attigui, dai risultati delle analisi è risultato nel complesso un terreno sciolto, con una reazione mediamente alcalina, un basso contenuto di azoto, una dotazione media di fosforo e alti livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata media e, pur essendo ben dotato di calcio e magnesio, il basso rapporto di questi elementi con il potassio indicava potenziali fenomeni di antagonismo con determinazione di fisiopatie da carenza, come il marciume apicale.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stata impiegata nel 2017 l'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert\_Office\_v1\_16", che segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale.

Il fabbisogno di nutrienti per il Pomodoro da industria, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere di 250 kg/ha di N, 105 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 227 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

		kg/ha		
		N	P2O5	K2O
NECESSITA'				
A)	Fabbisogno della coltura	247	105	352
C)	Perdite per lisciviazione	9		30
D)	Immobilizzazioni e dispersioni (*)	49		
B1)	Arricchimenti		0	0
A2)	Anticipazioni anni futuri		0	0
<b>Totale necessità</b>		<b>305</b>	<b>105</b>	<b>382</b>
DISPONIBILITA'				
B)	Fertilità del suolo	45	0	154
E)	Precessione	0		
F)	Fertilità organica residua	0		
G)	Apporti naturali	10		
<b>Totale disponibilità</b>		<b>55</b>	<b>0</b>	<b>154</b>
<b>Bisogno calcolato</b>		<b>250</b>	<b>105</b>	<b>227</b>
<b>Apporto ammesso col "Bilancio"</b>		<b>250</b>	<b>105</b>	<b>227</b>

Nel 2018, invece, in seguito alla realizzazione della versione beta del software, per il calcolo dei fabbisogni della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet. Di seguito gli screenshot delle schermate delle due tesi fertirrigate.

**Appezamento 48736 - Pomodoro Fertirinet Ploggia > DATI CHIMICI DEL SUOLO**

Amido Totale g/kg: 8,73

Potassio ppm (K<sub>2</sub>O): 192 **Converti**

Fosforo ppm (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 25,3 **Converti**

Sostanza organica %: 1,09

Rapporto CN: 8,4

Calcolo del sistema in base a sostanza organica e azoto

Magnesio ppm: 89

Capacità di scambio cationico: 12,15

Calcare totale %: 13,4

Calcare attivo %: 2

pH: 7,7

Disponibilità di ossigeno: Moderata

Ubicazione: Pianura isolata

% di azoto fissazione: 0

Appezamento in Zona vulnerabile:

**Salva**

**Appezamento 6 - Pomodoro Fertirinet Ploggia > MODIFICA CULTURA CORRENTE**

Tipo di coltura: POMODORO DA INDUSTRIA

Ciclo: Unico

Descrizione: Pomodoro Fertirinet

Data inizio-ciclo della fase semina/trapianto: 15/05/2018

Data di raccolta: 04/09/2018

Cultura protetta:

Cultura creata il: 16/03/2018 15:41:18

**Dati della coltura per la fertilizzazione**

Finalità produttiva: Trasformazione per uso alimentare

Fase ciclo colturale: Primavera-estate > 130 gg

Tipo fertilizzante organico: Nessuno

Frequenza fertilizzante organico: saltuario

Quantità fertilizzante organico Kg/ha: 0

Resa t/ha: 95

Tipologia colturale precedente: Mais stocchi interrati

**Salva**

**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata ad aspersione.**

**Appezamento 48739 - Pomodoro Fertirinet Goccia > DATI CHIMICI DEL SUOLO**

Amido Totale g/kg: 8,73

Potassio ppm (K<sub>2</sub>O): 192 **Converti**

Fosforo ppm (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 25,3 **Converti**

Sostanza organica %: 1,09

Rapporto CN: 8,4

Calcolo del sistema in base a sostanza organica e azoto

Magnesio ppm: 89

Capacità di scambio cationico: 12,15

Calcare totale %: 13,4

Calcare attivo %: 2

pH: 7,7

Disponibilità di ossigeno: Moderata

Ubicazione: Pianura isolata

% di azoto fissazione: 0

Appezamento in Zona vulnerabile:

**Salva**

**Appezamento 7 - Pomodoro Fertirinet Goccia > MODIFICA CULTURA CORRENTE**

Tipo di coltura: POMODORO DA INDUSTRIA

Ciclo: Unico

Descrizione: Pomodoro Fertirinet Goccia

Data inizio-ciclo della fase semina/trapianto: 15/05/2018

Data di raccolta: 04/09/2018

Cultura protetta:

Cultura creata il: 16/03/2018 15:52:09

**Dati della coltura per la fertilizzazione**

Finalità produttiva: Trasformazione per uso alimentare

Fase ciclo colturale: Primavera-estate > 130 gg

Tipo fertilizzante organico: Nessuno

Frequenza fertilizzante organico: saltuario

Quantità fertilizzante organico Kg/ha: 0

Resa t/ha: 95

Tipologia colturale precedente: Mais stocchi interrati

**Salva**

**Fig. 3a e 3b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata a goccia.**

Il fabbisogno di nutrienti per il Pomodoro, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere per il 2018 di circa 232 kg/ha di N, 105 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 300 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

**Bilancio nutritivo (kg/ha)**

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	231,9	104,5	300,0
Fertilizzazioni effettuate	231,9	104,5	300,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	0,0	0,0

**Fig. 4- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata ad aspersione.**

**Bilancio nutritivo (kg/ha)**

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	231,9	104,5	300,0
Fertilizzazioni effettuate	231,9	104,5	300,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	0,0	0,0

**Fig. 5- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata a goccia.**

Sia per il 2017 che per il 2018, il frazionamento dell'azoto del fosforo e del potassio è avvenuto in maniera differenziata fra le tesi, distribuendo per la tesi tradizionale, una parte prima del trapianto e la restante in copertura, contestualmente alle sarchiature per favorirne l'interramento (primi fiori e primi frutti). Per le tesi fertirrigate, invece, è stata destinata una quota da distribuire di fondo, una in copertura in maniera tradizionale e una in fertirrigazione veicolandola con le acque irrigue. Per le distribuzioni di fondo sono stati impiegati dei concimi minerali ternari con un equilibrato rapporto N/P/K. Per quelle di copertura tradizionale formulazioni commerciali solitamente poco solubili contenenti sia la forma ammoniacale che quella nitrica, quest'ultima in combinazione con il potassio. Infine, per le fertirrigazioni le stesse formulazioni impiegate in copertura tradizionale ma ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua. Nel 2017 la ripartizione temporale dei fabbisogni non ha riguardato la distribuzione del fosforo, che è avvenuta in un unico intervento di "fondo". Nel 2018, invece, si è deciso di destinare una minore quota di azoto e potassio da distribuire con la concimazione di fondo in tutte e tre le tesi e una minore di fosforo nelle due tesi fertirrigate, con l'obiettivo, rispettivamente: di ridurre ulteriormente le perdite per lisciviazione dei nitrati, favorire un maggior assorbimento del potassio durante il rapido sviluppo delle bacche e rendere più disponibile il fosforo nelle primissime fasi di sviluppo della coltura.

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	25%	100%	40%	75%	-	60%	-	-	-
Aspersione fertirrigata	25%	100%	40%	45%	-	40%	30%	-	20%
Micro-portata fertirrigata	25%	100%	40%	25%	-	30%	50%	-	30%

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno del Pomodoro nel 2017

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	20%	100%	25%	80%	-	75%	-	-	-
Aspersione fertirrigata	20%	80%	25%	25%	-	25%	55%	20%	50%
Micro-portata fertirrigata	20%	80%	25%	10%	-	10%	70%	20%	65%

Tabella 2 – Frazionamento del fabbisogno del Pomodoro nel 2018

La soluzione madre da iniettare durante le fertirrigazioni è stata ottenuta sciogliendo preventivamente in acqua le dosi di concimi da distribuire, in una vasca di 100 litri circa. Conoscendo il grado di solubilità dei fertilizzanti, la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione, la salinità della soluzione madre, la presenza di calcio e magnesio, si è deciso che non era necessario acidificare la soluzione madre in quanto non c'erano i presupposti per la formazione di precipitati. La fertirrigazione avveniva in tre fasi: in una prima fase, pari a circa il 50-60 % del tempo totale di irrigazione, veniva distribuita solo acqua, successivamente tutto il volume della soluzione madre (10-20% del tempo) e, nella restante fase l'irrigazione viene effettuata di nuovo con la sola acqua. Tale modalità di distribuzione è di fondamentale importanza per evitare perdite per lisciviazione profonda soprattutto dei nitrati. Infatti, veicolando i nutrienti attraverso le acque di irrigazione, se



l'impianto di distribuzione non è correttamente dimensionato o non si distribuisce correttamente la soluzione nutritiva, nonostante si frazionino le dosi di azoto, si rischia di portare i nutrienti oltre l'orizzonte esplorato dalle radici. L'iniezione è avvenuta per mezzo di pompe dosatrici.



**Fig. 5 – Particolare delle pompe dosatrici impiegate nella prova.**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni fertirrigazione, è stato adottato l'approccio matematico descritto nell'azione 3.2, calcolando il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. Nel 2017, primo anno di prova, partendo dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo e dalle caratteristiche dei diversi metodi irrigui, sono stati individuati una prima serie di parametri da adottare per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche. Ad ogni fase fenologica è stata attribuita una durata (GDDff), un fabbisogno (Nff%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ff% e K<sub>2</sub>O<sub>ff</sub>%), una riserva (Nα%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>α% e K<sub>2</sub>Oα%) e una dose (N<sub>imp</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>imp</sub> e K<sub>2</sub>O<sub>imp</sub>). Di seguito i parametri impiegati per il Pomodoro.

	GDDff	Nff%		GDDff	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ff%		GDDff	K <sub>2</sub> O <sub>ff</sub> %
F1		0	0	F1	0	0	F1	0
F2		450	40	F2	450	70	F2	450
F3		160	20	F3	160	10	F3	160
F4		320	30	F4	320	20	F4	320
F5		140	10	F5	140	0	F5	140
F6		800	0	F6	800	0	F6	800

**GDD<sub>ff</sub>** : Sommatoria gradi giorno complessivi per fenofase.

**N<sub>ff</sub>%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ff% e K<sub>2</sub>O<sub>ff</sub>%** : Fabbisogno percentuale di azoto, fosforo e potassio per fase fenologica.

Nα	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> α	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.	K <sub>2</sub> Oα	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	0,0%	0,0%	0,0%	F1	0,0%	0,0%	0,0%	F1	0,0%	0,0%	0,0%
F2	20,0%	20,0%	30,0%	F2	80,0%	80,0%	80,0%	F2	60,0%	80,0%	100,0%
F3	25,0%	25,0%	20,0%	F3	60,0%	60,0%	60,0%	F3	120,0%	140,0%	160,0%
F4	10,0%	15,0%	10,0%	F4	20,0%	20,0%	20,0%	F4	70,0%	100,0%	120,0%
F5	10,0%	15,0%	10,0%	F5	5,0%	10,0%	10,0%	F5	10,0%	10,0%	10,0%
F6	0,0%	0,0%	0,0%	F6	0,0%	0,0%	0,0%	F6	0,0%	0,0%	0,0%

**Nα%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>α% e K<sub>2</sub>Oα%**: frazione di fabbisogno che si intende mantenere come riserva nel terreno.

Nimp	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> imp	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.	K <sub>2</sub> Oimp	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	60	60	60	F1	50	70	100	F1	90	90	90
F2	10	20	30	F2	30	40	50	F2	10	20	30
F3	10	20	30	F3	10	20	20	F3	10	20	30
F4	10	20	30	F4	15	15	15	F4	10	20	30
F5	10	20	30	F5	10	10	10	F5	10	10	10
F6	0	0	0	F6	0	0	0	F6	0	0	0

**N<sub>imp</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>imp e K<sub>2</sub>Oimp**.: dosi fertilizzanti relativi all'impianto irriguo.



**Fig. 6a e 6b – Particolare delle fertirrigazioni a goccia (sx) e aspersione (dx).**

Sempre durante il 2017, non avendo ancora a disposizione la versione beta del software, i bilanci nutrizionali sono stati calcolati con l'ausilio di un foglio di calcolo di Excel e, al raggiungimento delle soglie inferiori, effettuate le fertilizzazioni. Di conseguenza, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 8 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 22 per quella a microportata per azoto e, rispettivamente, 2 e 8 per il potassio. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

Fertilizzazioni Azotate Pomodoro 2017 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
18/05/2017	61	61	61
19/06/2017	104	38	22
03/07/2017	84		
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
09/06/2017			10
10/06/2017		10	
13/06/2017		10	
22/06/2017			5
23/06/2017			5
26/06/2017		15	5
27/06/2017			5
01/07/2017			5
04/07/2017		15	5
06/07/2017			8
08/07/2017			10
10/07/2017		30	10
14/07/2017			10
17/07/2017		20	15
19/07/2017			10
21/07/2017			10
24/07/2017		30	10
26/07/2017			8
29/07/2017			8
31/07/2017		21	8
02/08/2017			8
04/08/2017			6
05/08/2017			3
<b>Totale</b>	<b>249,5</b>	<b>249,5</b>	<b>249,5</b>

Fertilizzazioni Potassiche Pomodoro 2017 (kg/ha di K <sub>2</sub> O)			
Data	Distribuzione granulare		
18/05/2017	88,54	88,54	88,54
19/06/2017	81,46	61,09	40,73
03/07/2017	57,70		
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
10/07/2017		40	15,00
14/07/2017			15,00
17/07/2017		38,10	20,00
19/07/2017			10,00
21/07/2017			10,00
24/07/2017			10,00
26/07/2017			10,00
29/07/2017			8,43
<b>Totale</b>	<b>227,7</b>	<b>227,7</b>	<b>227,7</b>

La dinamica dell'azoto nel suolo nelle tre tesi, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



La dinamica del potassio nel suolo nelle tre tesi, calcolata sempre secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata la seguente:



Nel 2018, invece, basandosi sui risultati delle curve di assorbimento ottenuti nell'anno precedente, la serie di parametri adottata l'anno prima è stata corretta con l'obiettivo di aderire maggiormente alle dinamiche di assorbimento della coltura ed evitare distribuzioni premature di elementi, soprattutto azoto, che potrebbero essere soggette a lisciviazioni profonde, oltre a determinare un eccessivo sviluppo vegetativo della coltura che andrebbe a scapito di quello produttivo.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	90	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	40	0	60	0	0	90	0	0	90	0
allegagione primo palco	F3	450	40	20	40	70	20	90	30	30	80
invaiaura primo palco	F4	160	30	20	40	20	20	60	20	30	170
invaiaura secondo palco	F5	320	20	15	20	10	15	20	40	30	120
maturazione: 50%	F6	140	10	10	15	0	10	10	10	10	10
maturazione: 100%	F7	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Aspersione.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	90	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	40	0	60	0	0	90	0	0	90	0
allegagione primo palco	F3	450	40	10	40	70	10	90	30	10	60
invaiaura primo palco	F4	160	30	10	20	20	10	60	20	15	140
invaiaura secondo palco	F5	320	20	10	15	10	10	20	40	15	80
maturazione: 50%	F6	140	10	5	10	0	10	5	10	10	10
maturazione: 100%	F7	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 4 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Microportata.

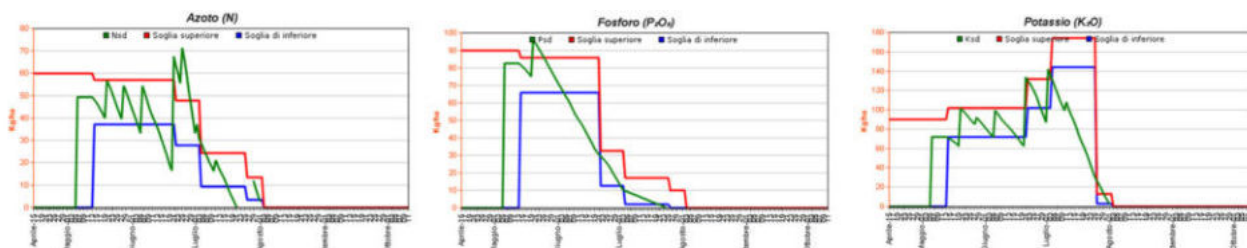
Nel 2018, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 6 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 19 per quella a micro-portata per azoto e, rispettivamente, 6 e 14 per il potassio. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nella tabella seguente.

Fertilizzazioni Azotate Pomodoro 2018 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
07/05/2018	49,3	49,3	49,3
06/06/2018	122,8	23,0	20,7
22/06/2018	59,9	52,7	16,3
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
21/05/2018		18,4	8,7
26/05/2018			9,7
29/05/2018		17,7	
31/05/2018			12,7
11/06/2018			10,9
13/06/2018			5,4
19/06/2018			10,0
21/06/2018			4,9
26/06/2018		20,4	
30/06/2018			10,0
02/07/2018			5,2
03/07/2018		10,9	10,0
05/07/2018			6,8
09/07/2018			2,7
10/07/2018			5,4
12/07/2018		6,8	2,7
13/07/2018			5,4
16/07/2018			8,1
25/07/2018			9,5
28/07/2018			9,5
30/07/2018		32,7	7,9
<b>Totale</b>	<b>232,0</b>	<b>231,9</b>	<b>231,8</b>

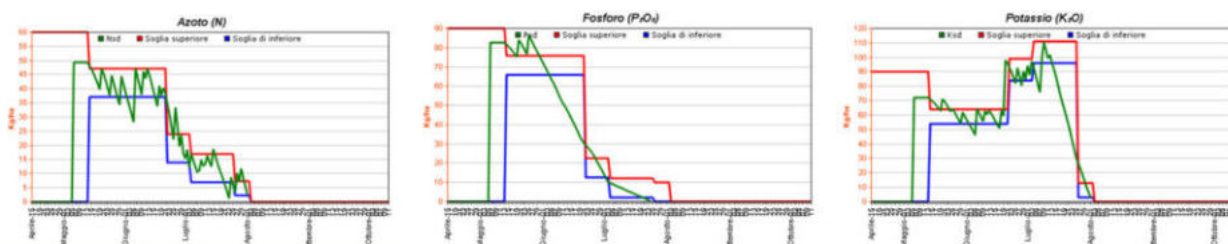
Fertilizzazioni Potassiche Pomodoro 2018 (kg/ha di K <sub>2</sub> O)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
07/05/2018	72,00	72,00	72,00
06/06/2018	102,00		
22/06/2018	126,00	63,10	40,50
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
21/05/2018		40,00	9,90
26/05/2018			4,90
29/05/2018		9,9	
31/05/2018		9,9	9,90
07/06/2018		30	20,00
11/06/2018			9,90
13/06/2018			5,10
19/06/2018			15,00
27/06/2018			15,00
30/06/2018			15,00
02/07/2018			15,00
03/07/2018		60,7	
04/07/2018			15,00
09/07/2018			30,40
10/07/2018			14,20
12/07/2018		14,4	
13/07/2018			8,50
<b>Totale</b>	<b>300,0</b>	<b>300,0</b>	<b>300,3</b>

Tabelle 5a e 5b – Frazionamento dell'azoto e del potassio effettuato nel 2018.

Di conseguenza, la dinamica degli elementi nel suolo delle sole due tesi fertirrigate, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata per la tesi fertirrigata ad aspersione la seguente:



e per quella fertirrigata a goccia la seguente:



Sia nel 2017 che nel 2018, pur con annate decorse in modo differente, per la coltura del pomodoro da industria non sono stati riscontrati problemi nella distribuzione delle unità fertilizzanti prefissate

in quanto, le numerose irrigazioni e le diverse sarchiature effettuate hanno consentito comunque di frazionare i fertilizzanti.

### **Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto nel biennio 2017-2018**

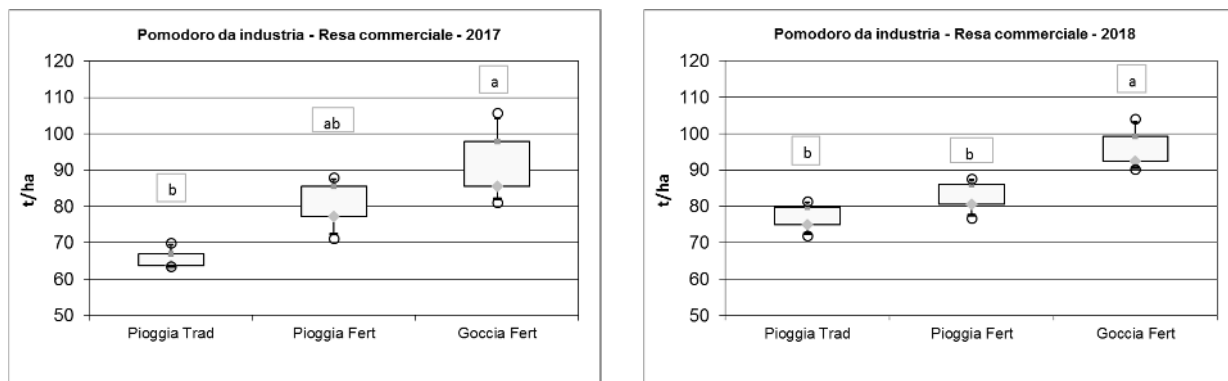
Nel biennio, le raccolte sono state effettuate nel 2017 in data 30 agosto e nel 2018 in data 22 agosto. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 m<sup>2</sup> per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica di bacche,
- numero e peso medio delle bacche,
- suddivisione per classi (commerciale, verde e marcio)
- su campioni di prodotto commerciale è stato rilevato il parametro qualitativo °Brix.



**Fig. 7 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

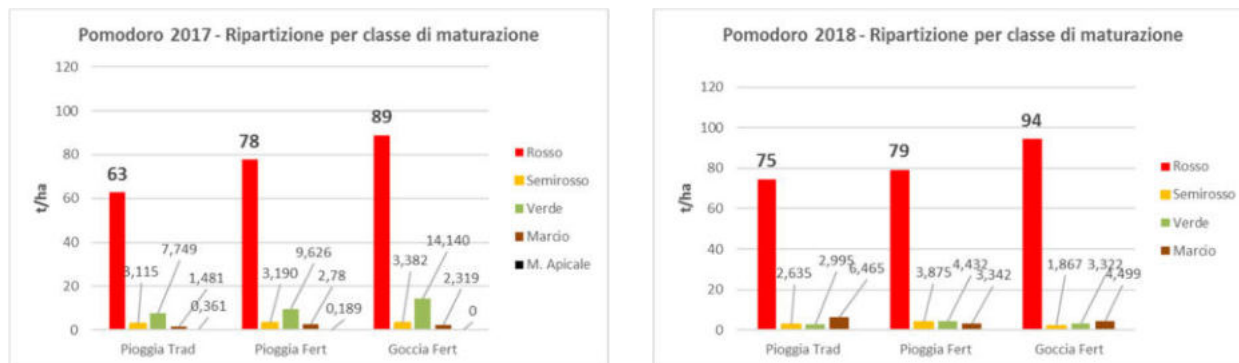
I risultati ottenuti nel biennio mostrano un notevole incremento di resa commerciale per la tesi fertirrigata a goccia, rispetto alle altre due tesi, risultando statisticamente significativa sia nel 2017 che nel 2018, con un incremento rispetto alla tesi tradizionale di 265 q/ha, pari al 40% nel 2017 e di 191 q/ha, pari al 25% raggiunto nel 2018.



**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali medie ottenute nei due anni.**

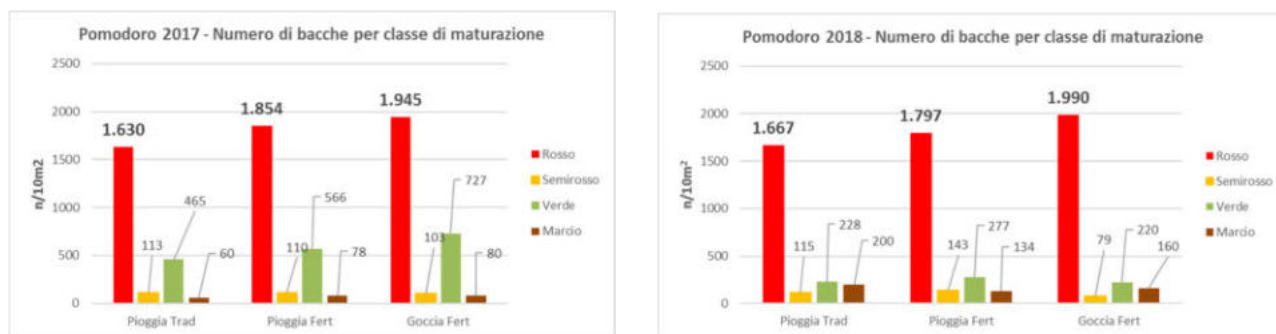


Tali incrementi di resa sono dovuti principalmente ad un maggior quantitativo di bacche che raggiungono la completa maturazione. Risultato raggiunto sia nel 2017 che nel 2018.



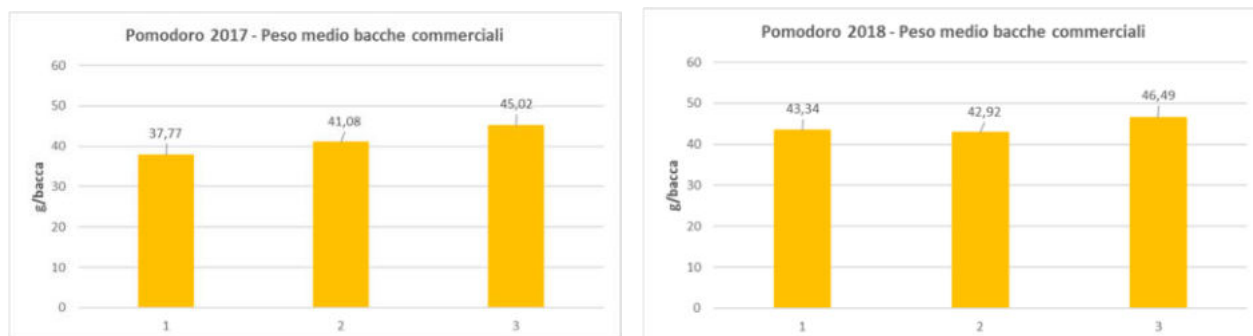
**Fig. 9a e 9b – Suddivisione delle bacche per classe di maturazione ottenuta nei due anni.**

Inoltre, il frazionamento nel tempo degli elementi effettuato nelle tesi fertirrigate ha influenzato sull'allegagione e sulla successiva maturazione delle bacche. Il numero di bacche per unità di superficie osservato è stato di gran lunga superiore nelle tesi fertirrigate. Infatti, disponibilità eccessive di azoto in fase di fioritura e allegagione inducono la coltura ad un eccessivo sviluppo vegetativo a scapito di quello riproduttivo con la conseguenza di un minor numero di bacche allegate.



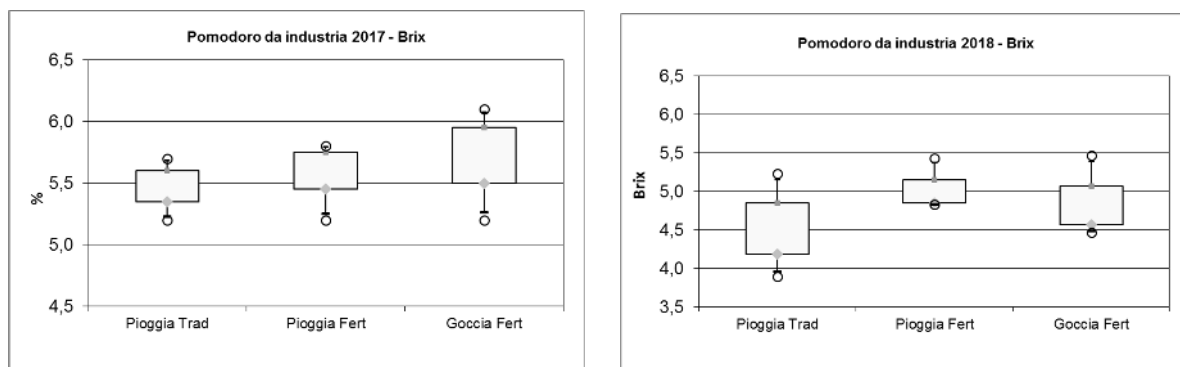
**Fig. 10a e 10b – Numero di bacche per classe di maturazione ottenuta nei due anni.**

Unitamente al maggior numero di bacche osservate nelle tesi fertirrigate, si evidenzia anche un incremento del peso medio del prodotto commerciale, maggiore nel 2017, rispetto al 2018 nel quale le differenze sono state minime.



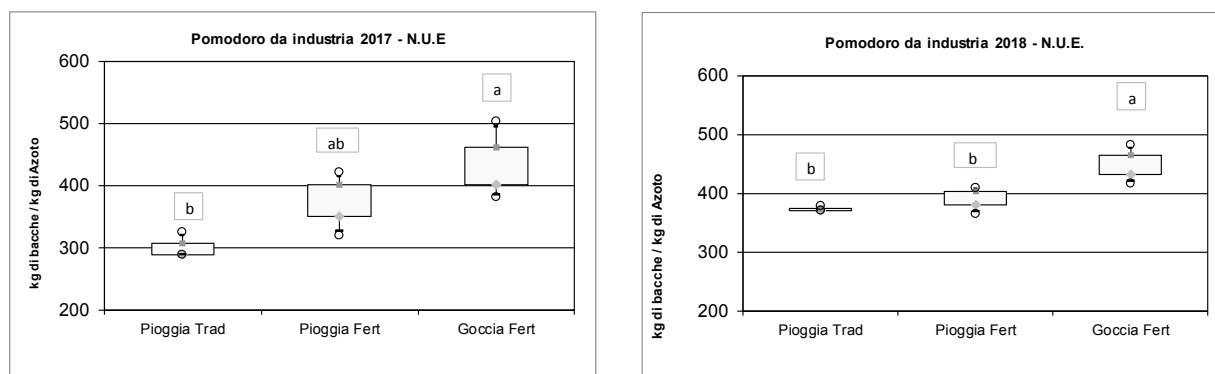
**Fig. 11a e 11b – Pesì medi del prodotto commerciale ottenuti nei due anni.**

Anche se i trattamenti non sono risultati statisticamente differenti tra di loro, si osserva un trend nella percentuale di Brix misurata a favore delle tesi fertirrigate, maggiore nel 2017 rispetto al 2018.



**Fig. 12a e 12b – Qualità dei tuberi di patata ottenuti nei due anni.**

Sulla base delle rese e degli apporti azotati, è stata anche calcolata l'efficienza di utilizzo dell'azoto (N.U.E. - Nitrogen Use Efficiency). I risultati sono stati ottenuti a parità di apporti azotati, variando solo la distribuzione temporale. Sia nel 2017 che nel 2018, è stata osservata una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi fertirrigata a goccia, rispetto alle altre due tesi, dovuta esclusivamente al frazionamento dell'azoto nel tempo, concentrandolo nelle fasi maggior fabbisogno della coltura. Nel 2018, benché l'annata climatica sia stata più piovosa, si sono osservate comunque differenze statisticamente significative.



**Fig. 13a e 13b – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nei due anni.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel 2017, l'incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione a goccia, rispetto alla concimazione tradizionale, è risultato di circa 1850 €/ha, pari a circa il 31% e non si sono osservate differenze statistiche tra la tesi fertirrigata a goccia e quella fertirrigata ad aspersione. Nel 2018, anche se i valori medi sono a favore della tesi fertirrigata a goccia, non sono emerse differenze statisticamente significative tra le tesi.



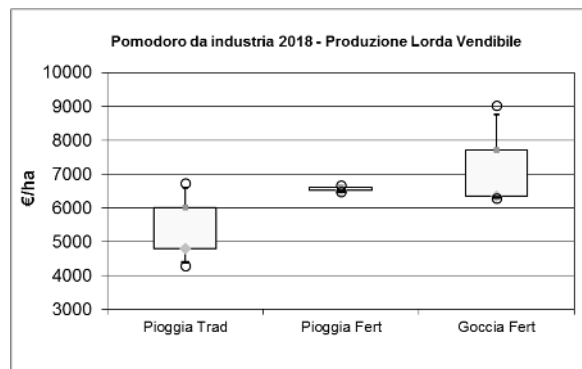
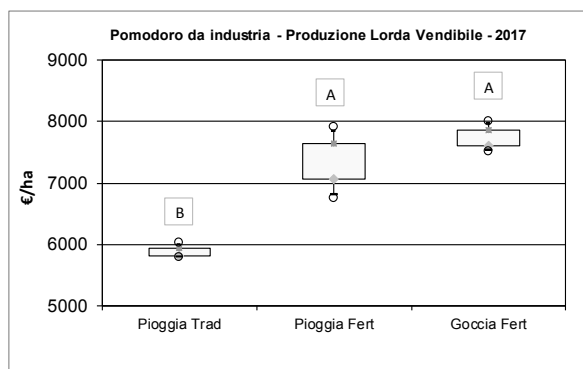


Fig. 14a e 14b – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nei due anni.

Nella tabelle seguenti sono riportati i dati di resa, totale e commerciale, il peso medio delle bacche, la quantità di bacche verdi, marce e affette da marciume apicale e la % di Brix, con le relative significatività statistiche ottenuti nel biennio.

		Repliche			
	Tesi	1	2	3	* p < 0,05
Totale (t/ha)	Pioggia Trad	72,31	72,48	81,29	b
	Pioggia Fert	105,07	95,07	80,07	ab
	Goccia Fert	125,68	105,09	95,41	a
Commerciale (t/ha)	Pioggia Trad	63,79	63,58	69,93	b
	Pioggia Fert	87,92	83,35	71,16	ab
	Goccia Fert	105,80	89,82	81,18	a
Peso medio (g/bacca)	Pioggia Trad	35,66	36,37	41,28	n.s.
	Pioggia Fert	43,60	40,90	38,74	n.s.
	Goccia Fert	50,24	45,26	39,57	n.s.
Verde (t/ha)	Pioggia Trad	6,64	6,44	10,17	n.s.
	Pioggia Fert	11,57	9,22	8,10	n.s.
	Goccia Fert	17,06	12,93	12,43	n.s.
Marcio (t/ha)	Pioggia Trad	1,63	1,88	0,93	n.s.
	Pioggia Fert	5,26	2,32	0,76	n.s.
	Goccia Fert	2,82	2,34	1,80	n.s.
Marciume apicale (t/ha)	Pioggia Trad	0,25	0,58	0,26	n.s.
	Pioggia Fert	0,32	0,18	0,06	n.s.
	Goccia Fert	0,00	0,00	0,00	n.s.
BRIX %	Pioggia Trad	5,50	5,70	5,20	n.s.
	Pioggia Fert	5,20	5,70	5,80	n.s.
	Goccia Fert	4,80	5,20	6,10	n.s.
N.U.E. kg/kg	Pioggia Trad	289,8	290,5	325,8	b
	Pioggia Fert	421,1	381,0	320,9	ab
	Goccia Fert	503,7	421,2	382,4	a
P.L.V. €/ha	Pioggia Trad	5795,0	6032,5	5858,4	B
	Pioggia Fert	7365,8	7908,3	6751,3	A
	Goccia Fert	8009,7	7524,5	7702,2	A

		Repliche			
	Tesi	1	2	3	* p < 0,05
Totale (t/ha)	Pioggia Trad	86,049	87,892	85,862	a
	Pioggia Fert	95,134	92,238	84,721	b
	Goccia Fert	111,64	96,85	103,73	b
Commerciale (t/ha)	Pioggia Trad	78,147	81,393	71,883	a
	Pioggia Fert	87,541	84,386	76,845	b
	Goccia Fert	103,98	90,14	94,64	b
Peso medio (g/bacca)	Pioggia Trad	44,62	46,05	39,35	n.s.
	Pioggia Fert	42,18	47,56	39,03	n.s.
	Goccia Fert	46,91	46,06	46,51	n.s.
Verde (t/ha)	Pioggia Trad	1,96	3,06	3,96	n.s.
	Pioggia Fert	4,29	4,47	4,54	n.s.
	Goccia Fert	3,45	3,27	3,25	n.s.
Marcio (t/ha)	Pioggia Trad	5,94	3,44	10,02	n.s.
	Pioggia Fert	3,31	3,38	3,33	n.s.
	Goccia Fert	4,21	3,44	5,85	n.s.
Marciume apicale (t/ha)	Pioggia Trad	0	0	0	n.s.
	Pioggia Fert	0	0	0	n.s.
	Goccia Fert	0	0	0	n.s.
BRIX %	Pioggia Trad	4,47	5,23	3,90	n.s.
	Pioggia Fert	4,83	4,87	5,43	n.s.
	Goccia Fert	5,47	4,67	4,47	n.s.
N.U.E. kg/kg	Pioggia Trad	371,06	379,01	370,25	a
	Pioggia Fert	410,24	397,75	365,33	b
	Goccia Fert	481,4	417,6	447,3	b
P.L.V. €/ha	Pioggia Trad	5297,4	6734,5	4299,5	n.s.
	Pioggia Fert	6545,1	6477,4	6664,6	n.s.
	Goccia Fert	9017,7	6290,2	6415,1	n.s.

Tabella 6a e 6b – Risultati produttivi ottenuti nel 2017 (sx) e nel 2018 (dx).

## Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio nelle piante

Durante il ciclo colturale, in entrambi gli anni, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in biomassa e bacche, nelle tre tesi concimate: sono stati effettuati, su 2 ripetizioni per tesi, 4 prelievi di 3 piante per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo le bacche da fusti e foglie.

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

- al trapianto;
- all'allegagione del primo palco;
- in corrispondenza dell'invasatura del secondo palco;
- in prossimità della raccolta.

### Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca (q/ha) ottenute nel biennio per le tre tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e bacche. Per entrambi gli anni l'accumulo di sostanza secca nella vegetazione ha avuto un andamento analogo in tutte e tre le tesi. L'accumulo di sostanza secca nelle bacche invece è risultato differente tra le tesi in entrambi gli anni. Rispetto alla tesi tradizionale che ha ricevuto l'intero apporto di fertilizzanti entro gli inizi di luglio, le tesi fertirrigate hanno beneficiato di un maggior frazionamento distributivo evidenziando un maggior accumulo di sostanza secca, soprattutto nelle bacche alla raccolta, nelle tesi fertirrigate rispetto a quella concimata tradizionalmente.

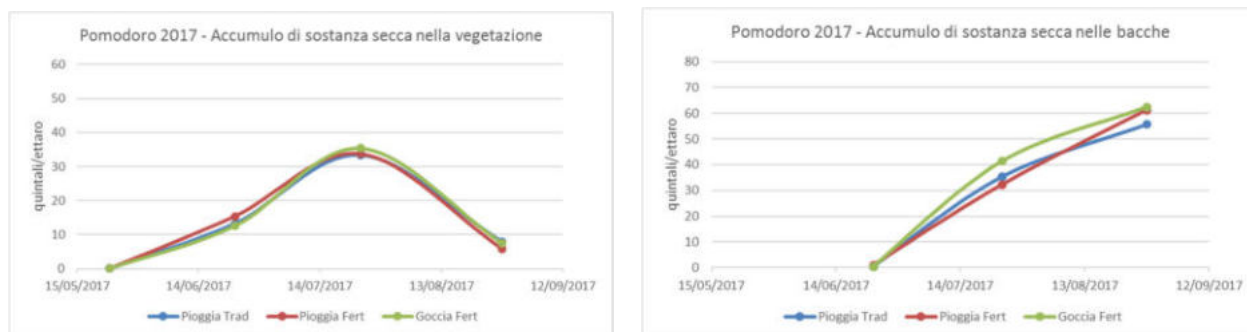


Fig. 15a e 15b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2017.

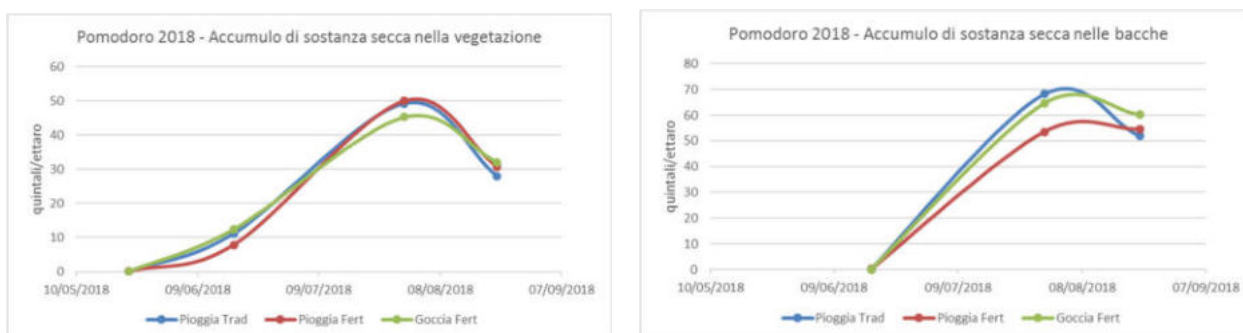
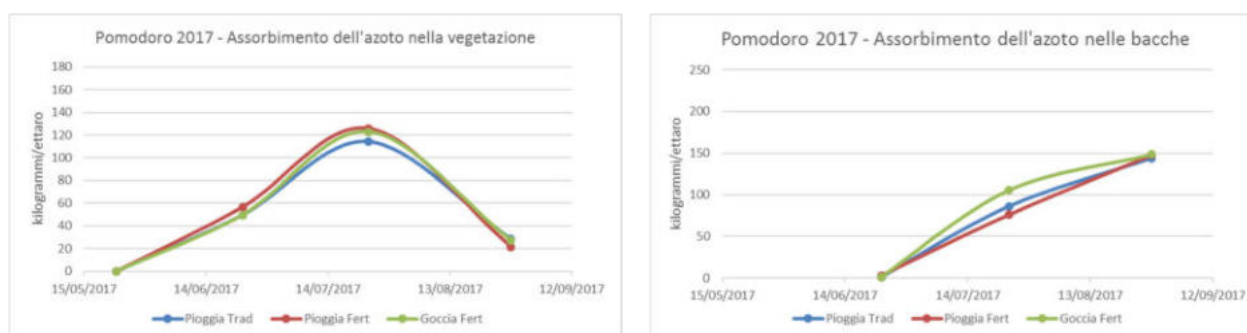


Fig. 16a e 16b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2018.

## Curve di assorbimento dell'azoto

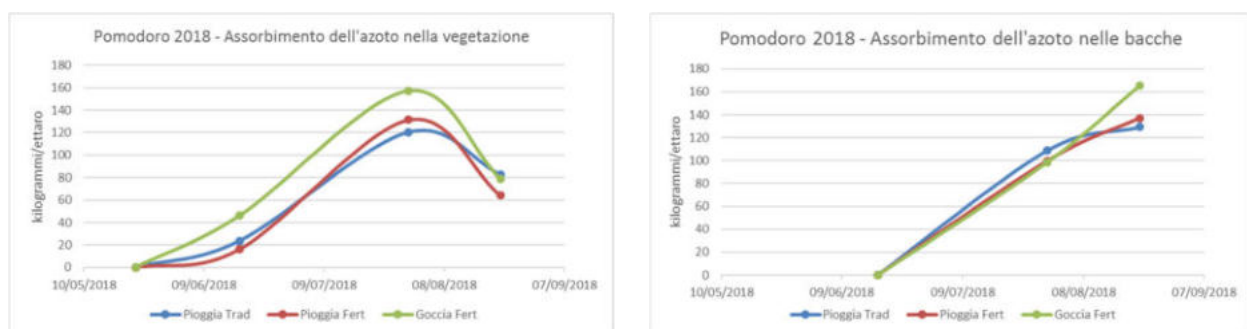
Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha) ottenute nel biennio (2017-2018) per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e bacche.

Nel 2017, si sono osservati maggiori assorbimenti di azoto nella vegetazione delle tesi fertirrigate e nelle bacche, ma solo in quella fertirrigata a goccia. La tesi concimata tradizionalmente mostra un maggior assorbimento di azoto nelle bacche solo nei confronti della tesi fertirrigata ad aspersione.



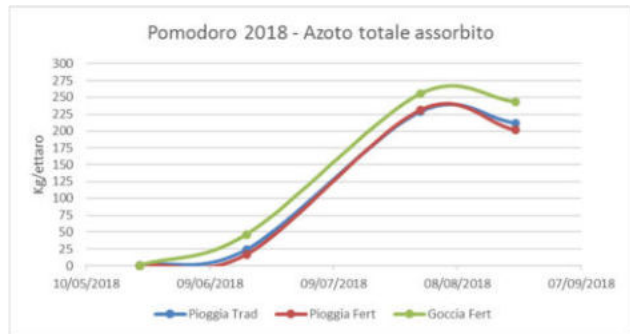
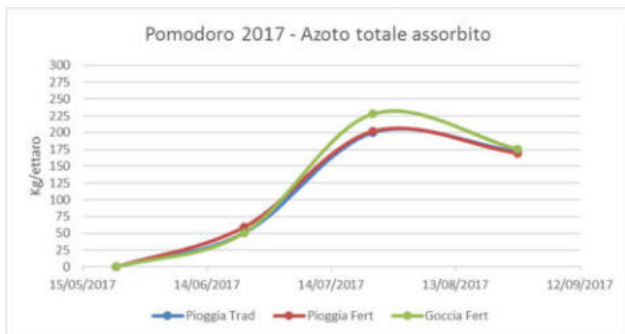
**Fig. 17a e 17b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2017.**

Nel 2018, la decisione di destinare una minore quota di azoto da distribuire con la concimazione di fondo in tutte e tre le tesi, ha favorito la tesi fertirrigata a goccia. Nelle bacche si osservano andamenti analoghi visti l'anno precedente con differenziazioni tra le tesi solo alla raccolta.



**Fig. 18a e 18b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2018.**

Nel 2017, il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato superiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura in quanto la resa attesa non è stata raggiunta. Nel 2018, invece questi sono risultati in linea e i minori assorbimenti verificatisi per la tesi tradizionale e per quella fertirrigata ad aspersione le perdite per lisciviazione dovute alla maggiore piovosità dell'annata si sono.

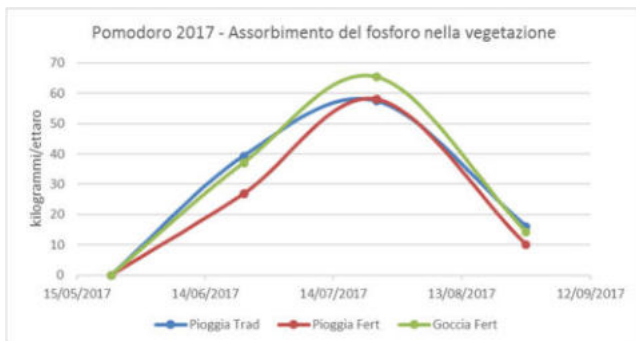


**Fig. 19a e 19b – Dinamica complessiva dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nei due anni.**

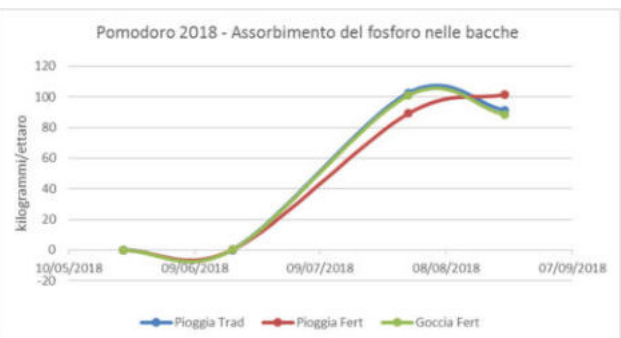
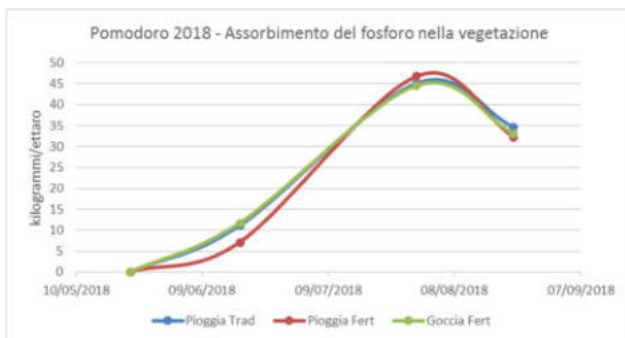
Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all’assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel biennio (2017-2018) per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e bacche.

La distribuzione in fertirrigazione del fosforo mostra assorbimenti maggiori rispetto alla distribuzione tradizionale.

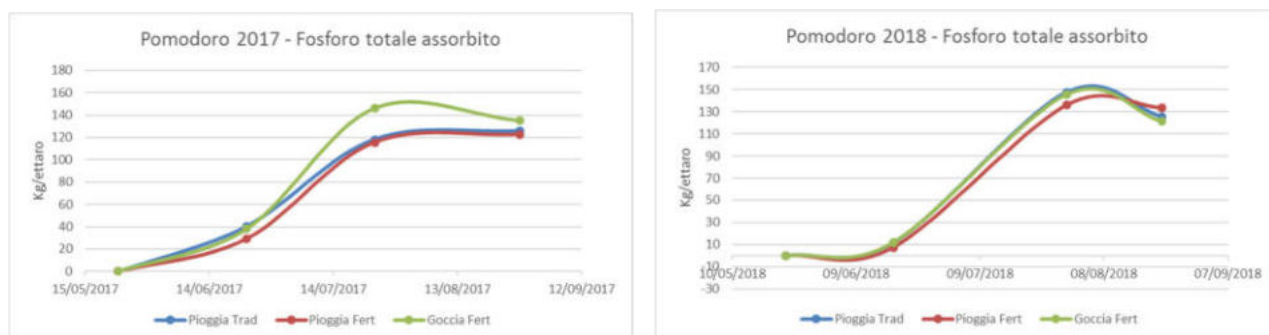


**Fig. 20a e 20b – Dinamica dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel 2017.**



**Fig. 21a e 21b – Dinamica dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel 2018.**

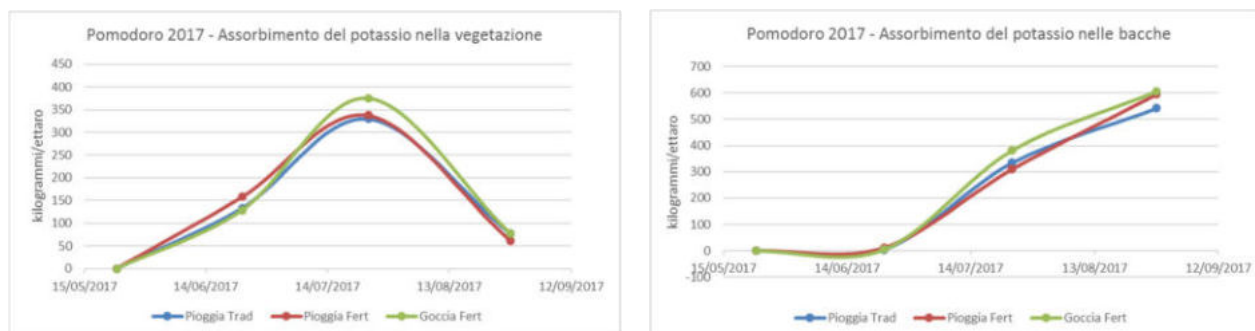
In entrambi gli anni il fabbisogno di fosforo stimato ad inizio stagione è stato leggermente inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.



**Fig. 22a e 22b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del fosforo ottenuta nei due anni.**

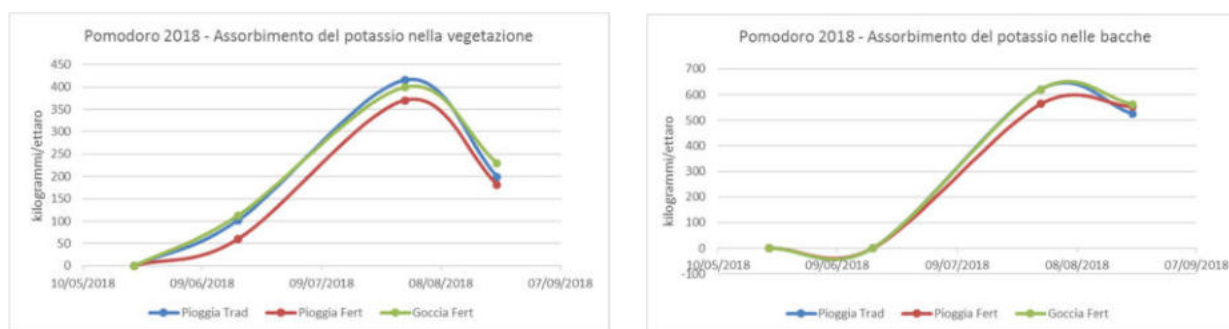
### Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all’assorbimento del potassio (kg/ha) ottenute nel biennio (2017-2018) per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e bacche. Nel 2017, essendo il terreno in prova con una dotazione elevata, le differenze non sono marcate, anche se la tesi fertirrigata a goccia è quella che ha mostrato le performance migliori.



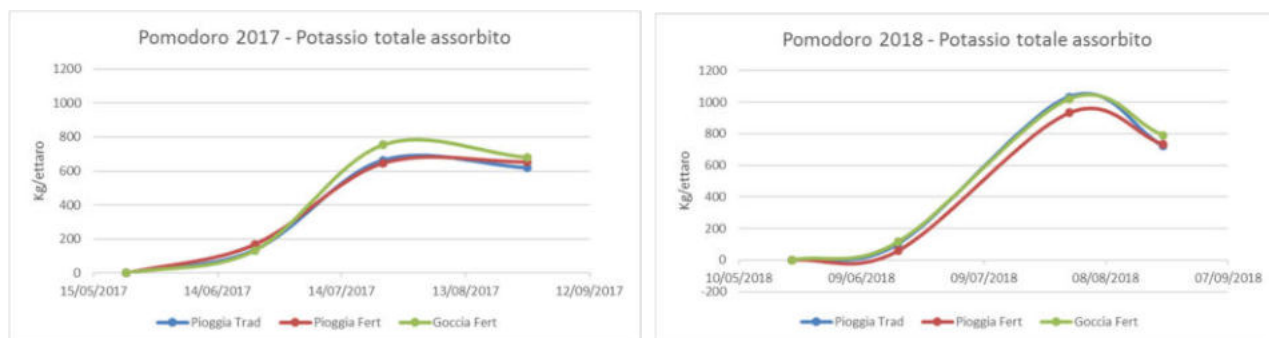
**Fig. 23a e 23b – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel 2017.**

Nel 2018, la decisione di destinare una minore quota di potassio da distribuire con la concimazione di fondo in tutte e tre le tesi ha migliorato l’efficienza di assorbimento dell’elemento, ma senza variazioni dei contenuti tra le tesi alla raccolta delle bacche.



**Fig. 24a e 24b – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel 2018.**

In entrambi gli anni di prova le tesi fertirrigate hanno fatto registrare assorbimenti maggiori nelle fasi di rapido sviluppo della coltura, ma alla raccolta non si sono registrate differenze significative.



**Fig. 25a e 25b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del potassio ottenuta nei due anni.**

### Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

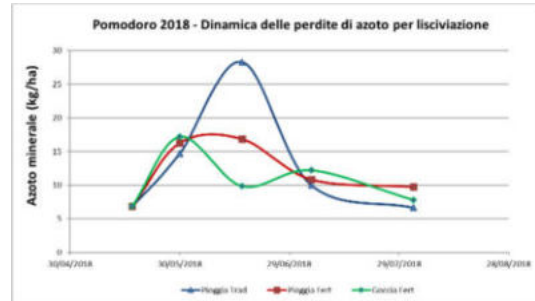
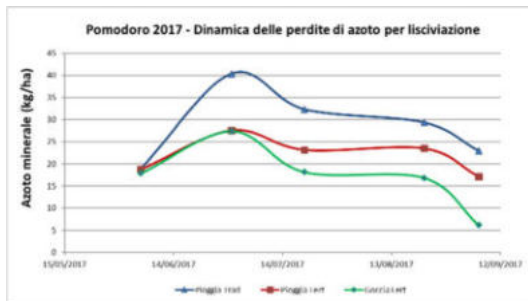
In entrambi gli anni, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato esplorato dalle radici, 6 lisimetri a suzione (3 tesi x 2 repliche) per la captazione del lisciviato. Le soluzioni circolanti intercettate sono state analizzate per il contenuto in nitrati e ammonio. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.



**Fig. 26 – Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo utilizzo in campo (dx).**

Nelle figure sottostanti sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto minerale (nitrico più ammoniacale) nelle tre tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio. Nonostante la concimazione di fondo non sia stata differenziata tra le tesi, in termini di azoto perso per lisciviazione, si è osservata una sostanziale differenza la tesi irrigata a goccia e le restanti, soprattutto quella tradizionale. Risulta molto importante quindi evitare eccessive distribuzioni azotate di fondo. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati nella tesi a goccia, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nella strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura seguente è riportato l’andamento del contenuto di azoto minerale (nitrico più ammoniacale) nelle tre tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm: è evidente una più marcata perdita nella tesi concimata tradizionalmente. La differenziazione tra le tesi della prima concimazione di copertura e la distribuzione in fertirrigazione del restante fabbisogno ha fatto osservare, in termini di azoto perso per lisciviazione, una sostanziale differenza

tra le tre tesi. Segno, ancora una volta, che il frazionamento e i differenti volumi irrigui impiegati tra le tesi, interessando in misura diversa orizzonti più o meno superficiali, i movimenti azotati in quella irrigata a goccia sono più bassi, mantenendo l'azoto concentrato nella strato più superficiale.



Infine, i maggiori assorbimenti di azoto e le minori perdite per lisciviazione osservate nella tesi fertirrigata a goccia trovano conferma nei minori quantitativi di azoto totale residuo rimasto nel terreno alla raccolta nell'orizzonte di suolo 0-50 cm.

2017		2018	
	N tot (%)		N tot (%)
Pioggia Trad	0,092	Pioggia Trad	0,072
Pioggia Fert	0,083	Pioggia Fert	0,075
Goccia Fert	0,084	Goccia Fert	0,074

### Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi

Al termine della prova, dai risultati delle curve di assorbimento dei tre principali elementi ottenuti nel corso del biennio, sono stati estrapolati i nuovi parametri nutritivi per il Pomodoro da industria e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	1	0	0	60	0	0	80	0	0	80	0
semina/trapianto	2	40	0	60	0	0	80	0	0	80	0
allegagione primo palco: fase piena (> 50%)	3	450	30	10	60	50	15	150	30	30	80
invaiaura primo palco: (0-5%)	4	160	20	15	60	40	10	100	30	40	120
invaiaura secondo palco: (> 50%)	5	320	40	10	40	10	10	100	30	30	150
maturazione: coloraz. finale ragg. dal 50%	6	140	10	5	15	0	10	10	10	10	100
maturazione: coloraz. finale ragg. dal 100%	7	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabella 7 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Aspersione.**



Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	1	0	0	60	0	0	80	0	0	80	0
semina/trapianto	2	40	0	60	0	0	80	0	0	80	0
allegagione primo palco: fase piena (> 50%)	3	450	30	5	60	50	10	150	30	10	40
invaiaatura primo palco: (0-5%)	4	160	20	10	40	40	5	100	30	15	60
invaiaatura secondo palco: (> 50%)	5	320	40	5	30	10	10	100	30	10	80
maturazione: coloraz. finale ragg. dal 50%	6	140	10	5	15	0	10	5	10	5	50
maturazione: coloraz. finale ragg. dal 100%	7	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabella 8 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Microportata.**

### **3. Mais da granella**

#### **Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2017-2018**

Anche per la coltura del Mais da granella sono state messe a confronto tre strategie di fertilizzazione: concimazione tradizionale, fertirrigazione ad aspersione e fertirrigazione a microportata. La prova, per l'impossibilità di riunire in un unico appezzamento tutte e tre le tesi, è stata effettuata in due appezzamenti contigui di circa 4500 m<sup>2</sup> ciascuno. Il primo dei due campi è stato irrigato interamente a goccia e suddiviso in tre parcelle, il secondo invece irrigato ad aspersione e suddiviso in sei parcelle: tre con concimazione tradizionale e tre con fertirrigazione ad aspersione. La semina del mais è avvenuta il primo anno in data 22 marzo 2017 e il secondo anno in data 3 aprile 2018, impiegando in entrambi gli anni l'ibrido "Helium". Il sesto di impianto è stato di 0,7 m fra le file e 0,2 m sulla fila (71.429 piante per ettaro). In seguito alla semina della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 1500 m<sup>2</sup> nel campo irrigato a goccia e di 750 m<sup>2</sup> in quello irrigato ad aspersione.

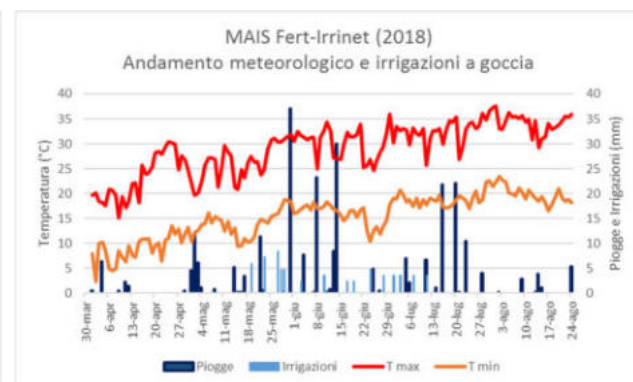
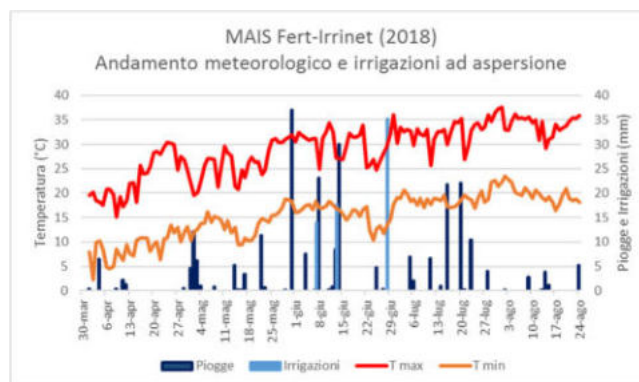
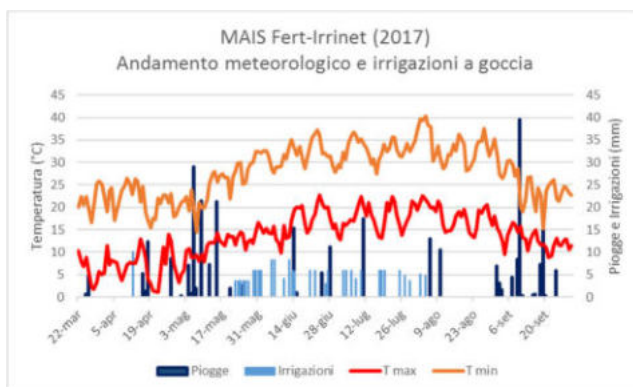
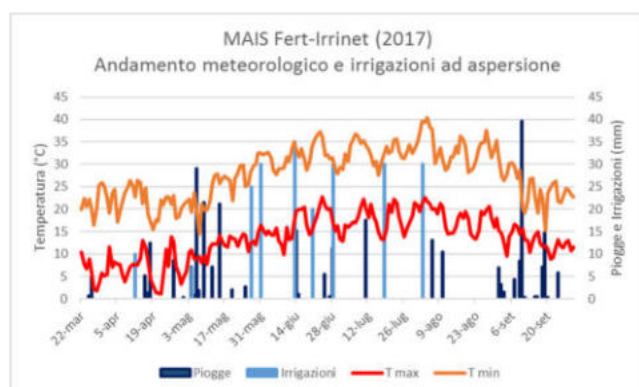


**Fig. 1a e 1b- Foto della semina del mais (sx) e di una piantina all'emergenza (dx).**

L'ibrido Helium della Syngenta è stato scelto in quanto ha una classe di maturazione media (Classe FAO 500) con ampia attitudine di utilizzi (granella, trinciato e biogas), si adatta ai diversi tipi di terreno e densità ed è molto produttivo in condizioni di fertilità.

### Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato differente tra le annate: nel 2017 molto caldo e siccitoso durante tutto il ciclo colturale del mais e ha visto piogge significative solo in pochissime occasioni, le quali hanno richiesto una riduzione minima degli interventi irrigui, mentre nel 2018 si è distinto per una piovosità maggiore e concentrata nella prima metà di giugno e nella seconda decade di luglio. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere necessarie, nel 2017: 200 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 7 interventi con volumi compresi tra 25 e 35 mm, e 187 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 34 interventi con volumi variabili da 6 a 8 mm e, nel 2018: 67 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 3 interventi con volumi compresi tra 15 e 35 mm, e 64 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 15 interventi con volumi variabili da 2 a 8 mm.



### Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutrizionali sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 140 q/ha per entrambi gli anni. Sono stati prelevati campioni di suolo su un orizzonte di 50 cm e sottoposti ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale in entrambi gli appezzamenti. Dai

risultati delle analisi è risultato nel complesso un terreno sciolto, con una reazione mediamente alcalina, un basso contenuto di azoto, una dotazione media di fosforo e alti livelli di potassio.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stata impiegata nel 2017 l'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert\_Office\_v1\_16", che segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Rispettivamente per il campo irrigato ad aspersione e quello irrigato a goccia.

Piano di fertilizzazione  
Nome di riferimento DPI 2013

Scheda inserimento dati

Regione Emilia-Romagna

Azienda: Az. Marsili

Z/N:  Area omog.: B

Appezz.: 17

Anno: 2017

Metodo scelto: Bilancio

Gruppo	Coltura	Fase / Ciclo	Resa annua t/ha prevista	Resa annua t/ha proposta	In serra	Durata pluriennale anni	Durata pluriennale anticipazioni	Resa media t/ha
erbacee	Mais da granella 500-700 (granella)	Primaverile-estiva 100-130 gg	14	12,0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Suolo

Sabbia %	40	Classe	F	pH	8	N (g/kg)	0,7	Bassa	P	ppm
Argilla %	12	Raggr.	Medio impasto	Calc. tot.	18,9	S.O. (%)	1,02	bassa	P	10
Limo %	48	Disponibilità ossigeno	Buona	Calc. Att.	2	C/N	8,7	basso	K	136

PreceSSIONE: Cereale autunno-vern. Paglia asportata

% di azoto fissazione proposta: 0, considerata: 0

Precipitazioni in mm dal 1/10 al 31/01: 188

Ubicazione: Pianura isolata

Regime irriguo:

Fertilizzazioni con matrici organiche alle colture in preceSSIONE

Tipo fertilizzante: Nessuno

Frequenza: saltuario

Quantità N kg/ha:

Spazio per eventuali note: OK

Piano di fertilizzazione  
Nome di riferimento DPI 2013

Scheda inserimento dati

Regione Emilia-Romagna

Azienda: Az. Marsili

Z/N:  Area omog.: B

Appezz.: 18

Anno: 2017

Metodo scelto: Bilancio

Gruppo	Coltura	Fase / Ciclo	Resa annua t/ha prevista	Resa annua t/ha proposta	In serra	Durata pluriennale anni	Durata pluriennale anticipazioni	Resa media t/ha
erbacee	Mais da granella 500-700 (granella)	Primaverile-estiva 100-130 gg	14	12,0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Suolo

Sabbia %	51	Classe	F	pH	8	N (g/kg)	0,6	Bassa	P	ppm
Argilla %	15	Raggr.	Medio impasto	Calc. tot.	15,9	S.O. (%)	0,85	moto bassa	P	9
Limo %	34	Disponibilità ossigeno	Buona	Calc. Att.	2	C/N	8,5	basso	K	117

PreceSSIONE: Cereale autunno-vern. Paglia asportata

% di azoto fissazione proposta: 0, considerata: 0

Precipitazioni in mm dal 1/10 al 31/01: 188

Ubicazione: Pianura isolata

Regime irriguo:

Fertilizzazioni con matrici organiche alle colture in preceSSIONE

Tipo fertilizzante: Nessuno

Frequenza: saltuario

Quantità N kg/ha:

Spazio per eventuali note: OK

Il fabbisogno di nutrienti per il Mais da granella, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere per il primo di 296 kg/ha di N, 97 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 83 kg/ha di K<sub>2</sub>O e per il secondo di 300 kg/ha di N, 111 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 83 kg/ha di K<sub>2</sub>O. I due appezzamenti si presentavano molto simili tra di loro.

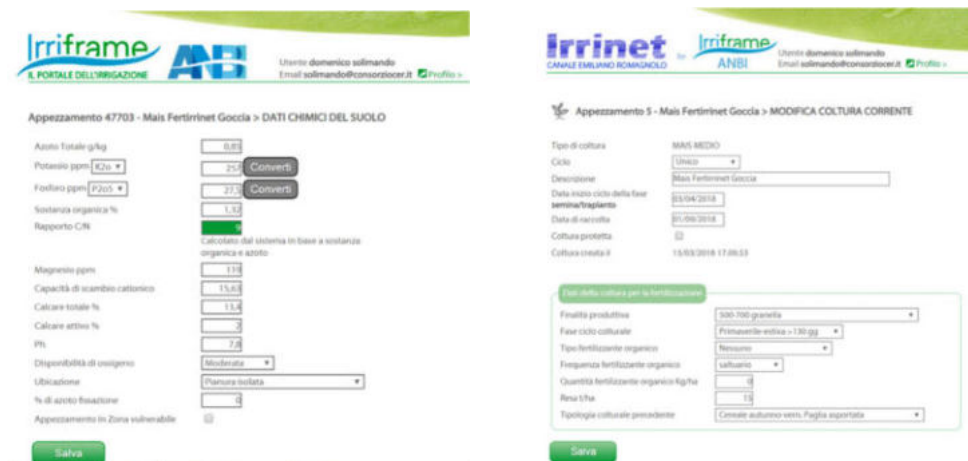
		kg/ha		
		N	P2O5	K2O
<b>NECESSITA'</b>				
A)	Fabbisogno della coltura	318	97	53
C)	Perdite per lisciviazione	7		30
D)	Immobilizzazioni e dispersioni (*)	17		
B1)	Arricchimenti		0	0
A2)	Anticipazioni anni futuri		0	0
<b>Totale necessità</b>		<b>342</b>	<b>97</b>	<b>83</b>
<b>DISPONIBILITA'</b>				
B)	Fertilità del suolo	35	0	0
E)	Precessione	0		
F)	Fertilità organica residua	0		
G)	Apporti naturali	10		
<b>Totale disponibilità</b>		<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bisogno calcolato</b>		<b>296</b>	<b>97</b>	<b>83</b>
<b>Apporto ammesso col "Bilancio"</b>		<b>296</b>	<b>97</b>	<b>83</b>

		kg/ha		
		N	P2O5	K2O
<b>NECESSITA'</b>				
A)	Fabbisogno della coltura	318	97	53
C)	Perdite per lisciviazione	6		30
D)	Immobilizzazioni e dispersioni (*)	16		
B1)	Arricchimenti		14	0
A2)	Anticipazioni anni futuri		0	0
<b>Totale necessità</b>		<b>340</b>	<b>111</b>	<b>83</b>
<b>DISPONIBILITA'</b>				
B)	Fertilità del suolo	30	0	0
E)	Precessione	0		
F)	Fertilità organica residua	0		
G)	Apporti naturali	10		
<b>Totale disponibilità</b>		<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bisogno calcolato</b>		<b>300</b>	<b>111</b>	<b>83</b>
<b>Apporto ammesso col "Bilancio"</b>		<b>300</b>	<b>111</b>	<b>83</b>

Nel 2018, invece, in seguito alla realizzazione della versione beta del software, per il calcolo dei fabbisogni della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet. Di seguito gli screenshot delle schermate delle due tesi fertirrigate.

The image contains two screenshots of agricultural software interfaces. The left screenshot, labeled Fig. 2a, is titled 'Appezamento 47702 - Mais Fertirinet Poggia > DATI CHIMICI DEL SUOLO'. It displays various soil chemical parameters with input fields and 'Converti' buttons. Parameters include Azoto Totale (0,8), Potassio ppm (20), Fosforo ppm (25), Sostanza organica % (1,34), Rapporto C/N, Magnesio ppm (13), Capacità di scambio cationico (14,99), Calcio totale % (13,4), Calcio attivo %, Ph (7,2), Disponibilità di ossigeno (Moderata), Utilizzazione (Piemonte isolata), % di azoto fissazione (3), and Appezamento in Zona vulnerabile. The right screenshot, labeled Fig. 2b, is titled 'Appezamento 4 - Mais Fertirinet Poggia > MODIFICA CULTURA CORRENTE'. It shows crop management settings: Tipo di coltura (M AIS MEDIO), Ciclo (Unico), Densificazione (Mais Fertirinet Poggia), Data inizio ciclo della fase semina/trapianto (03/04/2018), Data di raccolta (01/09/2018), Cultura protetta (No), and Cultura creata il (13/03/2018 16:31:34). Below this, there is a section 'Dati della coltura per la fertirrigazione' with fields for Finalità produttiva (500-700 granella), Fase ciclo colturale (Primaverile-estiva > 130 gg), Tipo fertilizzante organico (Nessuno), Frequenza fertilizzante organico (Saltano), Quantità fertilizzante organico Kg/ha (0), Resa t/ha (10), and Tipologia colturale precedente (Cereali autunno-vern. Paglia esportata).

Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata ad asperzione.



**Fig. 3a e 3b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata a goccia.**

Il fabbisogno di nutrienti per il Mais, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere per il 2018 di circa 324 kg/ha di N, 104 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

#### Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	323,7	103,5	0,0
Fertilizzazioni effettuate	323,6	104,9	0,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,1	-1,4	0,0

**Fig. 4- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata ad aspersione.**

#### Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	324,1	103,5	0,0
Fertilizzazioni effettuate	324,1	100,4	0,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	3,1	0,0

**Fig. 5- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata a goccia.**

Sia per il 2017 che per il 2018, il frazionamento ha interessato solo l'elemento azoto ed è avvenuto in maniera differenziata fra le tesi, distribuendo per la tesi tradizionale, una parte prima della semina e la restante in copertura, a spaglio e contestualmente alla sarchiatura per favorirne l'interramento, rispettivamente: 6° foglia e prima della levata. Per le tesi fertirrigate, invece, è stata destinata una quota da distribuire di fondo, una in copertura in maniera tradizionale e una in fertirrigazione veicolandola con le acque di irrigazione. La ripartizione temporale dei fabbisogni non ha riguardato la distribuzione del fosforo e del potassio, che è avvenuta in un unico intervento di "fondo". Nel 2018, con l'obiettivo di ridurre ulteriormente le perdite di azoto per lisciviazione, si è deciso di destinare una minore quota di azoto da distribuire con la concimazione di fondo.



Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	20%	100%	100%	80%	-	-	-	-	-
Aspersione fertirrigata	20%	100%	100%	50%	-	-	30%	-	-
Micro-portata fertirrigata	20%	100%	100%	30%	-	-	50%	-	-

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno del Mais nel 2017

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Aspersione tradizionale	20%	100%	100%	80%	-	-	-	-	-
Aspersione fertirrigata	20%	100%	100%	50%	-	-	30%	-	-
Micro-portata fertirrigata	10%	100%	100%	40%	-	-	50%	-	-

Tabella 2 – Frazionamento del fabbisogno del Mais nel 2018

La soluzione madre da iniettare durante le fertirrigazioni è stata ottenuta sciogliendo preventivamente in acqua le dosi di concimi da distribuire, in una vasca di 100 litri circa. Conoscendo il grado di solubilità dei fertilizzanti, la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione, la salinità della soluzione madre, la presenza di calcio e magnesio, si è deciso che non era necessario acidificare la soluzione madre in quanto non c'erano i presupposti per la formazione di precipitati. La fertirrigazione avveniva in tre fasi: in una prima fase, pari a circa il 50-60 % del tempo totale di irrigazione, veniva distribuita solo acqua, successivamente tutto il volume della soluzione madre (10-20% del tempo) e, nella restante fase l'irrigazione viene effettuata di nuovo con la sola acqua. Tale modalità di distribuzione è di fondamentale importanza per evitare perdite per lisciviazione profonda soprattutto dei nitrati. Infatti, veicolando i nutrienti attraverso le acque di irrigazione, se l'impianto di distribuzione non è correttamente dimensionato o non si distribuisce correttamente la soluzione nutritiva, nonostante si frazionino le dosi di azoto, si rischia di portare i nutrienti oltre l'orizzonte esplorato dalle radici. L'iniezione è avvenuta per mezzo di pompe dosatrici.



Fig. 5 – Particolare della pompa dosatrice impiegata nella tesi ad aspersione.

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni fertirrigazione, è stato adottato l'approccio matematico descritto nell'azione 3.2, calcolando il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. Nel 2017, primo anno di prova, partendo dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo e dalle caratteristiche dei diversi metodi irrigui, sono stati individuati una prima serie di parametri da adottare per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche. Ad ogni fase fenologica è stata attribuita una durata (**GDD<sub>ff</sub>**), un fabbisogno (**N<sub>ff%</sub>** e **K<sub>2O<sub>ff%</sub></sub>**), una riserva (**N<sub>α%</sub>** e **K<sub>2O<sub>α%</sub></sub>**) e una dose (**N<sub>imp</sub>** e **K<sub>2O<sub>imp.</sub></sub>**). Di seguito i parametri impiegati per la Patata.

	GDD <sub>ff</sub>	N <sub>ff%</sub>
F1	0	0
F2	100	10
F3	422	50
F4	448	30
F5	142	10
F6	220	0
F7	280	0

**GDD<sub>ff</sub>** : Sommatoria gradi giorno complessivi per fenofase.

**N<sub>ff%</sub>**: Fabbisogno percentuale di azoto per fase fenologica.

N <sub>α</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	0,0%	0,0%	0,0%
F2	50,0%	60,0%	80,0%
F3	40,0%	50,0%	70,0%
F4	10,0%	30,0%	40,0%
F5	5,0%	20,0%	10,0%
F6	5,0%	15,0%	5,0%
F7	0,0%	0,0%	0,0%

**N<sub>α%</sub>**: frazione di fabbisogno che si intende mantenere come riserva nel terreno.

N <sub>imp</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	Asp. Trad.
F1	30	40	60
F2	40	50	70
F3	20	30	50
F4	15	30	50
F5	15	20	50
F6	10	10	20
F7	0	0	0

**N<sub>imp</sub>**: dosi fertilizzanti relativi all'impianto irriguo.



**Fig. 6a e 6b – Particolare della fertirrigazione a goccia (sx) e aspersione (dx).**



Sempre durante il 2017, non avendo ancora a disposizione la versione beta del software, i bilanci nutrizionali sono stati calcolati con l'ausilio di un foglio di calcolo di Excel e, al raggiungimento delle soglie inferiori, effettuate le fertilizzazioni. Di conseguenza, la distribuzione frazionata in fertirrigazione dell'azoto è avvenuta in 3 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 15 per quella a microportata. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

Fertilizzazioni Azotate Mais 2017 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
20/03/2017	55,14	55,14	55,14
22/04/2017	103,76	69,17	57,37
19/05/2017	138,35	69,17	57,37
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
26/05/2017			10,00
27/05/2017		37,00	10,00
29/05/2017			10,00
31/05/2017			10,00
05/06/2017			10,00
10/06/2017			5,00
12/06/2017			5,00
13/06/2017		35,00	5,00
14/06/2017			5,00
20/06/2017		35,00	7,50
22/06/2017			7,50
26/06/2017			15,00
28/06/2017			10,00
04/07/2017			10,00
08/07/2017			10,00
	297	300	300

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle tre tesi, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



Nel 2018, invece, basandosi sui risultati delle curve di assorbimento ottenuti nell'anno precedente, la serie di parametri adottata l'anno prima è stata corretta con l'obiettivo di aderire maggiormente alle dinamiche di assorbimento della coltura ed evitare distribuzioni premature di elementi, soprattutto azoto, che potrebbero essere soggette a lisciviazioni profonde.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	60	0	0	120	0	0	0	0
semina/trapianto	F2	110	0	60	0	0	120	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	100	10	60	70	5	80	40	5	70	70
levata: fase piena (> 50%)	F4	422	40	50	40	50	50	30	45	40	30
emissione del polline: fase piena (> 50%)	F5	448	40	50	30	35	40	20	40	30	20
senescenza delle setole: fase piena (> 50%)	F6	142	10	30	30	5	30	10	10	20	10
maturazione latte: fase piena (> 50%)	F7	220	0	20	10	5	20	0	0	10	0

Tabella 3 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Aspersione.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	40	0	0	120	0	0	0	0
semina/trapianto	F2	110	0	40	0	0	120	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	100	10	40	30	5	60	25	5	50	30
levata: fase piena (> 50%)	F4	422	40	30	20	50	30	15	45	10	10
emissione del polline: fase piena (> 50%)	F5	448	40	30	10	35	20	10	40	10	10
senescenza delle setole: fase piena (> 50%)	F6	142	10	20	10	5	15	5	10	10	5
maturazione latte: fase piena (> 50%)	F7	220	0	10	5	5	10	0	0	5	0

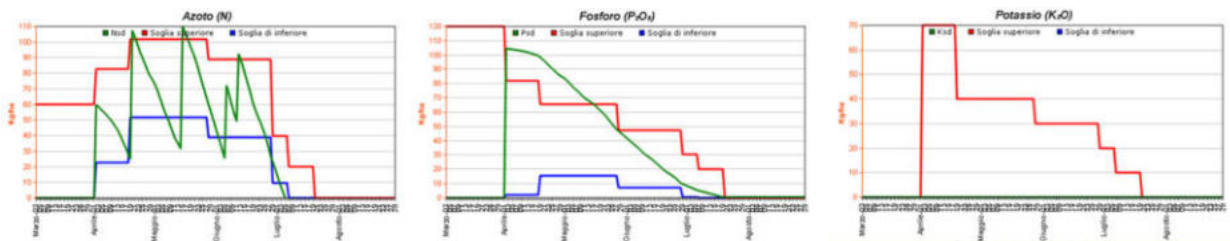
Tabella 4 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Microportata.

Nel 2018, la distribuzione frazionata in fertirrigazione dell'azoto è avvenuta in 3 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 7 per quella a micro-portata. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nella tabella seguente.

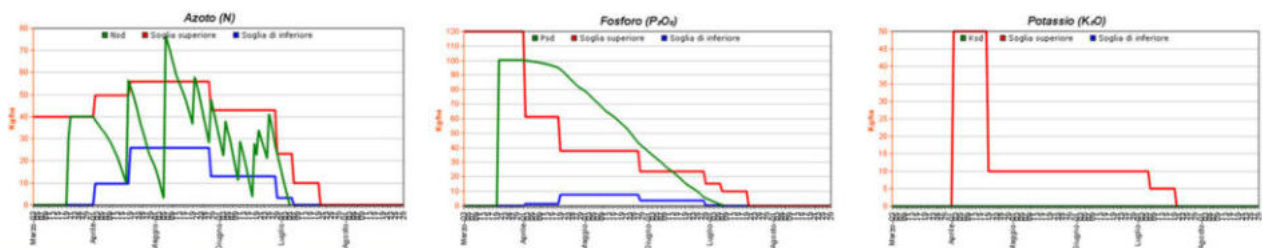
Fertilizzazioni Azotate Mais 2018 (kg/ha di N)			
	Pioggia Trad	Pioggia Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare		
03/04/2018	61,70	61,70	40,10
21/04/2018	120,40	85,00	50,00
16/05/2018	140,80	80,40	77,00
Data	Distribuzione in fertirrigazione		
21/05/2018			24,10
29/05/2018			24,10
05/06/2018			20,00
07/06/2018		50	
12/06/2018			21,50
13/06/2018		46,5	
19/06/2018			28,60
21/06/2018			15,00
26/06/2018			23,80
	323	324	324

Tabella 5 – Frazionamento dell'azoto effettuato nel 2018.

Di conseguenza, la dinamica degli elementi nel suolo delle sole due tesi fertirrigate, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata per la tesi fertirrigata ad aspersione la seguente:



e per quella fertirrigata a goccia la seguente:



Sia nel 2017 che nel 2018, pur con annate decorse in modo differente, per la coltura del mais da granella non sono stati riscontrati problemi nella distribuzione delle unità fertilizzanti prefissate. Le numerose irrigazioni e le diverse sarchiature effettuate hanno consentito comunque di frazionare i fertilizzanti.

### **Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto nel biennio 2017-2018**

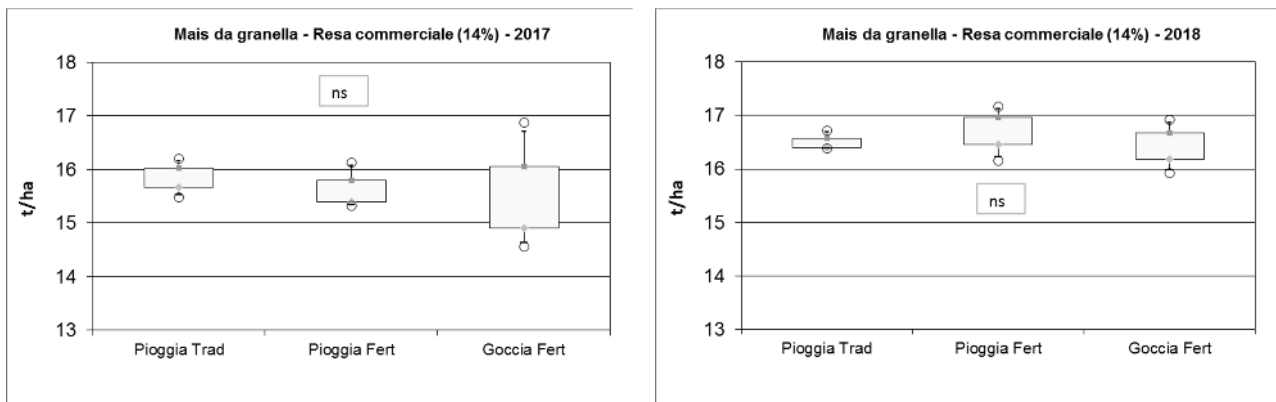
Nel biennio, le raccolte sono state effettuate sia nel 2017 che nel 2018 in data 24 agosto. I dati sono stati raccolti su una superficie di 10 m<sup>2</sup> per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

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



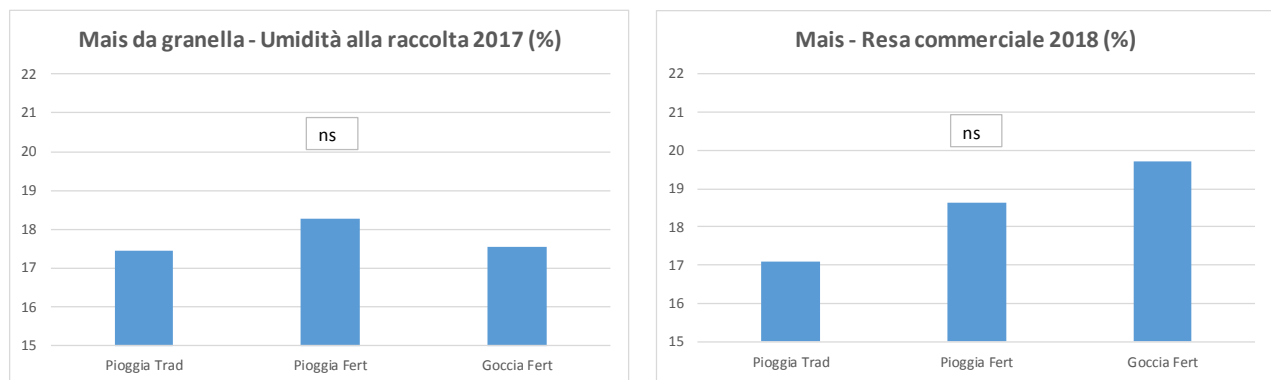
**Fig. 7 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio non mostrano differenze di resa commerciale tra le tesi, risultando statisticamente non significative sia nel 2017 che nel 2018.



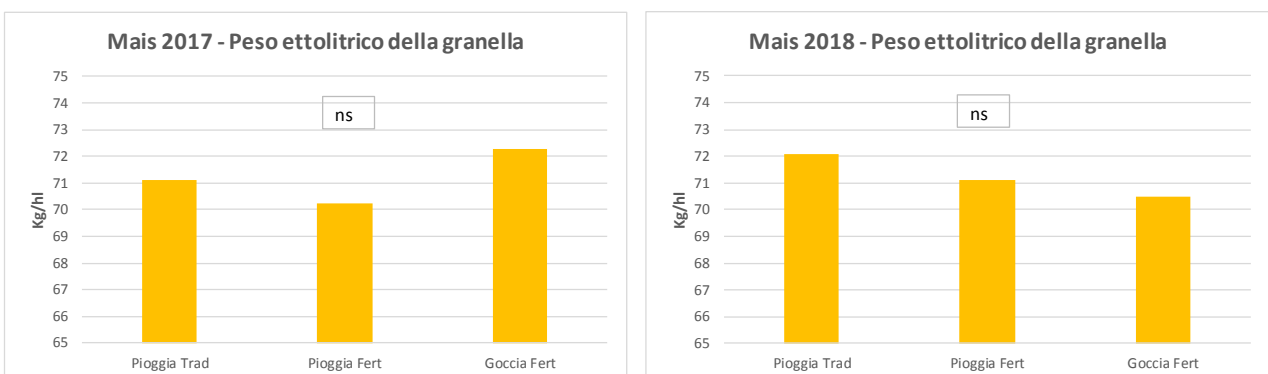
**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali medie ottenute nei due anni.**

Anche l'umidità della granella alla raccolta non è risultata statisticamente differente tra le tesi



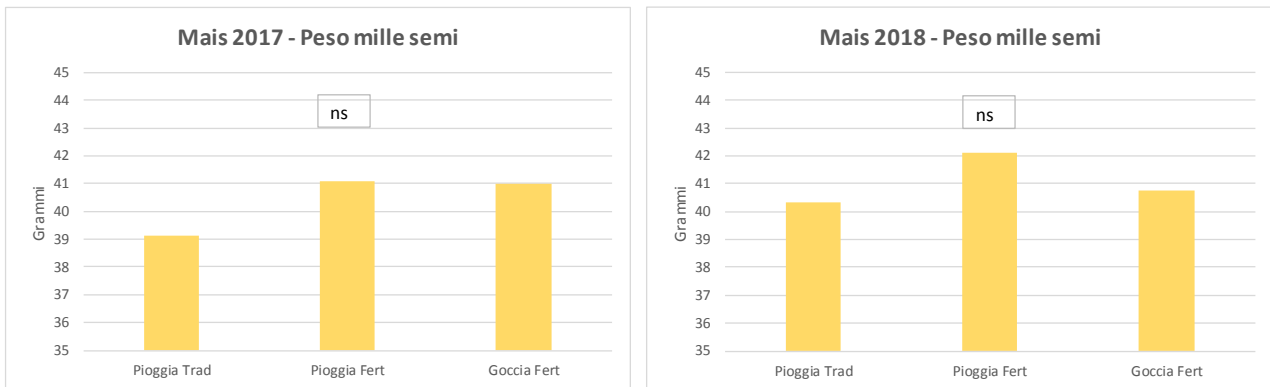
**Fig. 9a e 9b – Umidità medie della granella ottenute nei due anni.**

Il peso ettolitrico non ha mostrato differenze statisticamente significative tra le tesi.



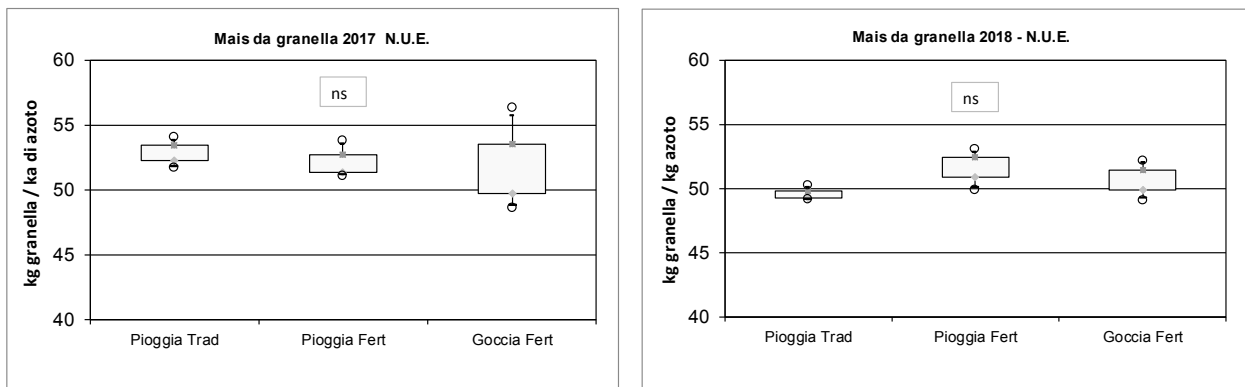
**Fig. 10a e 10b – Peso ettolitrico medio della granella ottenuto nei due anni.**

Anche il peso di mille semi non ha mostrato differenze statisticamente significative tra le tesi.



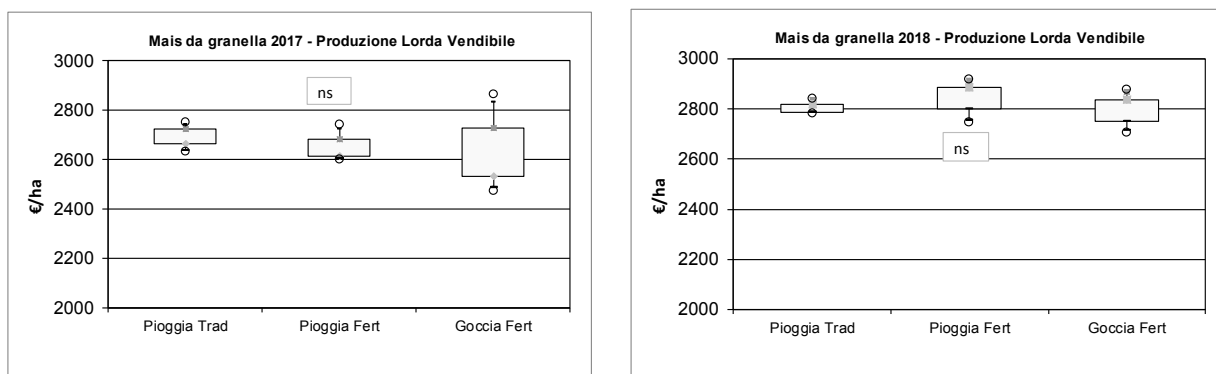
**Fig. 11a e 11b – Peso medio di mille semi della granella ottenuto nei due anni.**

Sulla base delle rese e degli apporti azotati, è stata anche calcolata l'efficienza di utilizzo dell'azoto (N.U.E. - Nitrogen Use Efficiency). I risultati sono stati ottenuti a parità di apporti azotati, variando solo la distribuzione temporale. Sia nel 2017 che nel 2018, non sono state osservate differenze statisticamente significative.



**Fig. 12a e 12b – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nei due anni.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Sia nel 2017 che nel 2018, non sono state osservate differenze statisticamente significative.



**Fig. 13a e 13b – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nei due anni.**

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati di resa totale, umidità granella alla raccolta, peso ettolitrico, peso 1000 semi, efficienza di utilizzo di azoto e produzione lorda vendibile, con le relative significatività statistiche ottenuti nel biennio.

		Repliche			
		1	2	3	
Totale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Trad	15,48	16,19	15,86	n.s.
	Pioggia Fert	16,13	15,32	15,46	n.s.
	Goccia Fert	16,87	14,57	15,24	n.s.
Peso ettolitrico (kg/hl)	Tesi				
	Pioggia Trad	72,30	71,30	69,80	n.s.
	Pioggia Fert	70,70	69,50	70,50	n.s.
	Goccia Fert	72,80	72,40	71,60	n.s.
Peso 1000 semi (g)	Tesi				
	Pioggia Trad	39,06	38,56	39,71	n.s.
	Pioggia Fert	42,27	39,48	41,53	n.s.
	Goccia Fert	44,48	37,53	40,90	n.s.
Umidità granella (%)	Tesi				
	Pioggia Trad	16,20	17,30	18,80	n.s.
	Pioggia Fert	19,10	16,20	19,50	n.s.
	Goccia Fert	18,00	16,30	18,30	n.s.
N.U.E. kg/kg	Tesi				
	Pioggia Trad	51,68	54,05	52,93	n.s.
	Pioggia Fert	53,85	51,13	51,61	n.s.
	Goccia Fert	56,31	48,62	50,85	n.s.
P.L.V. €/ha	Tesi				
	Pioggia Trad	2632	2753	2696	n.s.
	Pioggia Fert	2742	2604	2628	n.s.
	Goccia Fert	2868	2476	2590	n.s.

		Repliche			
		1	2	3	
Totale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Trad	16,38	16,42	16,72	n.s.
	Pioggia Fert	16,16	17,16	16,77	n.s.
	Goccia Fert	16,43	16,91	15,92	n.s.
Peso ettolitrico (kg/hl)	Tesi				
	Pioggia Trad	71,9	71,2	73,1	n.s.
	Pioggia Fert	70,6	70,9	71,8	n.s.
	Goccia Fert	69,60	70,40	71,50	n.s.
Peso 1000 semi (g)	Tesi				
	Pioggia Trad	41,45	39,3	40,32	n.s.
	Pioggia Fert	42,91	41,81	41,68	n.s.
	Goccia Fert	40,73	41,23	40,25	n.s.
Umidità granella (%)	Tesi				
	Pioggia Trad	16,9	17,7	16,7	n.s.
	Pioggia Fert	19,5	18,2	18,2	n.s.
	Goccia Fert	20,50	19,30	19,30	n.s.
N.U.E. kg/kg	Tesi				
	Pioggia Trad	49,21	49,34	50,25	n.s.
	Pioggia Fert	48,72	51,75	50,55	n.s.
	Goccia Fert	49,58	51,03	48,03	n.s.
P.L.V. €/ha	Tesi				
	Pioggia Trad	2784	2792	2843	n.s.
	Pioggia Fert	2747	2918	2850	n.s.
	Goccia Fert	2794	2875	2707	n.s.

**Tabella 6a e 6b – Risultati produttivi ottenuti nel 2017 (sx) e nel 2018 (dx).**

### Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio nelle piante

Durante il ciclo colturale, in entrambi gli anni, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in biomassa e granella, nelle tre tesi concimate: sono stati effettuati, su 2 ripetizioni per tesi, 4 prelievi di 3 piante per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo la granella da fusti e foglie.

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

- all'emergenza,
- alla levata,
- alla maturazione cerosa,
- alla raccolta,

### Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca (q/ha) ottenute nel biennio per le tre tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e bacche. Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel biennio per le tre tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e granella, per le tre tesi a confronto: l'accumulo di sostanza secca nella vegetazione ha avuto un andamento diverso tra le tesi. La tesi tradizionale ha ricevuto l'intero apporto di fertilizzanti prima della levata. Le tesi fertirrigate invece pur beneficiando di un maggior frazionamento distributivo hanno risentito del ritardo nella distribuzione recuperando biomassa solo nelle fasi finali. Non si evidenziano differenze negli accumuli di sostanza secca nelle cariossidi, anche se le tesi fertirrigate, rispetto alla concimazione tradizionale mostrano un aumento nelle fasi finali.



**Fig. 14a e 14b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2017.**



**Fig. 15a e 15b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel 2018.**



## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha) ottenute nel biennio per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e granella. Nel 2017, il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione per la coltura è stato in linea con gli effettivi quantitativi asportati dalla coltura nelle due tesi fertirrigate, ma non in quella concimata in maniera tradizionale. Nel 2018, invece questi sono risultati di gran lunga inferiori in tutte e tre le tesi che mostrano asportazioni minori e, molto probabilmente determinato dall'annata particolarmente piovosa, sono risultati maggiori perdite per lisciviazione e maggiori assorbimenti nella vegetazione.



Fig. 16a e 16b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2017.

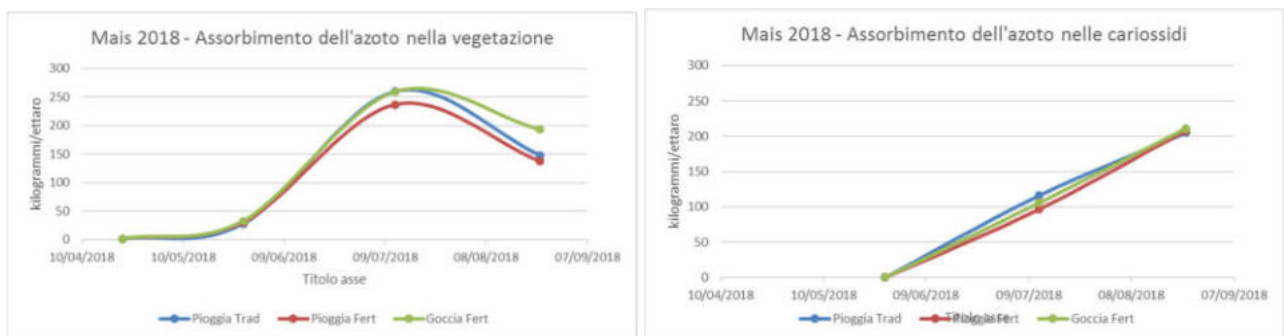


Fig. 17a e 17b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel 2018.



Fig. 18a e 18b – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nei due anni.

## Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel biennio (2017-2018) per le tre tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e cariossidi.



**Fig. 19a e 19b – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel 2017.**



**Fig. 20a e 20b – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel 2018.**



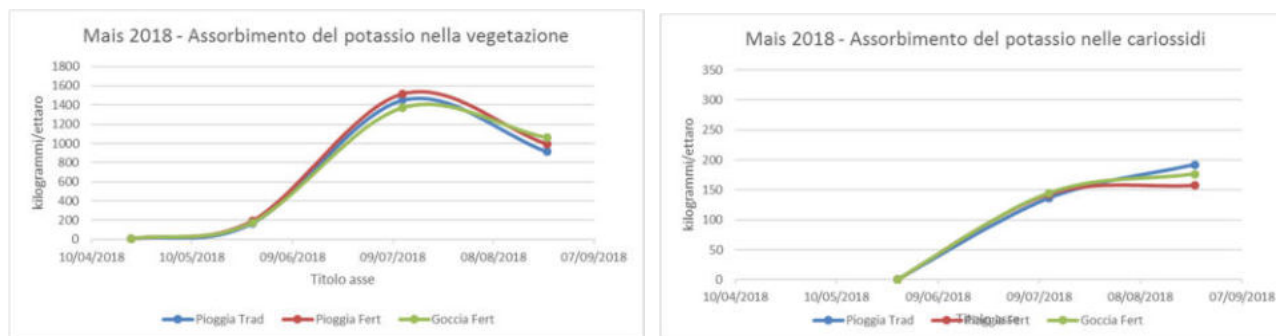
**Fig. 21a e 21b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nei due anni.**

## Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro per le tre tesi a confronto, ripartito tra vegetazione e cariossidi. Nel 2017 la tesi fertirrigata a goccia è quella che ha mostrato le performance migliori, unitamente a quella fertirrigata ad aspersione. Nel 2018, la mancata necessità di distribuire potassio non ha fatto evidenziare differenze tra le tesi.



**Fig. 23a e 23b – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel 2017.**



**Fig. 24a e 24b – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel 2018.**



**Fig. 25a e 25b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nei due anni.**

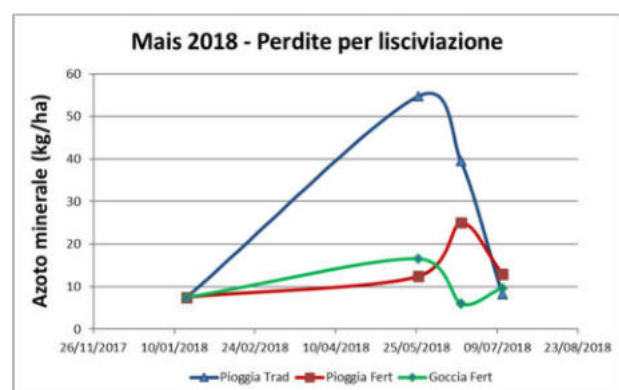
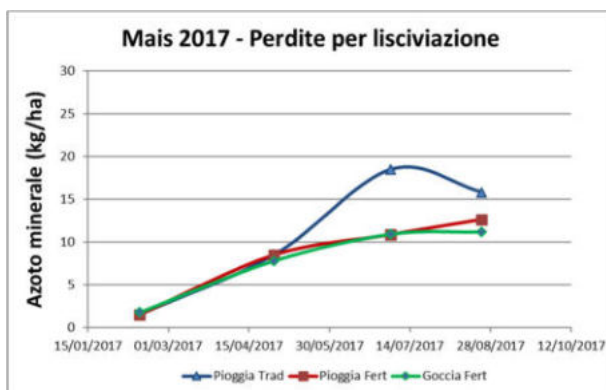
## Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

In entrambi gli anni, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato esplorato dalle radici, 6 lisimetri a suzione (3 tesi x 2 repliche) per la captazione del lisciviato. Le soluzioni circolanti intercettate sono state analizzate per il contenuto in nitrati e ammonio. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.



Fig. 26 – Lisimetro a suzione

Nelle figure sottostanti sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto minerale (nitrico più ammoniacale) nelle tre tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio: è evidente, nonostante l'impossibilità di frazionare correttamente, una più marcata perdita nella tesi concimata tradizionalmente. La differenziazione tra la tesi tradizionale e quelle fertirrigate, con la prima che ha ricevuto tutto il fabbisogno di azoto prima della fase di levata, essendo impossibile operativamente effettuare concimazioni quando la coltura si sviluppa in altezza, e la distribuzione in fertirrigazione del restante fabbisogno per le seconde, ha fatto osservare, in termini di azoto perso per lisciviazione, una sostanziale differenza. Segno che il frazionamento riduce le perdite per lisciviazione e che i differenti volumi irrigui impiegati tra le tesi, interessando in misura diversa orizzonti più o meno superficiali, i movimenti azotati in quella irrigata a goccia sono più bassi, mantenendo l'azoto concentrato nella strato più superficiale.



Infine, nel 2017, i maggiori assorbimenti di azoto e le minori perdite per lisciviazione osservate nella tesi fertirrigata a goccia trovano conferma nei minori quantitativi di azoto totale residuo rimasto nel terreno alla raccolta nell'orizzonte di suolo 0-50 cm. Nel 2018 non si osservano differenze.

2017		2018	
	N tot (%)		N tot (%)
Pioggia Trad	0,077	Pioggia Trad	0,091
Pioggia Fert	0,077	Pioggia Fert	0,092
Goccia Fert	0,068	Goccia Fert	0,093

### Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi

Al termine della prova, dai risultati delle curve di assorbimento dei tre principali elementi ottenuti nel corso del biennio, sono stati estrapolati i nuovi parametri nutritivi per il Mais da granella e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	70	0	0	120	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	110	0	70	0	0	120	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	100	0	70	70	30	30	250	10	50	300
levata: fase piena (> 50%)	F4	422	20	40	50	30	50	150	50	50	100
emissione del polline: fase piena (> 50%)	F5	448	40	50	40	40	40	100	40	50	200
senescenza delle setole: fase piena (> 50%)	F6	142	20	30	30	0	30	10	0	20	10
maturazione latteaa: fase piena (> 50%)	F7	220	20	20	20	0	20	0	0	10	0

**Tabella 7 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Aspersione.**

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
pre-emergenza	F1	0	0	70	0	0	120	0	0	90	0
semina/trapianto	F2	110	0	70	0	0	120	0	0	90	0
emergenza: fase piena (> 50%)	F3	100	0	70	70	30	20	250	10	50	300
levata: fase piena (> 50%)	F4	422	20	30	30	30	30	150	50	20	200
emissione del polline: fase piena (> 50%)	F5	448	40	40	20	40	20	100	40	20	300
senescenza delle setole: fase piena (> 50%)	F6	142	20	20	20	0	20	10	0	20	10
maturazione latteaa: fase piena (> 50%)	F7	220	20	10	10	0	10	0	0	10	0

**Tabella 8 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Microportata.**

## 4. Pero

### Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2017-2018

Contrariamente a quanto fatto per le tre colture erbacee, per il Pero (Abate Fetel su MH impiantato nel 2014), l'unica coltura arborea in prova, sono state messe a confronto solo due strategie di fertilizzazione: fertirrigazione ad aspersione e fertirrigazione a micro-portata, in quanto la prassi comune non prevede distribuzioni di fertilizzanti in maniera tradizionale. La prova è stata effettuata all'interno di un frutteto sperimentale di circa 3500 m<sup>2</sup>. Sono state ricavate tre parcelle per ogni tesi, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. La ripresa vegetativa è avvenuta il primo anno in data 21 marzo 2017 e il secondo anno in data 03 aprile 2018. Il sesto di impianto era di 3,80 m fra le file e 0,83 m sulla fila (3.171 piante per ettaro). Il primo anno, successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 500 m<sup>2</sup> per ogni replica e mantenute le stesse per entrambi gli anni di prova.

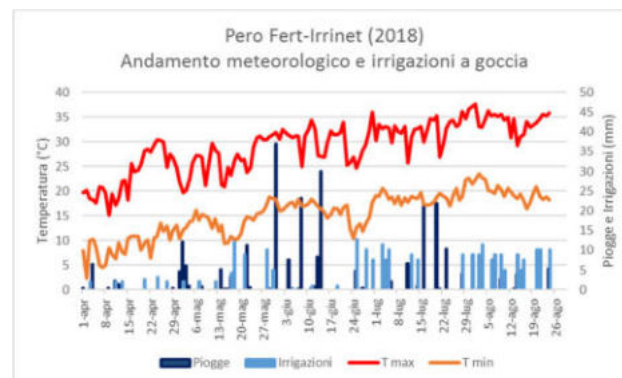
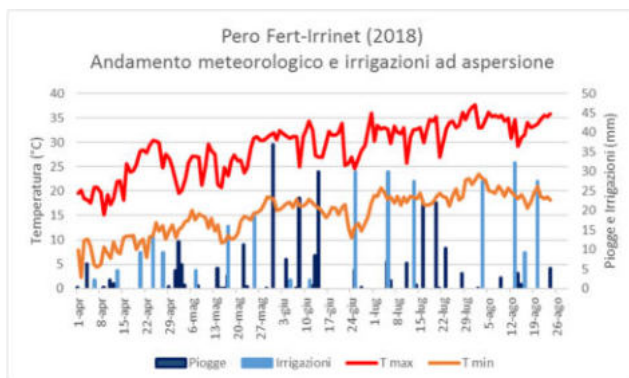
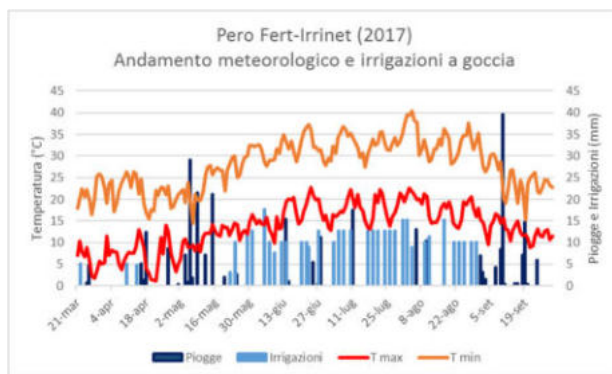
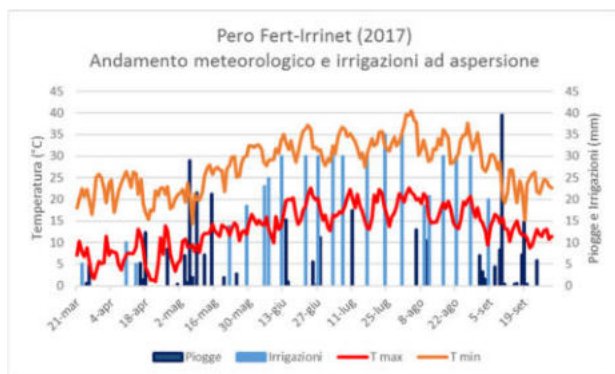


**Fig. 1a e 1b - Foto della ripresa vegetativa e di insieme del frutteto.**

### Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato differente tra le annate: nel 2017 molto caldo e siccitoso durante tutto il ciclo colturale del pero e ha visto piogge significative solo in pochissime occasioni, le quali hanno richiesto una riduzione minima degli interventi irrigui, mentre nel 2018 si è distinto per una piovosità maggiore e concentrata nella prima metà di giugno e nella seconda decade di luglio. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere necessarie, nel 2017: 413 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 16 interventi con volumi compresi tra 15 e 35 mm, e 402 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 37 interventi con volumi variabili da 5 a 15 mm e, nel 2018: 267 mm di irrigazione ad aspersione, ripartiti in 17 interventi con volumi compresi tra 15 e 30 mm, e 261 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 39 interventi con volumi variabili da 2 a 10 mm.





## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutrizionali sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 200 q/ha per il 2017 e, per testare la tecnica fertirrigua anche a livelli produttivi maggiori, una resa di 300 q/ha per il 2018. Sono stati prelevati campioni di suolo su un orizzonte di 50 cm e sottoposti ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sull'intero filare in prova. Dai risultati delle analisi è risultato nel complesso un terreno sciolto, con una reazione mediamente alcalina, un basso contenuto di azoto, una dotazione elevata sia di fosforo che di potassio. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stata impiegata nel 2017 l'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert\_Office\_v1\_16", che segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale.

**Piano di fertilizzazione**  
Nome di riferimento DPI 2013

**Scheda inserimento dati**

**Regione Emilia-Romagna**

Azienda: Az. Marsili | ZVN:  | Area omog: B | Appezz.: 3 | Anno: 2017 | Metodo scelto: Bilancio

Gruppo: arboreo | Coltura: Pero frutti, legno e foglie | Fase / Ciclo: piena produzione | Resa annua t/ha: prevista 20, proposta 30.0 | In serra:  | Durata pluriennale:  | Resa media t/ha:

Suolo: Sabbia % 44.5 | Classe: F | pH: 7.8 | N (g/kg): 1.0 (Bassa) | P (ppm): Fosforo 21 (elevata) | Argilla % 19.1 | Raggi: Medio impasto | Calc. tot.: 17.4 calcareo | S.O. (%): 1.56 (bassa) | K (ppm): Potassio 179 (elevata) | Limo % 36.4 | Disponibilità ossigeno: Buona | Calc. Att.: 2 Medio | CN: 9.1 (equilibrato)

Precessione: Non definita | % di azoto fissazione: proposta 0, considerata 0 | Precipitazioni in mm dal 1/10 al 31/01: 188 | Ubicazione: Pianura isolata | Regime irriguo:

Fertilizzazioni con matrici organiche alle colture in precessione: Tipo fertilizzante: Nessuno | Frequenza: saltuario | Quantità N kg/ha:

Spazio per eventuali note: OK



Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del Pero, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risultato essere di 80 kg/ha di N, 25 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg/ha di K<sub>2</sub>O

		kg/ha		
		N	P2O5	K2O
<b>NECESSITA'</b>				
A)	Fabbisogno della coltura	66	12	62
C)	Perdite per lisciviazione	11		20
D)	Immobilizzazioni e dispersioni (*)	8		
B1)	Arricchimenti		0	0
A2)	Anticipazioni anni futuri		0	0
<b>Totale necessità</b>		<b>85</b>	<b>12</b>	<b>82</b>
<b>DISPONIBILITA'</b>				
B)	Fertilità del suolo	38	0	136
E)	Precessione	0		
F)	Fertilità organica residua	0		
G)	Apporti naturali	15		
<b>Totale disponibilità</b>		<b>53</b>	<b>0</b>	<b>136</b>
<b>Bisogno calcolato</b>		<b>32</b>	<b>12</b>	<b>-54</b>
<b>Apporto ammesso col "Bilancio"</b>		<b>80</b>	<b>25</b>	<b>60</b>

Nel 2018, invece, in seguito alla realizzazione della versione beta del software, per il calcolo dei fabbisogni della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet. Di seguito gli screenshot delle schermate delle due tesi fertirrigate.

Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata ad aspersione.

Fig. 3a e 3b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx) – Tesi fertirrigata a goccia.

Il fabbisogno di nutrienti per il Pero per il 2018, calcolato secondo il metodo del bilancio per una resa attesa di 300 q/ha, pur partendo da un mix di campioni di suolo effettuati al termine del primo anno di prova, è risultato essere praticamente identico tra le due tesi e di circa 95 kg/ha di N, 18 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 113 kg/ha di K<sub>2</sub>O.

**Bilancio nutritivo (kg/ha)**

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	95,0	18,0	113,0
Fertilizzazioni effettuate	95,0	18,0	113,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	0,0	0,0

**Fig. 4- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata ad aspersione.**

**Bilancio nutritivo (kg/ha)**

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	94,8	18,0	113,0
Fertilizzazioni effettuate	94,8	18,0	113,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	0,0	0,0

**Fig. 5- Fabbisogni nutritivi della tesi fertirrigata a goccia.**

Nel 2017, primo anno di prova, su consiglio dei tecnici OP, è stata destinata una quota di azoto (25%) da distribuire in maniera tradizionale a spaglio contestualmente alla ripresa vegetativa della coltura e frazionare tutto il fosforo e il potassio in fertirrigazione. Nel 2018, invece, si è scelto di frazionare oltre al fosforo e al potassio anche tutto l'azoto in fertirrigazione. Per le fertirrigazioni sono state impiegate formulazioni ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua.

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Aspersione fertirrigata	-	-	-	25%	-	-	75%	100%	100%
Micro-portata fertirrigata	-	-	-	25%	-	-	75%	100%	100%

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno del Pero nel 2017

Tesi	Concimazioni (% fabbisogno totale)								
	Fondo			Copertura Tradizionale			Copertura Fertirrigazione		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Aspersione fertirrigata	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%
Micro-portata fertirrigata	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%

Tabella 2 – Frazionamento del fabbisogno del Pero nel 2018

La soluzione madre da iniettare durante le fertirrigazioni è stata ottenuta sciogliendo preventivamente in acqua le dosi di concimi da distribuire, in una vasca di 100 litri circa. Conoscendo il grado di solubilità dei fertilizzanti, la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione, la salinità della soluzione madre, la presenza di calcio e magnesio, si è deciso che non era necessario acidificare la soluzione madre in quanto non c'erano i presupposti per la formazione di precipitati. La fertirrigazione avveniva in tre fasi: in una prima fase, pari a circa il 50-60 % del tempo totale di irrigazione, veniva distribuita solo acqua, successivamente tutto il volume della soluzione madre (10-20% del tempo) e, nella restante fase l'irrigazione viene effettuata di nuovo con la sola acqua. Tale modalità di distribuzione è di fondamentale importanza per evitare perdite per lisciviazione profonda soprattutto dei nitrati. Infatti, veicolando i nutrienti attraverso le acque di irrigazione, se l'impianto di distribuzione non è correttamente dimensionato o non si distribuisce correttamente la soluzione nutritiva, nonostante si frazionino le dosi di azoto, si rischia di portare i nutrienti oltre l'orizzonte esplorato dalle radici. L'iniezione è avvenuta per mezzo di pompe dosatrici.



**Fig. 5 – Particolare della pompa dosatrice impiegata nella prova.**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni fertirrigazione, è stato adottato l'approccio matematico descritto nell'azione 3.2, calcolando il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. Nel 2017, primo anno di prova, partendo dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo e dalle caratteristiche dei diversi metodi irrigui, sono stati individuati una prima serie di parametri da adottare per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche. Ad ogni fase fenologica è stata attribuita una durata (GDDff), un fabbisogno (Nff%,  $P_2O_5$ ff% e  $K_2O$ ff%), una riserva ( $N\alpha\%$ ,  $P_2O_5\alpha\%$  e  $K_2O\alpha\%$ ) e una dose ( $N_{imp}$ ,  $P_2O_5_{imp}$  e  $K_2O_{imp}$ ). Di seguito i parametri impiegati per il Pero.

	GDDff	Nff%		GDDff	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ff%		GDDff	K <sub>2</sub> O <sub>ff</sub> %
F1	0	0	F1	0	0	F1	0	0
F2	284	0	F2	284	0	F2	284	0
F3	358	0	F3	358	50	F3	358	0
F4	454	50	F4	454	30	F4	454	50
F5	551	25	F5	551	20	F5	551	25
F6	563	20	F6	563	0	F6	563	20
F7	563	5	F7	563	0	F7	563	5

**GDD<sub>ff</sub>** : Sommatoria gradi giorno complessivi per fenofase.

**N<sub>ff</sub>%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ff% e K<sub>2</sub>O<sub>ff</sub>%** : Fabbisogno percentuale di azoto, fosforo e potassio per fase fenologica.

N $\alpha$	Fert. Goccia	Fert. Asp.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> $\alpha$	Fert. Goccia	Fert. Asp.	K <sub>2</sub> O $\alpha$	Fert. Goccia	Fert. Asp.
F1	0,0%	0,0%	F1	0,0%	0,0%	F1	0,0%	0,0%
F2	20,0%	20,0%	F2	20,0%	30,0%	F2	0,0%	0,0%
F3	50,0%	50,0%	F3	30,0%	30,0%	F3	0,0%	0,0%
F4	30,0%	30,0%	F4	20,0%	30,0%	F4	20,0%	20,0%
F5	10,0%	10,0%	F5	10,0%	20,0%	F5	50,0%	70,0%
F6	0,0%	0,0%	F6	0,0%	0,0%	F6	30,0%	40,0%
F7	0,0%	0,0%	F7	0,0%	0,0%	F7	0,0%	0,0%

**N $\alpha$ %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> $\alpha$ % e K<sub>2</sub>O $\alpha$ %**: frazione di fabbisogno che si intende mantenere come riserva nel terreno.

N <sub>imp</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>imp</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.	K <sub>2</sub> O <sub>imp</sub>	Fert. Goccia	Fert. Asp.
F1	10	20	F1	10	15	F1	5	10
F2	10	20	F2	10	15	F2	5	10
F3	10	20	F3	5	10	F3	10	15
F4	10	10	F4	5	10	F4	10	15
F5	5	10	F5	5	5	F5	10	15
F6	0	0	F6	0	0	F6	10	10
F7	0	0	F7	0	0	F7	10	10

**N<sub>imp</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>imp</sub> e K<sub>2</sub>O<sub>imp</sub>.**: dosi fertilizzanti relativi all'impianto irriguo.



**Fig. 6a e 6b** – Particolare delle fertirrigazioni a goccia (sx) e aspersione (dx).

Sempre durante il 2017, non avendo ancora a disposizione la versione beta del software, i bilanci nutrizionali sono stati calcolati con l'ausilio di un foglio di calcolo di Excel e, al raggiungimento delle soglie inferiori, effettuate le fertilizzazioni. Di conseguenza, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 7 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 9 per quella a microportata per azoto e potassio e, rispettivamente, 2 e 3 per il fosforo. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

Fertilizzazioni Azotate Pero 2017 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione granulare	
22/03/2017	20,4	20,4
10/04/2017	20,4	20,4
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
22/05/2017	6,0	6,0
29/05/2017	4,2	2,0
31/05/2017		2,0
05/06/2017	10,0	2,0
09/06/2017		10,0
12/06/2017	5,0	
20/06/2017		5,0
22/06/2017	5,0	1,4
27/06/2017	5,0	5,0
03/07/2017	4,0	
07/07/2017		5,8
Totale	80,0	80,0

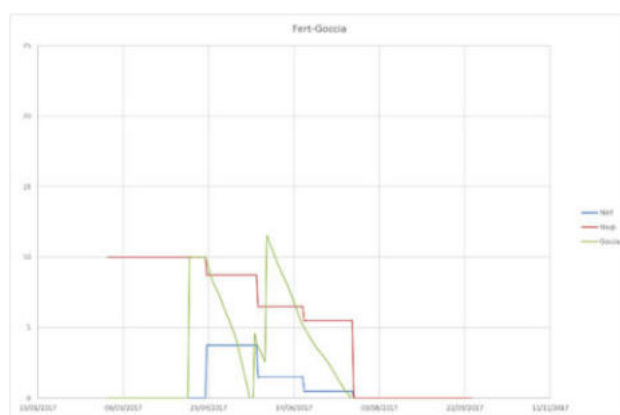
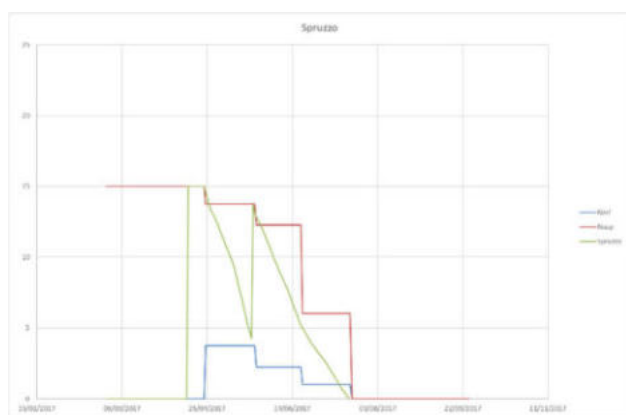
Fertilizzazioni Fosforiche Pero 2017 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
14/04/2017	15,0	10,0
22/05/2017	10,0	5,8
29/05/2017		9,2
Totale	25,0	25,0

Fertilizzazioni Potassiche Pero 2017 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
22/05/2017	6,67	3,87
29/05/2017	15	13
31/05/2017		7
05/06/2017	7	7
09/06/2017		7
12/06/2017	10	
20/06/2017		7
22/06/2017	10	5
27/06/2017	5,0	5,0
03/07/2017	6,3	
07/07/2017		5,1
Totale	60,0	60,0

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



Dinamica del fosforo nel suolo nelle due tesi, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



Dinamica del potassio nel suolo nelle due tesi, calcolata sempre secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata la seguente:



Nel 2018, invece, basandosi sui risultati delle curve di assorbimento ottenuti nell'anno precedente, la serie di parametri adottata l'anno prima è stata corretta con l'obiettivo di aderire maggiormente alle dinamiche di assorbimento della coltura ed evitare distribuzioni premature di elementi, soprattutto azoto, che potrebbero essere soggette a lisciviazioni profonde, oltre a determinare un eccessivo sviluppo vegetativo della coltura che andrebbe a scapito di quello produttivo.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
gemme in riposo invernale	F1	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	F2	275	0	10	0	0	10	0	0	10	0
caduta petali: fase piena (> 50%)	F3	284	50	10	20	50	10	30	0	20	0
rapido sviluppo	F4	358	25	10	50	30	5	30	50	20	20
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	F5	454	15	10	30	20	5	30	25	20	70
frutti maturi: inizio fase (0-5%)	F6	551	10	5	10	0	5	20	20	10	40
frutti maturi: fase piena (> 50%)	F7	563	0	0	0	0	0	0	5	10	0

Tabella 3 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Aspersione.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
gemme in riposo invernale	F1	0	0	0	0	0	10	0	0	5	0
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	F2	275	0	5	0	0	10	0	0	10	0
caduta petali: fase piena (> 50%)	F3	284	50	5	20	50	10	20	0	15	0
rapido sviluppo	F4	358	25	5	50	30	5	30	50	15	20
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	F5	454	15	5	30	20	5	20	25	15	50
frutti maturi: inizio fase (0-5%)	F6	551	10	5	10	0	5	10	20	10	30
frutti maturi: fase piena (> 50%)	F7	563	0	0	0	0	0	0	5	10	0

Tabella 4 – Parametri ottenuti dalla validazione in campo nel 2017 - Microportata.

Nel 2018, la distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 13 interventi fertirrigui per la tesi ad aspersione e 17 per quella a micro-portata per azoto e, rispettivamente, 6 e 9 per il potassio. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nella tabella seguente.

Fertilizzazioni Azotate Pero 2018 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
02/04/2018	0,9	0,9
03/04/2018	21,7	14,2
08/04/2018		5,0
11/04/2018		5,0
13/04/2018	10,0	5,0
19/04/2018	1,7	1,7
20/04/2018	8,3	8,3
24/04/2018	10,0	10,0
27/04/2018	10,7	7,2
02/05/2018		8,7
07/05/2018	7,5	5,8
07/05/2018	6,3	
12/05/2018		3,0
17/05/2018	6,2	6,0
24/05/2018		4,2
25/05/2018	4,8	
05/06/2018	1,5	1,5
11/06/2018	5,4	4,5
19/06/2018		3,7
Totale	95,0	94,7

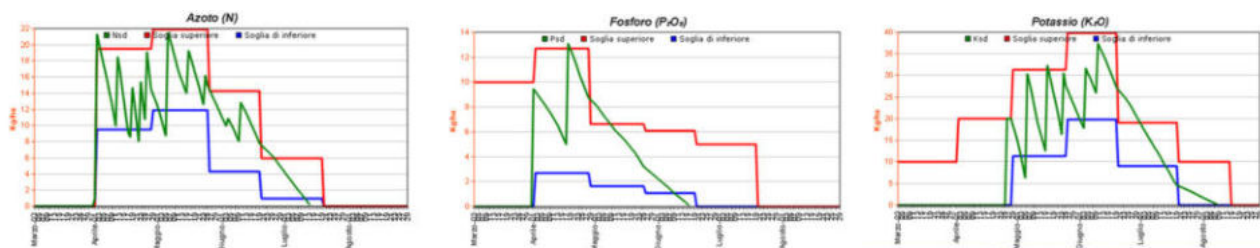
Fertilizzazioni Fosforiche Pero 2018 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
02/04/2018	9,5	9,5
19/04/2018	8,5	8,5
Totale	18,0	18,0

Fertilizzazioni Potassiche Pero 2018 (kg/ha di N)		
	Spruzzo Fert	Goccia Fert
Data	Distribuzione in fertirrigazione	
27/04/2018	20	15
02/05/2018		13
07/05/2018	26,6	13,5
12/05/2018		10,5
17/05/2018	21,8	10,3
24/05/2018		15
25/05/2018	16,9	
05/06/2018	15	15
11/06/2018	12,6	9,0
03/07/2018		11,7
Totale	112,9	113,0

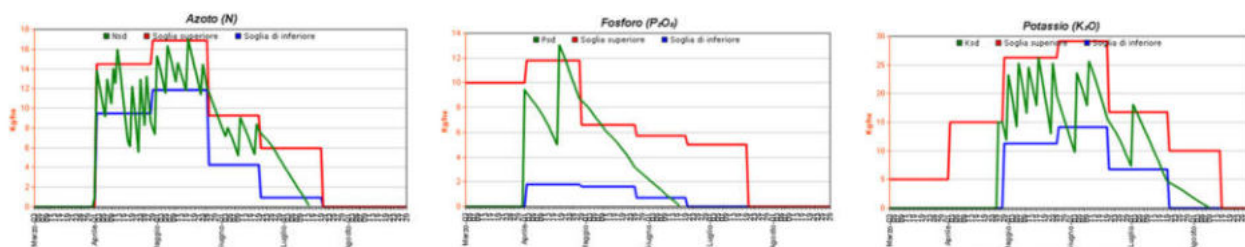
Tabelle 5a, 5b e 5c – Frazionamento dell'azoto, del fosforo e del potassio effettuato nel 2018.



Di conseguenza, la dinamica degli elementi nel suolo delle due tesi fertirrigate, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti, è stata per la tesi fertirrigata ad aspersione la seguente:



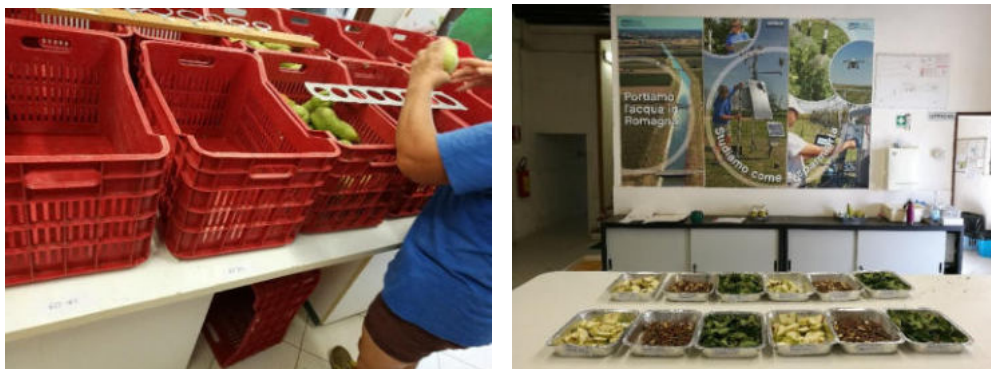
e per quella fertirrigata a goccia la seguente:



### **Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto nel biennio 2017-2018**

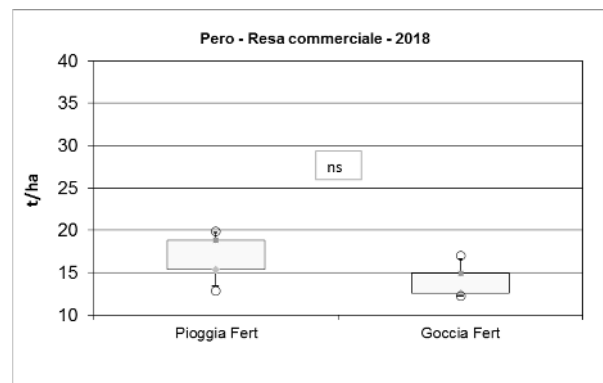
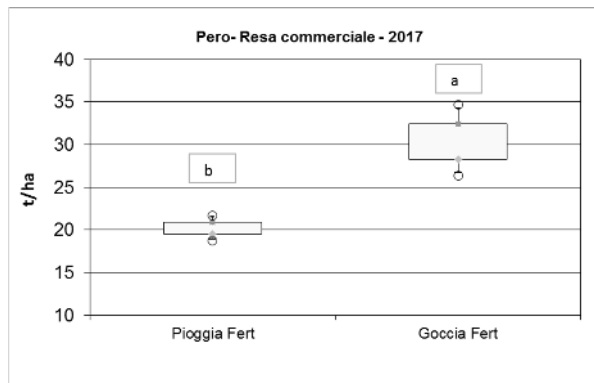
Nel biennio le raccolte sono state effettuate nel 2017 in data 31 agosto e nel 2018 in data 30 agosto, eseguendo su 4 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura
- su campioni di prodotto commerciale è stato rilevato il parametro qualitativo °Brix.



**Fig. 7 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel 2017 mostrano un notevole incremento di resa commerciale per la tesi fertirrigata a goccia con un + 50% (100q), incremento che non si è replicato nel 2018. Nel secondo anno di prova, pur risultando non statisticamente diverse le due tesi a confronto, si osserva in un'annata di scarica produttiva, un'accentuazione del fenomeno dovuto alla maggiore carica ottenuta nell'anno precedente.

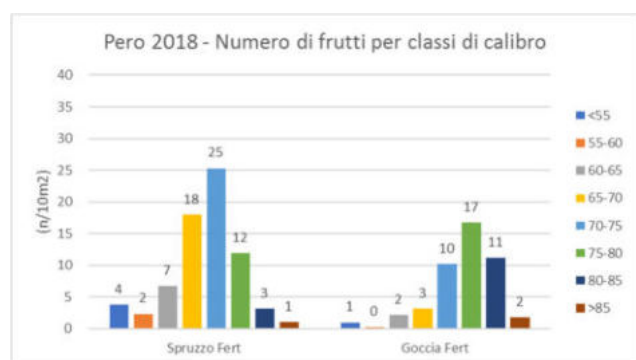
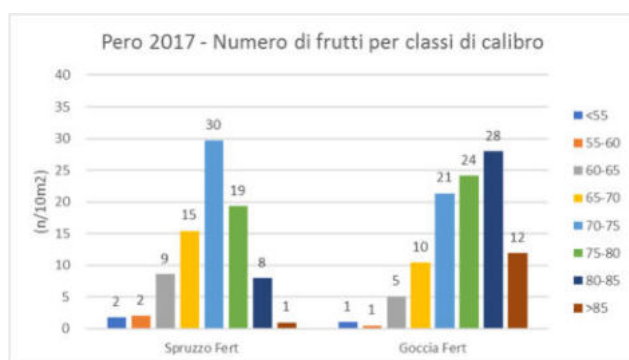


**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali medie ottenute nei due anni.**

Tali incrementi di resa sono dovuti principalmente ad un maggior quantitativo di frutti che raggiungono classi di pezzatura superiori. Risultato più accentuato nel 2017 che nel 2018.

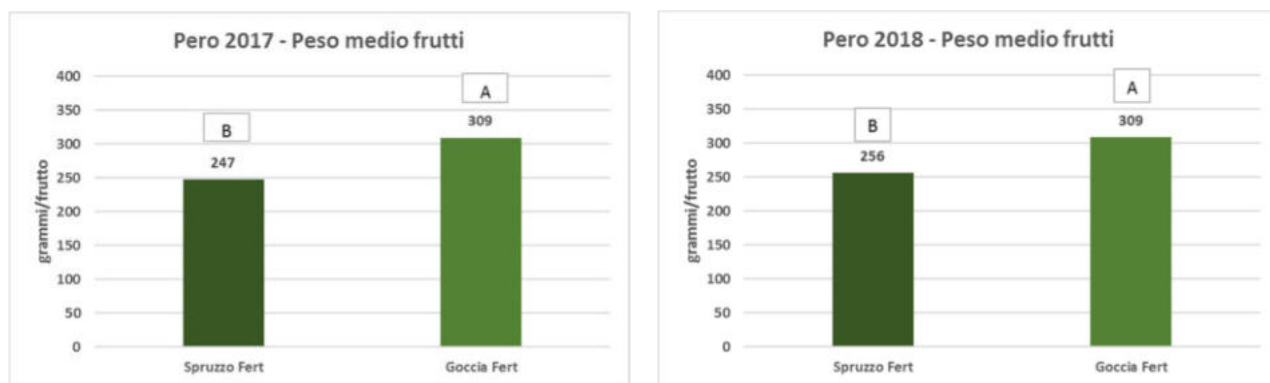


**Fig. 9a e 9b – Suddivisione dei frutti per classe di pezzatura ottenuta nei due anni.**



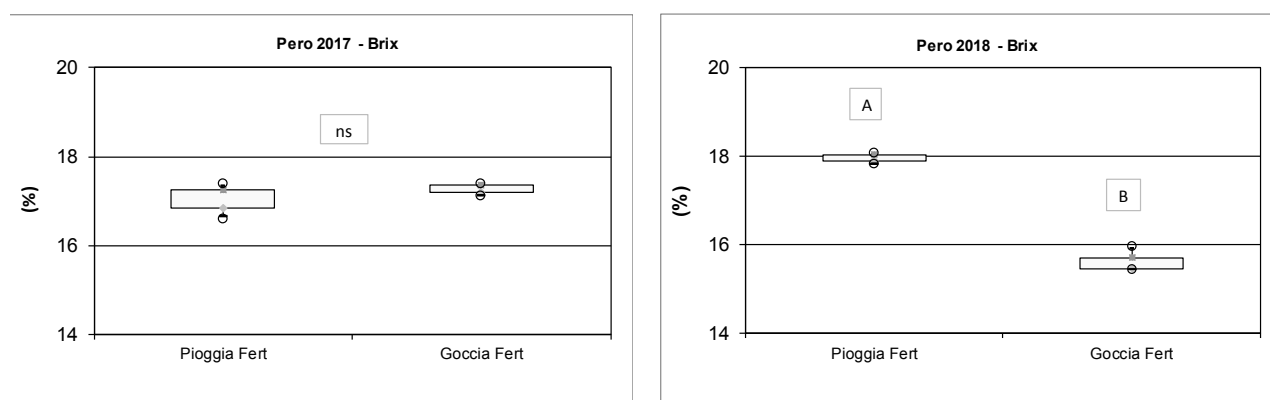
**Fig. 10a e 10b – Numero di frutti per classe di maturazione ottenuta nei due anni.**

Si evidenzia anche un incremento del peso medio del prodotto commerciale, di entità analoga in entrambi gli anni e statisticamente significativo sia nel 2017 che 2018.



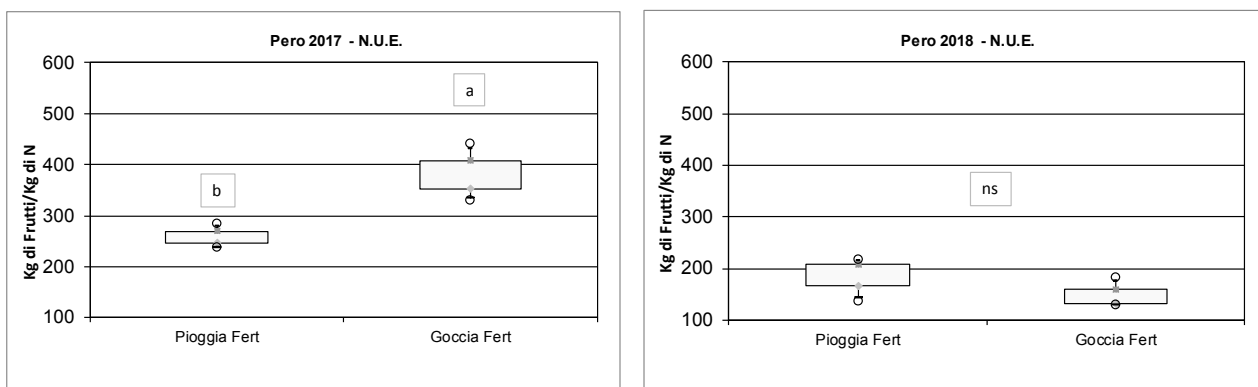
**Fig. 11a e 11b – Pesì medi del prodotto commerciale ottenuti nei due anni.**

Anche se i trattamenti non sono risultati statisticamente differenti tra di loro, si osserva un trend nella percentuale di Brix misurata a favore delle tesi fertirrigate nel 2017, ma non nel 2018.



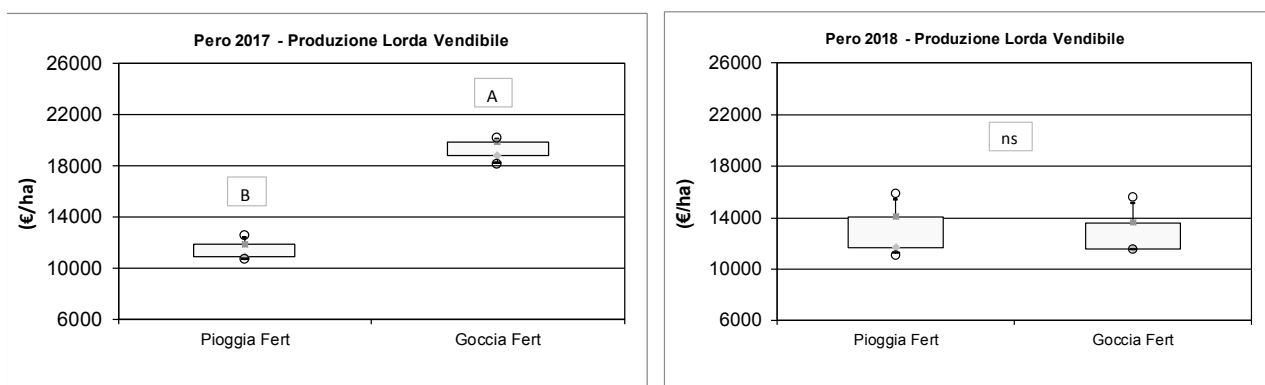
**Fig. 12a e 12b – Qualità dei frutti di pero ottenuti nei due anni.**

Sulla base delle rese e degli apporti azotati, è stata anche calcolata l'efficienza di utilizzo dell'azoto (N.U.E. - Nitrogen Use Efficiency). I risultati sono stati ottenuti a parità di apporti azotati, variando solo la distribuzione temporale. Nel 2017 è stata osservata una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi fertirrigata a goccia, rispetto alla tesi fertirrigata a spruzzo, dovuta alla maggiore concentrazione sulla fila dei nutrienti. Nel 2018, benché la distribuzione sia avvenuta allo stesso modo dell'anno prima, non si sono osservate differenze statisticamente significative.



**Fig. 13a e 13b – Efficienza di utilizzo dell’azoto ottenuto nei due anni.**

L’ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel 2017, l’incremento di P.L.V. ottenuto con la fertirrigazione a goccia, rispetto alla concimazione tradizionale, è risultato di circa 7800 €/ha, pari a circa il 68%. Nel 2018, anche se la tesi fertirrigata a goccia ha risentito dell’alternanza produttiva, non sono emerse differenze statisticamente significative tra le tesi.



**Fig. 14a e 14b – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nei due anni.**

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati di resa, totale e commerciale, il peso medio dei frutti e la % di Brix, con le relative significatività statistiche. Nel 2017, l’incremento di resa totale e commerciale per la tesi fertirrigata a goccia, rispetto a quella fertirrigata ad aspersione, è risultato statisticamente significativo, con differenze dell’ordine di 100 q/ha, pari al 50%: tale incremento è dovuto ad una maggior efficacia di utilizzo dell’azoto scaturita da una distribuzione più localizzata. Per quanto riguarda il peso medio e il grado Brix, non sono emerse differenze significative, pur essendoci stato un peso medio di 60 grammi superiore nella tesi fertirrigata a goccia.

		Repliche			
		1	2	3	* p < 0,05
Totale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Fert	20,46	18,86	22,57	b
	Goccia Fert	30,10	26,38	35,08	a

		Repliche			
		1	2	3	n.s.
Totale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Fert	20,75	13,05	18,79	n.s.
	Goccia Fert	12,93	12,25	17,41	n.s.

		Repliche			
		1	2	3	* p < 0,05
Commerciale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Fert	20,19	18,75	21,70	b
	Goccia Fert	30,10	26,38	34,72	a

		Repliche			
		1	2	3	n.s.
Commerciale (t/ha)	Tesi				
	Pioggia Fert	19,89	12,87	17,81	n.s.
	Goccia Fert	12,90	12,20	17,00	n.s.

		Repliche			
		1	2	3	** p < 0,01
Peso medio (g/frutto)	Tesi				
	Pioggia Fert	267,13	245,18	230,02	B
	Goccia Fert	341,91	326,03	258,99	A

		Repliche			
		1	2	3	** p < 0,01
Peso medio (g/frutto)	Tesi				
	Pioggia Fert	252,1	265,8	249,6	B
	Goccia Fert	303,1	308,8	314,7	A

		Repliche			
		1	2	3	n.s.
Brix %	Tesi				
	Pioggia Fert	17,10	17,40	16,60	n.s.
	Goccia Fert	17,10	17,30	17,40	n.s.

		Repliche			
		1	2	3	** p < 0,01
Brix %	Tesi				
	Pioggia Fert	18,07	18,00	17,80	A
	Goccia Fert	15,47	15,97	15,43	B

		Repliche			
		1	2	3	* p < 0,05
N.U.E. kg/kg	Tesi				
	Pioggia Fert	202,74755	186,82052	223,646	b
	Goccia Fert	298,19973	261,36653	347,552	a

		Repliche			
		1	2	3	n.s.
N.U.E. kg/kg	Tesi				
	Pioggia Fert	218,4	137,3	197,8	n.s.
	Goccia Fert	136,4	129,2	183,6	n.s.

		Repliche			
		1	2	3	** p < 0,01
P.L.V. €/ha	Tesi				
	Pioggia Fert	12559,12	10641,485	11222,5	B
	Goccia Fert	19576,044	18097,352	20194,4	A

		Repliche			
		1	2	3	n.s.
P.L.V. €/ha	Tesi				
	Pioggia Fert	15818	11035	12339	n.s.
	Goccia Fert	11584	11436	15549	n.s.

**Tabella 6a e 6b – Risultati produttivi ottenuti nel 2017 (sx) e nel 2018 (dx).**

### Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio nelle piante

Durante il ciclo colturale, in entrambi gli anni, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in branche, foglie e frutti, nelle due tesi concimate: sono stati effettuati, su 2 ripetizioni per tesi, 3 prelievi di 3 piante per ciascuna tesi, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 72 ore e pesate, distinguendo i frutti dalle branche e dalle foglie.

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

- all'inizio dell'ingrossamento dei frutti;
- al termine dell'ingrossamento dei frutti;
- in prossimità della raccolta.

### Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro, ripartito in foglie, branche e frutti, per le due tesi a confronto: l'accumulo di sostanza secca nella vegetazione ha avuto un andamento diverso tra le tesi. La tesi fertirrigata a goccia ha beneficiato di una migliore efficienza distributiva dovuta ad una maggiore vicinanza alla pianta degli elementi nutritivi. È evidente un maggior accumulo di sostanza secca nei frutti della tesi fertirrigata a goccia, rispetto a quella fertirrigata a pioggia.

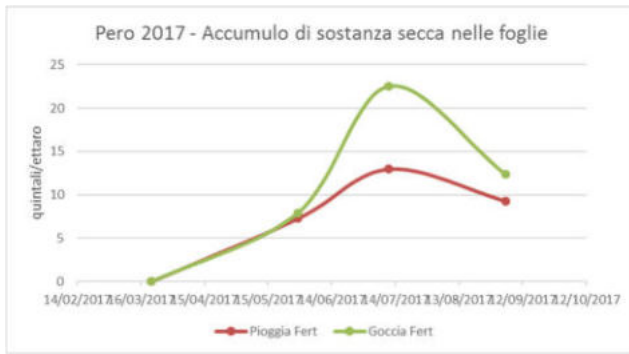


Fig. 14a e 14b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel 2017.



Fig. 14c e 14d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel 2017.

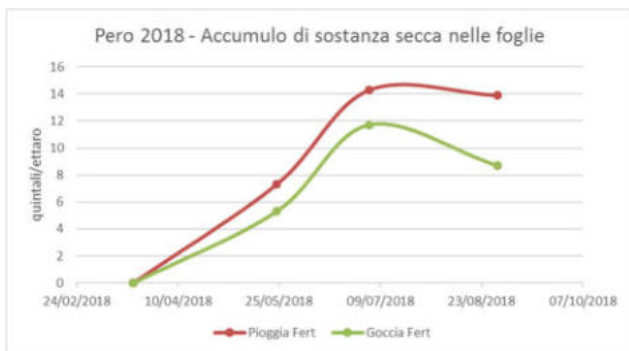


Fig. 15a e 15b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel 2018.



Fig. 15c e 15d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel 2018.

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, branche e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca. In entrambi gli anni il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato superiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura. I fabbisogni stimati trovano giustificazione solo se si considerano nel bilancio di massa anche i quantitativi persi per lisciviazione.

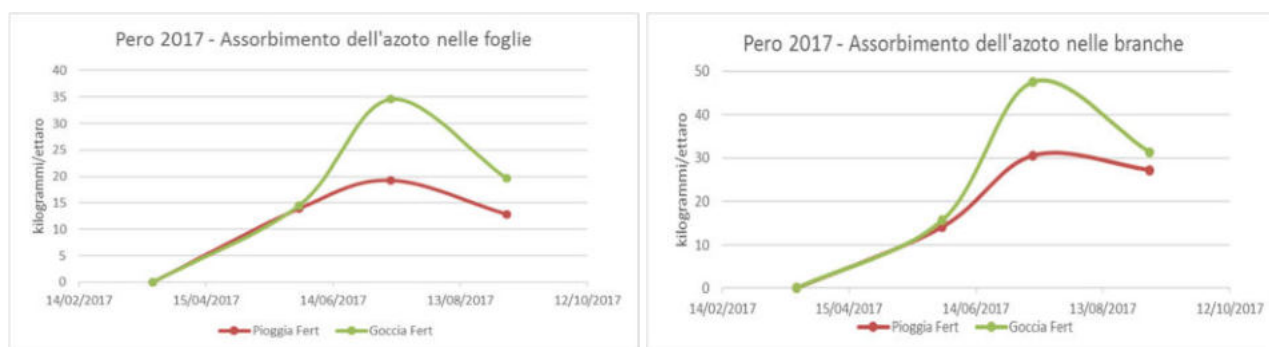


Fig. 16a e 16b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel 2017.

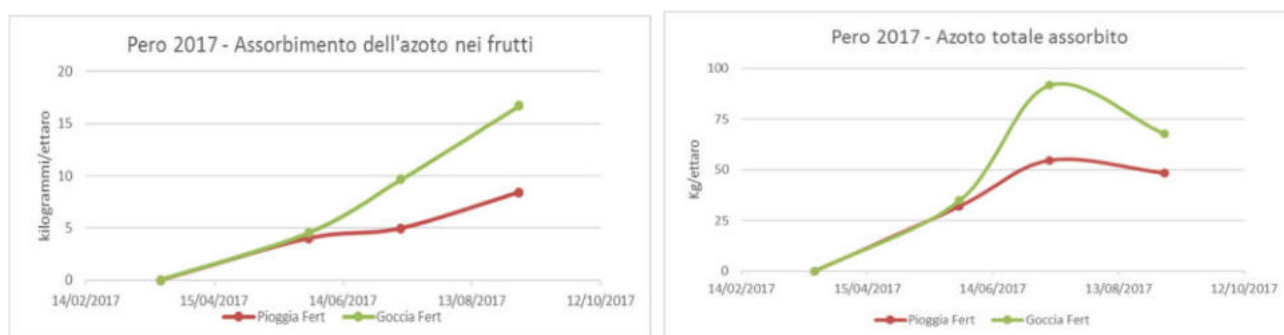


Fig. 16c e 16d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel 2017.

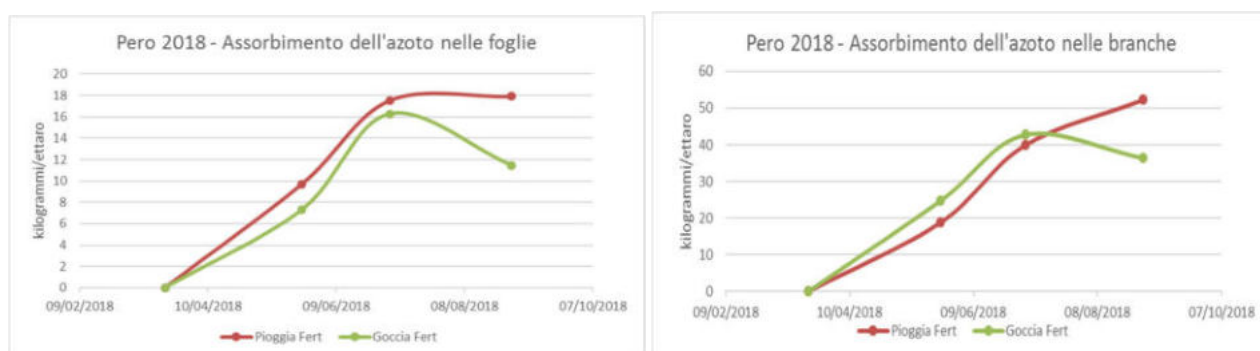
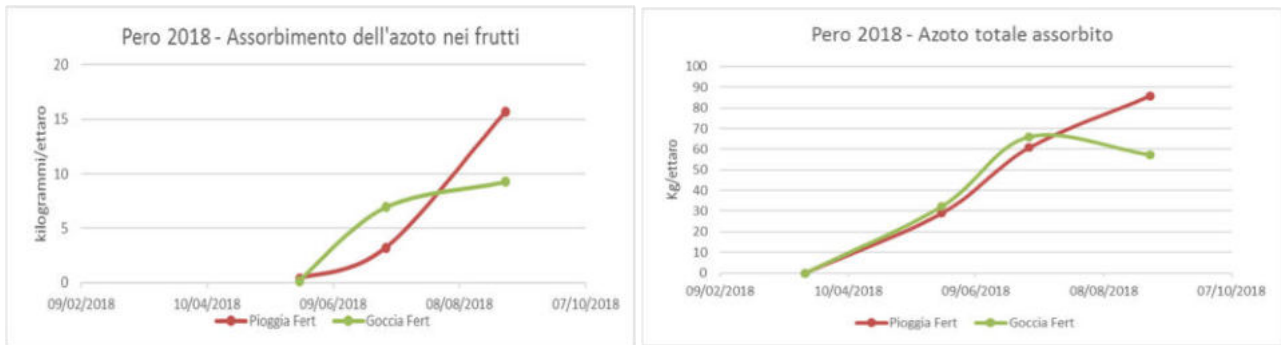


Fig. 17a e 17b – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel 2018.

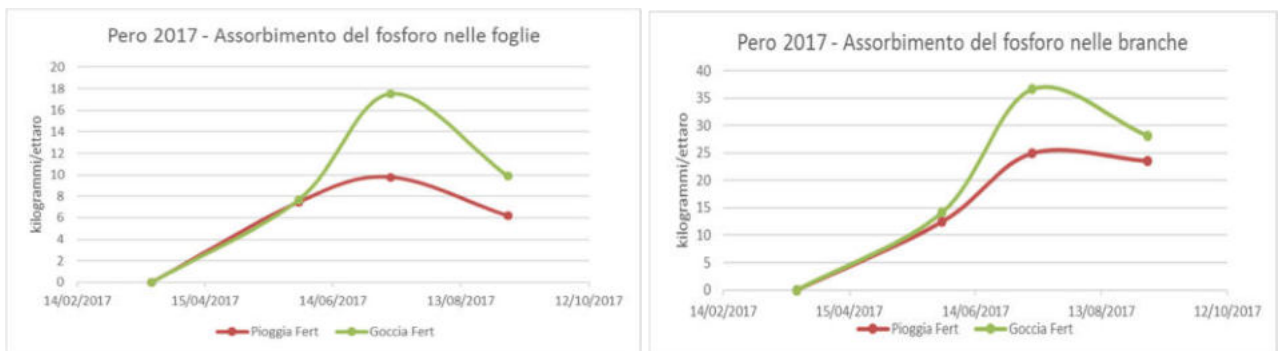




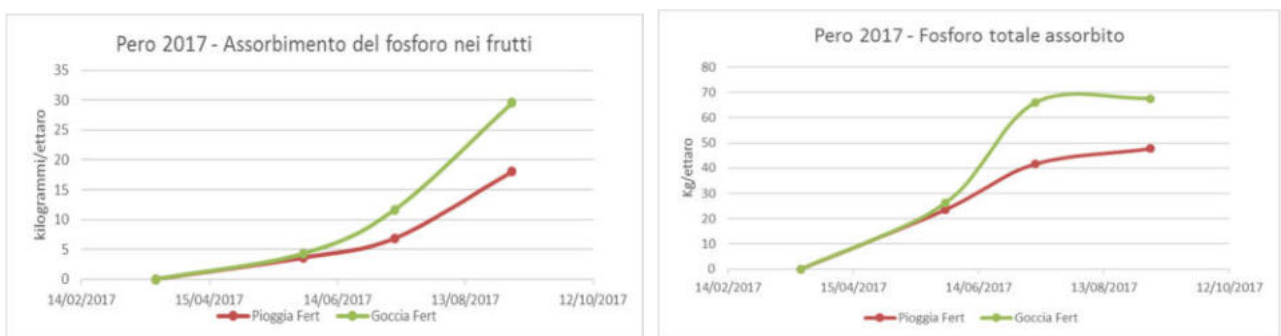
**Fig. 17c e 17d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel 2018.**

### Curve di assorbimento del fosforo

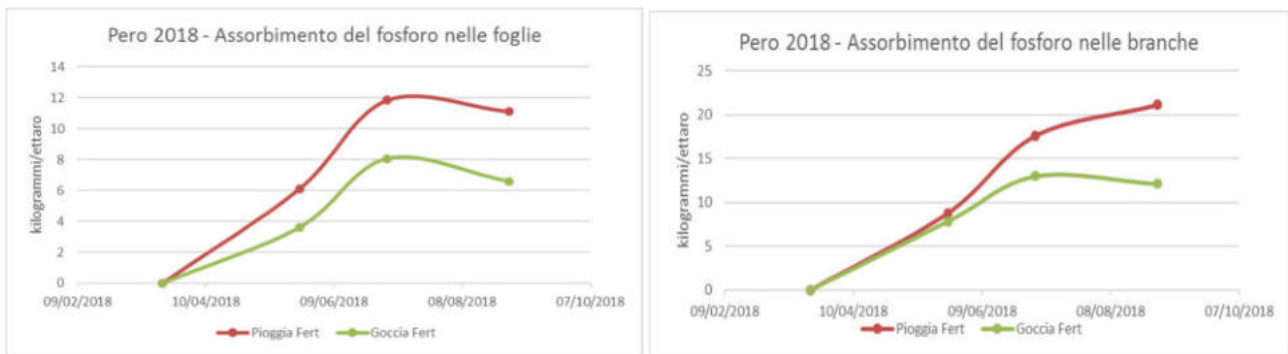
Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo per ettaro, ripartito in foglie, branche e frutti, per le due tesi a confronto: è evidente come nella tesi fertirrigata a goccia l'efficienza di utilizzo è risultata maggiore.



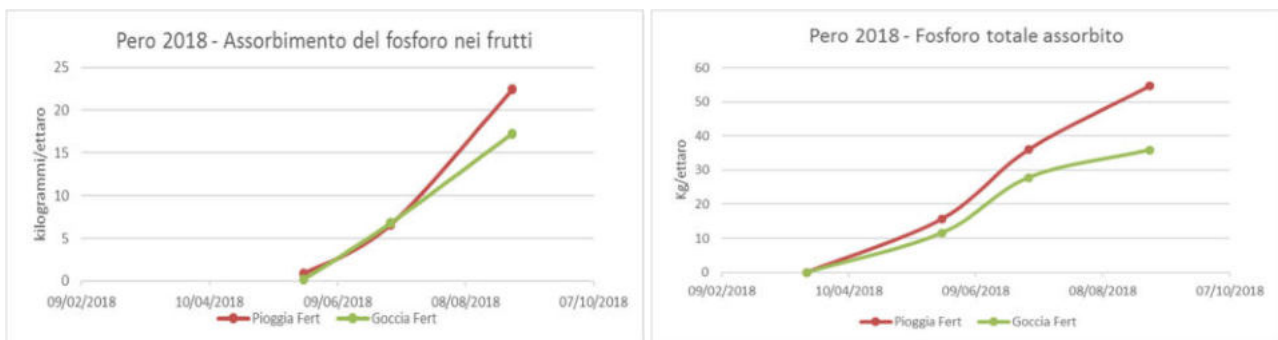
**Fig. 18a e 18b – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel 2017.**



**Fig. 18c e 18d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel 2017.**



**Fig. 19a e 19b – Dinamica dell’assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel 2018.**



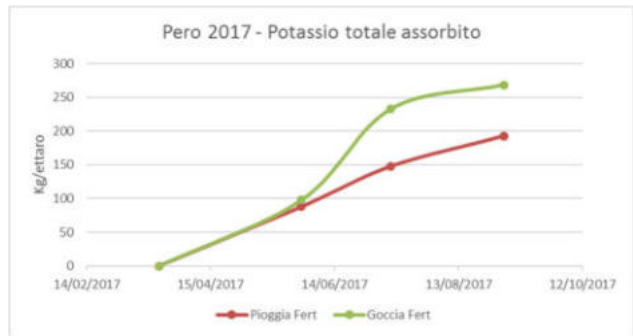
**Fig. 19c e 19d – Dinamica dell’assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel 2018.**

**Curve di assorbimento del potassio**

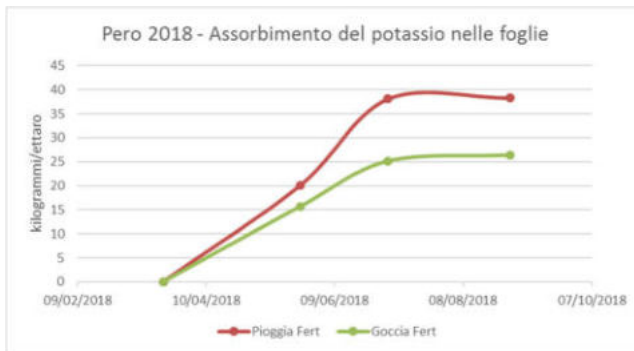
Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all’assorbimento del potassio per ettaro, ripartito in foglie, branche e frutti, per le due tesi a confronto: pur essendo il terreno in prova con una dotazione elevata, le differenze sono risultate evidenti e la tesi fertirrigata a goccia è ancora una volta quella che ha mostrato le performance migliori.



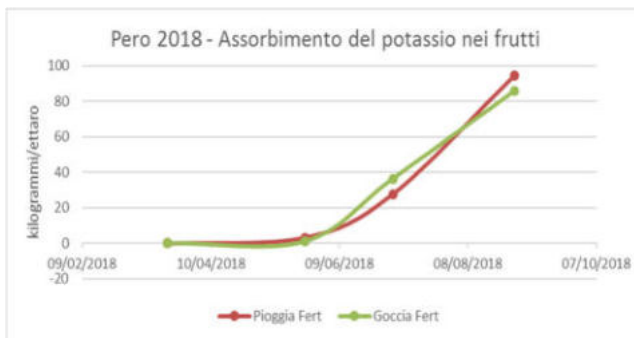
**Fig. 20a e 20b – Dinamica dell’assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel 2017.**



**Fig. 20c e 20d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel 2017.**



**Fig. 21a e 21b – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel 2018.**



**Fig. 21c e 21d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel 2018.**

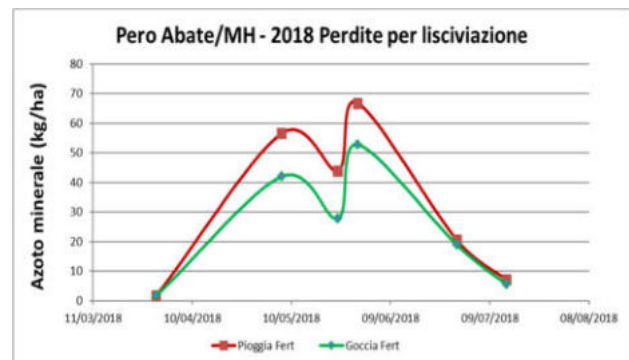
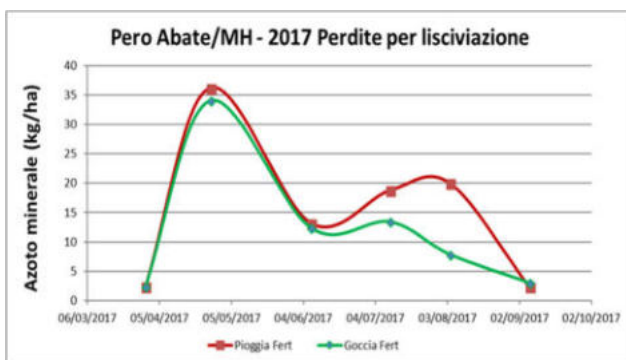
### **Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

In entrambi gli anni, per la valutazione del dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato maggiormente esplorato dalle radici, 4 lisimetri a suzione (2 tesi x 2 repliche) per la captazione del lisciviato. Le soluzioni circolanti intercettate sono state analizzate per il contenuto in nitrati e ammonio. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.



**Fig. 22 – Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo utilizzo in campo (dx).**

Nella figura seguente è riportato l'andamento del contenuto di azoto minerale (nitrico più ammoniacale) nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm: si osserva una maggiore perdita nella tesi fertirrigata a pioggia. La differenziazione tra le tesi della prima concimazione di copertura e la distribuzione in fertirrigazione del restante fabbisogno ha fatto osservare, in termini di azoto perso per lisciviazione, una sostanziale differenza tra le due tesi. Segno che il frazionamento e i differenti volumi irrigui impiegati tra le tesi, interessando in misura diversa orizzonti più o meno superficiali, i movimenti azotati in quella irrigata a goccia sono più bassi, mantenendo l'azoto concentrato nello strato più superficiale.



Infine, nel 2017, pur essendosi registrate minori perdite per lisciviazione nella tesi fertirrigata a goccia, non si osservano differenze nei quantitativi di azoto totale residuo rimasto nel terreno alla raccolta nell'orizzonte di suolo 0-50 cm. Nel 2018, invece, le maggiori perdite azotate per lisciviazione osservate nella tesi fertirrigata a spruzzo, sono coerenti con la maggiore percentuale di azoto residuo misurato nel suolo a fine stagione nella tesi fertirrigata a goccia.

2017	
	N tot (%)
Pioggia Fert	0,099
Goccia Fert	0,099

2018	
	N tot (%)
Pioggia Fert	0,098
Goccia Fert	0,100

## Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi

Al termine della prova, dai risultati delle curve di assorbimento dei tre principali elementi ottenuti nel corso del biennio, sono stati estrapolati i nuovi parametri nutritivi per il Pero e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
gemme in riposo invernale	F1	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	F2	275	0	0	0	0	10	0	0	10	0
caduta petali: fase piena (> 50%)	F3	284	25	10	40	50	10	50	0	20	0
rapido sviluppo	F4	358	25	10	50	40	5	40	20	20	30
frutti completamente sviluppati: fase piena	F5	454	40	15	50	10	5	30	20	20	80
frutti maturi: inizio fase ( 0-5%)	F6	551	10	5	40	0	5	20	25	20	80
frutti maturi: fase piena (> 50%)	F7	563	0	0	0	0	0	0	35	10	100

**Tabella 7 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Aspersione.**

Descrizione fenofase	Ordine	GDD	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/ha	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/ha	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/ha	Riserva K2O %
gemme in riposo invernale	F1	0	0	0	0	0	10	0	0	5	0
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	F2	275	0	0	0	0	10	0	0	5	0
caduta petali: fase piena (> 50%)	F3	284	25	5	30	50	5	50	0	10	0
rapido sviluppo	F4	358	25	5	50	40	5	30	20	10	20
frutti completamente sviluppati: fase piena	F5	454	40	5	50	10	5	20	20	10	100
frutti maturi: inizio fase ( 0-5%)	F6	551	10	5	30	0	5	10	25	5	100
frutti maturi: fase piena (> 50%)	F7	563	0	5	0	0	0	0	35	5	80

**Tabella 8 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo biennale - Microportata.**

## **5. Implementazione su scala territoriale del sistema FERT-IRRINET**

Con l'obiettivo di validare il software su scala territoriale, nel 2018 l'applicativo Fert-Irrinet è stato esteso alle aziende agricole associate alle OP coinvolte nel GO (CIO, APOFRUIT ITALIA, GRANDI COLTURE ITALIANE). Le aziende, sotto il diretto controllo dei tecnici delle OP, sono state registrate al servizio Fert-irrinet e, per le quattro colture interessate nel progetto, sono state gestite in maniera combinata l'irrigazione e il bilancio nutrizionale proposto dai DPI regionali. A tale scopo, per l'impostazione dei piani di concimazione, sono state reperite preliminarmente tutte le informazioni necessarie (analisi dei suoli, precessione colturale, rese attese, concimazioni di fondo, ecc.) e inseriti i dati nelle maschere parametriche di input. Successivamente, tutte le irrigazioni e le fertilizzazioni

effettuate dalle aziende sono state inserite nel software e monitorato l'andamento del bilancio nutritivo nel tempo.

## i. Patata comune

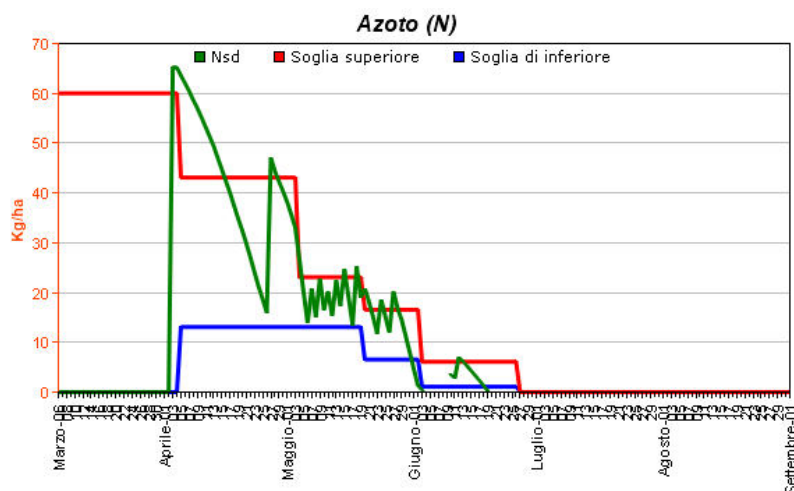
Per la validazione del software su scala territoriale, sono state individuate per la coltura della Patata due aziende agricole: Az. Sandri e Az. Rigatieri, solo la prima delle due ricadente in zona vulnerabile ai nitrati (ZVN). Quest'azienda, come da norme dei DPI regionali, durante la registrazione al servizio, dopo aver selezionato l'opzione "ZVN", è comparsa la dicitura indicante la dose massima di azoto "efficiente" (Massima Applicazione Standard – MAS - tabella 6 allegato 2 del RGR n.1 del 4/1/2016) e la necessità di dimostrare rese maggiori per poter eccedere tale limite. L'azienda in questione, dati produttivi alla mano, ha dimostrato di ottenere produzioni superiori tali da consentirgli di superare il limite MAS. Il bilancio nutritivo che ne è conseguito tra il fabbisogno annuale calcolato dal sw (in questo caso come dose massima ammessa) e le fertilizzazioni effettuate, considerando una resa attesa superiore (60 t/ha), è risultato essere il seguente:

Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	190,0	90,0	211,7
Fertilizzazioni effettuate	201,6	102,6	211,7
Fertilizzazioni da effettuare	-11,6	-12,6	0,0
MAS	190,0		
Zona vulnerabile ai nitrati	<input checked="" type="checkbox"/>		

Apprezzamento in zona vulnerabile ai nitrati: il limite di massima applicazione per questa coltura è pari a [190] Kg di N ad ha e può essere superato solo se è possibile documentare una resa superiore a [48] q/ha

La dinamica dell'azoto che è scaturita dall'applicazione del software Fert-Irrinet è risultata essere la seguente:



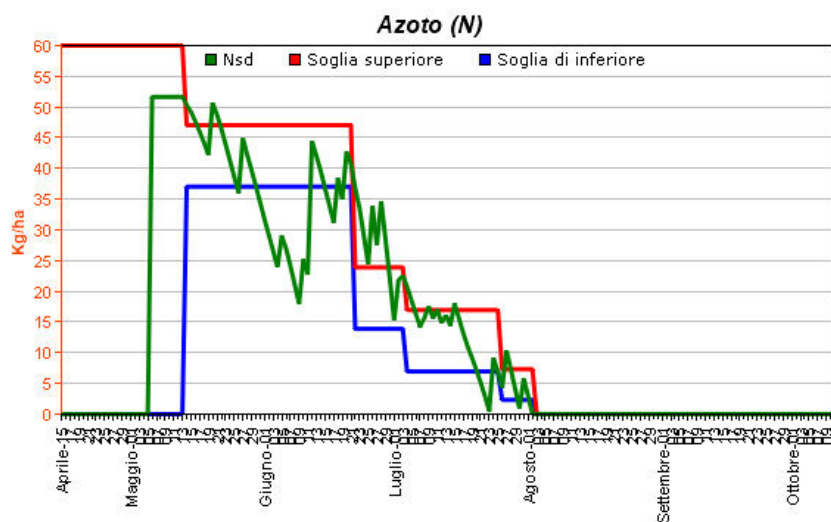
## ii. Pomodoro da industria

Per la coltura del Pomodoro da industria sono state individuate tre aziende agricole associate alle OP coinvolte nel GO: Az. Cattivelli, Az. Barbieri e Az. Repetti. Riportando di seguito come esempio solo la prima delle tre aziende citate, il bilancio nutritivo che ne è conseguito tra il fabbisogno annuale calcolato dal sw e le fertilizzazioni effettuate è risultato essere il seguente:

### Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	231,5	132,4	300,0
Fertilizzazioni effettuate	231,6	122,8	300,0
Fertilizzazioni da effettuare	0,0	9,6	0,0

Le fertilizzazioni effettuate sono risultate corrispondenti ai fabbisogni calcolati dal software. L'unica difficoltà riscontrata è stata un leggero ritardo nella distribuzione dei fabbisogni di azoto causato da eventi piovosi ripetuti che hanno impedito di intervenire con le fertirrigazioni.





### iii. Mais da granella

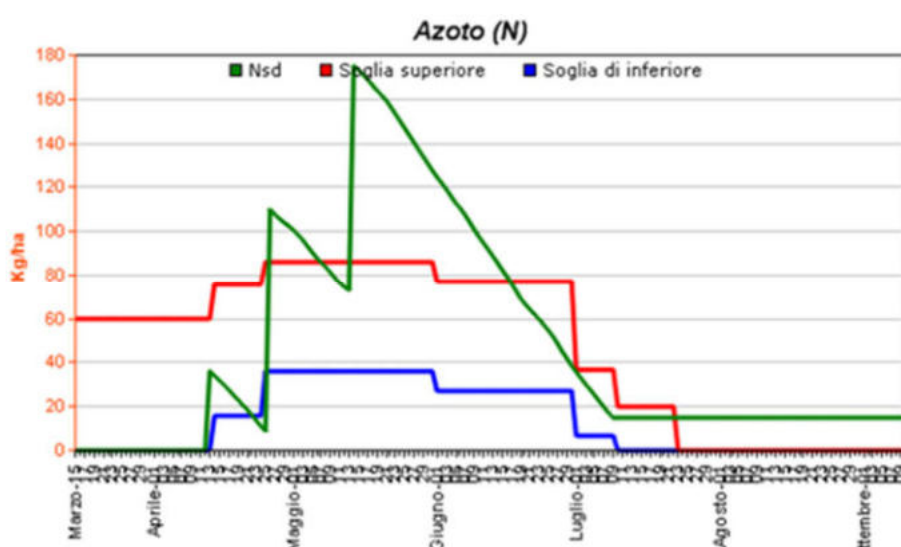
Per la coltura del Mais da granella le aziende associate alle OP coinvolte nel GO individuate dai tecnici sono state: Az. Ghirardello e Az. Bizeta. Si riporta di seguito solo la prima delle due aziende in quanto ricadente in ZVN. Il fabbisogno annuale di azoto è risultato inferiore alla dose massima di azoto "efficiente" (MAS), in quanto calcolato su una resa attesa di 130 q/ha.

#### Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	225,6	0,0	0,0
Fertilizzazioni effettuate	243,0	92,0	0,0
Fertilizzazioni da effettuare	-17,4	-92,0	0,0
MAS	280,0		
Zona vulnerabile ai nitrati	<input checked="" type="checkbox"/>		

Appezamento in zona vulnerabile ai nitrati: il limite di massima applicazione per questa coltura è pari a [280] Kg di N ad ha e può essere superato solo se è possibile documentare una resa superiore a [130] q/ha

La dinamica dell'azoto scaturita dall'applicazione del software Fert-Irrinet, pur con un frazionamento nel tempo del fabbisogno, non è risultata essere perfettamente conforme al consiglio fornito dal sw con una sottostima della concimazione di fondo e una sovrastima della seconda concimazione di copertura.



#### iv. Pero

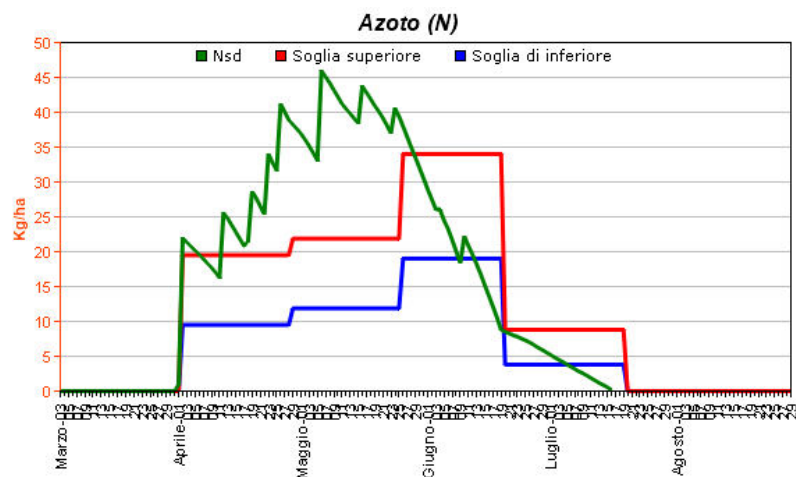
Per la coltura del Pero è stata individuata un'unica azienda all'interno della quale era presente un pereto costituito da due varietà: Abate Fétel e Kaiser. L'azienda era situata in zona vulnerabile ai nitrati, ma in entrambi i casi, sulla base delle rese attese, il fabbisogno di azoto è risultato di gran lunga inferiore al limite massimo imposto dai MAS. Di seguito i dati di fabbisogno annuale, fertilizzazioni effettuate, il bilancio nutritivo e la dose massima di azoto "efficiente".

#### Bilancio nutritivo (kg/ha)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fabbisogno annuale	60,0	19,8	112,3
Fertilizzazioni effettuate	55,4	12,0	69,5
Fertilizzazioni da effettuare	4,6	7,8	42,8
MAS	120,0		
Zona vulnerabile ai nitrati	<input checked="" type="checkbox"/>		

Appezamento in zona vulnerabile ai nitrati: il limite di massima applicazione per questa coltura è pari a [120] Kg di N ad ha e può essere superato solo se è possibile documentare una resa superiore a [30] q/ha

La dinamica dell'azoto nel suolo per la coltura del Pero ha visto nel complesso un andamento tutto sommato in linea con i fabbisogni della coltura, anche se le restituzioni sono state leggermente anticipate.



## 6. Valutazione dell'efficacia del Piano:

Per la valutazione dell'efficacia del piano, in termini di risultati conseguiti, sono stati esaminati i seguenti indicatori:

- Valutazione sull'utilizzo del software da parte degli agricoltori: sulla base delle impressioni raccolte durante la fase di implementazione su scala territoriale del software, e in occasione della presentazione dello stesso durante gli eventi formativi e divulgativi organizzati nell'ambito del Piano, il software è risultato essere di facile utilizzo, intuitivo e non richiede molti dati di input;
- Quantitativi di azoto lisciviato con la concimazione tradizionale e con la fertirrigazione (kg/ha): analizzando la differenza tra i quantitativi massimi di azoto minerale rilevati a 60 cm di profondità durante l'intero ciclo colturale, e quelli presenti nel suolo ad avvio stagione, come dotazione iniziale, è possibile notare come l'impiego della fertirrigazione ha permesso di ridurre notevolmente la lisciviazione delle forme minerali dell'azoto con riduzioni dal 40 al 80%, rispettivamente 10 e 40 kg di azoto per ettaro. Nel secondo anno di prova, la maggiore piovosità ha determinato le maggiori lisciviazioni, soprattutto nelle tesi con concimazione tradizionale.

Azoto lisciviato (kg di N / ha)	2017			2018		
	Trad.	Fertirrigazione		Trad.	Fertirrigazione	
		Asp.	Micro.		Asp.	Micro.
Mais da granella	16,92	11,10	9,38	47,19	17,58	8,99
Pomodoro da industria	21,46	8,84	9,56	21,42	10,02	10,34
Patata comune	28,83	18,14	7,70	51,04	57,31	37,39
Pero (Abate Fétel/MH)	-	12,12	13,89	-	13,92	15,51

- Utilizzo efficiente dell'azoto con la concimazione tradizionale e con la fertirrigazione (N.U.E.): l'efficienza di utilizzo dell'azoto è risultata essere quasi sempre superiore nelle tesi fertirrigate rispetto a quella tradizionale con incrementi di efficienza tra il 10 e il 40%. Il Mais da granella non ha registrato incrementi di efficienza, sia nel 2017 che nel 2018, e la Patata, ma solo nel 2018;

N.U.E. (Kg resa / Kg di N)	Trad.	Fertirrigazione		Trad.	Fertirrigazione	
		Asp.	Micro.		Asp.	Micro.
	2017			2018		
Mais da granella	52,89	52,20	51,93	49,60	51,61	50,68
Pomodoro da industria	302,04	374,36	435,77	373,4	391,1	448,8
Patata comune	229,85	223,31	260,49	256,22	255,49	252,76
Pero (Abate Fétel/MH)	-	257,9	381,5		184,5	149,7

## **7. Conclusioni**

I risultati descritti confermano le notevoli potenzialità di applicazione della tecnica fertirrigua, ottenendo ottimi risultati sia in termini di efficienza di applicazione del fertilizzante che di incrementi di resa e qualità del prodotto, anche se questi ultimi fortemente influenzati dalle differenti annate climatiche. Dal punto di vista ambientale, la tecnica ha consentito di ridurre al minimo 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 del software. Tuttavia, la pratica fertirrigua in sé non garantisce sempre il raggiungimento degli obiettivi prefissati rendendo necessaria un'intensa attività di formazione, in parte svolta in questo progetto, finalizzata alla diffusione della tecnica, delle strategie e delle conoscenze. In linea generale, la riduzione dell'inquinamento da nitrati di fonte agricola delle acque deve essere perseguita nei seguenti modi:

- mediante concimazioni di fondo non troppo ricche di azoto, impiegando concimi a lento rilascio e/o con frazioni organiche ed effettuandole a ridosso dell'impianto della coltura;
- collocando la concimazione di copertura nelle fasi di maggior assorbimento della coltura, interrando il concime per evitare perdite per volatilizzazione;
- attraverso una corretta gestione dell'irrigazione, con restituzioni idriche che interessino solo i primissimi orizzonti di suolo esplorati dalle radici senza portare mai a saturazione il terreno;
- fissando obiettivi produttivi non troppo elevati, evitando di apportare più azoto di quello necessario che potrebbe essere potenzialmente lisciviabile;
- frazionando in fertirrigazione almeno la metà del fabbisogno di azoto della coltura, iniettando la soluzione madre nell'ultima fase dell'intervento irriguo;
- riducendo i fabbisogni azotati, in considerazione della maggiore efficienza di assorbimento.

La taratura e validazione dell'applicativo Fert-Irrinet effettuata nel biennio 2017-2018, per le quattro colture prese in esame, può essere considerata soddisfacente in quanto i risultati sono stati ottenuti a partire da due annate climatiche differenti (siccitosa la prima e piovosa la seconda), che hanno determinato differenze nei periodi di semina/trapianto/ripresa vegetativa. Le differenti dinamiche di accrescimento delle colture e di assorbimento degli elementi, riscontrate nei due anni di prova, sono state ben gestite dal software grazie all'utilizzo dei gradi giorno come "motore" fenologico. Infine, riassumendo, è stato possibile trarne le seguenti considerazioni:

### **Patata comune**

Sebbene il ridotto approfondimento radicale, il ciclo primaverile e la vocazionalità della coltura in terreni sciolti la espone in annate piovose a notevoli lisciviazioni azotate, la distribuzione frazionata dell'azoto ha consentito di diminuire le perdite per lisciviazione aumentandone l'efficienza di utilizzo dell'elemento. Inoltre, ha permesso di incrementare la produzione lorda vendibile attraverso un aumento di resa dei tuberi di pezzatura commerciale e una riduzione di quelli di dimensioni sovra-misura. È comunque opportuno distribuire di fondo una quota dei fabbisogni in quanto veicolando i nutrienti con le acque di irrigazione piogge primaverili abbondanti potrebbero ritardare le somministrazioni. A tal proposito, il parametro "N<sub>imp</sub>", ovvero la dose massima da distribuire per intervento, che tiene conto delle norme vincolati per chi aderisce ai DPI regionale in merito alla fertilizzazione della Patata: "Per ridurre al minimo le perdite dovute ai fenomeni di lisciviazione, non

è ammesso in presemina un apporto di azoto superiore ai 60 kg/ha”, è stato fissato come limite massimo il predetto quantitativo di azoto.

### **Pomodoro da industria**

La fertirrigazione del Pomodoro da industria ha riguardato, oltre all’azoto, anche il fosforo e il potassio. Le perdite per lisciviazione dell’azoto minerale nonostante siano risultate in generale basse, l’adozione della fertirrigazione ha permesso comunque una loro diminuzione. I risultati conseguiti mostrano in entrambi gli anni significatività statistica in termini di efficienza di utilizzo dell’azoto, di produttività della coltura e, non ultimo, in termini di reddito. Si sono osservati incrementi dei quantitativi di bacche rosse prodotte, del loro peso medio e del numero di bacche per unità di superficie. Essendo i tassi di assorbimento di azoto trascurabili in fase di post-trapianto, interessando limitatamente l’intorno della zona radicata, è consigliabile non eccedere con late e premature concimazioni azotate. Inoltre, le sarchiature e le frequenti irrigazioni consentono di intervenire con cadenza tale da garantire il fabbisogno della coltura. A tal fine, il parametro “N<sub>imp</sub>”, ovvero la dose massima da distribuire per intervento, tiene conto delle norme vincolati per chi aderisce ai DPI regionale in merito alla fertilizzazione del Pomodoro da industria: “Per ridurre al minimo le perdite dovute ai fenomeni di lisciviazione, non è ammesso in presemina un apporto di azoto superiore ai 60 kg/ha”, è stato fissato come limite massimo il predetto quantitativo di azoto.

### **Mais da granella**

La distribuzione frazionata dei fabbisogni del Mais è stata effettuata in entrambi gli anni solo per l’azoto. Nel secondo anno di prova è stata ridotta ulteriormente la quota dell’elemento distribuito prima dell’impianto della coltura nella sola tesi fertirrigata a goccia. Nonostante questo elemento sia stato distribuito in maniera differenziata tra le tesi, non si sono osservate differenze statisticamente significative in tutti i parametri presi in esame, compresa la lisciviazione dell’azoto. Le uniche differenze osservate riguardano le perdite di azoto per lisciviazione profonda che sono risultate, in entrambi gli anni, di gran lunga superiori nella tesi tradizionale con una maggiore accentuazione nel 2018 a causa della maggiore piovosità. Anche per la coltura del Mais, il parametro “N<sub>imp</sub>”, ovvero la dose massima da distribuire per intervento, tiene conto delle norme vincolati per chi aderisce ai DPI regionale in merito alla fertilizzazione del Mais da granella: “per l’azoto non si ammette in presemina una distribuzione superiore al 30% dell’intero fabbisogno e comunque non superiore ai 70 kg/ettaro di azoto”, è stato fissato come limite massimo il predetto quantitativo di azoto.

### **Pero**

Non avendo una tesi testimone da usare come confronto, la tecnica fertirrigua nella coltura del Pero ha avuto come paragone solo tra fertirrigazione a spruzzo con la fertirrigazione a goccia. I risultati ottenuti nel primo anno di prova mostrano un notevole incremento produttivo della tesi fertirrigata a goccia che però non si è ripetuto nel secondo anno. La localizzazione a goccia delle distribuzioni idriche e nutritive ha determinato un aumento delle pezzature e dei pesi medi dei frutti in entrambi gli anni. Come norma vincolante, il parametro “N<sub>imp</sub>”, ovvero la dose massima da distribuire per intervento, tiene conto delle norme vincolati per chi aderisce ai DPI regionale in merito alla fertilizzazione del Pero: “sulle colture arboree non sono ammessi impieghi di concimi con azoto di sintesi, N minerale o organico prima di specifiche fasi fenologiche che per il Pero corrisponde alla fase di “bottoni fiorali”, fissando come limite massimo 0 (zero) nelle fasi precedenti.