Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia-Romagna 2014-2020

UNIONE EUROPEA Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale

RegioneEmilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

# TIPO DI OPERAZIONE

## 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

## DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 1098 DEL 01/07/2019

## FOCUS AREA ☐ 2A ☑ 4B

## RELAZIONE TECNICA ☐ INTERMEDIA ☑ FINALE

**DOMANDA DI SOSTEGNO** n. 5149531

**DOMANDA DI PAGAMENTO** n. 5517702

| | |
|---|---|
| Titolo Piano | Estensione del servizio Fert-Irrinet alle principali colture di interesse fertirriguo e sviluppo di una applicazione per smartphone – FERTIRRINET-APP |
| Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario) | Consorzio di bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo - CER |
| Partner del GO | Consorzio di bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo – CER - capofila<br>CRPV-Ri.Nova - Centro Ricerche Produzioni Vegetali – Soc. Coop. – partner effettivo<br>Alma Mater Studiorum – Università di Bologna – partner effettivo<br>ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. – partner effettivo<br>Agronica Group s.r.l. – partner effettivo<br>Dinamica S.C. A R.L. – partner effettivo<br>Società Agricola Guidi di Guidi Giuliano & C. – partner effettivo<br>Società Agricola Pra Da Po' Di Benazzi Marco E C. – partner associato<br>Stella Mauro – partner associato |

| | |
|---|---|
| Durata originariamente prevista del progetto (in mesi) | 30 |
| Data inizio attività | 01/04/2020 |
| Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse) | 30/09/2022 |

| | | |
|---|---|---|
| Relazione relativa al periodo di attività dal | 01/04/2020 | al 30/09/2022 |
| Data rilascio relazione | 16/11/2022 | |


| | | | |
|---|---|---|---|
| Autore della relazione | Anconelli Stefano | | |
| telefono | | email | anconelli@consorziocer.it |
| pec | cer@pec.consorziocer.it | | |


# Sommario


1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano ..... 3

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano ..... 3

2 - Descrizione per singola azione ..... 3

2.1 - AZIONE 1 ..... 3

2.1.1 - Attività e risultati - AZIONE 1 ..... 3

2.1.2 - PERSONALE AZIONE 1 ..... 5

2.1.3 - Trasferte - AZIONE 1 ..... 6

2.2 - AZIONE 3 ..... 6

2.2.1 - Attività e risultati - AZIONE 3 ..... 6

2.2.2 - Personale AZIONE 3 ..... 18

2.2.3 - Trasferte AZIONE 3 ..... 19

2.2.4 - Materiale consumabile - AZIONE 3 ..... 19

2.3 - AZIONE 4 ..... 19

2.3.1 - Attività e risultati - AZIONE 4 ..... 19

2.3.2 - Personale AZIONE 4 ..... 23

2.3.3 - Trasferte - AZIONE 4 ..... 23

2.3.4 - Collaborazioni, consulenze, altri servizi - AZIONE 4 ..... 23

2.4 - Attività di formazione – AZIONE 5 ..... 24

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività ..... 29

4 - Altre informazioni ..... 29

5 - Considerazioni finali ..... 29

6 - Relazione tecnica ..... 30

# 1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Il piano di innovazione che si è realizzando era finalizzato ad estendere alle principali colture ortofrutticole della Regione gestite con la fertirrigazione i risultati ottenuti in un precedente Piano denominato FERT-IRRINET, finanziato dal PSR regionale nell'ambito della Misura 16.1.01, che ha consentito, per le colture analizzate (pomodoro, patata, mais e pero), di ottimizzare l'impiego dei concimi minerali attraverso il miglioramento del loro utilizzo, riducendo sensibilmente le perdite azotate e incrementando le rese e la qualità delle produzioni. Al fine di rendere accessibile il consiglio fertirriguo realizzato da IRRINET ad un vasto pubblico, si è anche sviluppato un modello di applicazione per smartphone e tablet di facile utilizzo per fornire le principali indicazioni nutritive (N, P e K) e il consiglio per il loro frazionamento temporale. Il prodotto si rivolge a tutti gli agricoltori e i tecnici iscritti ad IRRINET interessati anche alla gestione nutritiva delle proprie colture. 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. Il piano non ha subito sostanziali impedimenti nella sua attuazione. Tutte le attività previste sono state realizzate e l'unica difficoltà che è emersa è stata di natura climatica, indipendente dalla volontà dei partner del progetto. Nello specifico, le gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile del 2020 non hanno consentito di impostare sin dall'inizio le prove su 3 delle 13 colture sin dal primo anno: Pesco, Albicocco e Ciliegio. Come rimedio al problema si è deciso di effettuare, solo per queste colture, prove anche nel 2022, concludendo la sperimentazione entro la scadenza naturale del piano.

## 1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

| Azione | Unità aziendale responsabile | Tipologia attività | Mese inizio attività previsto | Mese inizio attività effettivo | Mese termine attività previsto | Mese termine attività effettivo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Azione 1 | CER/CRPV-Ri.Nova | Cooperazione | 1 | 1 | 30 | 30 |
| Azione 3.1 | CER / UNIBO | Studio bibliografico | 1 | 1 | 9 | 10 |
| Azione 3.2 | CER / Agronica Group | Sviluppo software | 4 | 1 | 21 | 14 |
| Azione 3.3 | CER / ASTRA / UNIBO / GUIDI | Taratura e validazione | 1 | 1 | 30 | 30 |
| Azione 3.4 | CER / ASTRA / GUIDI | Cambiamento climatico | 10 | 10 | 30 | 30 |
| Azione 4 | CER/CRPV-Ri.Nova | Divulgazione | 10 | 10 | 30 | 30 |
| Azione 5 | DINAMICA | Formazione | 19 | 19 | 27 | 27 |

# 2 - Descrizione per singola azione
# 2.1 - AZIONE 1
# 2.1.1 - Attività e risultati - AZIONE 1

| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 1 – Esercizio della cooperazione** |

| | |
|---|---|
| Unità aziendale responsabile | **Ri.Nova con CER** |
| Descrizione delle attività | RI.NOVA ha coadiuvato CER nel ruolo di coordinatore e gestore delle azioni del Piano d'innovazione, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano stesso.<br>RI.NOVA, tramite proprio personale, ha seguito regolarmente e gestito con le necessarie e opportune documentazioni, tutte le fasi di sviluppo, dall'attivazione anche formale, alla rendicontazione conclusiva, del GO e del relativo Piano per assicurarne il corretto funzionamento e svolgimento attraverso: 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 e l'eventuale definizione delle azioni correttive.<br>In particolare, sono di seguito descritte le diverse attività di esercizio della cooperazione.<br>A seguito dell'approvazione del Piano (Determina Reg. Emilia-Romagna n° 4356 del 13/03/2020) è stata gestita la fase di costituzione dell'ATS con tutti i partner del Gruppo Operativo (GO) fino alla sua completa formalizzazione.<br>In fase preliminare di avvio, i partner sono stati informati dell'approvazione della domanda e della conseguente attivazione del piano per mezzo di e-mail.<br>In data 6 maggio 2020 si è tenuto un incontro in videoconferenza con tutto il GO per l'attivazione del Progetto dove sono state illustrate le varie fasi del Piano e si è proceduto alla pianificazione delle diverse attività per il 2020. L'incontro ha rappresentato anche il momento di costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO. Il CP è quindi composto da:<br>- Responsabile Progetto RP, Stefano Anconelli (CER) – coordinamento tecnico Domenico Solimando (CER);<br>- Responsabile Scientifico RS, Moreno Toselli (Distal UniBO);<br>- Nicola Minerva (Astra Innovazione e Sviluppo);<br>- Gianfranco Giannerini (Agronica);<br>- Valeria Altamura e Claudio Selmi (RI.NOVA);<br>- Roberto Prampolini (Dinamica).<br>In data 14 gennaio 2021 si è tenuta una videoconferenza di verifica dello stato di avanzamento, in cui si sono analizzate le attività svolte nel corso del 2020 e di pianificazione dei lavori da svolgere nel corso del 2021.<br>Nel prosieguo del 2021 e nel corso del 2022 si sono poi tenute diverse riunioni di coordinamento operativo tra i componenti il GO e i collaboratori tecnici per pianificare al meglio le attività previste, sia in presenza che a distanza.<br>In particolare, l'11 novembre 2021 si è tenuta, presso il CER, una riunione per discutere lo stato di avanzamento dei lavori e per pianificare le attività dell'ultimo anno di Progetto.<br>Successivamente, nel corso del 2022, si sono tenuti altri momenti di coordinamento tra i diversi componenti il gruppo di lavoro; in particolare, in data 13 gennaio 2022 si è tenuto un incontro on-line durante il quale sono state affrontate alcune questioni operative inerenti il Piano.<br>In definitiva, CER e Ri.Nova si sono occupati di coordinare nel complesso tutte le attività, animando il GO, seguendone il percorso e verificandone la coerenza e buon sviluppo attraverso frequenti incontri, sopralluoghi, contatti telefonici ed e-mail; hanno inoltre favorito lo scambio di informazioni e il necessario supporto sia informativo che logistico per il buon sviluppo delle sinergie e attività previste dal piano.<br>Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti, in caso di scostamenti, sono state valutate le necessarie azioni correttive.<br>Al termine del Progetto il RP, il RS e Ri.Nova, insieme ai partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati finali ottenuti e predisposto la relazione tecnica oltre alle altre documentazioni necessarie per la rendicontazione conclusiva amministrativo-economica. CER e Ri.Nova si sono occupati della gestione e predisposizione della documentazione e hanno opportunamente informato e supportato i partner nella fase di rendicontazione tecnica ed economica.<br><br>Autocontrollo e Qualità |

| | |
|---|---|
| | Il CER come capofila del GOI applica all'esecuzione del piano le procedure interne di qualità afferenti al Sistema Qualità CER, certificato in base alle norme UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015.<br>La certificazione di Sistema Qualità CER informa e garantisce in merito alle procedure utilizzate per la gestione sia dei processi produttivi, sia di quelli di miglioramento del sistema. In ambito aziendale, la Politica di Qualità del CER sensibilizza il personale attraverso un processo di condivisione strategica e di progettazione responsabile, utilizzando la comunicazione interna insieme alla formazione per "contaminare" verticalmente e trasversalmente l'organizzazione e stimolare flussi di feed-back. Per questo il CER mette in atto con proprio personale tecnico competente delle azioni di pianificazione, monitoraggio e coordinamento, che agiranno come previsto dalle procedure e istruzioni operative del Sistema Qualità.<br>Il Sistema Qualità Ri.Nova è certificato dalla DNV GL in base alla norma UNI EN ISO 9001:2015 per il seguente campo applicativo: "organizzazione della domanda di ricerca a favore dei soci e di terzi nella filiera agroalimentare; organizzazione e gestione dei programmi di ricerca, sperimentazione e realizzazione delle iniziative nell'ambito delle filiere delle produzioni vegetali e divulgazione dei risultati; valorizzazione e protezione delle novità vegetali".<br>Attraverso le Procedure e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, Ri.Nova ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia al progetto, attraverso:<br>Attività di coordinamento<br>Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento dell'intero progetto si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con i rappresentanti del Comitato di Piano.<br>Attività di controllo<br>La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata tramite:<br>- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda<br>progetto;<br>Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti<br>Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.<br>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 Ri.Nova.<br>Il Sistema Qualità Ri.Nova, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, é monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL). |
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO. |
| Attività ancora da realizzare | Nessuna |

## 2.1.2 - PERSONALE AZIONE 1

**PERSONALE CER**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Quadro | Coordinamento | 12,75 | 548,25 |
| | Quadro | Coordinamento | 17,00 | 731,00 |
| | | | Totale: | 1.279,25 |

**PERSONALE Ri.Nova**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Impiegato | Supporto coordinamento | 40 | 1.720,00 |
| | Impiegato | Supporto coordinamento | 63 | 1.701,00 |
| | Impiegato | Supporto coordinamento | 55 | 1.485,00 |
| | Impiegato | Supporto coordinamento | 25 | 675,00 |
| | Impiegato | Supporto coordinamento | 31 | 1.333,00 |
| | | | Totale: | 6.914,00 |

## 2.1.3 - Trasferte - AZIONE 1

**Nessuna trasferta per Ri.Nova**

## 2.2 - AZIONE 3
## 2.2.1 - Attività e risultati - AZIONE 3

| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 3.1 - Reperimento dei parametri per la determinazione delle curve di assorbimento degli elementi nutritivi** |
| Unità aziendale responsabile | **CER / UNIBO** |
| Descrizione delle attività | Per questa attività, relativamente per le colture oggetto di studio, sono state individuate:<br>• le curve di assorbimento dei principali nutrienti (N, P e K);<br>• la quota di concime da distribuire in modo tradizionale;<br>• la quota di concime da distribuire in fertirrigazione.<br><br>L'attività in dettaglio è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale Fert-Irrinet APP - 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. |

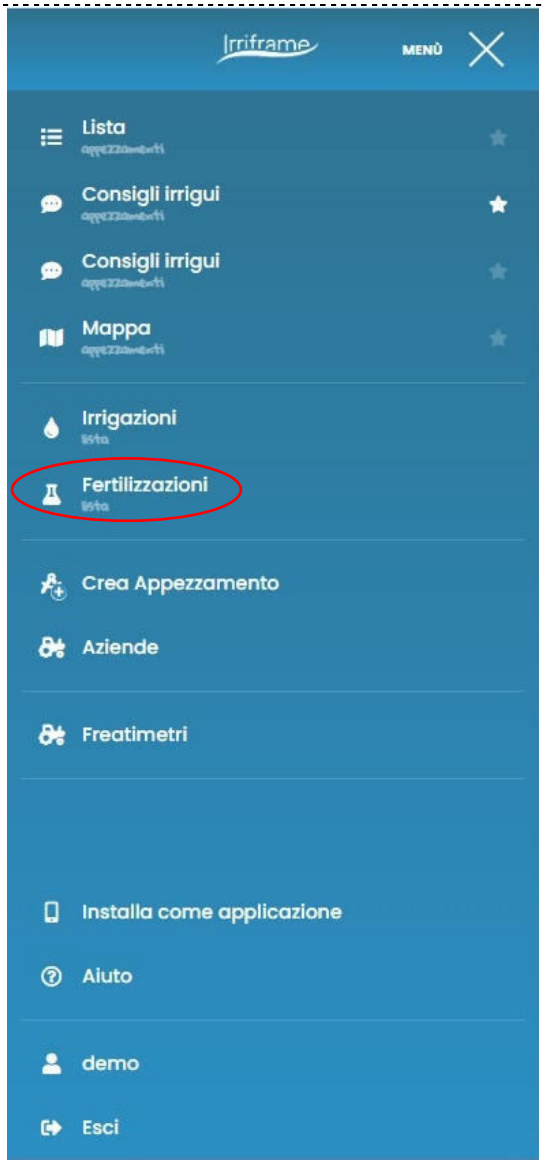
| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 3.2 Realizzazione di un'APP per la determinazione temporale dei fabbisogni nutritivi** |
| Unità aziendale responsabile | **CER / Agronica Group** |
| Descrizione delle attività | Le attività della azione sono iniziate in anticipo rispetto a quanto previsto (mese 1 invece di mese 4) per permettere una più ampia analisi di dettaglio dell'applicazione da realizzare. Per questo motivo sono stati realizzati diversi incontri, prevalentemente in modalità remota, con il personale del CER allo scopo di definire le specifiche funzionali delle funzioni e del flusso di navigazione della APP.<br>Si è quindi dato inizio alle attività di sviluppo software sulla base delle risultanze della fase precedente. Come previsto dal piano le funzionalità della APP vengono sviluppate con architettura PWA (Progressive Web APP) in modo da fornire una interfaccia adattiva in grado di adattarsi sia ai dispositivi desktop che a quelli mobili (Android e IOS) senza necessità di duplicazioni di codice. |

Nel mese 11 è stata rilasciata una prima release della APP che implementa le principali funzionalità definite in fase di analisi.

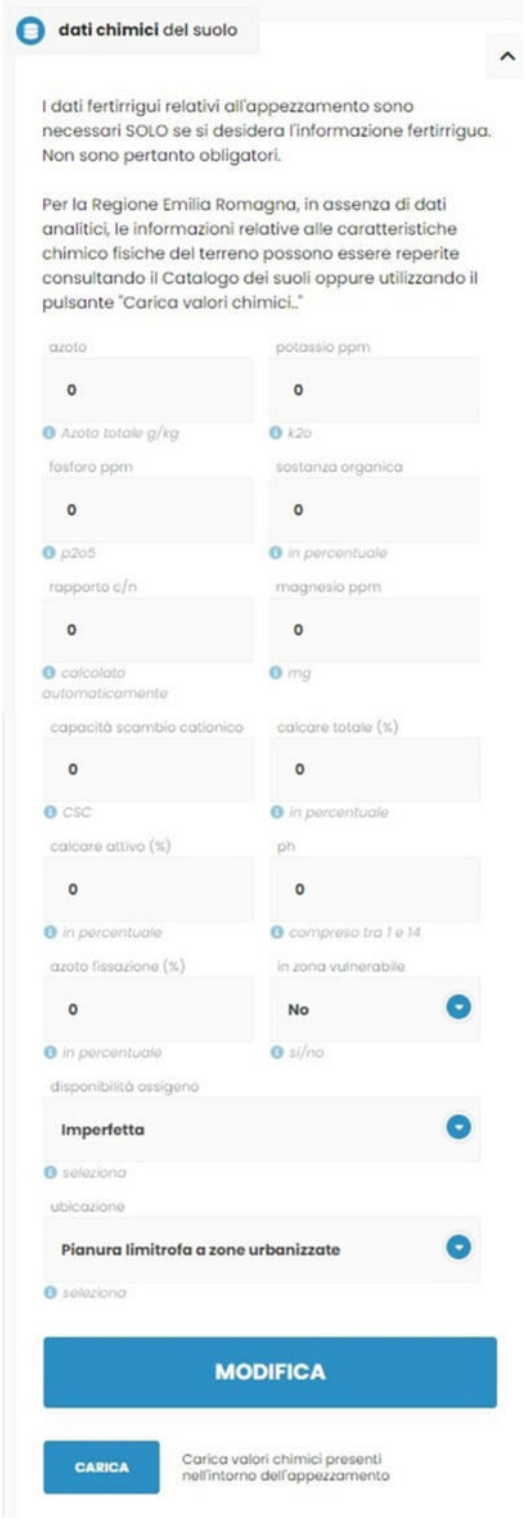
Si riportano alcuni screenshots, con layout e grafica non definitiva, relativi a funzionalità della APP

Login e profilazione degli utenti

Menù di navigazione




Inserire/modificare i dati della coltura e i dati chimici del suolo




Visualizzazione dei risultati e dei consigli

Inserimento/modifica dei dati colturali relativi alla copertura con rete della coltura arborea.

La copertura con rete (antigrandine, antipioggia, antinsetto, ombreggiante,…) riduce il parametro di evapotraspirazione (ET0) del frutteto di un fattore calcolato in base alla percentuale d'ombra che la stessa rete produce. I dati richiesti all'utente per gestire questa caratteristica sono, oltre alla

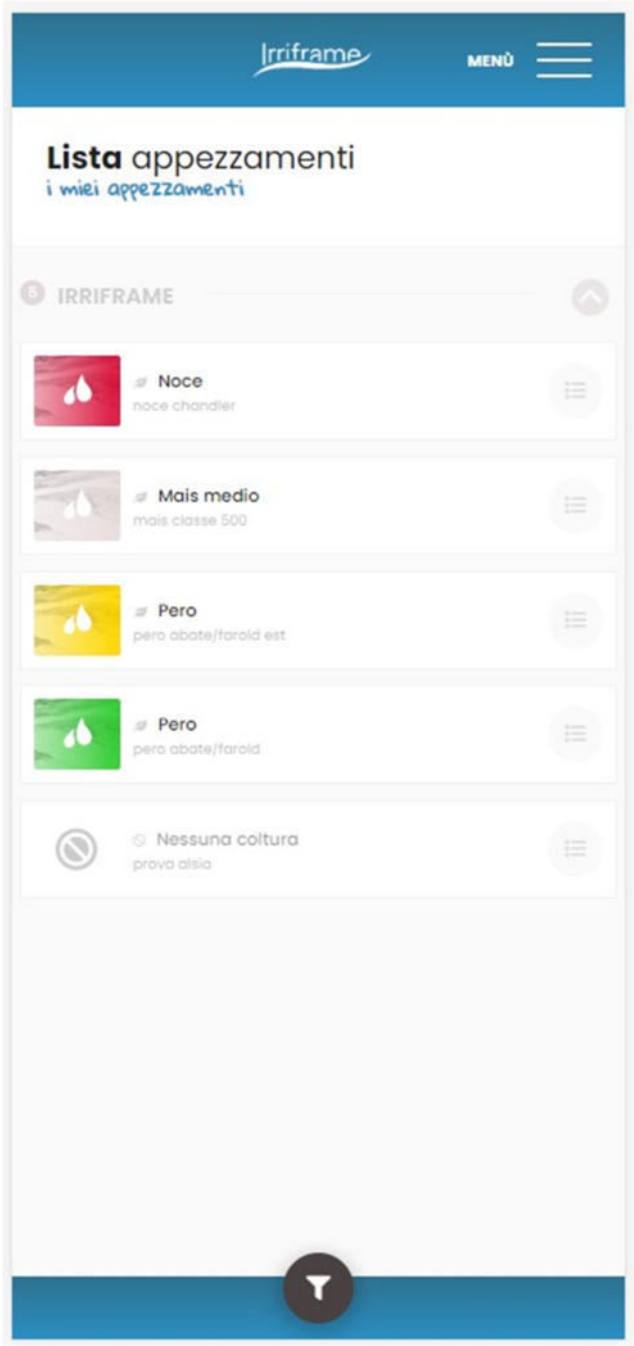
percentuale d'ombra della rete con eventuali default, anche il periodo in cui la rete viene effettivamente aperta/chiusa in modo da applicare la riduzione del parametro ET0 solo per il periodo effettivo di utilizzo.

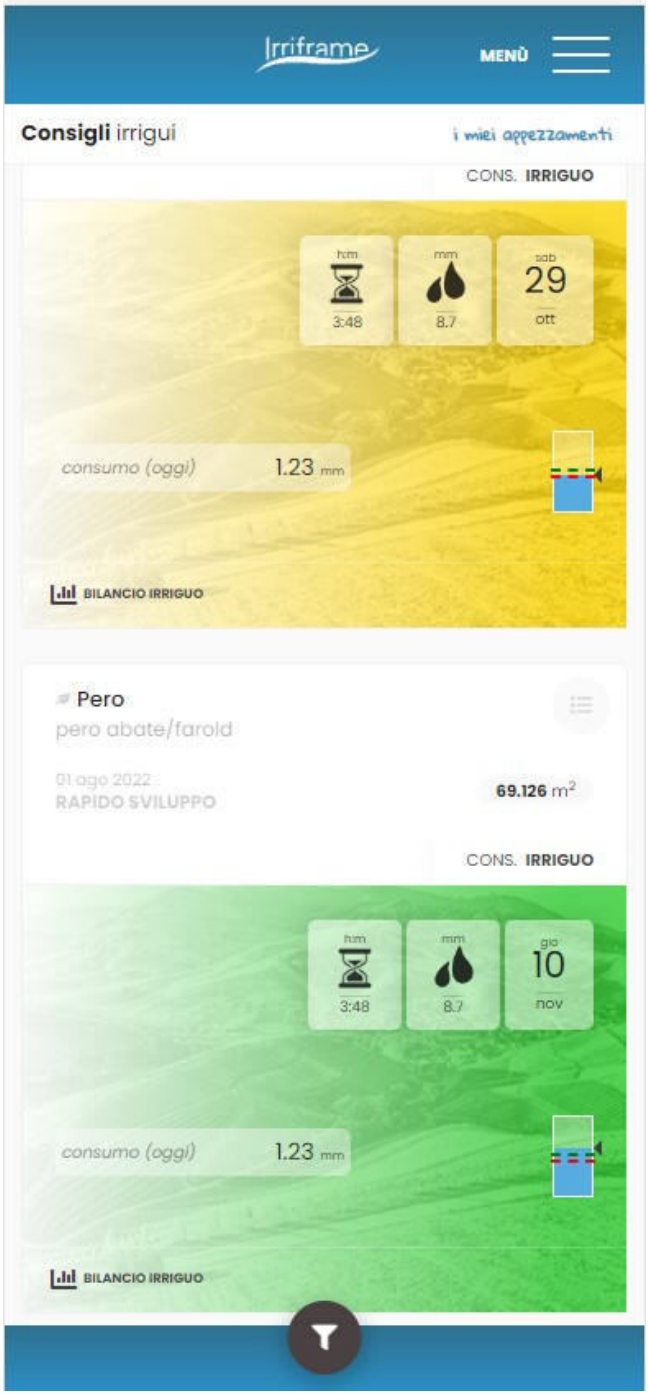
Visualizzazione dei risultati e dei consigli con tematizzazione guidata dall'urgenza di irrigazione:

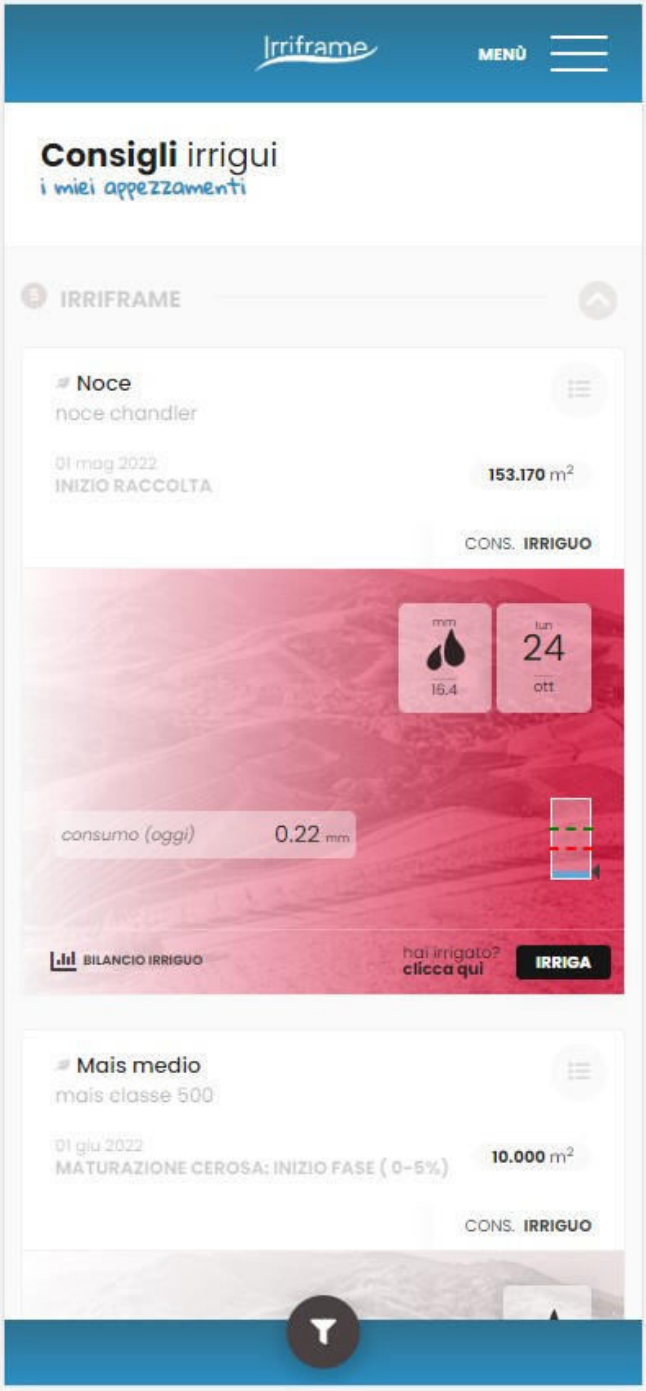
Verde prossima irrigazione dopo almeno 7 gg

Giallo prossima irrigazione tra meno di 7 giorni

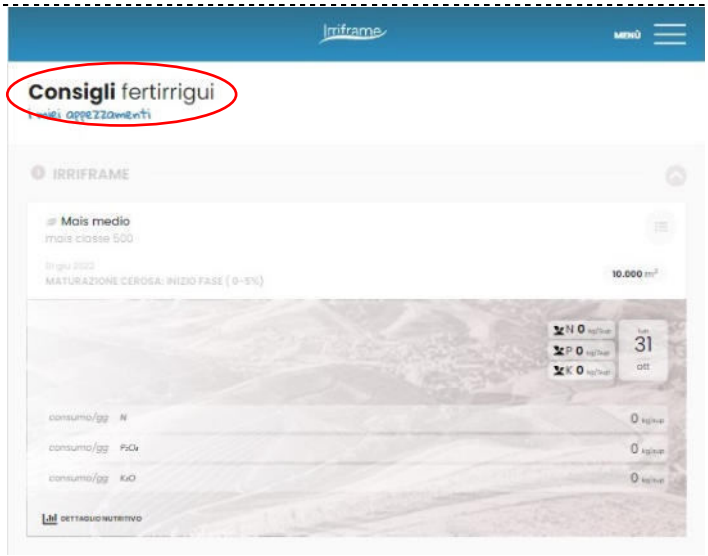
Rosso prossima irrigazione tra meno di 3 giorni

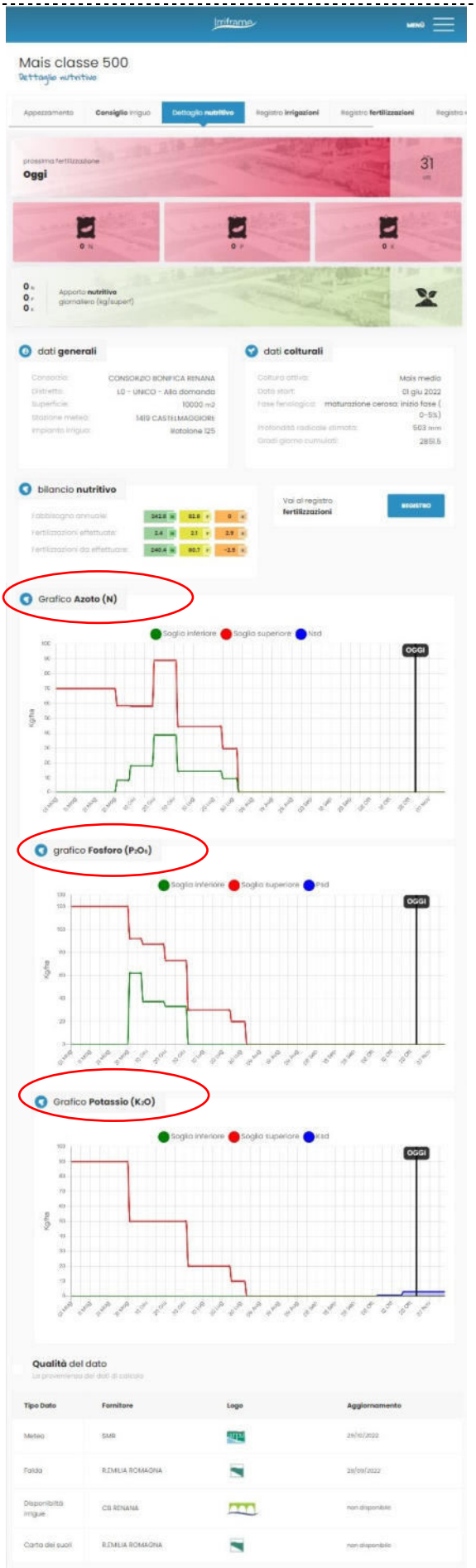


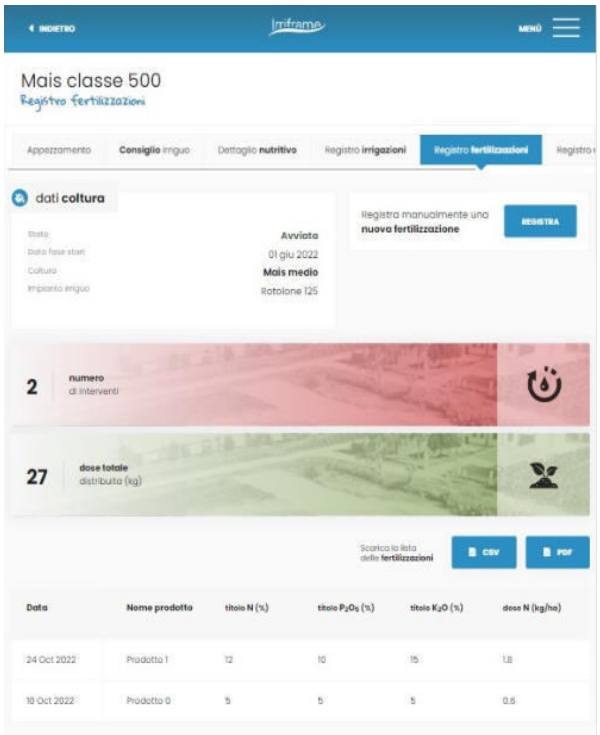

Irriframe
MENÙ
Consigli irrigui
i miei appezzamenti
CONS. IRRIGUO
hm
3:48
mm
8.7
sab
29
ott
consumo (oggi)
1.23 mm
BILANCIO IRRIGUO
Pero
pero abate/farold
01 ago 2022
RAPIDO SVILUPPO
69.126 m²
CONS. IRRIGUO
hm
3:48
mm
8.7
gio
10
nov
consumo (oggi)
1.23 mm
BILANCIO IRRIGUO


Irriframe
MENÙ
Consigli irrigui
i miei appezzamenti
IRRIFRAME
Noce
noce chandler
01 mag 2022
INIZIO RACCOLTA
153.170 m²
CONS. IRRIGUO
mm
16.4
lun
24
ott
consumo (oggi)
0.22 mm
BILANCIO IRRIGUO
hai irrigato?
clicca qui
IRRIGA
Mais medio
mais classe 500
01 giu 2022
MATURAZIONE CEROSA: INIZIO FASE ( 0-5%)
10.000 m²
CONS. IRRIGUO

Nel caso in cui siano stati inseriti i dati chimici del suolo nella rispettiva maschera dell'inserimento/modifica appezzamento e i dati relativi alla fertilizzazione nella maschera di inserimento/modifica coltura si può ottenere anche il consiglio fertirriguo:


Irriframe
MENÙ
Consigli fertirrigui
IRRIFRAME
Mais medio
mais classe 500
MATURAZIONE CEROSA: INIZIO FASE ( 0-5%)
10.000 m²
N 0
P 0
K 0
31
ott
consumo/gg N
consumo/gg P2O5
consumo/gg K2O
DETTAGLIO NUTRITIVO


Irriframe
MENÙ
Mais classe 500
Dettaglio nutritivo
Appezzamento
Consiglio irriguo
Dettaglio nutritivo
Registro irrigazioni
Registro fertilizzazioni
prossima fertilizzazione
Oggi
31
Apporto nutritivo giornaliero (kg/super)
dati generali
CONSORZIO BONIFICA RENANA
LO - UNICO - Alla domanda
10000 m2
1419 CASTELMAGGIORE
Ilotalone 125
dati colturali
Mais medio
01 giu 2022
maturazione cerosa: inizio fase ( 0-5%)
503 mm
2851.5
bilancio nutritivo
Fabbisogno annuale
Fertilizzazioni effettuate
Fertilizzazioni da effettuare
Vai al registro fertilizzazioni
REGISTRO
Grafico Azoto (N)
Soglia inferiore
Soglia superiore
Nsd
OGGI
Kg/ha
grafico Fosforo ($P_2O_5$)
Soglia inferiore
Soglia superiore
Psd
OGGI
Kg/ha
Grafico Potassio ($K_2O$)
Soglia inferiore
Soglia superiore
Ksd
OGGI
Kg/ha
Qualità del dato
Tipo Dato
Fornitore
Logo
Aggiornamento
Meteo
SMR
Falda
R.EMILIA ROMAGNA
Disponibilità irrigue
CB RENANA
non disponibile
Carta dei suoli
R.EMILIA ROMAGNA
non disponibile




Ed effettuare l'inserimento/modifica/cancellazione di un a voce del registro:

La APP + attualmente accessibile solo dai partner coinvolti nelle attività dell'azione.

| | |
|---|---|
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | L'ultima release della APP è in linea con il piano di lavoro e non si sono rilevate criticità significative. La complessità di alcune funzioni da realizzare ha portato la previsione di rilascio della versione beta al mese 14 invece che al mese 12. La nuova versione sarà operativa per gli utenti a partire dalla prossima stagione irrigua. |
| Attività ancora da realizzare | Nessuna |

| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 3.3 - Taratura e validazione in campo dell'applicativo** |

| | |
|---|---|
| Unità aziendale responsabile | **CER / ASTRA / UNIBO / GUIDI** |
| Descrizione delle attività | Per la taratura e validazione dell'applicativo Fert-Irrinet APP, prevista in questa attività, sono state messe a confronto in campo due modalità di fertilizzazione:<br>• Gestione aziendale, concimando e irrigando le colture con tecniche e metodi seguendo la prassi aziendale;<br>• Gestione fertirrigua, gestendo la nutrizione idrico-minerale delle colture con l'applicativo Fert-Irrinet.<br>In particolare, le attività svolte dai singoli partner coinvolti in questa azione sono state le seguenti:<br>• **CER**: presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili" sono state effettuate prove di campo su Cipolla e Melo. Il CER si è occupato inoltre dell'allestimento delle prove, per tutte le colture oggetto di studio, dell'esecuzione di rilievi sperimentali, della validazione dati e delle analisi di laboratorio;<br>• **ASTRA**: presso i propri campi sperimentali (Martorano 5) sono state effettuate prove su Fragola, Cocomero, Melone e Carota;<br>• **UNIBO**: presso l'Azienda Agraria di Cadriano sono state effettuate prove su colture arboree oggetto di studio e relative analisi di laboratorio;<br>• **Società Agricola Guidi**: presso la propria azienda sono state effettuate prove su Noce;<br>• **Società Agricola Benazzi**: presso la propria azienda sono state effettuate prove su Carota;<br>• **Società Agricola Stella:** presso la propria azienda sono state effettuate prove su Asparago;<br><br>L'attività complessivamente svolta è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale Fert-Irrinet APP - Azione 3.3". |
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi prefissati. Rispetto al piano di lavoro si è colta l'opportunità di iniziare a raccogliere i dati anche per la parametrizzazione della coltura del Noce.<br>Non si segnalano criticità. |
| Attività ancora da realizzare | Tutte le attività previste sono state realizzate. |

| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 3.4 – Valutazione quantitativa dell'adattamento ai cambiamenti climatici mediante studio della vulnerabilità** |
| Unità aziendale responsabile | **Consorzio CER** |
| Descrizione delle attività | Il presente studio ha analizzato le potenzialità della fertirrigazione supportata da Fert-irrinet per un'efficiente produzione agricola, resiliente ai cambiamenti climatici. Nella prima fase del presente studio sono stati analizzati i trend climatici in atto e le proiezioni future per l'area d'interesse del progetto. Le principali criticità causate dai cambiamenti climatici sono relative all'aumento delle temperature, riduzione delle precipitazioni nel periodo primaverile-estivo (nel quale i fabbisogni delle colture sono massimi) e, soprattutto, aumento della frequenza dei fenomeni estremi di temperatura e precipitazione. Grazie ad una prima analisi di tipo qualitativo è stato possibile identificare i principali fattori di rischio che coinvolgono le produzioni agricole nell'ambito del progetto. Questi sono stati identificati in tre categorie: danno ambientale, degradazione del suolo, decrementi produttivi. Su tali fattori di rischio agisce la fertirrigazione supportata da Fert-App mitigandoli. È stato quindi identificato l'impatto potenziale di ogni fattore di rischio, ad esso associato un menù di indicatori che permettessero di identificarlo. Infine, per ogni fattore di rischio si è proceduto all'identificazione del ruolo che la fertirrigazione e le innovazioni del progetto possono avere nel favorire la capacità di adattamento |

| | |
|---|---|
| | presso le aziende considerate, diminuendo in questo modo la vulnerabilità del settore ai cambiamenti climatici.<br>Si è quindi proceduto all'analisi quantitativa, attraverso il calcolo dei dati Arpae per il periodo 1960-2020. Per ogni singolo indicatore, si è proceduto all'analisi del trend lineare e del relativo livello di significatività. Per quanto riguarda gli indicatori legati alle precipitazioni, tra questi non si è trovato nessun trend significativo. Su tali indicatori, assieme a quelli di natura pedologica, si è focalizzata l'analisi di vulnerabilità. I risultati pesati grazie alla consultazione di tre esperti hanno permesso di valutare l'impatto dell'indicatore stesso sull'attività agricola. A valle di questo processo è stato quindi possibile ottenere un fattore di rischio per ogni area di studio, identificando come maggiormente vulnerabile l'area di Codigoro. Su tale rischio quantificato, intervengono, mitigandolo, le attività e le innovazioni proposte dal presente progetto. La marcata variabilità climatica nel periodo estivo influenza, in maniera significativa sullo stato fisiologico delle colture. A tale proposito il ruolo della fertirrigazione è chiave nel mitigare tali fattori di rischio riducendo quindi la vulnerabilità stimata delle tre aree. Questo è vero soprattutto nelle aree maggiormente interessate dai cambiamenti climatici e per le colture più sensibili a stress fisiologici come le orticole e frutticole.<br>L'attività complessivamente svolta è descritta nella relazione contenuta nell'allegato: "Relazione tecnica finale Fert-Irrinet APP - Azione 3.4". |
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta. |
| Attività ancora da realizzare | Nessuna |

## 2.2.2 - Personale AZIONE 3

**PERSONALE CER**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Quadro | Realizzazione | 313,25 | 13.469,75 |
| | Quadro | Realizzazione | 178,75 | 7.686,25 |
| | Impiegato | Realizzazione | 309,00 | 8.343,00 |
| | Impiegato | Realizzazione | 459,25 | 12.399,75 |
| | Operaio Agricolo | Realizzazione | 197,25 | 3.846,38 |
| | Operaio Agricolo | Realizzazione | 170,25 | 3.319,88 |
| | Operaio Agricolo | Realizzazione | 404,00 | 7.878,00 |
| | Operaio Agricolo | Realizzazione | 197,17 | 3.844,81 |
| | | | Totale: | 60.787,82 |

**PERSONALE ASTRA**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Tecnico | Realizzazione | 38 | 1.026,00 |
| | Tecnico | Realizzazione | 312 | 8.424,00 |
| | Operaio Agricolo | Realizzazione | 369 | 7.195,50 |
| | Tecnico | Realizzazione | 136 | 3.672,00 |
| | | | Totale: | 20.317,50 |

**PERSONALE UNIBO**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Tecnico | Realizzazione | 117 | 5.616,00 |
| | Tecnico | Realizzazione | 131 | 4.061,00 |
| | Assegnista di Ricerca | Realizzazione | 1420 | 19.652,80 |
| | | | Totale: | 23.329,80 |

**PERSONALE AGRONICA**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Tecnico | analisi e coordinamento | 300 | 8.100,00 |
| | Tecnico | analisi dati | 296 | 7.992,00 |
| | | | Totale: | 16.092,00 |

**PERSONALE GUIDI**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Tecnico | Realizzazione | 285 | 7.695,00 |
| | | | Totale: | 7.695,00 |

## 2.2.3 - Trasferte AZIONE 3

| Cognome e nome | Descrizione | Costo |
|---|---|---|
| | Sopralluoghi e raccolta dati | 459,70 |
| | Sopralluoghi e raccolta dati | 349,65 |
| | Totale: | 809,35 |

## 2.2.4 - Materiale consumabile - AZIONE 3

**Nessuna spesa sostenuta per CER**

## 2.3 - AZIONE 4

## 2.3.1 - Attività e risultati - AZIONE 4

| | |
|---|---|
| Azione | **Azione 4 - Divulgazione** |
| Unità aziendale responsabile | **CER / Ri,Nova** |

| | |
|---|---|
| Descrizione delle attività | Le attività di divulgazione sono state rivolte prevalentemente agli operatori del settore agricolo ed agro-industriale, prestando un occhio di riguardo alla sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulle tematiche agroambientali inerenti il piano Fertirrinet-APP. L'obiettivo generale che si è inteso raggiungere è stato quello di fornire elementi informativi e tecnici di base, per poter comprendere al meglio i principi su cui le innovazioni apportate dal Piano si fondano e sulle novità tecnologiche disponibili al campo, dopo la chiusura del piano.<br>Il programma delle attività di comunicazione ha previsto l'adozione di più tecniche e tecnologie, al fine di dare vita ad un piano di divulgazione efficace e di reale supporto alla diffusione nell'ambito di una filiera non solo intesa in senso produttivo, ma soprattutto territoriale e di sistema.<br>Nella presente azione, è stato pertanto predisposto un piano di divulgazione mirato a garantire l'attivazione di tutte le attività di seguito indicate e funzionale alla massima diffusione possibile dei risultati e la copertura della spesa ammessa.<br>Ri.Nova ha collaborato nella programmazione delle iniziative di divulgazione (Articoli Tecnici, Visite Guidate e Incontri Tecnici); il progetto è stato integrato anche nel portale di Ri.Nova. |

| Attività | Motivazione | Fatto |
|---|---|---|
| **COORDINAMENTO** | | |
| Coordinamento e Gestione attività online e offline | Per aumentare il coordinamento tra media che saranno utilizzati, tradizionali e innovativi che siano, è stato impostato un lavoro complesso per individuare una linea strategica capace di raggiungere in modo efficace i portatori di interesse del progetto. Sono stati quindi individuati i caratteri grafici che accompagneranno la campagna di divulgazione, i media più utili al progetto, i prodotti letterari, scientifici, grafici e video e le migliori connessioni tra loro | Il coordinamento ha richiesta molto più tempo del previsto, anche per questioni legate al covid. |
| **VIDEO** | | |
| Redazionale | Per valorizzare i risultati del progetto è stato prodotto un video della durata di circa 8 minuti, rivolto soprattutto a tecnici e agricoltori, al fine di aiutare la comprensione delle ricadute positive dell'implementazione nelle aziende agricole delle innovazioni sviluppate in questo progetto | È stato realizzato un video redazionale che ha avuto la seguente programmazione:<br>TRC BOLOGNA (canale 15) per tutta l'Emilia-Romagna:<br>domenica 13 dicembre ore 13.30 - 17.00 – 23.00<br>TRC MODENA (canale 11) per le province di Modena e Reggio Emilia:<br>sabato 12 dicembre ore 17.15 – 23.00<br>domenica 13 dicembre ore 12.30<br>ER24 (canale 518 Sky) copertura nazionale:<br>domenica 13 dicembre ore 10:00 e ore 17.45 |
| **STAMPA** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Creazione di una campagna di stampa | Elaborazione grafica di una campagna al fine di trasmettere meglio la connessione tra i risultati ottenuti dal GOI e i valori di rispetto ambientale e sociale, ampliare il target e quindi i possibili nuovi fruitori di Fertirrinet, raggiungere una community sensibile e propensa all'ascolto, migliorando di conseguenza l'efficacia della comunicazione. | È stata creata una campagna stampa,che è stata virtualizzata sui social al fine di favorire una maggior diffusione tra i target più giovani e quindi più attenti e propensi all'implemetazione delle innovazioni nei processi produttivi. |
| | Articoli | La particolare siccità della stagione 2022 e l'aumento del costo dei fertilizzanti, ha visto molta attenzione alle attività che vengono svolte ad Acqua Campus, tra cui "L'uso efficiente di acqua e concimi" inerente il progetto Fertirrinet-APP. | Per quanto riguarda la stampa generalista è stato pubblicato un articolo su La Repubblica, venerdì 8 luglio 2022. Oltre ai servizi sulle emittenti nazionali (TG1 e TG3) sono state rilasciate interviste all'agenzia REUTERS E NATIONAL GEOGRAPHIC |
| | **SOCIAL** | | |
| | Gestione social | La pagina Facebook Acqua Campus ha ripetutamente espresso i contenuti del progetto Fertirrinet-APP, raggiungendo i portatori di interesse che hanno dimostrato maggior interesse per le tecniche innovative di fertirrigazione | |
| | Creazione campagne social | Le campagne social sono state in grado di raggiungere il target degli agricoltori più innovativi, grazie ad un'attenta analisi dei fruitori e una sapiente creazione di contenuto che hanno favorito la diffusione organica. | |
| | **DIVULGAZIONE TRADIZIONALE** | | |
| | Pubblicazioni, incontri tecnici, visite guidate | In accordo con i partner del GO, il personale di Ri.Nova e quello di CER, hanno organizzato e gestito le 6 iniziative e azioni di diffusione che sono di seguito riportate:<br><br><u>Pubblicazioni</u><br>- Fertirrigazione più smart con Fert-App. L'Informatore Agrario n. 21/2020.<br>- Fertirrigazione sostenibile di frutteti e vigneti. Rivista di Frutticoltura n. 4/2021. | E' prevista un ulteriore pubblicazione su Terra e Vita n.37 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | - "Acqua e fertilizzanti azione in piena sinergia" Speciale Fertirrigazione 2021 – Terra e Vita Colture protette.<br><br><u>Visite guidate</u><br>- 15 giugno 2021 - Sistemi di supporto decisionale per la fertirrigazione: esperienze di campo su orticole estensive, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).<br>- 22 giugno 2021 - Sistemi di supporto decisionale per la fertirrigazione: esperienze di campo su cipolla e melo, presso l'Area dimostrativa delle tecnologie irrigue di Acqua Campus a Budrio (BO).<br>- 21 luglio 2021 - Sistemi di supporto decisionale per la fertirrigazione: esperienze di campo su cocomero e melone, presso ASTRA U.O. Martorano a Cesena.<br><br>Ri.Nova ha inoltre messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano fossero facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. In particolare, all'interno del portale Ri.Nova è stata individuata una pagina dedicata al Piano (https://progetti.crpv.it/Home/ProjectDetail/71 ), composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto. Inoltre, attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente Ri.Nova ha proceduto all'aggiornamento della pagina con il materiale divulgativo ottenuto nell'ambito del Piano. | |
| | Materiale informativo | E' stato realizzato materiale informativo capace di focalizzare l'attenzione sugli aspetti tecnici inerenti alle innovazioni sviluppate. | |
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | Si considera un pieno grado di raggiungimento, in quanto le attività, seppur leggermente ritardate per via del Covid, sono proseguite durante tutto il periodo in maniera strutturata. | | |

| | |
|---|---|
| Attività ancora da realizzare | Nessuna |

## 2.3.2 - Personale AZIONE 4

**PERSONALE CER**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Impiegato | Divulgazione | 107,00 | 2.889,00 |
| | | | Totale: | 2.889,00 |

**PERSONALE Ri.Nova**

| Cognome e nome | Mansione/ qualifica | Attività svolta nell'azione | Ore | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | Impiegato | Supporto divulgazione | 48 | 2.064,00 |
| | Impiegato | Supporto divulgazione | 77 | 2.079,00 |
| | Impiegato | Supporto divulgazione | 44 | 1.188,00 |
| | | | Totale: | 5.331,00 |

## 2.3.3 - Trasferte - AZIONE 4

**CER**

| Cognome e nome | Descrizione | Costo |
|---|---|---|
| | Missione per divulgazione | 117,01 |
| | Totale: | 117,01 |

**Nessuna trasferta per RI.NOVA**

## 2.3.4 - Collaborazioni, consulenze, altri servizi - AZIONE 4

**CONSULENZE – SOCIETÀ**

| Ragione sociale della società di consulenza | Referente | Importo contratto | Attività realizzate / ruolo nel progetto | Costo |
|---|---|---|---|---|
| | | 14.600,00 | Servizi di divulgazione | 5.840,01 |
| | | 14.600,00 | Servizi di divulgazione | 4.380,00 |
| | | | Totale: | 10.220,01 |

## 2.4 - Attività di formazione – AZIONE 5

| | |
|---|---|
| Azione | **Formazione** |
| Unità aziendale responsabile | **DINAMICA Scarl** |
| Descrizione delle attività | In linea con gli obiettivi del GOI 5149531 "Fertirrinet App", l'obiettivo della formazione ha inteso fornire gli strumenti necessari per attuare nel proprio contesto aziendale una fertirrigazione efficiente supportata dalle più moderne tecnologie. La conoscenza delle nuove tecnologie applicabili a livello di campo, capaci di diminuire l'impiego di manodopera, di energie e di fattori produttivi per capire come intervenire per adeguare la propria azienda in maniera innovativa, rimanendo sostenibile economicamente e dal punto di vista ambientale, risulta oggi di fondamentale importanza per l'agricoltore.<br>L'attività formativa ha analizzato la fisiologia vegetale, il ruolo dei nutrienti, i cambiamenti climatici, le caratteristiche del suolo e le interazioni di questi elementi in funzione della definizione della corretta fertirrigazione. Sono inoltre state approfondite le caratteristiche tecniche e applicative delle automazioni degli impianti fertirrigui e le metodologie di autocontrollo in azienda con rilievi diretti in campo e indiretti sulla gestione aziendale dell'irrigazione.<br>L'attività si è articolata in 5 edizioni corsuali della durata di 24 ore ciascuna, realizzate nel periodo dal 09/12/2020 al 22/12/2021:<br><br>- "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5208471<br>Periodo di Svolgimento: dal 09/12/2020 al 13/01/2021<br><br>- "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5208853<br>Periodo di Svolgimento: dal 25/01/2021 al 22/03/2021<br><br>- "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5222400<br>Periodo di Svolgimento: dal 01/03/2021 al 25/03/2021<br><br>- "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5369477<br>Periodo di Svolgimento: dal 20/10/2021 al 25/11/2021<br><br>- "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5373268<br>Periodo di Svolgimento: dal 25/11/2021 al 22/12/2021 |
| Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate | L'attività, svolta nell'ambito delle 5 edizioni ha coinvolto complessivamente n. 87 utenti (di cui 4 utenti non hanno raggiunto il 70% delle ore di presenza), divisi come segue: 9 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5208471; 20 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5208853; 20 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5222400; 18 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5369477; 20 nell'ambito della Domanda di Sostegno n. 5373268 tutti regolarmente frequentanti l'attività |

| | |
|---|---|
| | formativa, al termine della quale hanno raggiunto gli obiettivi preposti in termini di conoscenze e competenze acquisite. |
| Attività ancora da realizzare | Nessuna |
| | |

## SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA

L'attività formativa "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5208471 ha visto la partecipazione di 9 utenti.
Hanno partecipato i seguenti utenti:

| NOME AZIENDA |
|---|
| COOPERATIVA INTERCOMUNALE PRODUTTORI ORTOFRUTTICOLI - SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA C.I.P.O.F. |
| FRUIT MODENA GROUP SOC. COOP. AGR. |
| BELLELLI MAURO |
| APO CONERPO SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA |
| FRUIT MODENA GROUP SOC. COOP. AGR. |
| ITAL-FRUTTA SOCIETA' AGRICOLA COOPERATIVA |
| APO CONERPO SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA |
| APO CONERPO SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA |
| FRUIT MODENA GROUP SOC. COOP. AGR. |

Spesa 5.348,16€ Importo contributo richiesto 4.813,38 €
Contributo Unitario: 534,82€ Costo Pro Capite: 594,24 €

L'attività formativa "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5208853 ha visto la partecipazione di 20 utenti (di cui 2 utenti non hanno raggiunto il 70%).
Hanno partecipato i seguenti utenti:

| N. | NOME | COGNOME | NOME AZIENDA |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | | |
|---|---|---|
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |

Spesa 10,696.32 € Importo contributo richiesto 9.626,76 €
Contributo Unitario: 534,82€ Costo Pro Capite: 594,24 €

L'attività formativa "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5222400 ha visto la partecipazione di 20 utenti.
Hanno partecipato i seguenti utenti:

| N. | NOME | COGNOME | NOME AZIENDA |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |

| | | |
|---|---|---|
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |

Spesa 11.884,80€ Importo contributo richiesto 10.696,40 €
Contributo Unitario: 534,82€ Costo Pro Capite: 594,24 €

L'attività formativa "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5369477 ha visto la partecipazione di 18 utenti (di cui 1 non ha raggiunto il 70%). Hanno partecipato i seguenti utenti:

| N. | NOME | COGNOME | NOME AZIENDA |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 | | | |
| 18 | | | |

Spesa 10.102,08€ Importo contributo richiesto 9.091,94 €
Contributo Unitario: 534,82€ Costo Pro Capite: 594,24 €

L'attività formativa "Fertirrigazione efficiente: aumento delle produzioni, diminuzione dei costi" - Domanda di Sostegno n. 5373268 ha visto la partecipazione di 20 utenti (di cui 1 non ha raggiunto il 70%). Hanno partecipato i seguenti utenti:

| N. | NOME | COGNOME | NOME AZIENDA |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |

Spesa 11.290,56€ Importo contributo richiesto 10.161,58 €
Contributo Unitario: 534,82€ Costo Pro Capite: 594,24 €

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

*Lunghezza max 1 pagina*

| | |
|---|---|
| **Criticità tecnico-scientifiche** | L'unica criticità che è emersa è stata di natura climatica, dovuta alle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile del 2020 che non hanno consentito di impostare le prove sulle drupacee previste sin dal primo anno (Pesco, Albicocco e Ciliegio). Per ovviare al problema si è deciso di effettuare, solo per queste colture, prove anche nel 2022 e la conclusione delle sperimentazioni è avvenuta entro la scadenza naturale del piano. |
| **Criticità gestionali** (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.) | nessuna |
| **Criticità finanziarie** | nessuna |

## 4 - Altre informazioni

*Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti*

## 5 - Considerazioni finali

*Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare*

# 6 - Relazione tecnica

## Valutazione delle ricadute del piano

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

- Valutazione sull'utilizzo dell'APP da parte degli agricoltori: sulla base delle impressioni raccolte durante la fase di implementazione del software, e in occasione della presentazione dello stesso durante gli eventi formativi e divulgativi organizzati nell'ambito del Piano, il DSS 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 di azoto minerale lisciviati nelle tesi a gestione tradizionale con quelli dove è stata impiegata la fertirrigazione, è possibile notare come quest'ultima gestione abbia permesso di ridurre notevolmente la lisciviazione dei nitrati con riduzioni variabili dal 30 al 50%, corrispondenti rispettivamente a circa 10 e 20 kg di azoto per ettaro.

- 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 30%.

*Di seguito vengono riportati i risultati e i prodotti ottenuti con il piano.*

Data 16 novembre 2022

IL LEGALE RAPPRESENTANTE
(NICOLA DALMONTE)
Firmato digitalmente

# RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO **5149531 - FERTIRRINET-APP- Estensione del servizio Fert-Irrinet alle principali colture di interesse fertirriguo e sviluppo di una applicazione per smartphone**

ATTIVITA' SVOLTE

**Azione 3.1** - **Reperimento dei parametri per la determinazione delle curve di assorbimento**

In questa attività è stata effettuata una prima individuazione delle **curve di assorbimento per l'azoto**, il fosforo e il potassio, e i relativi **parametri nutritivi,** per le seguenti colture:

- **erbacee**: Melone, Cocomero, Carota, Cipolla e Asparago;
- **arboree**: Melo, Vite da vino, Susino, Pesco, Actinidia, Ciliegio, Albicocco, Noce e Fragola.

**Premesse**

Le concimazioni azotate hanno consentito negli anni di aumentare le rese unitarie, ma applicazioni eccessive, o comunque non corrette, si sono dimostrate peggiorative sia nei confronti della qualità dei prodotti che dell'ambiente. Per questa ragione, migliorare le produzioni senza trascurarne gli aspetti qualitativi, unitamente alla riduzione dell'inquinamento delle acque superficiali, sono le principali sfide che attendono il mondo agricolo per il prossimo futuro (Vitousek et al., 2009). Tuttavia, tali obiettivi non sono di facile realizzazione in quanto dipendono da diversi fattoti, tra cui la disponibilità di azoto nel suolo e la cinetica di assorbimento delle piante. Per un utilizzo ottimale dell'azoto, la comprensione di questi meccanismi è di fondamentale importanza e richiede sia conoscenze di base, che l'adozione di tecniche e strategie nutritive. Risulta determinante, quindi, avere una visione completa che va dalla conoscenza delle proprietà fisiche e chimiche del suolo, passando per la comprensione delle diverse fasi con le quali le piante impiegano l'azoto: assorbimento, assimilazione e, in alcuni casi, rimobilizzazione. Infine, per migliorare l'efficienza nell'uso dell'azoto sono necessarie anche conoscenze di fisiologia vegetale; per comprendere come le piante rispondono alle carenze o agli eccessi dei nutrienti.

Nella maggior parte dei suoli più del 90% dell'azoto è presente sotto forma organica, non direttamente disponibile per le piante, e solo una minima parte è costituito da forme inorganiche. Queste derivano principalmente dalle concimazioni minerali e una volta giunte al suolo vengono sottoposte ad una serie di processi come l'immobilizzazione, la volatilizzazione, la denitrificazione e la nitrificazione che possono rendere l'azoto indisponibile per l'assorbimento delle piante o peggio ancora sottrarlo dal sistema suolo e quindi essere perso nell'ambiente. Infatti, la forma ammoniacale viene adsorbita tenacemente dai colloidi del suolo e immobilizzata al loro interno e se non viene opportunamente interrata può essere persa per volatilizzazione. La frazione nitrica, invece, avendo una bassa affinità con i colloidi del suolo, in condizioni di pH subalcalino e sufficiente areazione, se non viene assorbita dalle radici delle piante o utilizzata da microrganismi, può essere soggetta a lisciviazione in seguito ad abbondanti piogge o errate irrigazioni o addirittura, in condizioni anaerobiche, essere denitrificata e quindi persa in atmosfera.

Una volta reso disponibile per l'assorbimento radicale, l'azoto minerale passa dalla soluzione del suolo all'interno della pianta, penetrando attraversando diverse membrane cellulari, grazie a trasportatori ad alta affinità (Daniel-Vedele et al., 1998; Tsay et al., 2007) e viene distribuito nei vari organi della pianta seguendo il flusso xilematico (Herdel et al., 2001). Successivamente, per essere assimilato negli amminoacidi, l'azoto

nitrico assorbito viene ridotto in ammonio, passando per nitrito, ad opera di specifici enzimi riduttori (Meyer e Stitt, 2001). Una volta assimilato all'interno degli amminoacidi, e quindi delle proteine, queste posso essere degradate allo scopo di rendere disponibili fonti azotate che le piante impiegano sia per integrare la nutrizione degli organi in crescita che per traslocarle da e verso organi di riserva (Millard et al., 2006).

**Curve di assorbimento**

L'obiettivo di questa azione è quello di reperire in letteratura tutte le informazioni necessarie alla definizione delle curve di assorbimento dei principali elementi nutritivi, soprattutto dell'azoto, determinare le dosi massime frazionabili tali da evitare perdite azotate e, individuare il corretto frazionamento dei nutrienti in funzione dei fabbisogni delle singole colture durante il ciclo vegetativo e delle specificità dei diversi sistemi irrigui (aspersione e microirrigazione). Ai fini della modellizzazione degli assorbimenti è stato impiegato il servizio di assistenza irrigua IRRINET che simula, sulla base della sommatoria gradi giorno (GDD), la dinamica di crescita delle colture. Quest'ultima è fortemente correlata alla dinamica di assorbimento dei nutrienti, che pur dipendendo da diversi fattori, segue un andamento descrivibile con una sigmoide o doppia sigmoide 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 intenso sviluppo della coltura e, infine, un ultimo tratto in cui gli assorbimenti si riducono progressivamente e gli elementi assorbiti vengono riallocati dalle componenti vegetative alle strutture riproduttive o di riserva, come semi, frutti, tuberi e radici. Non ultimo, un ruolo importante, soprattutto per le colture arboree, è dato dalla conoscenza degli assorbimenti che avvengono in post-raccolta, quindi delle epoche di maturazione delle differenti varietà, e dei tempi di mobilizzazione dei minerali accumulati nei vari organi di riserva.

**Parametri nutritivi**

Per la determinazione dei fabbisogni nutritivi si è adottato un approccio matematico, individuato nel precedente Piano denominato Fert-Irrinet, che prevede di calcolare il bilancio giornaliero tra apporti di fertilizzanti e assorbimenti di nutrienti da parte delle colture attraverso l'attribuzione, per ogni fase fenologica ($GDD_{ff}$), di uno specifico fabbisogno percentuale ($N_{ff\%}$ $P_2O_{5ff\%}$ e $K_2O_{ff\%}$). Si riporta, per il solo caso dell'azoto, una parte dell'algoritmo per il frazionamento dei fabbisogni e di seguito le esigenze nutrizionali delle specie oggetto di studio, con i relativi parametri nutritivi individuati sulla base delle informazioni reperite in letteratura.

Determinazione dei fabbisogni nutritivi giornalieri (kg/ha): $\mathbf{N_d = N_{tot.} * N_{ff\%.} * GDD_d/GDD_{ff}}$

Dove:

- $\mathbf{N_d}$ è il fabbisogno giornaliero del nutriente;
- $\mathbf{N_{tot.}}$ è il fabbisogno stagionale del nutriente (DPI RER);
- $\mathbf{N_{ff\%}}$ è la percentuale del fabbisogno totale del nutriente per ogni fase fenologica;
- $\mathbf{GDD_d}$ sono i gradi giorno accumulati nel giorno iesimo;
- $\mathbf{GDD_{ff}}$ sono gradi giorno complessivi per fenofase;

Bilancio giornaliero (espresso in kg/ha): $\mathbf{N_{Sd} = N_{Sd-1} - N_d + N_{fert}}$

- $\mathbf{N_{Sd}}$ **=** il contenuto del nutriente nel suolo;
- $\mathbf{N_d}$ è il fabbisogno giornaliero del nutriente;
- $\mathbf{N_{fert}}$ **=** la quantità di nutriente applicata al suolo con le fertilizzazioni.

# MELONE

Esigenze nutrizionali

La coltura del Melone è caratterizzata da un apparato radicale molto sviluppato ed efficiente nell'assorbire **azoto**, che avviene con una certa costanza dalla fioritura alla maturazione (Soto-Ortiz, 2008); beneficiano anche di fertilizzazioni azotate effettuate durante quest'ultima fase (Pew et al., 1972). Prima della fioritura, invece, avendo un ciclo lento nelle fasi iniziale, gli assorbimenti sono tali da non consentire laute fertilizzazioni azotate in pre-trapianto, che verrebbero sottoposte a perdite per lisciviazione e inquinerebbero le falde a scapito della produzione. A partire dalla fioritura la crescita diviene rapida, richiedendo disponibilità immediate di tutti i nutrienti, soprattutto dell'azoto. L'irrigazione a goccia permette di distribuire dosi giornaliere di N costanti dalla fioritura fino a 2-3 settimane prima della raccolta (Cabello et al, 2011); evitando di effettuare irrigazioni negli ultimi 7-10 giorni prima della raccolta, poiché ciò può ridurre la qualità dei frutti (Hartz et al, 2008).

L'assorbimento di **fosforo,** pur essendo costante fino alla maturazione (Soto-Ortiz, 2008) e solitamente, per aumentarne l'efficacia, viene distribuito al trapianto localizzato vicino all'apparato radicale, la coltura ne beneficia in fertirrigazione solo fino alla comparsa dei fiori femminili (Martuscelli et al, 2016).

Comunemente il **potassio** viene distribuito in pre-trapianto della coltura, ma per essere più efficiente nei terreni calcarei o argillosi è necessario l'interramento localizzato o la distribuzione frazionata in fertirrigazione durante lo sviluppo della coltura (Warncke, 2007).

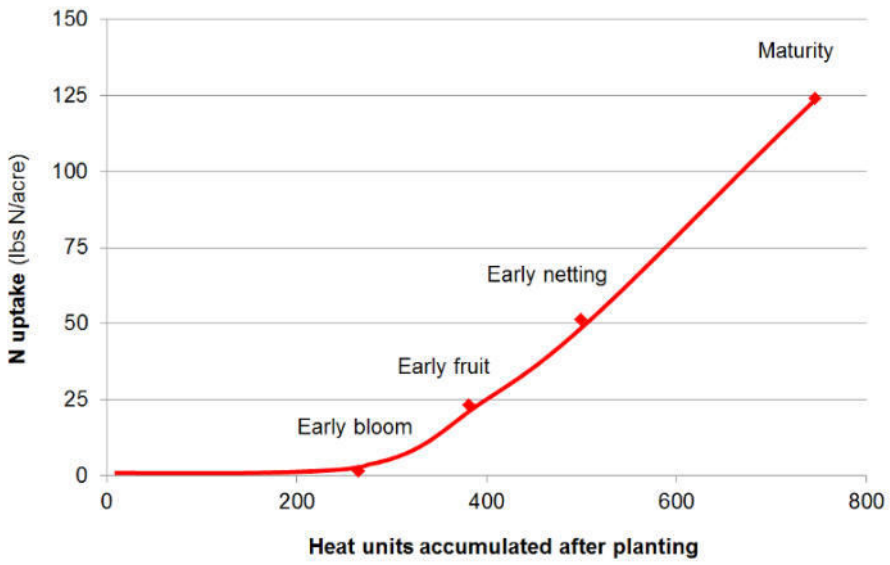



Grafico 1 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Melone. (Soto-Ortiz, 2008)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | 800 | 10 | 5 | 150 | 30 | 10 | 250 | 15 | 20 | 100 |
| allegagione: inizio fase ( 0-5%) | 185 | 20 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 15 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 100 | 20 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 15 | 20 | 50 |
| maturazione: inizio fase ( 0-5%) | 450 | 50 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 55 | 10 | 40 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 700 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**MELONE**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

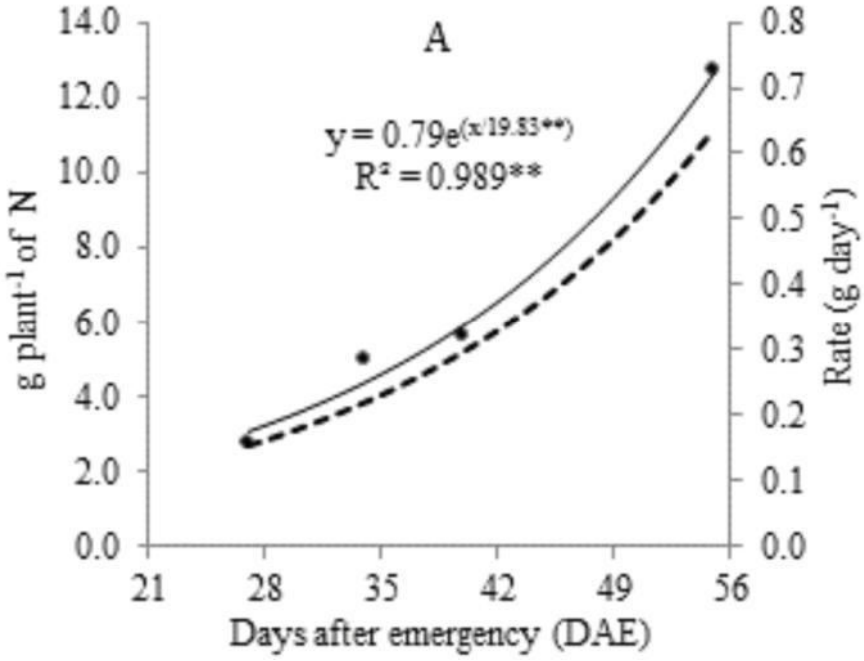
# COCOMERO

Esigenze nutrizionali

La coltura del Cocomero ha un apparato radicale molto sviluppato e ramificato, raggiungendo notevole profondità, anche se la maggior parte delle radici è concentrata nei primi 70-80 cm. L'iniziale lento sviluppo della coltura fa registrare incrementi significativi dell'assorbimento di **azoto**, e in generale dei macronutrienti, solo a partire dalla fase di allegagione, raggiungendo il picco massimo a 60-70 giorni dal trapianto (Pesqui et al., 2016). Di conseguenza, le fertilizzazioni azotate dovranno essere effettuate dall'allegagione fino al raggiungimento della dimensione massima dei frutti; periodo in cui avvengono i maggiori assorbimenti dei principali macronutrienti (Pereira et al., 2018). I fabbisogni di azoto del cocomero variano tra 90 e 130 kg/ha, asportando 2,2 kg di azoto per ogni tonnellata di peponidi raccolti (Warncke, 2007) e solitamente viene distribuito solo una minima parte al trapianto e frazionato in fertirrigazione con applicazioni da 2-4 kg/ha (Orzolek et al., 2010), beneficiando di questa tecnica con aumenti produttivi senza effetti negativi sulla qualità (Battilani et al., 2004).

Un'adeguata disponibilità di **fosforo** è indispensabile per favorire lo sviluppo dell'apparato radicale, avere un accrescimento equilibrato della vegetazione e una precoce comparsa dei fiori, che si riflette su una maggiore precocità della coltura. Considerando la scarsa mobilità di questo elemento, è bene localizzare e interrare la dose prevista, per portarla nello strato di terreno interessato dalla radici, applicando in pre-trapianto come starter, opportunamente localizzata sulla fila.

Le necessità di **potassio** del cocomero sono elevate ed il massimo fabbisogno si ha tra l'allegagione e l'ingrossamento delle peponidi. I fabbisogni di potassio ammontano a circa 210 kg / ha di $K_2O$, asportando 2,7 kg per ogni tonnellata di peponidi raccolti




Grafici 2 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Cocomero. (Pereira et al., 2018)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | 900 | 10 | 3 | 180 | 30 | 10 | 250 | 15 | 20 | 100 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 100 | 20 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 15 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase (0-50%) | 150 | 20 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 15 | 20 | 50 |
| maturazione dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 540 | 50 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 55 | 10 | 40 |
| maturazione dei frutti: fase piena (> 50%) | 60 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**COCOMERO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# CAROTA

Esigenze nutrizionali

La coltura della carota assorbe poco **azoto** prima dell'ingrossamento del fittone per poi raggiungere il picco massimo alcune settimane prima della raccolta, arrivando ad assorbire 2,5-3 kg al giorno per ettaro (Westerveld et al, 2006a). Un suo eccesso nelle prime fasi causa scadimenti qualitativi come il difetto della biforcazione del fittone (Westerveld et al, 2006b). Inoltre, la natura dei terreni sciolti, vocati per questa coltura, esclude la possibilità di distribuire laute concimazioni nella fase di pre-semina, che verrebbero perse per lisciviazione. Eccessi di azoto e variazioni repentine devono essere evitate durante l'intero ciclo della coltura per evitare scadimenti qualitativi come lo spacco del fittone (Hochmuth et al, 1999, Hartz et al, 2005), come quelle tardive che oltre ad accentuare il fenomeno delle spaccature aumentano la concentrazione di nitrati nei fittoni (Makries et al, 2013). Durante la fase di rapido assorbimento dell'azoto le radici della carota più attive sono quelle al di sotto di 10 cm di profondità suggerendo l'esecuzione della fertirrigazione in tre fasi, abbondando con l'ultima fase per favorire l'approfondimento dell'elemento (Kristensen, et al, 2004). È necessario evitare concimi salini o accumulo di sali in è molto sensibile alla salinità (Hanson et al, 2011).

Essendo il **fosforo** poco mobile si tende solitamente a distribuirlo in pre-semina della coltura. Nei suoli sciolti il frazionamento del fosforo durante la stagione favorisce aumenti di reta totale e commerciale (McPharlin et al, 2001).

Anche per il **potassio**, nei terreni poveri di questo elemento la coltura si avvantaggia della concimazione di fondo ma la salinità dei composti non è tollerata e normalmente non vengono impiegati concimi ad alto titolo di questo elemento (Hochmuth et al, 2002).

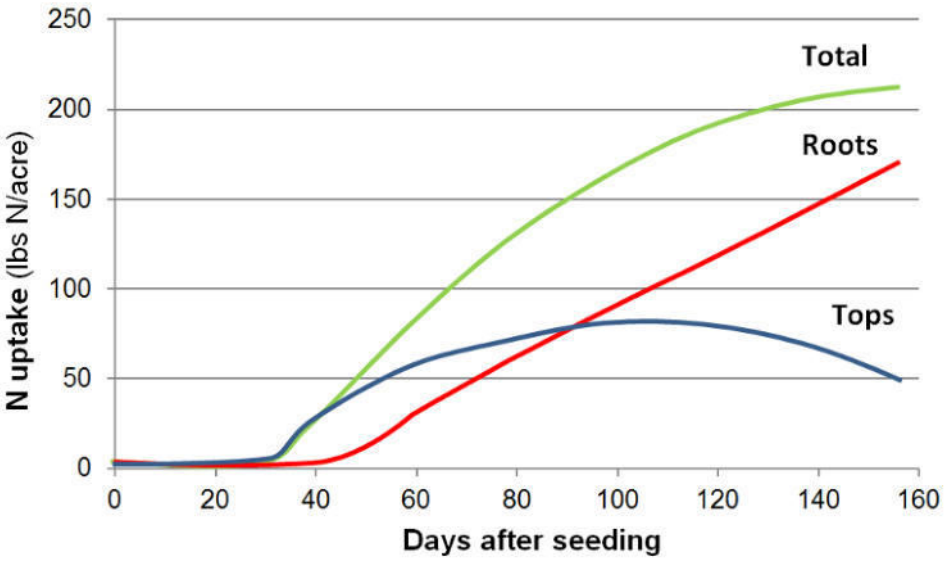



Grafico 3– Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Carota. (Westerveld et al., 2006a)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| semina/trapianto | 140 | 0 | 30 | 0 | 0 | 20 | 100 | 0 | 30 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | 410 | 5 | 20 | 100 | 50 | 20 | 100 | 5 | 20 | 100 |
| 6a foglia vera | 250 | 10 | 20 | 50 | 30 | 20 | 150 | 10 | 20 | 50 |
| Lunghezza fittone >20 cm | 275 | 35 | 20 | 50 | 20 | 20 | 120 | 35 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 2 cm | 484 | 50 | 20 | 50 | 0 | 20 | 0 | 50 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 4 cm | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**CAROTA**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# CIPOLLA

Esigenze nutrizionali

La coltura della cipolla ha un apparato radicale superficiale, una lenta crescita 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. I fabbisogni di azoto nella coltura della cipolla sono bassi nella prima metà del ciclo colturale, assorbendo meno del 20% del fabbisogno totale, per poi aumentare in maniera cosante nel restante periodo (Biscaro et al., 2014a). Per questo motivo, è necessario che solo una minima parte dell'azoto totale richiesto sia disponibile al momento della semina. Nelle fasi di rapido sviluppo della coltura gli assorbimenti giornalieri possono raggiungere valori che vanno da 1,7 a 3,9 kg per ettaro (Biscaro et al., 2014a).

Contrariamente all'azoto, la coltura della cipolla necessita nelle prime fasi di sviluppo di un'elevata concentrazione di **fosforo** nel terreno, importante sin da subito per garantire sia lo sviluppo radicale che vegetativo; pertanto, non essendo soggetto a lisciviazione, tutto il fosforo viene normalmente applicato in pre-semina (Biscaro et al., 2014b).

Il potassio segue un andamento simile all'azoto, sono bassi assorbimenti nella prima metà del ciclo colturale e cosanti nel restante periodo (Biscaro et al., 2014a) e la maggior parte di esso viene asportato con i bulbi.

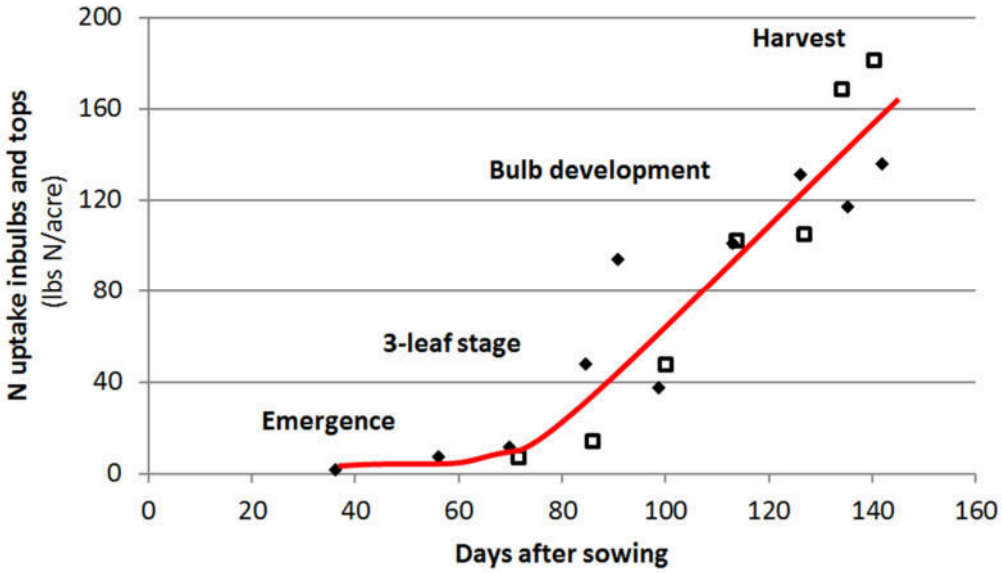



Grafico 4 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Cipolla. (Biscaro et al., 2014)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| semina/trapianto | 50 | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | 550 | 10 | 30 | 30 | 5 | 20 | 1800 | 10 | 20 | 250 |
| terza foglia: inizio fase ( 0-5%) | 300 | 5 | 30 | 250 | 5 | 15 | 1700 | 10 | 50 | 170 |
| 4° foglia/inizio formaz. Bulbo: fase piena (> 50%) | 500 | 35 | 10 | 70 | 40 | 10 | 130 | 30 | 10 | 130 |
| collasso del collo: inizio fase ( 0-5%) | 1000 | 45 | 10 | 30 | 50 | 10 | 20 | 50 | 10 | 50 |
| collasso del collo: fase piena (> 50%) | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**CIPOLLA**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# ASPARAGO

Esigenze nutrizionali

La coltura dell'asparago è una erbacea perenne che viene coltivata per i germogli immaturi: i turioni. Essi si sviluppano grazie ai nutrienti immagazzinati nelle radici durante lo sviluppo vegetativo della stagione precedente. Durante la raccolta i fabbisogni di azoto sono minimi e gli assorbimenti dal suolo diventano importanti solo a partire dalla rapida crescita vegetativa, raggiungendo picchi giornalieri dell'ordine di 5 kg per ettaro (Ledgard et al., 1994). Durante questa fase di sviluppo, l'azoto presente nelle radici e nei rizomi aumenta progressivamente e raggiunge il picco massimo alla senescenza delle foglie (Landry , et al., 2012), restando stabile durante tutto l'inverno per poi diminuire in primavera per effetto della rimobilizzazione verso i turioni (Haynes R.J., 1987). Quindi, per garantire un rapido assorbimento da parte delle piante, sono necessarie fertilizzazioni azotate a partire dalla fase di post-raccolta (Ledgard et al., 1992a). I fabbisogni di **azoto** sono direttamente correlati con le rese (circa 25 kg di N per 1 t di prodotto) e variano da 100 a 150 kg/ha (Hussain, et al. 2006), ed eccessi o carenze possono determinare peggioramenti qualitativi (Paschold, 1999).

Il **fosforo** per l'asparago è molto importante in fase di pre-impianto della coltura, al fine di garantirne un buon attecchimento, non trascurandone la distribuzione anche nei successivi anni (Sommerville et al., 2005). Solo una minima parte del fosforo apportato con la concimazione viene asportato con la raccolta: 7 kg di $P_2O_5$ per 1 t di prodotto (Giroux et al., 1990).

Il fabbisogno di **potassio** è relativamente elevato e la coltura beneficia di distribuzioni estive che aumentano le rese dell'anno successivo, con fabbisogni ottimali di circa 150 kg/ha: 22,5 kg di $K_2O$ per 1 t di prodotto (Sanders et al., 1999).

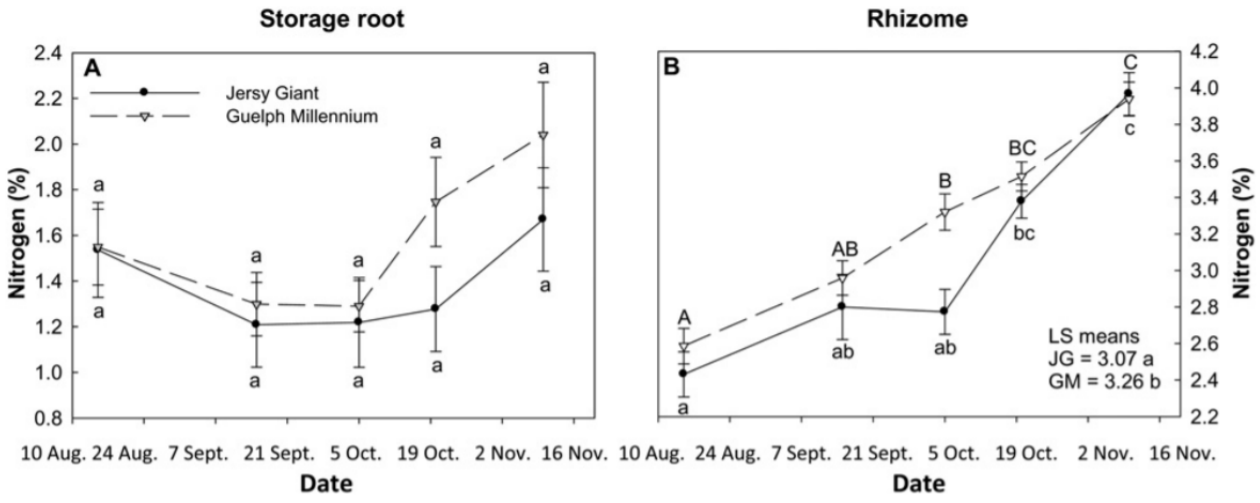



Grafico 5 – Curve di assorbimento dell'azoto nella coltura dell'Asparago. (Landry , et al., 2012).

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Preapertura | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fine raccolta | 323 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sviluppo Vegetativo | 498 | 20 | 5 | 10 | 50 | 5 | 30 | 20 | 10 | 20 |
| Copertura Completa | 312 | 50 | 5 | 30 | 30 | 5 | 20 | 30 | 10 | 20 |
| Inizio ingiallimento Foglie | 1547 | 30 | 5 | 20 | 20 | 5 | 10 | 50 | 10 | 10 |
| Ingiallimento Foglie al 50% | 697 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sfalcio | 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**ASPARAGO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# MELO

Esigenze nutrizionali

Un meleto in piena produzione assorbe mediamente dai 60 ai 75 kg di **azoto** per ettaro (Tagliavini et al., 2013), ma solo quello contenuto nei frutti e negli organi di riserva, corrispondente a circa la metà del totale assorbito, può essere considerato realmente asportato dalla coltura (Scandellari et al., 2010). Infatti, l'azoto contenuto nelle foglie e nel legno di potatura ritorna al suolo andando a costituire la lettiera, rendendosi nuovamente disponibile nel tempo (Tonon et al., 2007, Tagliavini et al., 2007a). La cinetica di assorbimento dell'azoto nei frutti segue quella della dell'accumulo di biomassa negli stessi, aumenta gradualmente con la loro crescita, concentrandosi tra l'allegagione e il rapido ingrossamento, e non risulta essere diverso tra le cultivar (Gala, Golden e Fuji), (Nachtigall et al., 2006). L'azoto assorbito in prossimità della raccolta, o successivamente, viene immagazzinato negli organi di riserva (Toselli, 2000) e impiegato alla ripresa vegetativa della primavera successiva (Neilsen et al., 1997). Applicazioni azotate per via fogliare vengono assorbite rapidamente e con maggiore efficienza, rappresentando un'interessante via di integrazione dell'azoto (Toselli et al., 2004).

La quantità totale di **fosforo** contenuta nei frutti delle principali cultivar di melo (Gala, Golden e Fuji) aumenta gradualmente dall'allegagione al rapido ingrossamento, corrispondente al periodo di aumento della sostanza secca dei frutti e vengono rimossi mediamente circa 0,12 kg di P per ogni tonnellata di mele prodotte (Nachtigall et al., 2006).

Il **potassio** risulta essere il nutriente che maggiormente viene assorbito dai frutti, in quanto agisce da pompa osmotica per il trasporto e l'accumulo di acqua e zuccheri (Giaquinta, 1983). Con i frutti, infatti, vengono asportati mediamente 0,8 kg di K per ogni tonnellata di mele prodotte (Zavalloni et al., 2001). Analogamente all'azoto, il tasso più alto di assorbimento del potassio avviene dopo la divisione cellulare e dura per almeno 5 settimane, rimanendo relativamente alti fino alla raccolta. La sua alta mobilità floematica rende stabile l'allocazione verso i frutti fino alla maturazione (Zanotelli et al., 2014).

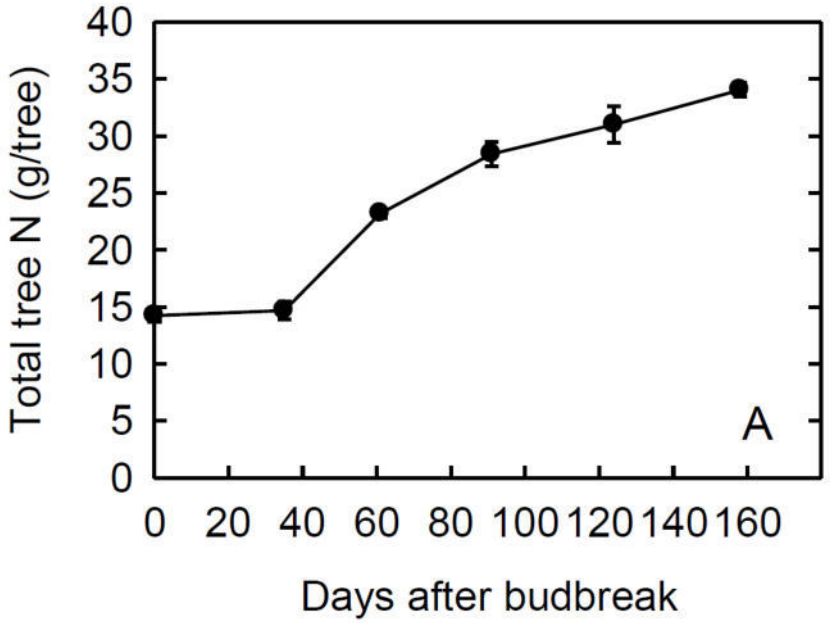



Grafico 6 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Melo. (Cheng et al., 2009)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | 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 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| comparsa dei mazzetti fiorali: inizio fase ( 0-5%) | 235 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 48 | 0 | 0 | 0 | 30 | 30 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase (0-50%) | 184 | 10 | 5 | 30 | 40 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%) | 910 | 50 | 5 | 20 | 0 | 15 | 0 | 40 | 10 | 20 |
| frutti completamente sviluppati: inizio fase ( 0-5%) | 1380 | 20 | 5 | 20 | 0 | 10 | 0 | 35 | 10 | 30 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 86 | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 50 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 20 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 455 | 10 | 5 | 10 | 30 | 10 | 30 | 0 | 10 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**MELO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# VITE DA VINO

Esigenze nutrizionali

La coltura della vite da vino ha un basso fabbisogno di **azoto**: in media, per ogni tonnellata di uva prodotta, vengono rimossi dal vigneto circa 1,3 kg di N, con valori compresi tra 0,8 e 1,8 kg (Mullins et al., 1992). L'assorbimento di N è relativamente lento tra il germogliamento e fioritura, ma elevato tra fioritura e invaiatura, periodo nel quale viene assorbita circa la metà del fabbisogno annuale di azoto (Conradie et al., 2004; Peacock et al., 1991a). Le restituzioni azotate dovrebbero quindi concentrarsi nel periodo che va da dopo il germogliamento fino all'allegagione (Christensen et al., 1994; Peacock et al., 1991a); possibilmente distribuendoli in fertirrigazione, che risulta essere il modo più efficace (Peacock et al., 1991b).

La quantità media di **fosforo** asportata per ogni tonnellata di uva raccolta è di 0,25 kg, con valori che vanno da 0,2 a 0,3 kg (Mullins et al., 1992). Per mantenere un adeguato stato nutritivo della vite sono sufficienti interventi saltuari (ogni 2-3 anni) anche in terreni con bassa disponibilità (Skinner et al., 1988). Considerata la sua scarsa mobilità nel suolo e il basso rischio che venga lisciviato al di sotto dell'orizzonte esplorato dalle radici, le fertilizzazioni fosfatiche possono essere effettuate anche in un'unica soluzione.

La quantità media di **potassio** contenuta per tonnellata di uva raccolta è di 2,2 kg, con valori che vanno da 1,5 a 3,4 kg (Mullins et al., 1992). La richiesta di potassio è massima tra la fioritura e l'invaiatura. Durante questo periodo viene assorbito circa il 60% del fabbisogno annuale di K e circa solo il 10% del fabbisogno è assorbito tra l'invaiatura e la raccolta (Conradie et al., 2004). Quest'ultimo periodo è caratterizzato dalla ridistribuzione del potassio dagli organi vegetativi ai grappoli. Infine, circa il 15% del fabbisogno annuale di K può essere coperta con l'assorbimento post-raccolta (Conradie et al., 2004; Williams et al., 1991).

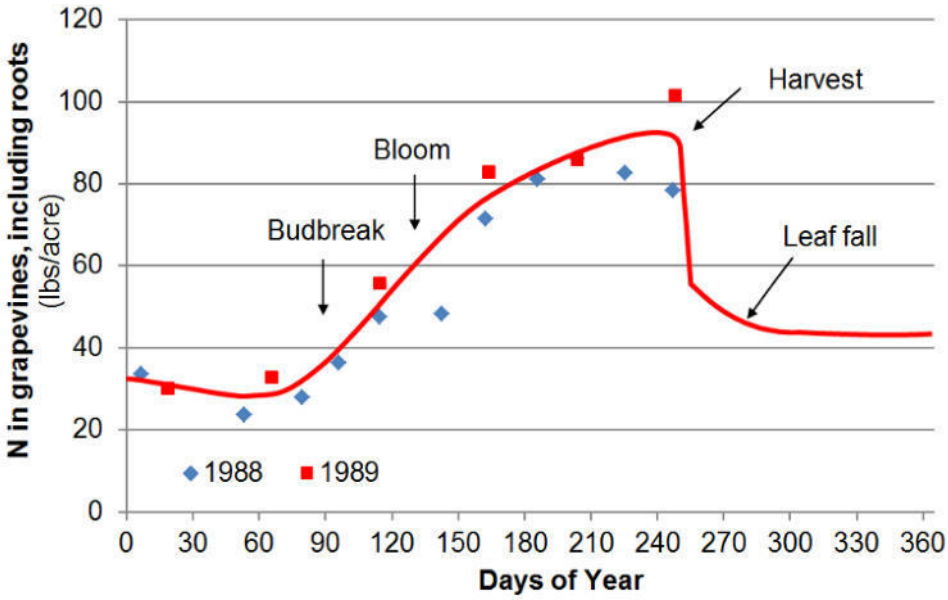



Grafico 7 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Vite. (Peacock et al., 1991a)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | 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 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| rigonfiamento gemme: fase piena | 275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| apertura delle gemme: fase piena (> 50%) | 28 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| bottoni fiorali separati: fase piena (> 50%) | 358 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 120 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 454 | 10 | 5 | 30 | 40 | 10 | 80 | 20 | 5 | 70 |
| sviluppo grappolo: fase piena (> 50%) | 551 | 15 | 5 | 40 | 10 | 10 | 50 | 35 | 10 | 80 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 563 | 20 | 5 | 50 | 0 | 5 | 30 | 45 | 15 | 100 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 401 | 35 | 5 | 30 | 0 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 354 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 238 | 20 | 10 | 40 | 20 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**VITE DA VINO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# SUSINO

Esigenze nutrizionali

Sebbene il susino necessiti di **azoto** sin dalle prime fasi di sviluppo, solo una minima parte di esso viene assorbito dal suolo prima della ripresa vegetativa, attingendolo dalle riserve interne accumulate l'anno prima (Weinbaum et al., 1978). Il fabbisogno di azoto cresce man mano che le piante diventano adulte con asportazioni annue che progressivamente raggiungono i 100-150 kg di azoto per ettaro fino alla piena produzione (Niederholzer, 2012). Si rimuovono dai 4,5 ai 6,8 kg di azoto per tonnellate di sostanza secca (Johnson et al., 1989) con minori fabbisogni nelle varietà precoci (Day et al., 2012). Circa il 60% del fabbisogno totale viene assorbito da maggio ad agosto (Buchner, 2013b). Piante con adeguati tenori di azoto nelle foglie a luglio (2,3-2,8%) non richiedono ulteriori fertilizzazioni azotate fino alla ripresa vegetativa successiva (Niederholzer, 2013).

Le asportazioni di **fosforo** ammontano a circa 2,2 kg ($P_2O_5$) per tonnellata di sostanza secca (Brown et al., 2014). Il fosforo è immobile nel terreno ed è poco lisciviato, la sua epoca di applicazione non è quindi determinante come lo è per l'azoto. Può essere applicato in primavera incorporandolo nel terreno per una migliore disponibilità o in fertirrigazione, ma non con il calcio per prevenire la formazione di fosfati di calcio che possono ostruire i gocciolatori, o con il potassio in post-raccolta.

Circa il 70% del fabbisogno di **potassio** è asportato con i frutti (Lilleland, 1932) e in caso di produzioni abbondanti possono manifestarsi carenze anche in terreni ricchi di potassio (Southwick et, al., 1996). I frutti accumulano potassio dalla fioritura fino alla raccolta (Niederholzer, 2014). Con la raccolta si rimuovono circa 25 kg/ha di $K_2O$ per tonnellata secca prodotta (Pope, 2014). Anche se poco mobile nel suolo, è possibile applicarlo durante la stagione di crescita, a partire da fine aprile o inizio maggio e fino a luglio (Buchner, 2013b).

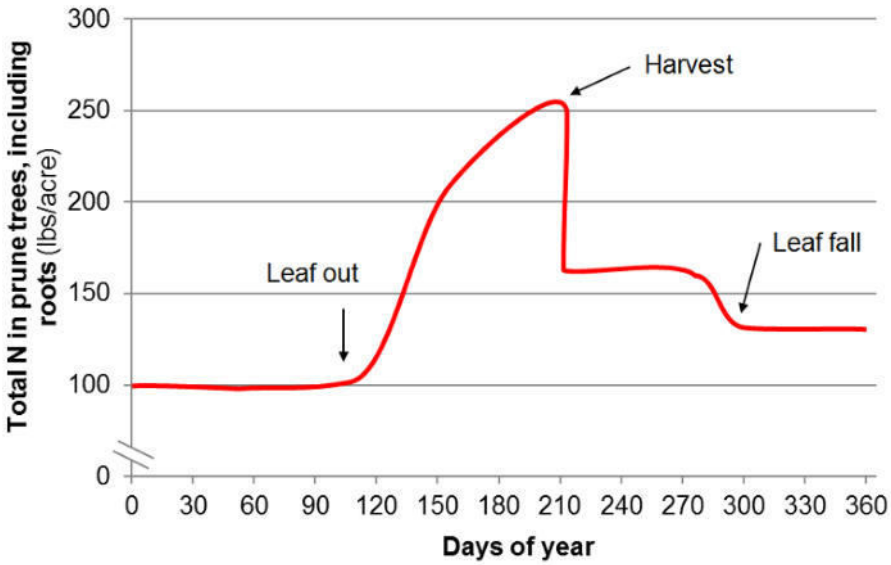



Grafico 8 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Susino. (Weinbaum et al., 1978)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 284 | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 358 | 10 | 5 | 100 | 30 | 10 | 50 | 20 | 10 | 60 |
| rapido sviluppo | 302 | 30 | 5 | 50 | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 60 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 152 | 30 | 5 | 40 | 0 | 0 | 10 | 30 | 10 | 50 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 551 | 20 | 5 | 30 | 0 | 0 | 10 | 20 | 10 | 50 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 563 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 655 | 10 | 10 | 50 | 20 | 20 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**SUSINO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# PESCO E NETTARINE

Esigenze nutrizionali

La coltura del pesco, similmente a quella delle nettarine, dispone solo in parte di portinnesti che consentono di controllare la vigoria delle piante la quale determina ingenti rimobilizzazioni alla ripresa vegetativa dalle riserve della pianta e minimi assorbimenti radicali (Muñoz et al., 1993). Eccessive disponibilità di azoto in questa fase, infatti, stimola un eccessivo sviluppo di germogli originati dalla schiusura delle gemme latenti (Lobit et al., 2001). Successivamente, fino all'indurimento del nòcciolo, il pesco assorbe dal terreno circa il 25% del suo fabbisogno di azoto, localizzandolo nei frutticini e negli apici vegetativi (Lobit et al., 2001), un 50% invece viene assorbito e utilizzato per l'accrescimento dei frutti e lo sviluppo vegetativo, e il restante 25% viene assorbito dalla pianta prima del riposo vegetativo e utilizzato per la costituzione delle riserve per l'anno successivo (Soing et al., 1993). Per ogni tonnellata di pesche prodotte viene rimosso circa 1 kg di **azoto** (El-Jendoubi, et al., 2013) con quantitativi maggiori per le nettarine (Johnson, et al., 2013). Il massimo assorbimento di azoto si verifica durante i periodi di rapida crescita vegetativa e maturazione dei frutti (Muñoz et al., 1993). Le fertilizzazioni azotate sono quindi più efficienti effettuate all'inizio della crescita vegetativa (Policarpo et al.,2002). Per le varietà precoci sono sconsigliati lauti apporti azotati in post- raccolta per ridurne la vigoria (Policarpo et al.,2002), ma dovranno essere sufficienti a sostenere la ripresa vegetativa successiva (Johnson, 2001).

Ogni anno il **fosforo** rimosso dal frutteto per ogni tonnellata di frutta raccolta è di circa 0,3 kg di $P_2O_5$ (Rombolà et al., 2012). Considerando anche le immobilizzazioni di fosforo negli organi di riserva, le restituzioni annue dovrebbero attestarsi tra 12-25 kg di $P_2O_5$ per ettaro (Johnson et al., 1989).

In media ogni anno il **potassio** asportato dal frutteto con la raccolta varia da 1,8 a 2,3 kg di $K_2O$ per tonnellata prodotta (Rombolà et al., 2012- Krige et al., 2008).

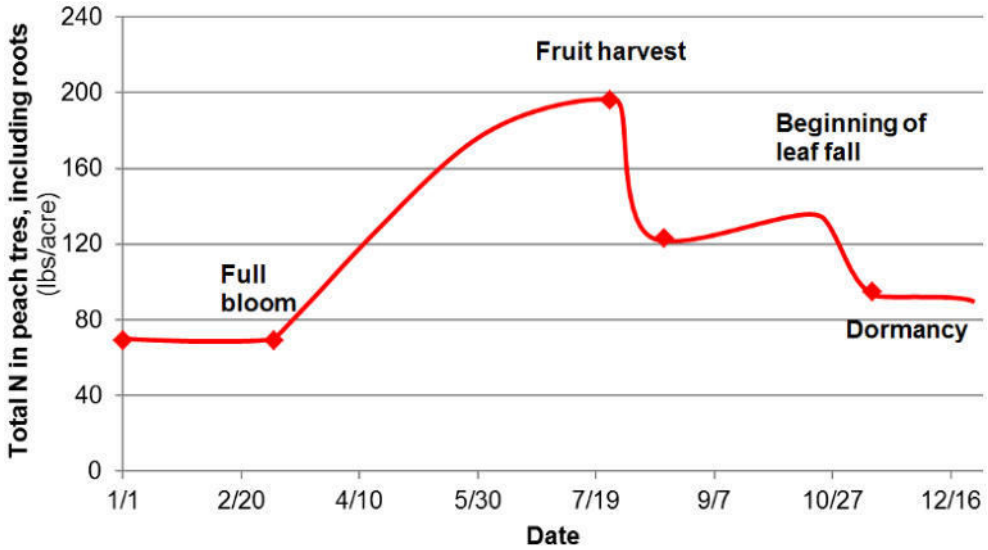



Grafico 9 – Curva di assorbimento dell'azoto in Pesche e Nettarine. (Muñoz et al., 1993)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 154 | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 462 | 10 | 5 | 50 | 30 | 10 | 50 | 20 | 10 | 30 |
| rapido sviluppo | 893 | 30 | 5 | 30 | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 50 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 467 | 30 | 5 | 20 | 0 | 0 | 10 | 30 | 10 | 40 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 123 | 20 | 5 | 10 | 0 | 0 | 10 | 20 | 10 | 30 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 966 | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**PESCO E NETTARINE**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# ACTINIDIA

Esigenze nutrizionali

L'actinidia in piena produzione (30 t/ha) assorbe macronutrienti nell'ordine di 130 kg N, 17 kg P, 140 kg K (Smith et al., 1988). Il fabbisogno annuo di **azoto** è alto (Buwalda et al., 1987) e continuo per tutta la stagione vegetativa (Clark et al., 1988; Smith et al., 1987) e perdura fino a quattro settimane prima della raccolta (Kotzé et al., 1989). Buona parte dell'azoto assorbito dalle foglie viene traslocato verso i frutti durante la fase di maturazione (Smith et al., 1987; Clark et al., 1988). Circa la metà dell'azoto assorbito ritorna al suolo attraverso le foglie e il legno di potatura (Tagliavini et al., 2007b). L'apparato radicale dell'actinidia è altamente efficiente nell'assumere l'azoto traendo beneficio anche da quello applicato in post-raccolta (Tagliavini et al., 2000).

I maggiori assorbimenti di **fosforo** avvengono tra la fioritura e il rapido accrescimento dei frutti (Kotzé et al., 1989) e l'accumulo nei frutti avviene in buona parte mediante traslocazione dalle foglie (Smith et al., 1987) nelle quali diminuisce già dieci settimane prima della raccolta (Clark et al., 1988)

Il **potassio** viene assorbito a partire dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta e l'accumulo nei frutti avviene in buona parte mediante traslocazione dalle foglie (Smith et al., 1987) nelle quali diminuisce già dieci settimane prima della raccolta (Clark et al., 1988) suggerendo di intervenire con fertilizzazioni potassiche sin da prima dello sviluppo dei frutti (Kotzé et al., 1989).

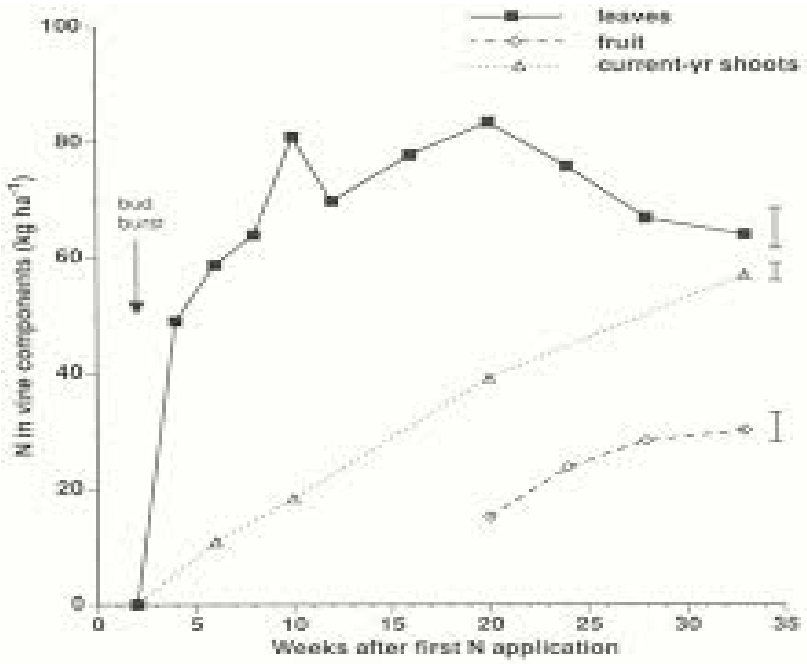



Grafico 10 – Curva di assorbimento dell'azoto nell'Actinidia. (Ledgard et al., 1992b)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| gemme ingrossate: fase piena (> 50%) | 275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura piante femminili: fase piena (> 50%) | 284 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 358 | 15 | 5 | 50 | 20 | 10 | 100 | 5 | 5 | 30 |
| accrescimento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 454 | 45 | 5 | 20 | 20 | 5 | 30 | 20 | 10 | 50 |
| accrescimento dei frutti: fase piena (> 50%) | 551 | 25 | 5 | 20 | 10 | 5 | 10 | 45 | 15 | 70 |
| maturazione di raccolta: inizio fase ( 0-5%) | 763 | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 50 |
| maturazione di raccolta: fase piena (> 50%) | 655 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 200 | 5 | 5 | 50 | 20 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**ACTINIDIA**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# CILIEGIO

Esigenze nutrizionali

Il ciliegio è una specie con modeste esigente di **azoto** e le quantità asportate annualmente possono variare in funzione dell'attività vegetativa e della carica produttiva degli alberi. L'azoto impiegato dal ciliegio nelle prime tre settimane dalla ripresa vegetativa deriva quasi esclusivamente dalla rimobilizzazione delle riserve interne, mentre il suo assorbimento radicale raggiunge il picco massimo 40 - 60 giorni dopo la schiusura delle gemme, per poi rallentare in post-raccolta (Grassi et al., 2003). Pertanto, le fertilizzazioni devono concentrarsi in tali periodi. Pur non avendo elevate esigenze azotate, il ciliegio ne trae beneficio aumentando le rese e la pezzatura dei frutti (Neilsen et al., 2004). Dosi ridotte limitano il fenomeno dello spacco e migliorano la qualità dei frutti (Ahmad et al., 2010) (Koumanovet al., 2016). Le asportazioni sono variabili negli anni e oscillano per i macro-elementi: 39-65 per N, 6-11 per P, 16-47 per K (Roversi et al., 2006).

È noto come il **fosforo** stimoli la crescita delle radici (Tagliavini et al., 1993) ed è consigliata pertanto la distribuzione alla ripresa vegetativa per favorire la ripartenza della pianta.

Il **potassio** riveste molta importanza per il ruolo che svolge nella regolazione degli scambi gassosi della pianta e della concentrazione dei succhi cellulari, condizionando la resistenza dell'albero a possibili situazioni di stress e la suscettibilità dei frutti allo spacco (Bargioni, 1982); il potassio, inoltre, partecipa all'attivazione di diversi enzimi coinvolti nella fotosintesi e nella respirazione. L'assorbimento del potassio inizia precocemente e nelle annate di eccezionale carica produttiva possono manifestarsi fenomeni di carenza. La sua cinetica di assorbimento e la scarsa mobilità nel terreno richiedono restituzioni tempestive, ma non abbondanti per non dare origine ad antagonismi negli assorbimenti del calcio e del magnesio.

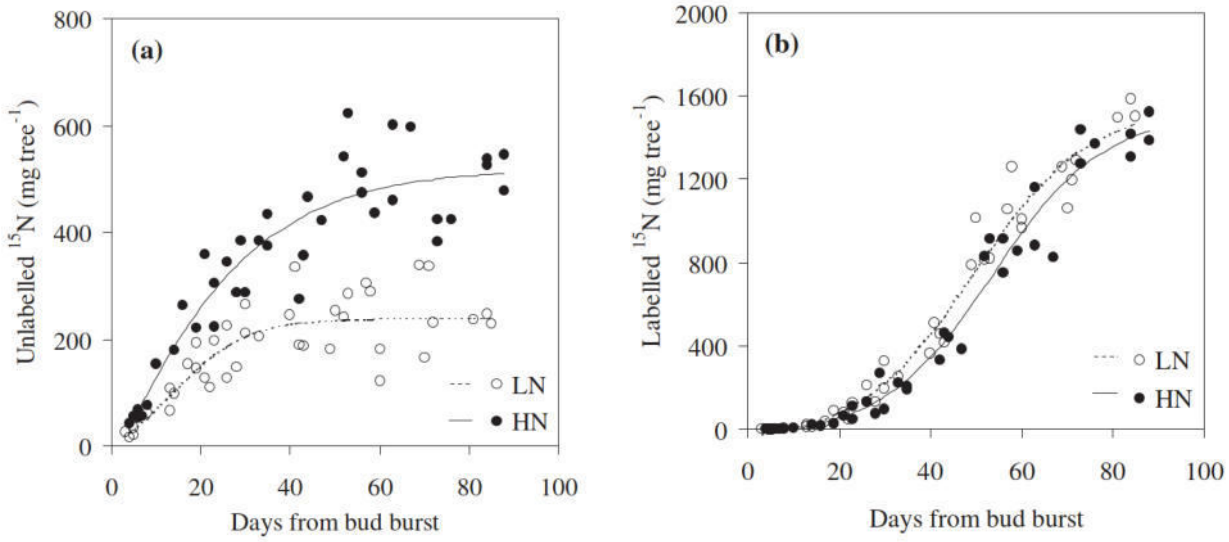



Grafico 11 – Curva di assorbimento (a) rimobilizzazione (b) dell'azoto nel Ciliegio. (Grassi et al., 2002).

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 284 | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 358 | 30 | 5 | 30 | 30 | 10 | 40 | 30 | 10 | 30 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 454 | 50 | 5 | 20 | 10 | 10 | 20 | 70 | 10 | 40 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 1114 | 20 | 2 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 753 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**CILIEGIO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# ALBICOCCO

Esigenze nutrizionali

Le esigenze di **azoto** dell'albicocco sono concentrate in un ristretto periodo di tempo che va dall'allegagione alla fase di distensione cellulare; richiedendo interventi fertilizzanti mirati (Hiloyannis et al., 1997). Il fabbisogno di azoto durante la fase di rapido sviluppo dei frutti è molto elevato e i tassi di assorbimento sono massimi (Uçgun et al., 2019). Nella fase di maturazione dei frutti invece il fabbisogno di azoto diminuisce ed eccessi influiscono negativamente sulla qualità e conservabilità. I fabbisogni di azoto nell'albicocco continuano anche post-raccolta e le fertilizzazioni hanno lo scopo di ripristinare le riserve nutritive della pianta. Un adeguato stato nutritivo in questa fase è determinante per garantire che alla ripresa vegetativa la fioritura, l'allegagione e il successivo sviluppo fogliare siano ottimali. Rispetto ad una concimazione tradizionale, la distribuzione dell'azoto in fertirrigazione permette di migliorare notevolmente il vigore delle piante e la resa dei frutti e ridurre le perdite per lisciviazione impiegando fino al 40% in meno di elemento (Raina et al., 2005).

Nel piano di fertilizzazione il **fosforo** trova collocazione nelle prime fasi di sviluppo vegeto produttivo al fine di stimolare lo sviluppo radicale (Tagliavini et al., 1991). Una parte significativa del fosforo presente nelle foglie viene traslocato verso i frutti fino alla loro maturazione e le fertilizzazioni fosfatice migliorano il diametro dei frutti (Bybordi, 2013).

Il **potassio** risulta essere molto importante per la qualità dei frutti e la sua elevata mobilità all'interno della pianta consente di effettuare fertilizzazioni sia in post-raccolta per aumentare le riserve della pianta che direttamente nel periodo di massimo sviluppo dei frutti.

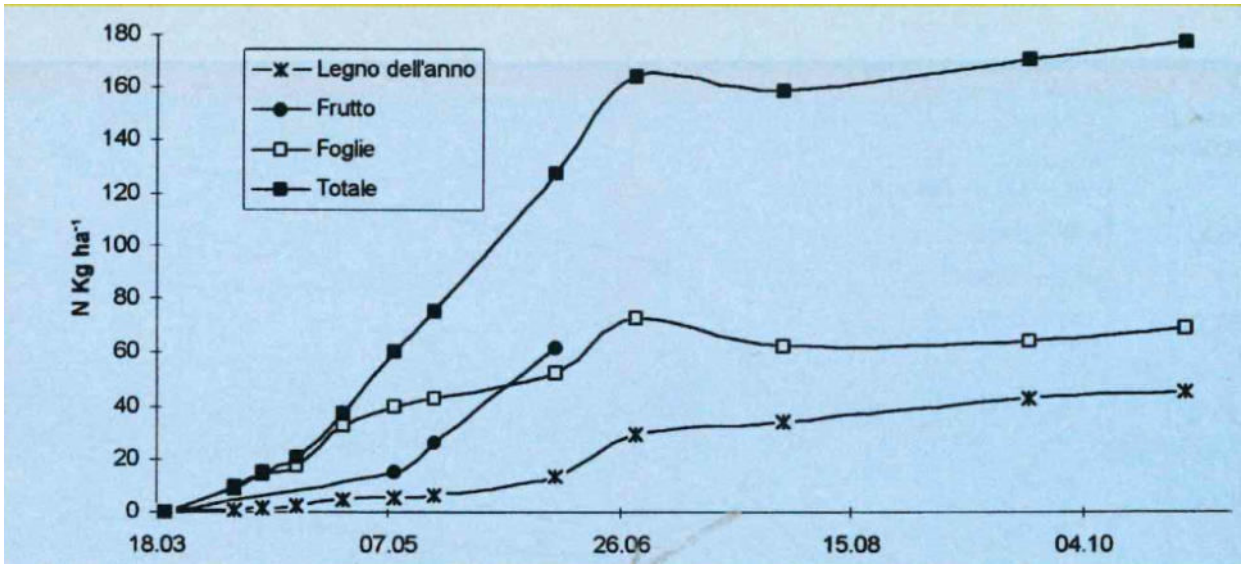



Grafico 12 – Curva di assorbimento dell'azoto nell'Albicocco. (Xiloyannis et al., 1997)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 86 | 0 | 0 | 0 | 40 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 456 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| accrescimento frutti 2°fase: inizio fase ( 0-5%) | 796 | 75 | 5 | 30 | 10 | 5 | 10 | 35 | 10 | 80 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 236 | 15 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 50 | 10 | 100 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 1505 | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**ALBICOCCO**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# NOCE

Esigenze nutrizionali

La coltura del Noce non necessita di concimazioni azotate prima dell'inizio dello sviluppo dei germogli e dopo il riempimento delle noci, concentrando tra questi periodi il suo massimo fabbisogno (Anderson et al., 2006). Il Noce, prima di iniziare l'assorbimento radicale dell'azoto circa il 60% del proprio fabbisogno lo attinge dalle riserve interne (Deng et al., 1989 - Weinbaum et al, 1998). Per ogni tonnellata di noci prodotte vengono asportati circa 40 kg/ha di **azoto** e ulteriori 8 kg/ha possono finire nelle foglie e nel legno di potatura (Weinbaum et al, 1991). Per aumentare l'efficienza di utilizzo dell'azoto da parte delle piante è necessario localizzare e interrare l'azoto (Niederholzer, 2012), ottenendo la massima efficacia distribuendolo in fertirrigazione (Anderson et al., 2006).

Le asportazioni di **fosforo** ammontano a circa 10 kg ($P_2O_5$) per tonnellata di noci prodotte (Demirbas, A., 2002). Il fosforo è immobile nel terreno ed è poco lisciviato, la sua epoca di applicazione non è quindi determinante come lo è per l'azoto. Può essere applicato in primavera incorporandolo nel terreno per una migliore disponibilità o in fertirrigazione, ma non con il calcio per prevenire la formazione di fosfati di calcio che possono ostruire i gocciolatori, o con il potassio in post-raccolta.

Con la raccolta si rimuovono circa 15 kg/ha di $K_2O$ per tonnellata di noci prodotte. Anche se poco mobile nel suolo, è possibile applicarlo durante la stagione di crescita, a partire da fine aprile o inizio maggio e fino a luglio.

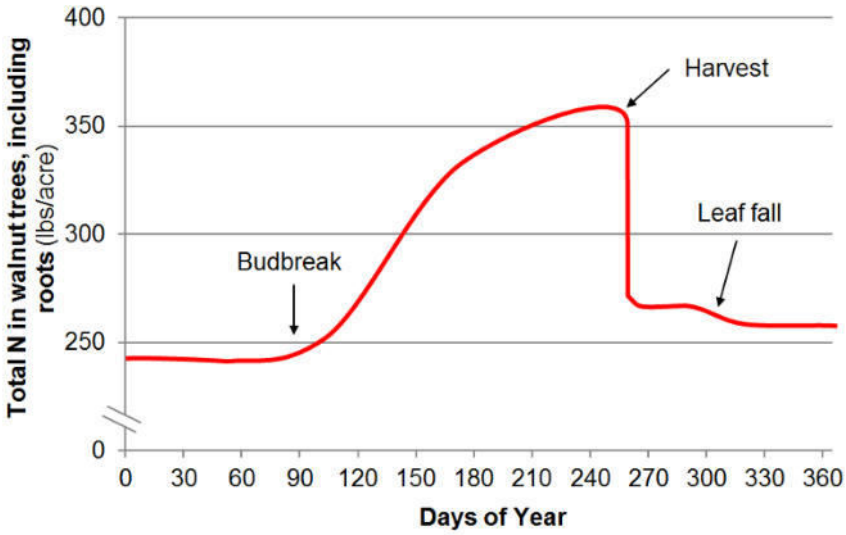



Grafico 13 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Noce. (Anderson et al., 2006)

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| germogliamento | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura maschile | 163 | 0 | 0 | 0 | 40 | 5 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura femminile | 127 | 10 | 5 | 10 | 30 | 5 | 10 | 20 | 10 | 60 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 900 | 60 | 5 | 20 | 20 | 5 | 10 | 30 | 10 | 40 |
| deiescenza del mallo | 1360 | 30 | 5 | 30 | 10 | 5 | 10 | 50 | 10 | 50 |
| inizio raccolta | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**NOCE**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

# FRAGOLA

Esigenze nutrizionali

Pur essendo la fragola una specie perenne, il sistema più diffuso di coltivazione è quello annuale con un solo ciclo di fruttificazione nella primavera successiva all'impianto estivo. Quindi, per questa coltura è stato necessario suddividere i fabbisogni nutritivi: fase di impianto e fase produttiva. Nella fase di impianto, l'assorbimento di **azoto** è lento fino alla primavera successiva, necessitando di poco azoto e le fertilizzazioni in questa fase hanno un effetto marginale sulla resa, a condizione che essa sia ottimale non appena l'assorbimento radicale diventi nuovamente attivo (Santos, B.M., 2010), avendo la funzione di accumulare riserve da impiegare nelle prime fasi della ripresa vegetativa primaverile. In alternativa è possibile impiegare in pre-trapianto concimi azotati a lento rilascio, per minimizzare il rischio di lisciviazione dei nitrati (Bottoms et al., 2013), e distribuire il restante fabbisogno di azoto durante la fase di fruttificazione (Cahn, 2012), con il picco del fabbisogno tra inizio fioritura e maturazione, frazionando in più interventi per avere effetti positivi sull'incremento di resa (Locascio et al., 1985). Per ogni tonnellata di fragole prodotte vengono assorbiti complessivamente ogni anno 2,4 kg di azoto per ettaro, concentrati in gran parte dalla fioritura alla maturazione (Tagliavini et al., 2005).

Per il **fosforo**, invece, per ogni tonnellata di fragole prodotte vengono assorbiti complessivamente 0,9 kg $P_2O_5$, a partire prevalentemente dalla fase di fioritura e durante il successivo sviluppo dei frutti (Tagliavini et al., 2005), ma solo circa la metà di esso viene asportato con i frutti (Hartz, 2011).

Infine, il **potassio** che, risultando essere il nutriente assorbito nei frutti più di tutti gli altri organi vegetali messi insieme (Hochmuth et al., 2009), raggiuge i 3,9 kg $K_2O$ per ogni tonnellata di frutti prodotta (Hartz, 2011), anch'esso concentrati quasi esclusivamente dalla fioritura alla maturazione (Tagliavini et al., 2005), con il 60% di esso presente nei frutti (Hartz, 2011), richiedendo adeguate distribuzioni in queste fasi.

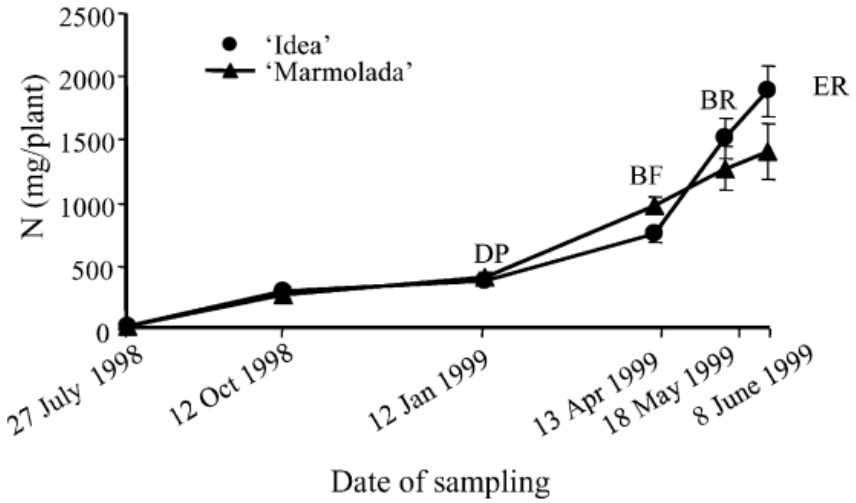



Grafico 13 – Curva di assorbimento dell'azoto nella Fragola. (Tagliavini et al., 2005)

**DP:** dormant period; **BF:** beginning of flowering; **BR:** beginning of ripening; **ER:** end of ripening

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trapianto | 50 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| Germogliamento | 200 | 0 | 10 | 100 | 0 | 2 | 100 | 0 | 5 | 20 |
| Prime foglie | 400 | 5 | 2 | 50 | 15 | 2 | 100 | 5 | 5 | 20 |
| Sviluppo vegetativo | 500 | 10 | 2 | 10 | 25 | 2 | 30 | 10 | 2 | 20 |
| Senescenza foglie | 120 | 15 | 2 | 5 | 10 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Riposo vegetativo | 880 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**FRAGOLA – Fase di impianto**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

| Descrizione fenofase | Somma Termica (gradi) | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ripresa vegetativa: inizio fase (0-5%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: inizio fase (0-5%) | 50 | 10 | 5 | 5 | 25 | 2 | 20 | 15 | 10 | 30 |
| invaiatura: inizio fase ( 0-5%) | 150 | 25 | 5 | 10 | 20 | 2 | 50 | 35 | 10 | 50 |
| maturazione: inizio fase (0-5%) | 200 | 35 | 5 | 5 | 5 | 2 | 50 | 45 | 10 | 20 |
| stadio di raccolta: inizio fase (0-5%) | 150 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| stadio di raccolta: fase piena (> 50%) | 100 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |

**FRAGOLA – Fase produttiva**: suddivisione fenologica della coltura in IRRINET e relativi parametri nutritivi

**BIBLIOGRAFIA**

Ahmad MF, Samanta A, Jabeen A., 1982. Response of sweet cherry (Prunus avium) to fertigation of nitrogen, phosphorus and potassium under kerawa land of Kashmir valley. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2010; 80(6):512-516.

Anderson, K.K., Grant, J., Weinbaum, S.A., Pettygrove, S., 2006. Guide to efficient nitrogen fertilizer use in walnut orchards. University of California, Agriculture and Natural Resources. Publication 21623.

Bargioni, G., Il ciliegio dolce. Collana Frutticoltura moderna, Edagricole, vol. 7

Battilani A, Solimando D. Yield, quality and nitrogen use efficiency of fertigated watermelon. Acta Horticulturae. 2004; 700:85-90.

Beutel, J., Uriu, K., Lilleland, O., 1976. Leaf analysis for California deciduous fruits. In: Reisenauer, H.M. (Ed.) Soil and Plant-Tissue Testing in California. University of California Cooperative Extension Bulletin 1879. pp. 15-17.

Biscaro, A., Cahn, M., Smith, R., Hartz, T., 2014a. Nitrogen, phosphorus and potassium uptake patterns of freshmarket onion production in southern California. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America (ASA, CSSA, and SSSA) International Annual Meetings, Long Beach CA.

Biscaro, A., Cahn, M., 2014b. Improving irrigation and nutrient management. Garlic and Onion Symposium, Tulare, California, Feb 10.

Bottoms, T.G., Hartz, T.K., Cahn, M.D., Farrara, B.F., 2013. Crop and soil nitrogen dynamics in annual strawberry production in California. HortScience 48, 1034–1039.

Brown, P.H. Niederholzer, F., Sepulveda R., 2014. Development of nutrient management tools for prunes. Report submitted to the California Dried Plum Board.

Buchner, R.P., Olson, W.H., Niederholzer, F.J.A., Reil, W.O., Krueger, W.H., Fulton, A.E., 2012a. Prune production calendar of operations in the Sacramento Valley. In: Buchner, R.P. (Ed.). Prune Production Manual. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3507. pp. 297.

Buchner, R.P., 2013b. Nitrogen management for French prune. Sacramento Valley Regional Prune Notes, February 2013.

Buwalda J.G., Wilson G.J., Smith G.S., Littler R.A., The development and effects of nitrogen deficiency in field-grown kiwifruit (Actinidia deliciosa) vines, Plant Soil 129 (1990) 173–182

Buwalda, G.; Smith, G.S. 1987: Accumulation and partitioning of dry matter and mineral nutrients in developing kiwifruit vines. Tree physiology 3: 295-307.

Bybordi A. 2013; Quantitative and qualitative effects of nutrient applications and irrigation methods on apricot. Middle-East Journal of Scientific Research. 14(3):423-431.

Cabello, M.J., Castellanos, M.T., Tarquis, A.M., Cartagena, M.C., Arce, A., Ribas, F., 2011. Determination of the uptake and translocation of nitrogen applied at different growth stages of a melon crop (Cucumis melo L.) using 15N isotope. Scientia Horticulturae 130, 541-550.

California Plant Health Association, 2002. Western Fertilizer Handbook 9th edition. Interstate Publishers, Inc.

Cahn, M., 2012. Optimizing irrigation and nitrogen management in strawberries for improved water quality. Final Report to the Central Coast Regional Water Quality Control Board.

Cheng, L., Raba R., 2009. Accumulation of Macro- and Micronutrients and Nitrogen Demand-supply Relationship of 'Gala'/'Malling 26' Apple Trees Grown in Sand Culture. Journal of the American Society for Horticultural Science 134(1):3–13.

Clark, C.J.; Smith, G.S. 1988: Seasonal accumulation of mineral nutrients by kiwifruit. 2. Fruit. New phytologist 108: 399-409.

Conradie, W.J., 2004. Partitioning of mineral nutrients and timing of fertilizer applications for optimum efficiency. In: Christensen, L.P., Smart, D.R. (Eds.). Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium. American Society for Enology and Viticulture, Davis, CA. pp. 69-81.

Christensen, L.P., Bianchi, M.L., Peacock, W.L., Hirschfelt, D.J., 1994. Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. American Journal of Enology and Viticulture, 45, 377-387.

Daniel-Vedele F, Filleur S, Caboche M. 1998. Nitrate transport: a key step in nitrate assimilation. Current Opinion in Plant Biology 1: 235–239.

Day, K.R., Buchner, R.P., 2012. Growing prunes for the fresh market. In: Buchner, R.P. (Ed.). Prune Production Manual. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3507. pp. 279-282.

Deng, X., Weinbaum, S.A., DeJong, T.M., 1989. Use of labeled nitrogen to monitor transition in nitrogen dependence from storage to current-year uptake in mature walnut trees. Trees 3, 11-16.

Doerge, T., Roth, R., and Gardner, B.1991. Nitrogen management guide for watermelon. In Nitrogen Fertilizer Management in Arizona. The University of Arizona.

El-Jendoubi, H., Abadìa, J., Abadìa, A., 2013. Assessment of nutrient removal in bearing peach trees (Prunus persica L., Batsch) based on whole tree analysis. Plant and Soil 369, 421-437.

Giaquinta, R.T. 1983. Phloem loading of sucrose. Annual Rev. Plant Physiology 34: 347-387.

Giroux, M. and Chamberland, E. 1990. La fertilisation N, P et K d'entretien de l'asperge. Agrosol 3: 35–43.

Grant, C.A., Flaten, D.N., Tomasiewicz, D.J., Sheppard, S.C. 2001. The importance of early season phosphorus nutrition. Canadian Journal of Plant Science 81, 211–224.

Grassi G., Millard P., Wendler R., Minotta G. and M. Tagliavini. 2002 Measurements of xylem sap amino acid concentrations in conjunction with whole tree transpiration estimates spring N remobilization by cherry trees. Plant Cell & Environment, 25, 1689-1699.

Grassi G., P. Millard, P. Gioacchini, and M. Tagliavini. 2003. Recycling of nitrogen in the xylem of Prunus avium trees starts when spring remobilization of internal reserves declines. Tree Physiology, 23, 1061-1068.

Haynes R.J., 1987. Accumulation of dry matter and changes in storage carbohydrate and amino acid content in the first 2 years of asparagus growth. Scientia Horticulturae, 32 (1987) 17-23.

Hanson, B., May, D., 2011. Drip irrigation salinity management for row crops. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication 8447.

Hartz, T.K., Johnstone, P.R., Nunez, J.J., 2005. Production environment and nitrogen fertility affect carrot cracking. HortScience 40, 611-615.

Hartz, T.K., 2006. Nutrient requirements for high-yield hybrid melon production. Report to the California Melon Research Board.

Hartz, T., Cantwell, M., Mickler, J., Mueller, S., Stoddard, S., Turini, T., 2008. Cantaloupe production in California. University of California Vegetable Research and Information Center.

Hartz, T.K., 2011. Establishing nutrient diagnostic standards for high-yield strawberry production. California Strawberry Commission Annual Production Research Report 2010-2011. pp. 41-50.

Herdel K, Schmidt P, Feil R, Mohr A, Schurr U. 2001. Dynamics of concentrations and nutrient fluxed in the xylem of Ricinus communis: diurnal course, impact of nutrient availability and nutrient uptake. Plant, Cell and Environment 24, 41–52.

Hochmuth, G.J., Brecht, J.K., Bassett, M.J., 1999. Nitrogen fertilization to maximize carrot yield and quality on a sandy soil. HortScience 34, 641-645.

Hochmuth, G.J., 2002. Response of snapbean, carrot, and sweet corn to monopotassium phosphate-based starter solutions 97-11. University of Florida Institute of Food and Agricultal Sciences.

Hochmuth, G. and Cordasco, K., 2009. A summary of N and K research with strawberry in Florida. University of Florida Extension Publication HS752.

Hussain, A. Anjum, F. Rab, A.r and Sajid, M. (2006). Effect of nitrogen on the growth and yield of asparagus (Asparagus officinalis). Journal of Agricultural and Biological Science. vol. 1, no. 2, 41-47.

Johnson, R.S., Uriu, K., 1989. Mineral nutrition. In: LaRue, J.H., Johnson, R.S. (Eds.). Peaches, Plums and Nectarines: Growing and Handling for the Fresh Market. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3331. pp. 68-81.

Johnson, R.S., Rosecrance, R., Weinbaum, S., Andris, H., Wang, J., 2001. Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early- maturing peach? Journal of the American Society for Horticultural Science 126, 364-370.

Johnson, R.S., Olivos, A., Xiaoqiong, Q., Crisosto, C., Michilaides, 2013. Proper nectarine nutrition improves fruit quality. Better Crops 97, 12-13.

Kotzé W. A.G., & de Villiers J. 1989. Seasonal uptake and distribution of nutrient elements by kiwifruit vines 1. Macronutrients, Journal South African Journal of Plant and Soil Volume 6, - Issue 4, 256-264

Koumanov KS, Staneva IN, Kornov GD, GermanovaDR., 2016. Sweet cherry fruit quality under fertigation. Acta Horticulturae. 1139:551-558. Krige, G.T., Stassen, P.J.C., 2008. Mineral nutrient distribution and requirement of pulse drip fertigated 'Donnarine' nectarine trees. Acta Horticulturae 772, 355-360.

Kristensen, H.L., Thorup-Kristensen, K., 2004. Uptake of 15N labeled nitrate by root systems of sweet corn, carrot and white cabbage from 0.2-2.5 meters depth. Plant and Soil 265, 93-100.

Landry , E.J. and Wolyn, D.J. (2012). Analysis of cold acclimatization in two asparagus cultivars with varying patterns of fall senescence. Acta Hortic. 950, 229-234

Ledgard S. F., Douglas J. A., Follett J. M. & Sprosen M. S., 1992a. Influence of time of application on the utilization of nitrogen fertilizer by asparagus, estimated using 15N. Plant and Soil volume 147, pages41–47.

Ledgard S., Smith G.S., 1992b. Fate of $^{15}$N-labelled nitrogen fertilizer applied to kiwifruit (Actinidia deliciosa) vines: II. Temporal changes in $^{15}$N within vines. Plant and Soil, 147 - 59-68.

Ledgard S. F., Douglas J. A., Sprosen M. S., Follett J. M., 1994. Uptake and redistribution of 15N within an established asparagus crop after application of 15N-labelled nitrogen fertilizer. Annals of Botany, 73: 169 – 173.

Lilleland, O., 1932. Experiments in K and P deficiencies with fruit trees in the field. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 29, 272-276.

Lobit P., Soing P., M. Génard and Habib R., 2001. Effects of timing of nitrogen fertilization on shoot development in peach (Prunus persica) trees. Tree Physiology 20, 35–42.

Locascio, S.J., Martin, F.G., 1985. Nitrogen source and application timing for trickle irrigated strawberries. Journal of the American Society of Horticultural Sciences 110, 820-823.

Makries, J.L., Warncke, D.D., 2013. Timing nitrogen applications for quality tops and healthy root production in carrot. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44, 2860-2874.

Martuscelli, M., di Mattia, C., Stagnari, F., Speca, S., Pisante, M., Mastrocola, D., 2016. Influence of phosphorus management on melon (Cucumis melo L.) fruit quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96, 2715-2722.

May, G.M., Pritts, M.P., Kelly, M.J., 1994. Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. Journal of Plant Nutrition 17, 1149-1162.

McPharlin, I.R., Lanztke, N.C., 2001. Response of winter-sown carrots (Daucus carota L.) to rate and timing of phosphorus application on Joel sands. Australian Journal of Experimental Agriculture 41, 689-695.

Meyer C, Stitt M. 2001. Nitrate reductase and signalling. In: Lea PJ, Morot-Gaudry J-F, eds. Plant nitrogen. New York: Springer, 37–59.

Millard P, Wendler R, Grassi G, Grelet GA, Tagliavini M. 2006. Translocation of nitrogen in the xylem of field-grown cherry and poplar trees during remobilization. Tree Physiology 26: 527–536.

Mullins, M.G., Bouquet, A., Williams, L.E., 1992. Biology of the grapevine. Cambridge University Press.

Muñoz, N., Guerri, J., Legaz, F., Primo-Julio, E., 1993. Season uptake of 15N-nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees. Plant and Soil, 150, 263-269.

Nachtigall G. R.; Dechen A. R., 2006. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. Scientia Agricola, v.63, n.5, p.493-501.

Neilsen, D. and Neilsen, G.H. (1997). Effects of irrigation management on nitrogen availability in high density apple orchards. Acta Hortic. 448, 449-458

Neilsen G, Kappel F, Neilsen D. Fertigation method affects performance of 'Lapins' sweet cherry on Gisela 5 rootstock. Hort Science. 2004; 39(7):1716-1721.

Niederholzer, F.J.A., Buchner, R.P., Southwick, S.M., 2012. Nutrition and fertilization. In: Buchner, R.P. (Ed.). Prune Production Manual. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3507. pp. 151- 168.

Niederholzer, F., 2012. Nitrogen use efficiency in almonds. Sacramento Valley Almond News, April 2012.

Niederholzer, F.J.A., 2013. Efficient nitrogen management in prune production. Sacramento Valley Regional Prune Newsletter, April, 2013.

Orzolek, M., Lamont, W., Kime, L., Bogash, S., and Harper, J. 2010. Watermelon production. Ag Alternatives. Penn State Extension. UA381.

Paschold, P. J. 1999. Nitrogen yields, spear quality and N min-residues of asparagus. 35(10): 588-592 (CAB Abst. 19990313114).

Peacock, W.L., Christensen, L.P., Hirschfelt, D.J., 1991a. Influence of timing of nitrogen fertilizer application on grapevines in the San Joaquin Valley. American Journal of Enology and Viticulture 42, 322-326.

Peacock, W.L., Christensen, L.P., Hirschfelt, D.J., Broadbent, F.E., Stevens, R.G., 1991b. Efficient uptake and utilization of nitrogen in drip- and furrow-irrigated vineyards. Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine. The American Society for Enology and Viticulture. pp. 116-119.

Pereira, NS; Alves, AR; Celedônio, WF; Rodrigues, EA; Chaves, SWP; Medeiros, JF. 2018. Phosphate fertilization influences macronutrient accumulation in watermelon cv Magnum. Horticultura Brasileira 36: 346-352.

Pesqui. Agropecu (2016). Accumulation of nutrients and agronomic performance of grafted seedless watermelon Trop. vol.46 no.3 Goiânia July/Sept. 2016

Pew, W.D., Gardner, B.R., 1972. Nitrogen effects on cantaloupes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 3, 467-476.

Policarpo, M., De Marco, L., Caruso, T., Gioacchini, P., Tagliavini, M., 2002. Dynamics of nitrogen uptake and partitioning in early and late fruit ripening peach (Prunus persica) tree genotypes under a Mediterranean climate. Plant and Soil 239, 207-2014.

Pope, K., 2014. Potassium nutrition- maintaining optimum levels by replacing what you've lost. Glenn County Orchard Facts, October 2014.

Quartieri M., M. Tagliavini. B. Marangoni and P. Millard. 1998. Storage and remobilisation of nitrogen in nectarine trees as affected by the timing of N uptake. Acta Horticulturae, 465,319-325.

Raina, J.N., Thakur, B.C., Suman, S. and Spehia, R.S. (2005). Effect of fertigation through drip system on nitrogen dynamics, growth, yield and quality of apricot . Acta Hortic. 696, 227-231

Rombolà, A.D., Sorrenti, G., Marodin, G.A.B., De Pieri, A.Z., Barca, E., 2012. Nutrient and soil management in stone fruit trees in temperate regions. Semina-Ciencias Agrarias 33 639-654.

Roversi, A. and Monteforte, A. (2006). Preliminary results on the mineral uptake of six sweet cherry varieties. Acta Hortic. 721, 123-128

Sanders, D. C. and B. Benson. 1999. Nitrogen-potassium interactions in asparagus. IXth Int. Asparagus Symposium. Pasco, Washington, 15-17 July 1997. 479: 421-425 (CAB Abst. 990305865).

Santos, B.M., 2010. Effects of preplant nitrogen and sulfur fertilizer sources on strawberry. HortTechnology 20, 193-196.

Scandellari, F., Ventura, M., Malaguti, D., Ceccon, C., Menarbin, G., Tagliavini, M. 2010. Net primary productivity and partitioning of absorbed nutrients in field-grown apple trees. Acta Hortic. 868, 115-122

Skinner, P.W., Cook, J.A., Matthews, M.A., 1988. Response of grapevine cvs Chenin Blanc and Chardonnay to phosphorus fertilizer applications under phosphorus-limited conditions. Vitis 27, 95-109.

Smith, G.S., Clark, C.J. and Henderson H.V. 1987: Seasonal accumulation of mineral nutrients by kiwifruit 1. Leaves. New phytologist 106: 81-100.

Smith, G.S., Buwalda J.G., and Clark C.J. 1988. Nutrient Dynamics of a Kiwifruit Ecosystem. Scientia Itorticulturae, 37 (1988) 87-109

Sommerville D. W., Whalen J. K., 2005. Phosphorus fertilization and asparagus yield during establishment years. Canadian Journal of Plant Science 85(3):687-692.

Soing P., and Mandrin J.F., 1993. Nutrition du pecher. Cinetiques des consommations. Infos-Ctifl 92: 33–36

Southwick, S.M., Olson, W., Yeager J., Weis, K.G., 1996. Optimum timing of potassium nitrate spray applications to 'French' prune trees. Journal of the American Society for Horticultural Science 121, 326-333.

Soto-Ortiz, R., 2008. Crop phenology, dry matter production, and nutrient uptake and partitioning in cantaloupe ( Cucumis melo L.) and chile (Capsicum annuum L.). Dissertation.

Tagliavini M., Gogue G. E., and Neilsen G.H.. 1991. Influence of phosphorus nutrition and root zone temperature on growth and mineral uptake of peach seedlings, Journal of Plant Nutrition, 1991, 11, 1267-1276.

Tagliavini M. Marangoni B. and Grazioli P.. 1993. Effects of P-supply on growth and P-micronutrient interactions of potted peach seedlings. in Development in Plant and Soil Sciences, Vol. 53, Optimization of Plant Nutrition, Kluwer Academic Publishers, 325-331.

Tagliavini M., Inglese P. e Rombolà AD. 2000. Root uptake, storage and remobilization of autumn applied nitrogen to kiwifruit (Actinidia deliciosa) vines. Agronomie, 20: 23-30.

Tagliavini M., Baldi E., Lucchi P., Antonelli M., Sorrenti G., Baruzzi G., and Faedi W., 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (Fragaria × Ananassa Dutch.) grown in soil and soilless culture. European Journal of Agronomy. Volume 23, Issue 1, July 2005, Pages 15-25

Tagliavini, M., Tonon, G., Scandellari, F., Quinones, A., Palmieri, S., Menarbin, G., 2007a. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (Malus domestica) and mowed grasses in an orchard Agriculture, ecosystems & environment 118 (1-4), 191-200.

Tagliavini M. and Scandellari F. 2007b. Nutrient fluxes in kiwifruit orchards. Acta Hort. 753, 487-494.

Tagliavini, M., Scandellari , F. 2013. Methodologies and concepts in the study of nutrient uptake requirements and partitioning in fruit trees. Proceedings of the Seventh International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops. Acta Horticulturae, The Hague, v.984, p.47-56.

Tonon G., C. Ciavatta, D. Solimando, P. Gioacchini and M. Tagliavini. 2007 The fate of the 15N deriving from soil decomposition of abscised leaves and pruning wood from apple (Malus domestica) trees. Soil Sci. Plant Nutr., 53, 79-86.

Toselli, M., Flore, J.A., Zavalloni, C., Marangoni, B. 2000. Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time. Hort Technology, v. 10, p.6-11.

Toselli M.; Thalheimer, M.; Tagliavini, M. 2004. Leaf uptake and partitioning of urea-N as affected by the concentration and volume of spray solution and by the shoot leaf position in apple (Malus domestica) trees. Journal of Horticultural Science Biotecnology, Ashford, v.79, p. 97-100.

Tsay YF, Chiu CC, Tsai CB, Ho CH, Hsu PK. 2007. Nitrate transporters and peptide transporters. FEBS Letters 581: 2290–2300.

Vitousek PM, Naylor R, Crews T, et al. 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. Science 19: 1519–1520.

Uçgun K., Bayav A., Altindal M., Koçal H., 2019. Seasonal variation of nutrients and nutrient rations in Apricot leaves. Ziraat Fakültesi Dergisi 14 (1):1-10

Zanotelli, D., Rechenmacher, M., Guerra, W., Cassar, A., Tagliavini, M. 2014. Seasonal uptake rate dynamics and partitioning of mineral nutrients by bourse shoots of field-grown apple trees. European Journal of Horticultural Science, Stuttgart, v.4, p.203-211.

Zavalloni, C., Marangoni, B., Scudellari, D., Tagliavini, M. 2001. Dynamics of uptake of calcium, potassium and magnesium into apple fruit in high density planting. Acta Horticulturae, The Hague, v.564, p.113-122.

Weinbaum, S.A., Merwin, M.L., Muraoka, T.T., 1978. Seasonal variation in nitrate uptake efficiency and distribution of absorbed nitrogen in non-bearing prune trees. Journal of the American Society for Horticultural Science 103, 516-519.

Weinbaum, S.A., Murooka, T.T., Gatlin, P. B., Kelley, K., 1991. Utilization of fertilizer N by walnut trees. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1991, 317-334.

Weinbaum, S. van Kessel, C., 1998. Quantitative estimates of uptake and internal cycling of 14N-labeled fertilizer in mature walnut trees. Tree Physiology 18, 795-801.

Williams, L.E., Biscay, P.J., 1991. Partitioning of dry weight, nitrogen, and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest. American Journal of Enology and Viticulture 42, 113-117.

Warncke, D.D., 2007. Nutrient management for cucurbits: melons, pumpkin, cucumber, and squash. 2007 Indiana CCA Conference Proceedings.

Westerveld, S.M., McKeown, A.W., McDonald, M.R., 2006a. Seasonal nitrogen partitioning and nitrogen uptake of carrots as affected by nitrogen application a mineral and an organic soil. HortScience 41, 1332-1338.

Westerveld, S.M., McDonald, M.R., McKeown, A.W., 2006b. Carrot yield, quality and storability in relation to preplant and residual nitrogen on mineral and organic soils. HortTechnology 16, 286-293.

Xiloyannis C., Celano G., Dichio B., Nuzzo V., e Montanaro G., 1997. Gestione delle risorse idriche e minerali nella fase di piena produzione dell’albicocco. Riv. Di Frutticoltura 7/8: 41-46.

# RELAZIONE TECNICA FINALE Azione 3.3

DOMANDA DI SOSTEGNO **5149531 - FERTIRRINET-APP**

ATTIVITA' SVOLTE

In questa attività, per la taratura e validazione dell'applicativo FERT-IRRINET anche per le principali colture di interesse fertirriguo, sono state messe a confronto in campo due modalità di fertilizzazione: una aziendale, concimando e irrigando le colture con tecniche e metodi secondo prassi comuni e una fertirrigua, gestendo la nutrizione idrico-minerale delle colture con l'applicativo Fert-Irrinet. Le prove sono state eseguite presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili", sita nel comune di Mezzolara di Budrio, presso l'Azienda Agraria di Cadriano di UNIBO, nei campi sperimentali di Martorano 5 di ASTRA e presso le Aziende Agricole Guidi, Benazzi e Stella. La distribuzione di parte dei fertilizzanti è avvenuta in fase di pre-impianto / ripresa vegetativa della coltura, in maniera indifferenziata tra le tesi. La restante parte è stata frazionata in più interventi mediante fertirrigazione. È stata frazionata prevalentemente la concimazione azotata, somministrando la maggior parte dei fabbisogni di fosforo e potassio in modo tradizionale. Il piano prevedeva di condurre prove sperimentali su colture arboree: Vite da vino, Pesco, Albicocco, Melo, Actinidia, Susino, Ciliegio, Fragola, e su colture erbacee: Cipolla, Melone, Asparago, Carota e Cocomero. Nel 2020 non è stato possibile avviare sin da subito le prove su Pesco, Albicocco e Ciliegio, a causa delle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile e le prove sono state condotte nel biennio 2021-2022. Inoltre, pur ottenendo ugualmente i risultati desiderati, per il Susino e per l'Asparago non è stato possibile effettuare un confronto tra i trattamenti. Per contro, in aggiunta alle prove previste dal piano, sono state prese in considerazione due varietà di Melo, due epoche di impianto della Carota ed è stata sperimentata anche la coltura del Noce non prevista nel piano.

Le soluzioni madri da iniettare durante le fertirrigazioni sono state ottenute sciogliendo preventivamente in acqua le dosi di concimi da distribuire. 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, non è stato necessario acidificare la soluzione madre in quanto non c'erano i presupposti per la formazione di precipitati. La fertirrigazione è avvenuta 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 è stata 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.

# 1. Melone

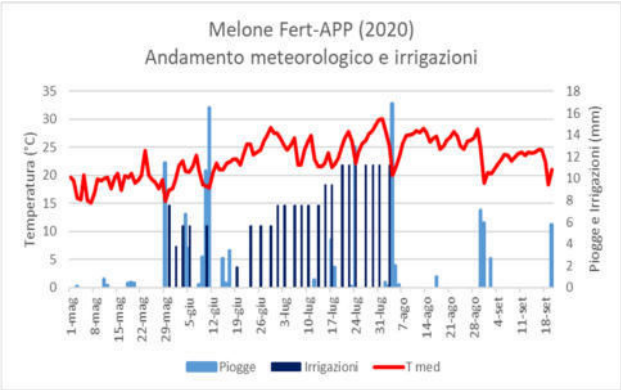
## Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021

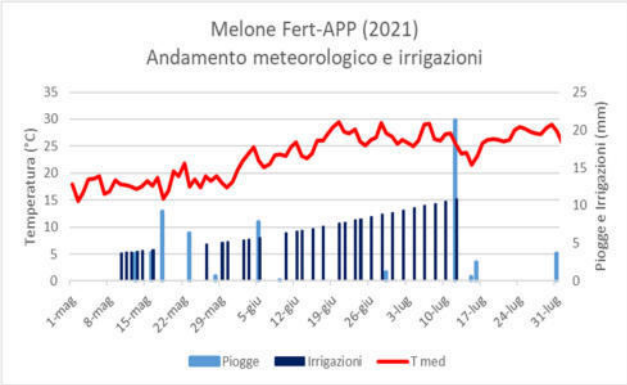
Per la coltura del Melone sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA), in un unico appezzamento di circa 500 $m^2$ suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all'impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 80 $m^2$, delimitandole mediante corridoi longitudinali al campo in prova. Il trapianto della coltura è avvenuto il primo anno in data 28 maggio 2020 e il secondo anno in data 4 maggio 2021, impiegando sempre lo stesso ibrido "Django", varietà a maturazione medio-tardiva con buona produttività, con un sesto di impianto di 2 m fra le file e 1 m sulla fila e con una densità teorica di 5000 piante per ettaro.

**Fig. 1- Impianto della coltura del Melone.**

## Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato tutto sommato simile tra le annate: caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale del melone con piogge significative solo nella prima decade di giugno, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere, nel 2020: di 193 mm, frazionati in 24 interventi con volumi medi di circa 8 mm e, nel 2021: di 207 mm, frazionati in 30 interventi con volumi medi di circa 9 mm.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 400 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, sottoponendolo ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Il suolo è risultato avere una tessitura argillosa-limosa, con una reazione sub-alcalina, mediamente fornito di azoto, una buona dotazione di fosforo e alti livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata alta, ben dotati di calcio e magnesio, con un alto rapporto di questi elementi con il potassio che indicava bassi rischi potenziali per l'insorgenza di fenomeni di antagonismo con determinazione di fisiopatie da carenza. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per il Melone, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per entrambi gli anni di 148 kg/ha di N, 68 kg/ha di $P_2O_5$ e 44 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

Il frazionamento dell'azoto e del potassio è avvenuto distribuendo una quota di fondo e la restante in fertirrigazione, veicolandola con le acque di irrigazione. La differenziazione fra le tesi è stata ottenuta frazionando maggiormente in fertirrigazione la tesi Fertirrinet-APP, seguendo il consiglio dell'applicativo. Per le distribuzioni in fertirrigazioni sono state impiegate formulazioni ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua.

| | **Fondo** | | | **Fertirrigazione** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Aziendale | 30% | 80% | 60% | 70% | 20% | 40% |
| Fert-APP | 10% | 50% | 40% | 90% | 50% | 60% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno del Melone nel 2020 e 2021

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2020 in 6 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 14 per quella Fert-APP e nel 2021 in 8 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 7 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 10,7 | 0,0 | 0,0 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 27,1 | 0,0 | 95,8 |
| 15/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 10,8 | 0,0 | 38,3 |
| 13/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 14,3 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 14,3 | 0,0 | 0,0 |
| 06/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 7,1 | 0,0 | 0,0 |
| 03/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 29/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 23/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2020 | 34 | 0 | 0 | 0,3 | 4,8 | 0,0 | 0,0 |
| 05/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,2 | 1,0 | 5,1 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 1,3 | 6,3 | 31,8 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 7,1 | 0,0 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 0 | 46 | 0 | 1,8 | 0,0 | 35,0 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 26 | 0 | 0 | 1,4 | 15,2 | 0,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 27,1 | 0,0 | 95,8 |
| 15/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 10,8 | 0,0 | 38,3 |
| 13/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 28,5 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 28,5 | 0,0 | 0,0 |
| 06/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 5,7 | 0,0 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,5 | 2,5 | 12,7 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 0 | 46 | 0 | 2,9 | 0,0 | 55,2 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 26 | 0 | 0 | 4,2 | 45,1 | 0,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,5 | 13,6 | 0,0 | 48,0 |
| 15/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 05/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,1 | 11,3 | 0,0 | 40,0 |
| 05/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 28,7 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,6 | 8,5 | 0,0 | 30,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,2 | 31,5 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,6 | 8,5 | 0,0 | 30,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 04/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 4,7 | 25,4 | 0,0 | 90,0 |
| 04/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 4,6 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 0 | 46 | 0 | 3,5 | 0,0 | 68,0 | 0,0 |

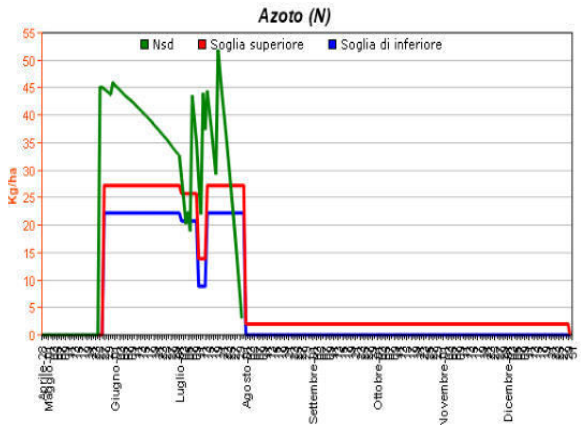
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,6 | 8,0 | 0,0 | 0,0 |
| 05/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 3,0 | 16,4 | 0,0 | 58,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 3,6 | 0,0 | 0,0 |
| 04/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 4,7 | 25,4 | 0,0 | 90,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 4,6 | 0,0 | 0,0 |
| 14/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 4,7 | 25,4 | 0,0 | 90,0 |
| 04/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 4,6 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 0 | 46 | 0 | 3,5 | 0,0 | 68,0 | 0,0 |

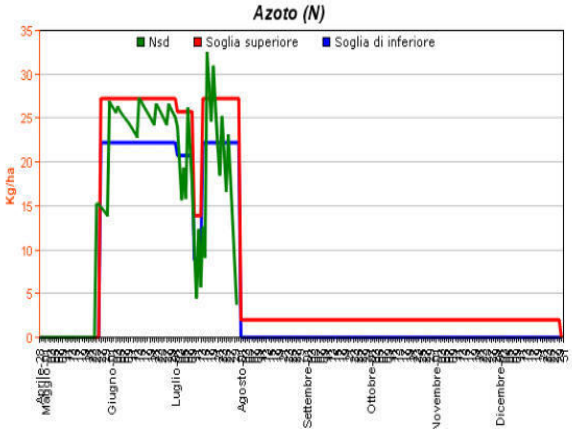
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx) 2020 e 2021.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 1 | False | 0 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | 2 | True | 400 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | 3 | True | 800 | 0,60 | False | 5 | 5 | 150 | 30 | 10 | 250 | 5 | 20 | 100 |
| allegagione: inizio fase ( 0-5%) | 4 | True | 185 | 0,90 | False | 5 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 10 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 100 | 1,05 | False | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 10 | 20 | 50 |
| maturazione: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 450 | 1,05 | True | 80 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 75 | 10 | 40 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 7 | False | 700 | 1,05 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

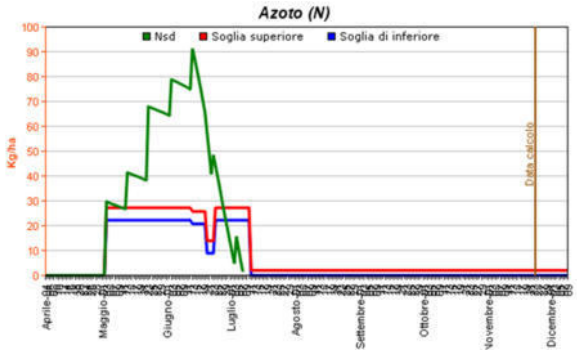
Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

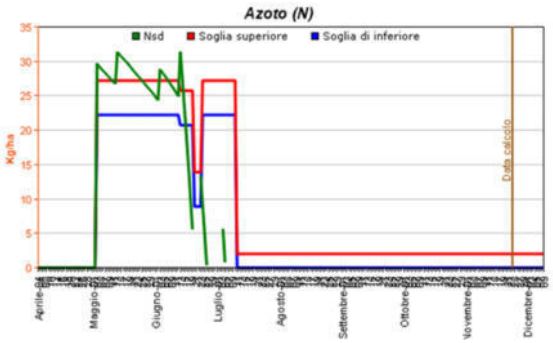
Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata per la tesi Aziendale (sx) e per quella Fert-APP (dx) nel 2020 la seguente:




Nel 2021 invece ha avuto il seguente andamento:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto del 2020

Nel biennio di prova 2020-2021, la raccolta è stata effettuata in maniera scalare in funzione del progressivo grado di maturazione delle peponidi. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica, con distinzione tra totale, commerciale e scarto
- suddivisione per classi di pezzatura,

- sostanza secca e brix,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio confermano le potenzialità della tecnica fertirrigua, anche se l'incremento di resa commerciale osservato nella tesi Fert-APP non è stato statisticamente significativo.

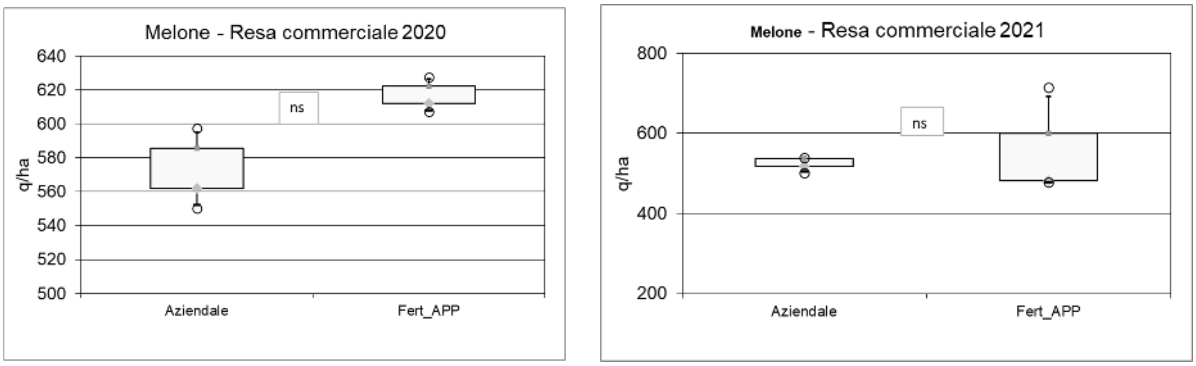



**Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.**

Tale incremento di resa è dovuto principalmente ad un aumento del grado Brix che è risultato essere significativamente maggiore nella tesi Fert-APP, ma solo nel 2020. Infatti, il frazionamento nel tempo dell'azoto, e soprattutto del potassio, effettuato maggiormente per la tesi Fert-APP ha influenzato positivamente l'accumulo di sostanza secca nelle peponidi e di conseguenza il loro tenore zuccherino.

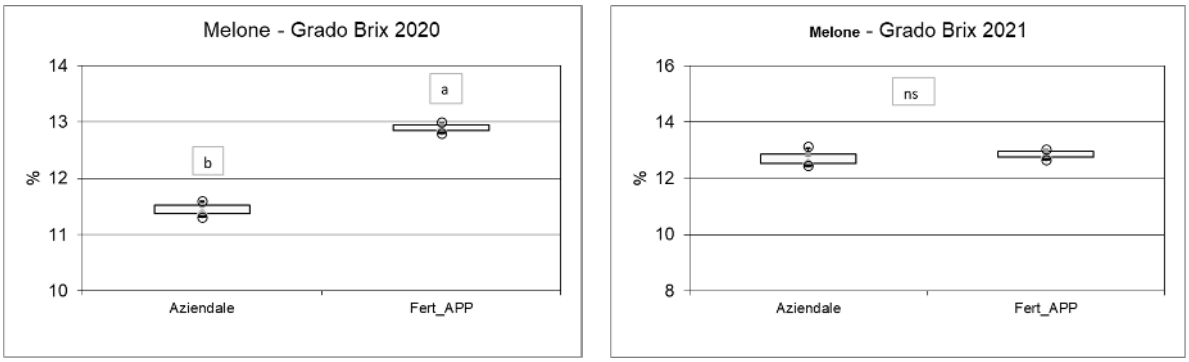



**Fig. 5 – Differenti gradi Brix osservati nel 2020 e nel 2021.**

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. Seppur mediamente più efficiente, la maggiore ripartizione temporale non ha fatto osservare differenze statisticamente significative in entrambe le annate.

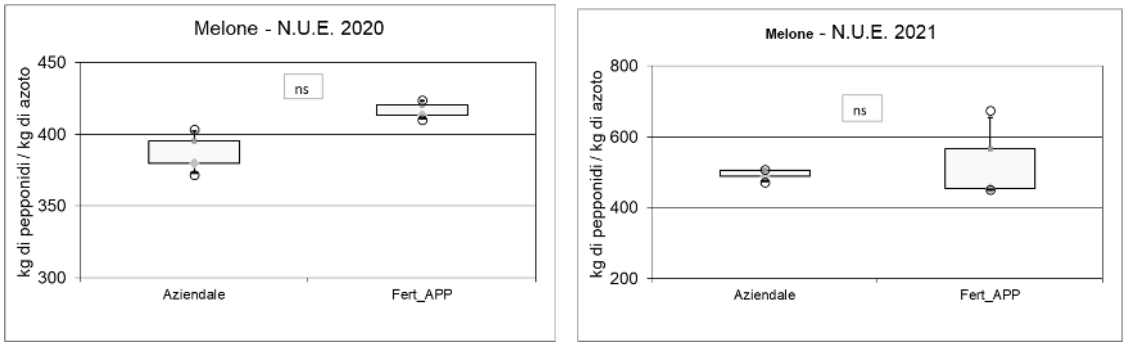



**Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel primo anno di prova, l'incremento di P.L.V. ottenuto con la tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale, è risultato essere di circa 1000 €/ha, pari al 7%, anche se non si sono osservate differenze statistiche tra la tesi. Nel secondo anno di prova non sono state osservate differenze.

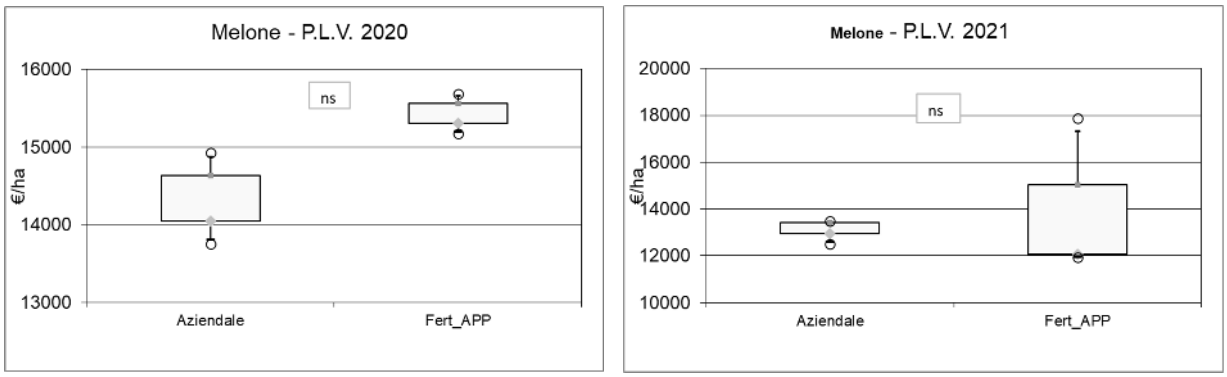



**Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa fogliare e peponidi. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- al trapianto;
- ad inizio fioritura;
- in corrispondenza del rapido ingrossamento delle peponidi;

- in prossimità della raccolta.

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel biennio di prova per le tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e peponidi. È evidente un maggior accumulo di sostanza secca nelle peponidi della tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale. L'accumulo di sostanza secca nella vegetazione ha mostrato differenze minori.

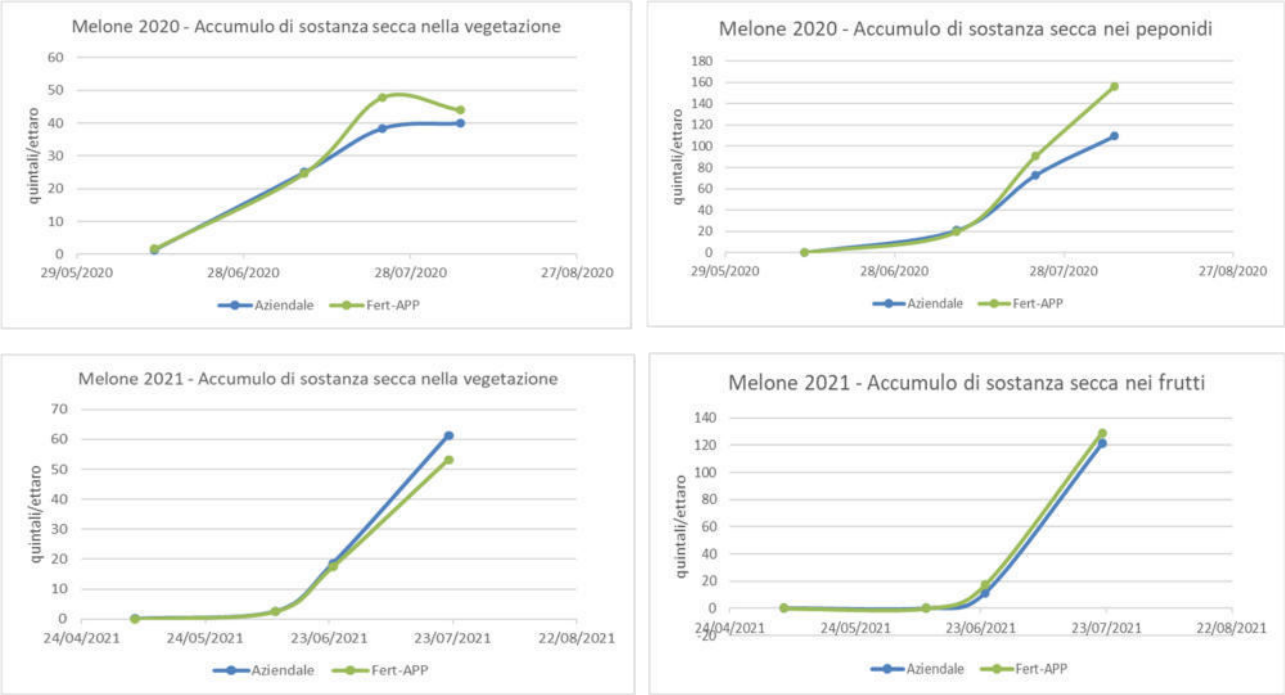



**Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

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 due tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e peponidi. Si osserva nuovamente un maggior assorbimento dell'azoto nelle peponidi della tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale e differenze minori nella vegetazione.

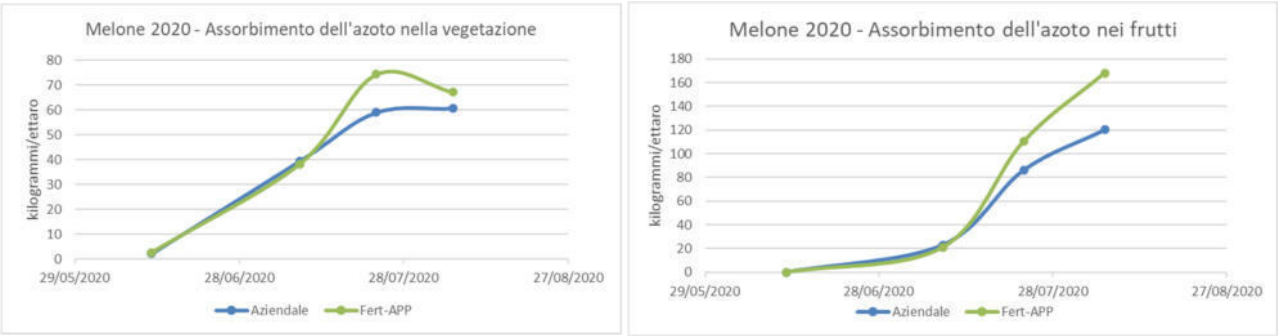


**Fig. 9a, 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.**

Il fabbisogno di azoto calcolato ad inizio stagione, nel primo anno di prova era stato stimato ipotizzando una resa attesa di 400 q/ha, ma le rese reali sono risultate essere superiori. Ricalcolando il fabbisogno di azoto su queste ultime, sono risultati essere più in linea i quantitativi assorbiti dalla tesi Fert-APP, che non con quelli della tesi Aziendale. Quest'ultima, evidentemente, ha risentito delle maggiori perdite per lisciviazione dovute al minor frazionamento delle concimazioni azotate. Nel secondo anno, invece, è risultato in linea con la stima iniziale.

**Fig. 10a e 10b – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.**

<u>Curve di assorbimento del fosforo</u>

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel biennio di prova per le due tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e peponidi. La distribuzione frazionata del fosforo mostra, sempre nelle peponidi, assorbimenti maggiori.

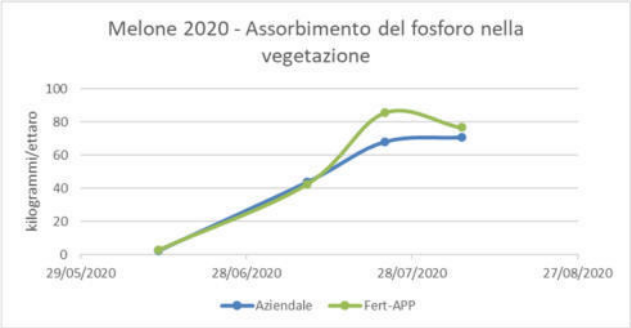


**Fig. 11a, 11b, 11c e 11d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio 2020-2021.**

Anche per il fosforo il fabbisogno stimato ad inizio stagione del primo anno è stato inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura in quanto le rese ottenute realmente sono state superiori.

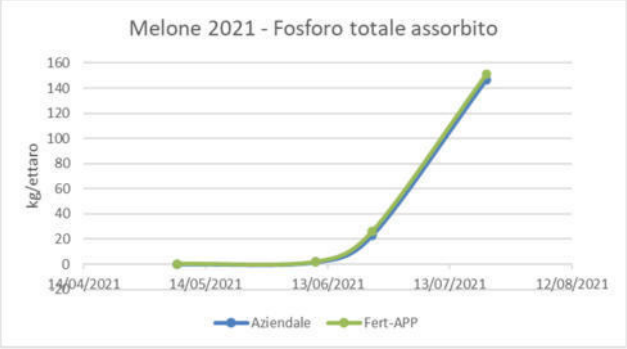
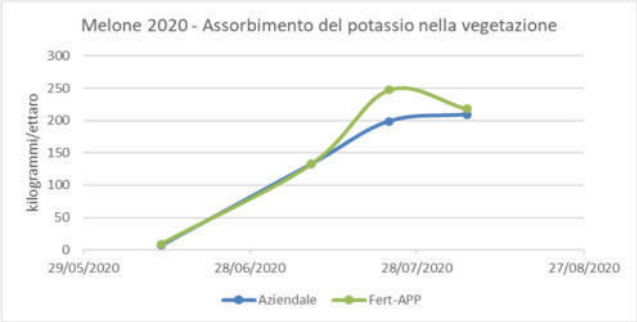
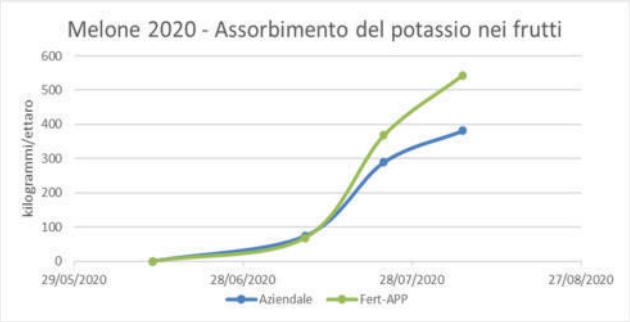



**Fig. 12a e 12b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio 2020-2021.**

<u>Curve di assorbimento del potassio</u>

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro per le due tesi a confronto, ripartito tra vegetazione e peponidi.



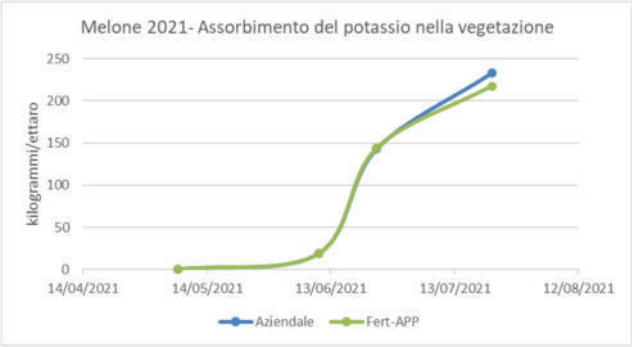
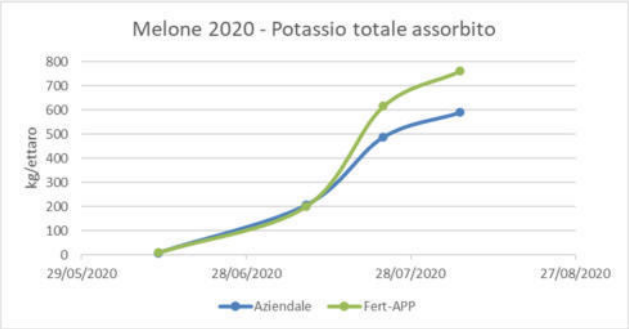


**Fig. 13a 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio 2020-2021.**

Le rese ottenute maggiori di quelle attese e l'elevata dotazione di potassio del terreno in prova hanno fatto registrare quantitativi assorbiti dalla coltura molto differenti tra loro.



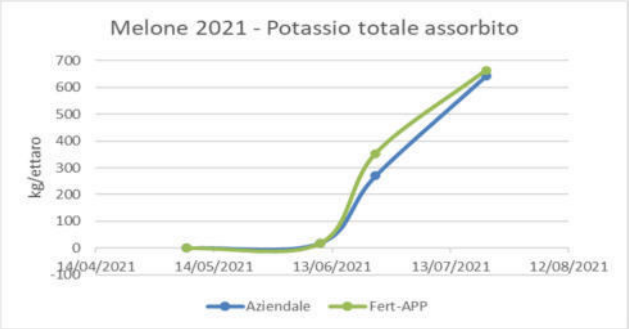




**Fig. 14a e 14b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio 2020-2021.**

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

Durante il biennio di prova, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato 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. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.

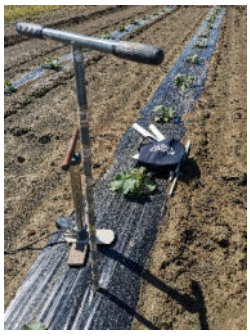
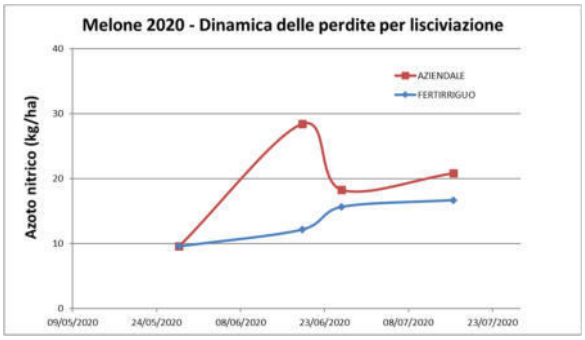
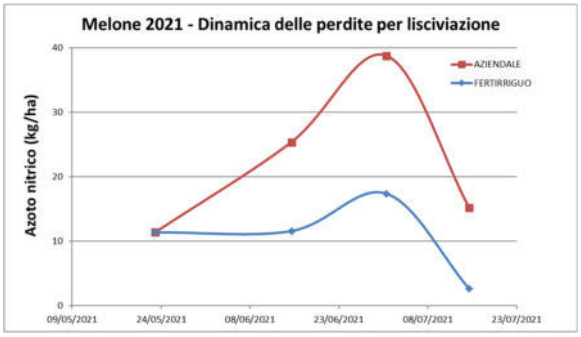


**Fig. 15– Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo posizionamento sulla coltura (dx).**

Nonostante le dosi di nutrienti, in particolar modo di azoto, siano state distribuite in fertirrigazione in entrambe le tesi, seppur modulate nel tempo in maniera differenziata, le perdite per lisciviazione osservata dimostrano ancora una volta l'importanza del frazionamento temporale. Risulta molto importante, quindi, evitare distribuzioni concentrate in pochi interventi. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura sottostante sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, nel biennio di prova 2020-2021.




## 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 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 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | F2 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | F3 | 410 | 10 | 5 | 150 | 30 | 10 | 250 | 5 | 20 | 100 |
| allegagione: inizio fase ( 0-5%) | F4 | 250 | 20 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 10 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | F5 | 275 | 20 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 10 | 20 | 50 |
| maturazione: inizio fase ( 0-5%) | F6 | 484 | 50 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 75 | 10 | 40 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | F7 | 400 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 2. Cocomero

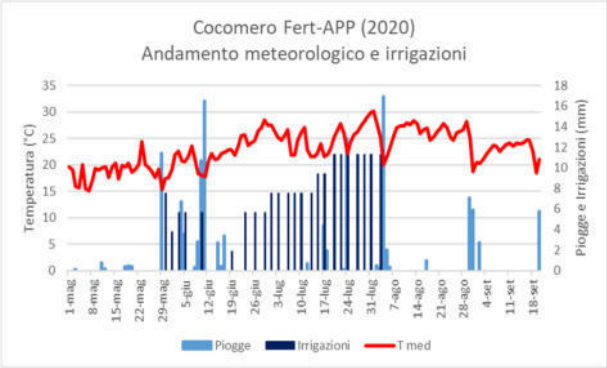
### Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021

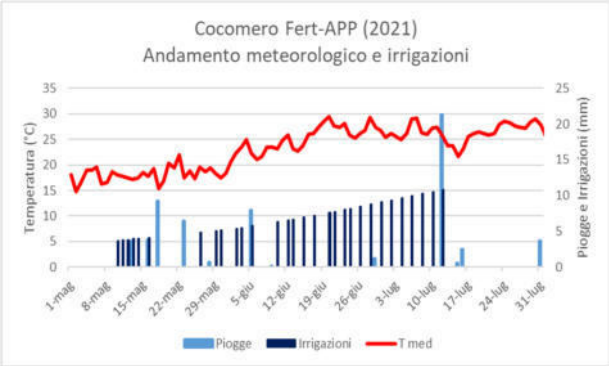
Per la coltura del Cocomero sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA), in un unico appezzamento di circa 500 $m^2$ suddiviso in sei parcelle: due strategie replicato tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all'impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 80 $m^2$, delimitandole mediante corridoi longitudinali al campo in prova. Il trapianto della coltura è avvenuto il primo anno in data 28 maggio 2020 e il secondo anno in data 4 maggio 2021, impiegando sempre lo stesso ibrido "Topgun", varietà medio-precoce con buona produttività, con un sesto di impianto di 2 m fra le file e 1 m sulla fila e con una densità teorica di 5000 piante per ettaro.

**Fig. 1- Impianto della coltura del Cocomero.**

### Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato tutto sommato simile tra le annate: caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale del cocomero con piogge significative solo nella prima decade di giugno, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere, nel 2020: di 193 mm, frazionati in 24 interventi con volumi medi di circa 8 mm e, nel 2021: di 207 mm, frazionati in 30 interventi con volumi medi di circa 9 mm.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 600 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, e sottoponendolo ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Il suolo è risultato avere una tessitura argillosa-limosa, con una reazione sub-alcalina, mediamente fornito di azoto, una buona dotazione di fosforo e alti livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata alta, ben dotati di calcio e magnesio, con un alto rapporto di questi elementi con il potassio che indicava bassi rischi potenziali per l'insorgenza di fenomeni di antagonismo con determinazione di fisiopatie da carenza. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per il Melone, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per entrambi gli anni di 106 kg/ha di N, 72 kg/ha di $P_2O_5$ e 38 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

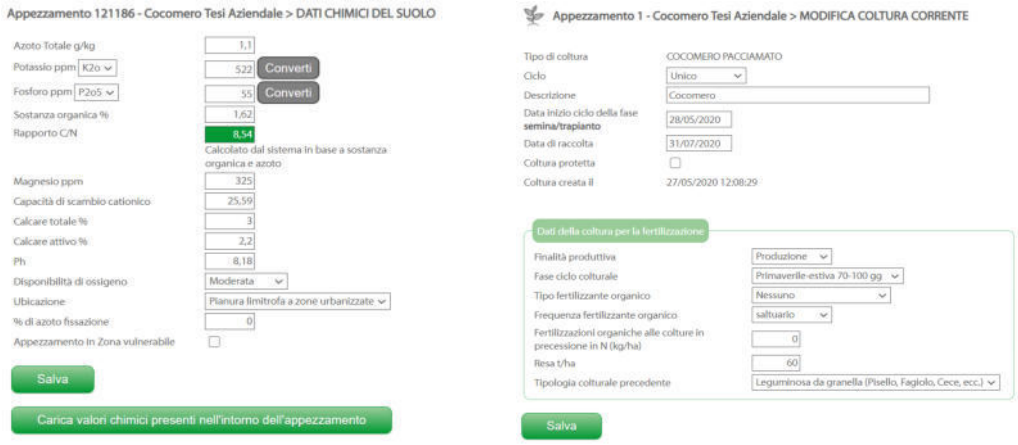



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

Il frazionamento dell'azoto e del potassio è avvenuto distribuendo una quota di fondo e la restante in fertirrigazione, veicolandola con le acque di irrigazione. La differenziazione fra le tesi è stata ottenuta frazionando maggiormente in fertirrigazione la tesi Fertirrinet-APP, seguendo il consiglio dell'applicativo. Per le distribuzioni in fertirrigazioni sono state impiegate formulazioni ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua.

| | **Fondo** | | | **Fertirrigazione** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | P2O5 | K2O | N | P2O5 | K2O |
| Aziendale | 30% | 80% | 60% | 70% | 20% | 40% |
| Fert-APP | 10% | 50% | 40% | 90% | 50% | 60% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno del Cocomero nel 2020 e 2021

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2020 in 9 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 18 per quella Fert-APP e nel 2021 in 7 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 7 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 7,1 | 0,0 | 0,0 |
| 20/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 7,1 | 0,0 | 0,0 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 10,8 | 0,0 | 38,3 |
| 15/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 14,4 | 0,0 | 0,0 |
| 13/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 10,7 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 10,7 | 0,0 | 0,0 |
| 01/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,4 | 0,0 | 0,0 |
| 29/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,4 | 0,0 | 0,0 |
| 23/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,4 | 0,0 | 0,0 |
| 19/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,1 | 0,6 | 2,8 | 0,0 |
| 15/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 05/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,3 | 1,5 | 7,6 | 0,0 |
| 05/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 7,1 | 0,0 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 1,3 | 6,4 | 31,8 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 4,6 | 0,0 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 26 | 0 | 0 | 0,9 | 9,9 | 0,0 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 0 | 46 | 0 | 1,6 | 0,0 | 29,9 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 18,5 | 0,0 | 0,0 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 10,8 | 0,0 | 38,3 |
| 13/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 21,4 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 21,4 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2020 | 0 | 61 | 0 | 0,1 | 0,0 | 2,5 | 0,0 |
| 05/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,1 | 0,5 | 2,5 | 0,0 |
| 01/06/2020 | 12 | 61 | 0 | 0,8 | 3,8 | 19,1 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 0 | 46 | 0 | 2,5 | 0,0 | 47,9 | 0,0 |
| 26/05/2020 | 26 | 0 | 0 | 2,8 | 29,9 | 0,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,8 | 9,9 | 0,0 | 35,0 |
| 15/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 05/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 11,0 | 0,0 | 39,0 |
| 05/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 19,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 5,6 | 0,0 | 20,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,7 | 24,4 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 5,6 | 0,0 | 20,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| 04/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 0 | 46 | 0 | 3,8 | 0,0 | 72,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 3,7 | 19,8 | 0,0 | 70,0 |
| 04/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

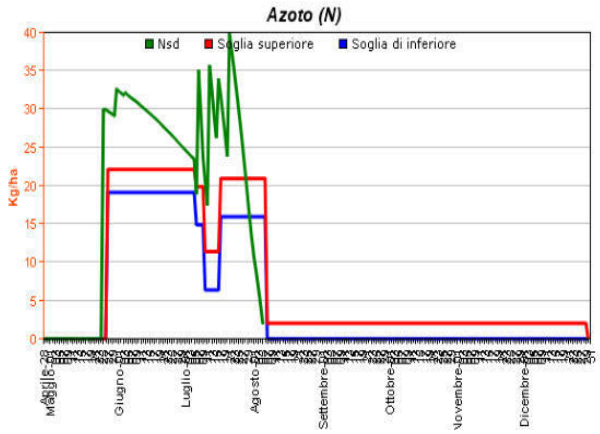
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 05/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 11,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,3 | 12,4 | 0,0 | 44,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 2,6 | 0,0 | 0,0 |
| 04/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 3,7 | 19,8 | 0,0 | 70,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 14/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 0 | 46 | 0 | 3,8 | 0,0 | 72,0 | 0,0 |
| 04/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 3,7 | 19,8 | 0,0 | 70,0 |
| 04/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

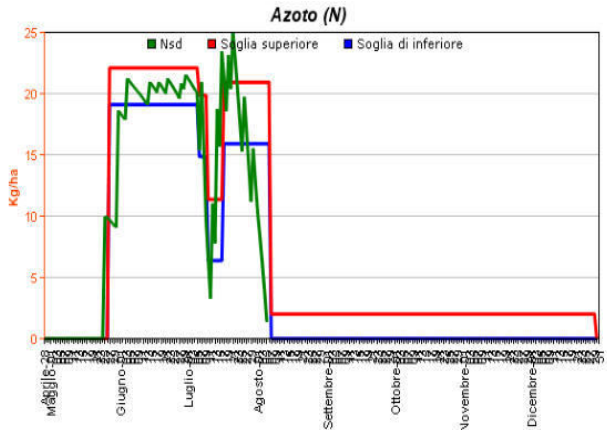
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx) 2020 e 2021.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 1 | False | 0 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | 2 | True | 400 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | 3 | True | 900 | 0,65 | False | 5 | 3 | 180 | 30 | 10 | 250 | 5 | 20 | 100 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 4 | True | 100 | 0,85 | False | 5 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 5 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase (0-50%) | 5 | True | 150 | 0,85 | False | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 10 | 20 | 50 |
| maturazione dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 540 | 0,85 | True | 80 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 80 | 10 | 40 |
| maturazione dei frutti: fase piena (> 50%) | 7 | False | 60 | 0,85 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

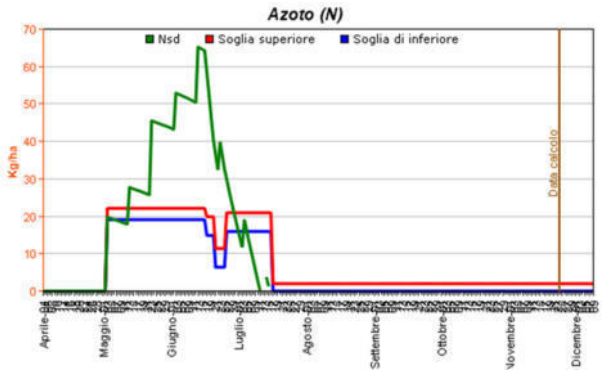
Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

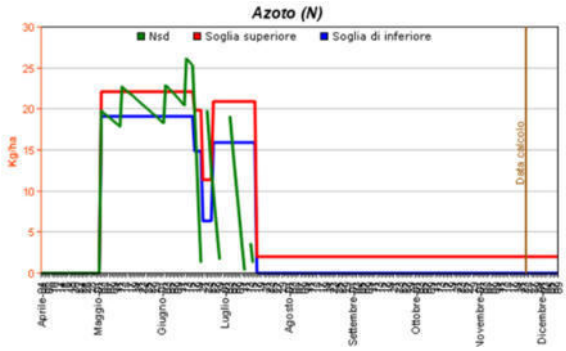
Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata per la tesi Aziendale (sx) e per quella Fert-APP (dx) nel 2020 la seguente:




Nel 2021 invece ha avuto il seguente andamento:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto del 2020

Nel biennio di prova 2020-2021, la raccolta è stata effettuata in maniera scalare in funzione del progressivo grado di maturazione delle peponidi. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica, con distinzione tra totale, commerciale e scarto

- suddivisione per classi di pezzatura,
- sostanza secca e brix,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio confermano le potenzialità della tecnica fertirrigua, con incrementi di resa commerciale osservati nella tesi Fert-APP, anche se statisticamente significativi solo nel 2020.

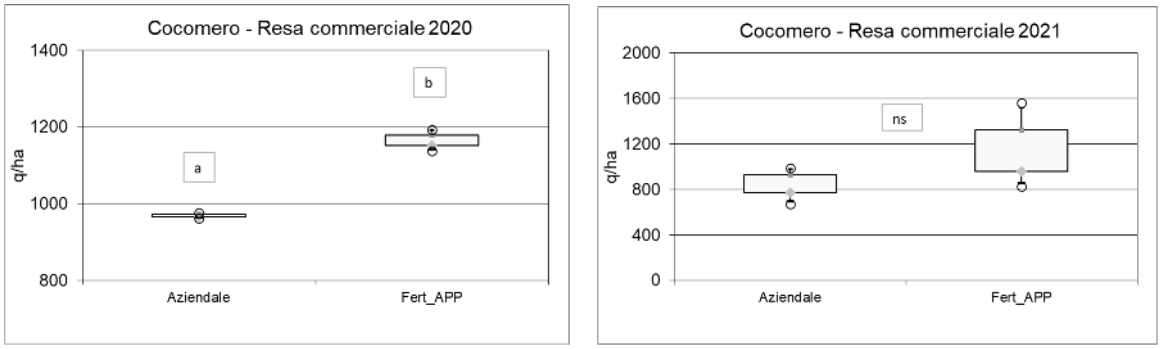



**Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.**

Anche per il Cocomero. L'incremento di resa è dovuto principalmente ad un aumento del grado Brix che è risultato essere significativamente maggiore nella tesi Fert-APP. Infatti, il frazionamento nel tempo dell'azoto, effettuato maggiormente per la tesi Fert-APP, ha influenzato positivamente l'accumulo di sostanza secca nelle peponidi e di conseguenza il loro tenore zuccherino.

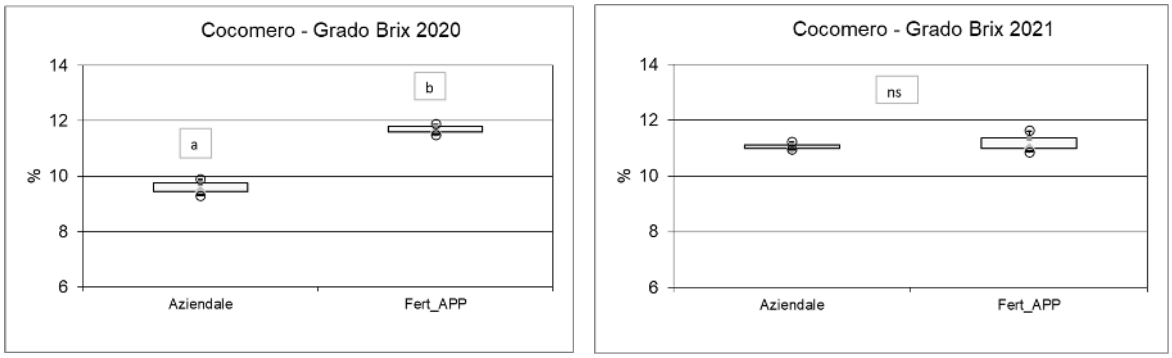



**Fig. 5 – Differenti gradi Brix osservati nel 2020 e nel 2021.**

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. La maggiore ripartizione temporale ha fatto osservare differenze statisticamente significative.

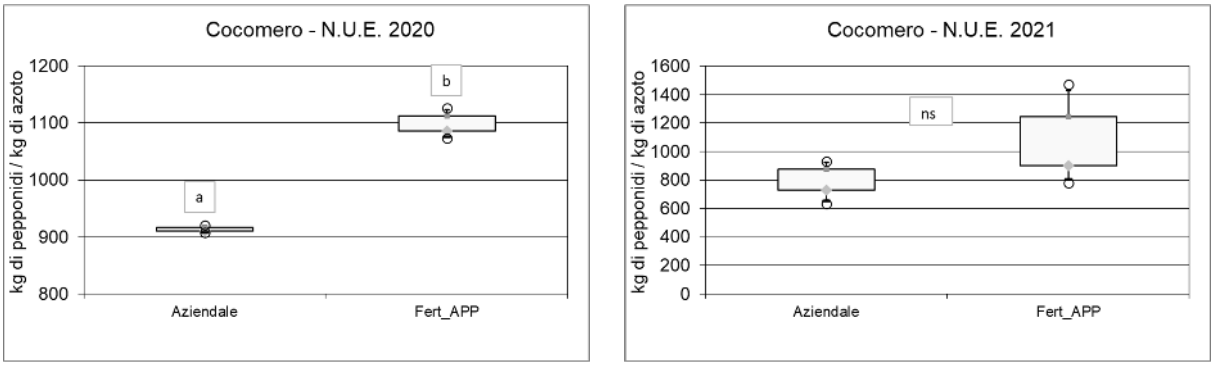



**Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel primo anno di prova, l'incremento di P.L.V. ottenuto con la tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale, è risultato di circa essere di circa 2000 €/ha, pari al 20%, facendo osservare differenze statistiche tra la tesi.

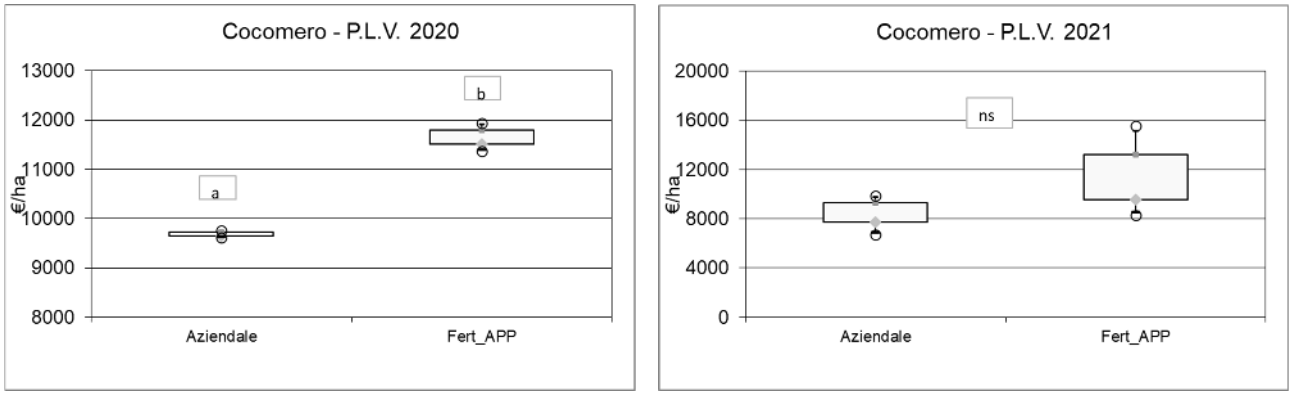



**Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa fogliare e peponidi. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- al trapianto;
- ad inizio fioritura;

- in corrispondenza del rapido ingrossamento dei peponidi;
- in prossimità della raccolta.

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel primo anno di prova per le tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e peponidi. È evidente un maggior accumulo di sostanza secca nella vegetazione della tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale. L'accumulo di sostanza secca nelle peponidi ha mostrato differenze minori.

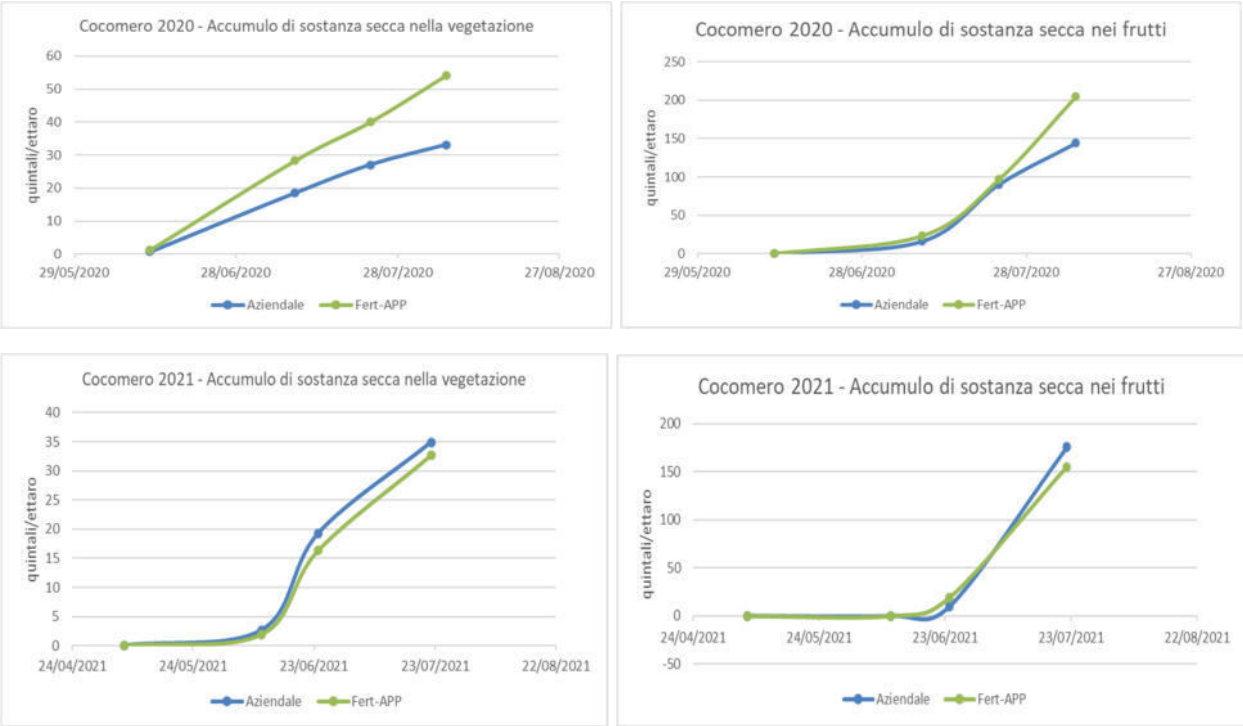



**Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

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 due tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e peponidi.

**Fig. 9a 9b 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

Il fabbisogno di azoto calcolato ad inizio stagione era stato stimato ipotizzando una resa attesa di 600 q/ha, ma le rese reali sono risultate essere di gran lunga superiori. Ricalcolando il fabbisogno di azoto su queste ultime, sono risultati essere più in linea i quantitativi assorbiti dalla tesi Fert-APP, che non con quelli della tesi Aziendale. Quest'ultima, evidentemente, ha risentito delle maggiori perdite per lisciviazione dovute al minor frazionamento delle concimazioni azotate.

**Fig. 10a e 10b – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento del fosforo</u>

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel 2020 per le due tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e peponidi. La distribuzione frazionata del fosforo mostra assorbimenti maggiori.

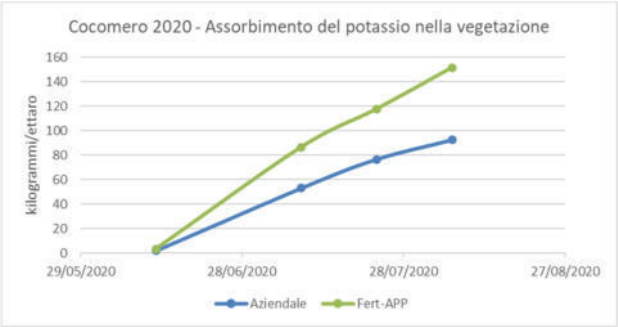
**Fig. 11a, 11b, 11c e 11d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.**

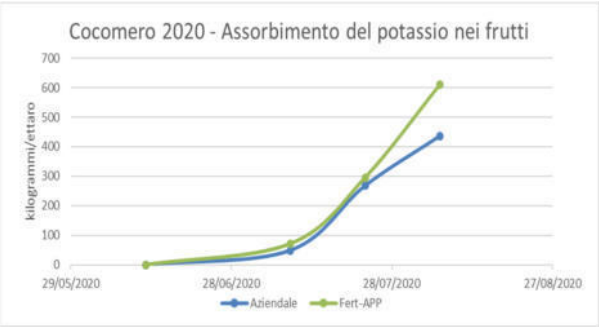
Il fabbisogno di fosforo stimato ad inizio stagione è stato inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura in quanto le rese ottenute realmente sono state superiori.

**Fig. 12a e 12b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento del potassio</u>

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro per le due tesi a confronto, ripartito tra vegetazione e peponidi.



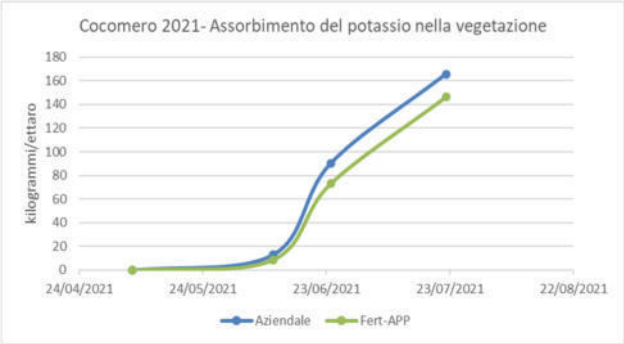
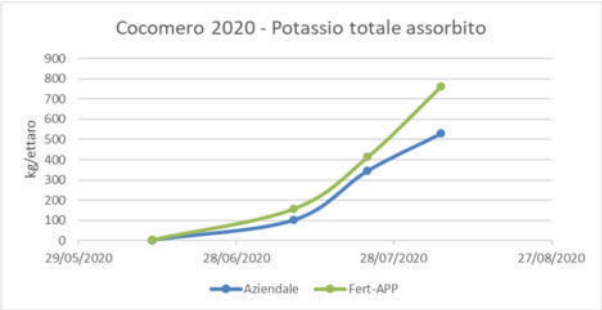


**Fig. 13a, 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.**

Le rese reali maggiori di quelle attese e l'elevata dotazione di potassio del terreno in prova hanno fatto registrare quantitativi assorbiti dalla coltura molto differenti tra loro.



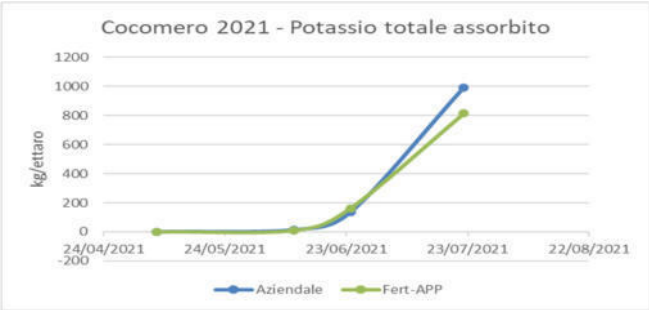




**Fig. 14a e 14b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.**

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

Durante il biennio di prova, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato 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. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.

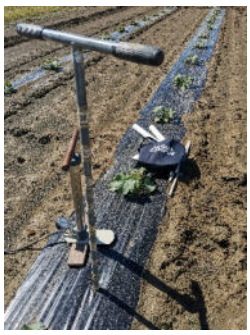


**Fig. 15– Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo posizionamento sulla coltura (dx).**

Nonostante le dosi di nutrienti, in particolar modo di azoto, siano state distribuite in fertirrigazione in entrambe le tesi, seppur modulate nel tempo in maniera differenziata, le perdite per lisciviazione osservata dimostrano ancora una volta l'importanza del frazionamento temporale. Risulta molto importante, quindi, evitare distribuzioni concentrate in pochi interventi. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura sottostante sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio di prova.

## 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 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 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| semina/trapianto | F2 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| apertura dei fiori maschili: inizio fase ( 0-5%) | F3 | 410 | 5 | 3 | 180 | 30 | 10 | 250 | 5 | 20 | 100 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | F4 | 250 | 5 | 5 | 70 | 40 | 10 | 80 | 5 | 20 | 70 |
| ingrossamento dei frutti: inizio fase (0-50%) | F5 | 275 | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 70 | 10 | 20 | 50 |
| maturazione dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | F6 | 484 | 80 | 5 | 30 | 0 | 10 | 20 | 80 | 10 | 40 |
| maturazione dei frutti: fase piena (> 50%) | F7 | 400 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 3. Carota

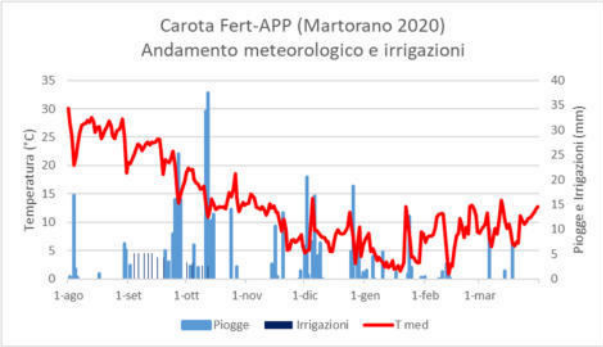
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

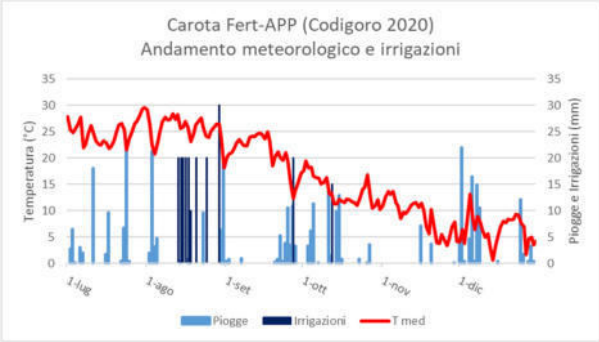
Per la coltura della Carota, sono state condotte prove sia presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA) che presso l'Azienda agricola Benassi. Per quest'ultima non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita in regime biologico. Le prove sono state effettuate in appezzamenti unici, rispettivamente di circa 1000 m2 e 1 ha. In seguito all'impianto della coltura, sono state individuate le parcelle. Le semine della coltura sono state effettuate nel 2020 rispettivamente in data 02 settembre e 12 agosto e, nel 2021, sempre rispettivamente, in data 10 agosto e 22 luglio, utilizzando sempre gli stessi ibridi: Nantes 2 e Bolero, con una densità teorica di 1.300.000 di semi per ettaro e un sesto di impianto a file binate con prose da 1,8 m.

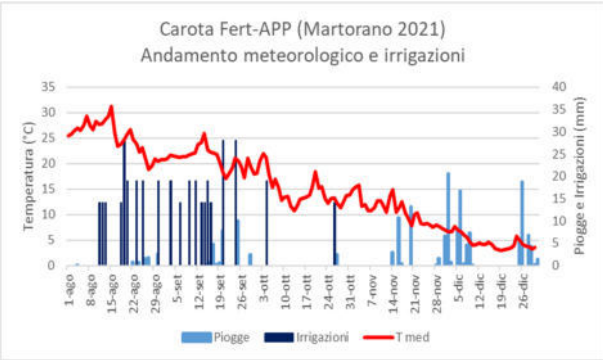
**Fig. 1- Particolare dell'emergenza della coltura della Carota.**

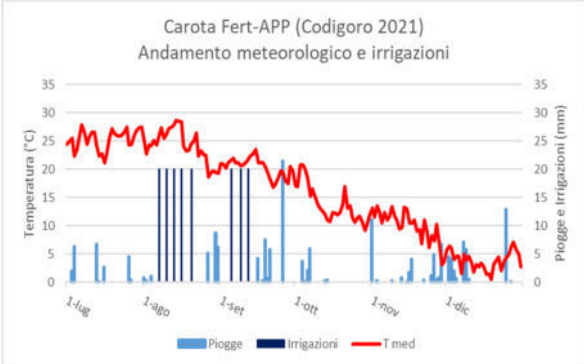
**Andamento meteorologico e irrigazioni**

L'andamento meteorologico del biennio di prova non è risultato simile tra le annate più piovoso nel 2020 e siccitoso nel 2021. Le irrigazioni sono state effettuate presso il sito di Martorano5 seguendo il bilancio di IRRIFRAME e sono risultate essere nel 2020 di 45 mm, frazionati in 11 interventi con volumi medi di circa 5 mm e nel 2021 di 381 mm, frazionati in 21 interventi con volumi medi di circa 20 mm. Presso il sito di Codigoro le irrigazioni sono invece state effettuate seguendo la prassi aziendale e sono risultate essere nel 2020 di 215 mm, frazionati in 11 interventi con volumi medi di circa 20 mm e nel 2021 di 160 mm, frazionati in 10 interventi con volumi medi di circa 15 mm.




## Gestione delle fertilizzazioni

Per entrambe le prove, i fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 500 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, e sottoposto ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale degli appezzamenti. I suoli sono risultati avere una tessitura argillosa nel primo caso e sabbiosa nel secondo.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la carota, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per entrambi gli anni di e 159,8 kg/ha di N, 112,6 kg/ha di $P_2O_5$ e 145,6 kg/ha di $K_2O$ per Martorano5 e, per il sito di Codigoro, di 157 kg/ha di N, 80 kg/ha di $P_2O_5$ e 300 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

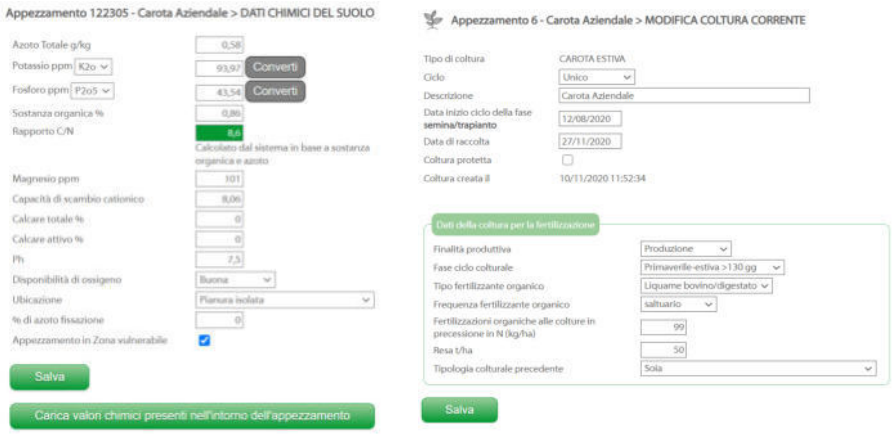



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

La distribuzione dell'azoto, del fosforo e del potassio è avvenuta frazionando nel tempo le dosi nel sito di Martorano5 e in un'unica soluzione di fondo impiegando composti a base di letame bovino e pollina in quello di Codigoro. Le date e le dosi distribuite sono riportate nelle rispettive tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28/09/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 58,6 | 0,0 | 0,0 |
| 28/09/2020 | 0 | 0 | 50 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 64,3 |
| 28/08/2020 | 0 | 46 | 0 | 1,6 | 0,0 | 101,9 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 0 | 0 | 50 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 92,9 |
| 28/08/2020 | 26 | 0 | 0 | 1,6 | 59,4 | 0,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/08/2020 | 2,5 | 2,5 | 0 | 500,0 | 12,5 | 12,5 | 0,0 |
| 03/08/2020 | 4 | 1,5 | 4 | 1000,0 | 40,0 | 15,0 | 40,0 |
| 03/08/2020 | 4 | 1,5 | 4 | 1000,0 | 40,0 | 15,0 | 40,0 |
| 03/08/2020 | 4 | 1,5 | 4 | 100,0 | 4,0 | 1,5 | 4,0 |

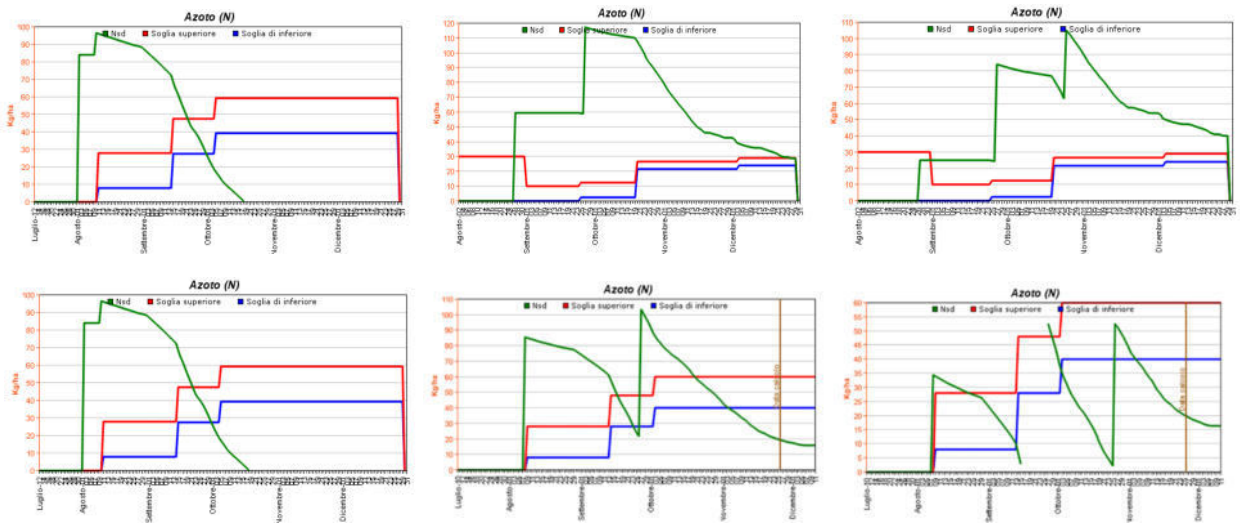
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27/10/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 24,1 | 0,0 | 85,4 |
| 27/10/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,6 | 27,4 | 0,0 | 0,0 |
| 28/09/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 73,3 | 0,0 | 0,0 |
| 28/09/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,7 | 12,1 | 0,0 | 42,7 |
| 09/08/2021 | 0 | 46 | 0 | 2,2 | 0,0 | 142,9 | 0,0 |
| 09/08/2021 | 26 | 0 | 0 | 0,9 | 34,4 | 0,0 | 0,0 |
| 09/08/2021 | 0 | 0 | 50 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 85,7 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28/09/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 48,9 | 0,0 | 0,0 |
| 28/09/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 36,4 | 0,0 | 128,8 |
| 09/08/2021 | 0 | 0 | 50 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 128,6 |
| 09/08/2021 | 0 | 46 | 0 | 2,2 | 0,0 | 142,9 | 0,0 |
| 09/08/2021 | 26 | 0 | 0 | 2,3 | 85,4 | 0,0 | 0,0 |

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 1 | False | 0 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| semina/trapianto | 2 | True | 140 | 0,40 | False | 0 | 30 | 0 | 0 | 20 | 100 | 0 | 30 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | 3 | True | 410 | 0,50 | True | 5 | 20 | 100 | 50 | 20 | 100 | 0 | 20 | 100 |
| 6a foglia vera | 4 | True | 250 | 0,70 | True | 15 | 20 | 50 | 30 | 20 | 150 | 2 | 20 | 50 |
| Lunghezza fittone >20 cm | 5 | True | 275 | 0,80 | True | 25 | 20 | 50 | 20 | 20 | 120 | 8 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 2 cm | 6 | True | 484 | 1,00 | True | 55 | 20 | 50 | 0 | 20 | 0 | 90 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 4 cm | 7 | True | 400 | 1,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata la seguente:




Codigoro Aziendale Martorano Aziendale Martorano Fert-APP

**<u>Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto del 2020</u>**

Nel 2020, le raccolte sono state effettuate il 24 novembre e il 12 marzo 2021. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica, con distinzione tra totale, commerciale e scarto
- suddivisione per classi di pezzatura,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

Pur considerati, per semplicità, si riportano solo i risultati ottenuti presso il sito di Martorano 5.

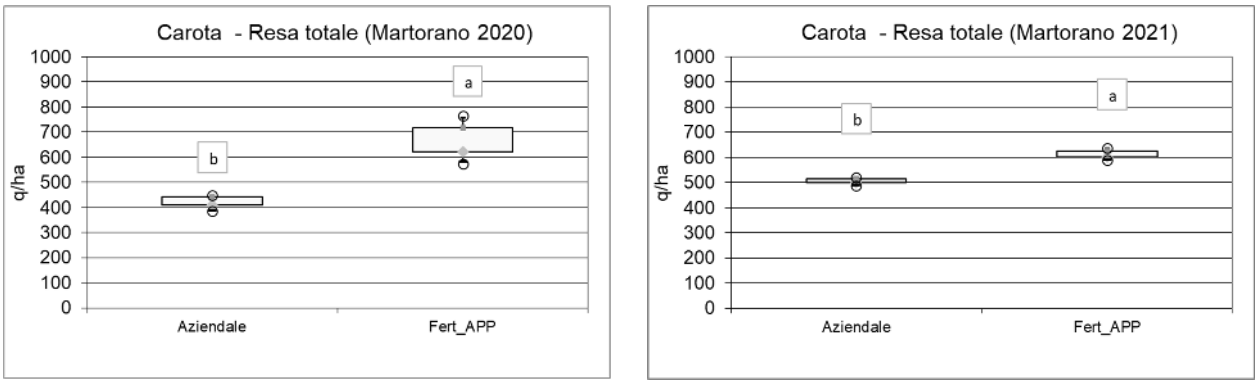



**Fig. 4 – Rese totali ottenute nel 2020 e nel 2021.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

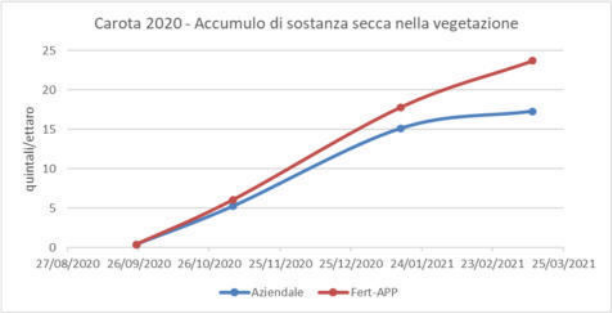
Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa fogliare e fittoni. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- 6ª foglia vera;
- Fittone > 20 cm;
- in prossimità della raccolta.

<u>Accumulo di sostanza secca</u>

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel primo anno di prova, ripartito in biomassa vegetale e fittoni.



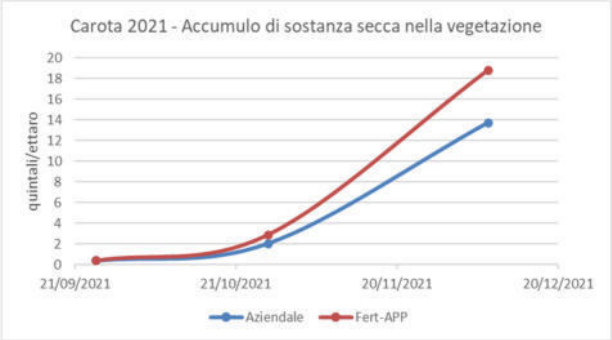


**Fig. 5a, 5b, 5c e 5d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento dell'azoto</u>

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito sempre tra vegetazione e fittoni.

**Fig. 6a 6b, 6c e 6d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

Pur essendo risultata la resa osservata in linea con quella attesa, il fabbisogno di azoto calcolato ad inizio stagione è risultato essere di gran lunga superiore a quello osservato.

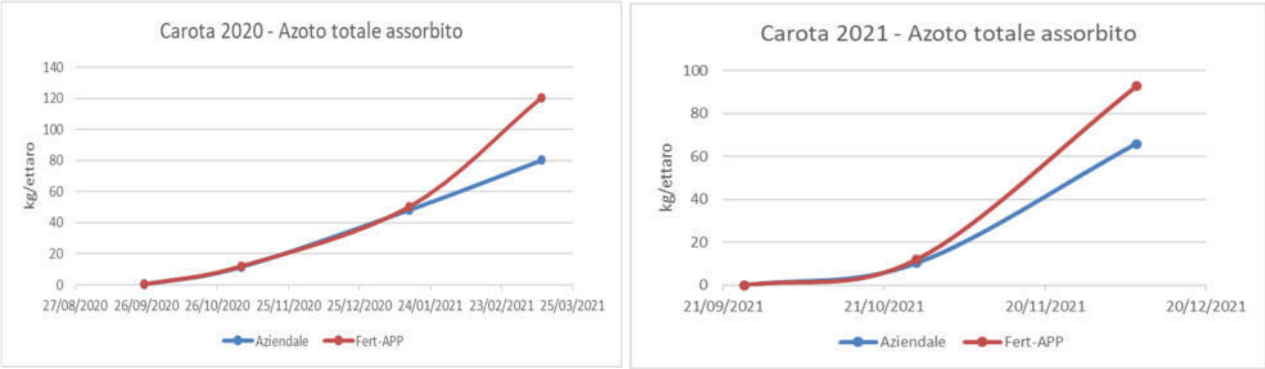



**Fig. 7a e 7b – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento del fosforo</u>

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel 2020, ripartito sempre tra vegetazione e fittoni. Il fabbisogno di fosforo, invece, è in linea con gli assorbimenti attesi.

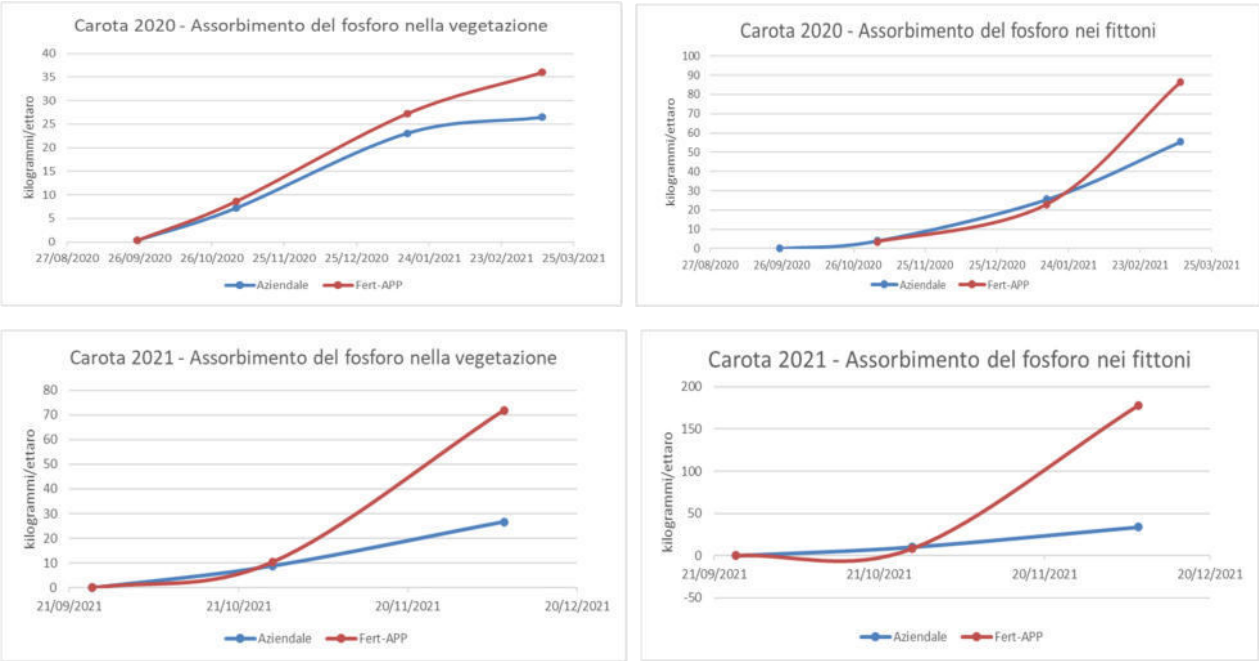



**Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

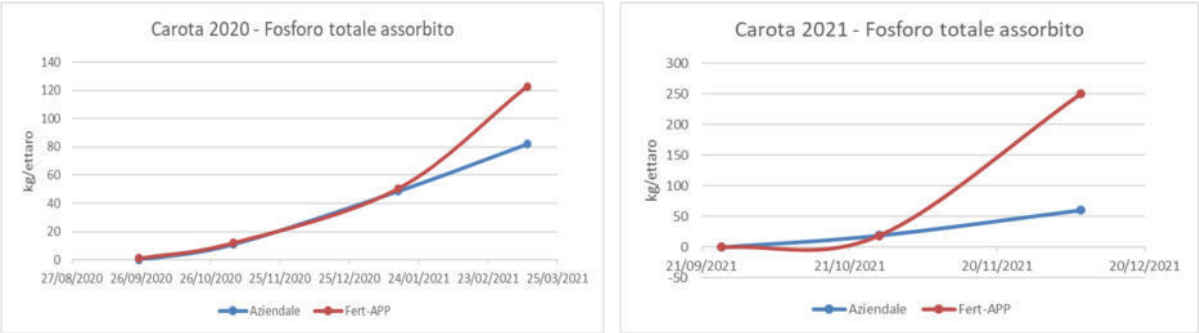



**Fig. 9a e 9b – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.**

Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro, ripartito tra vegetazione e fittoni.

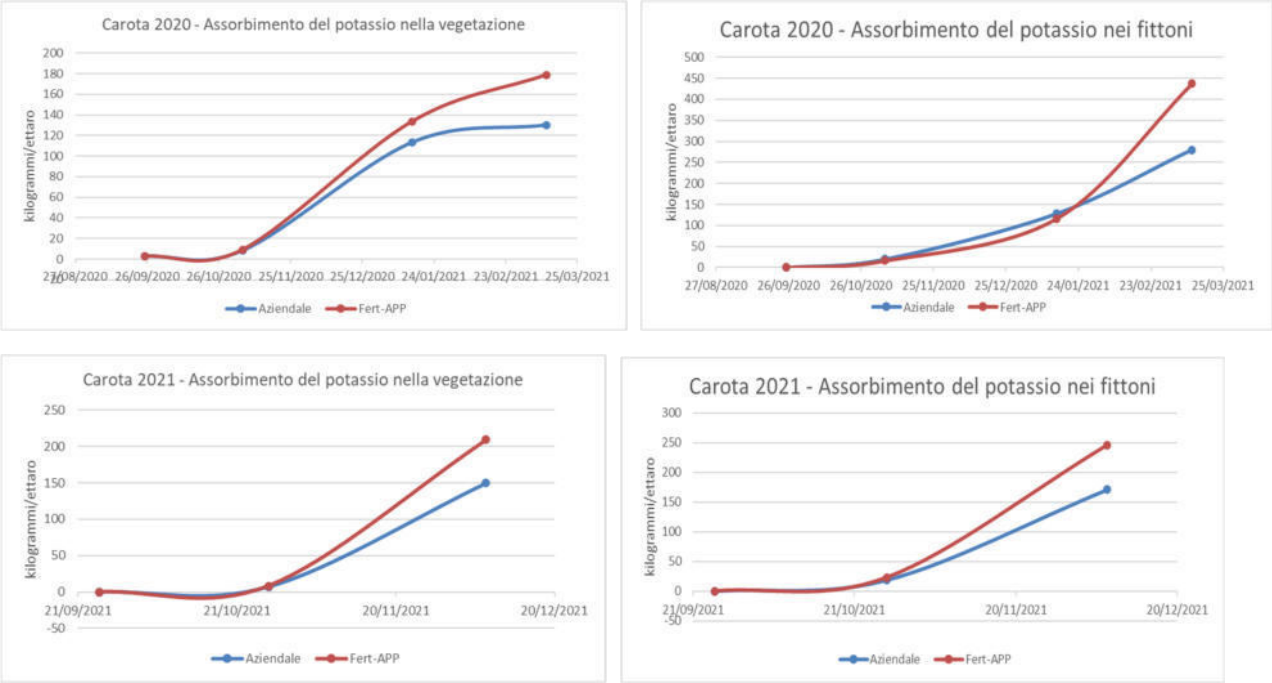



**Fig. 10a 10b, 10c e 10d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.**

Anche gli assorbimenti del potassio sono risultati in linea con quelli attesi.

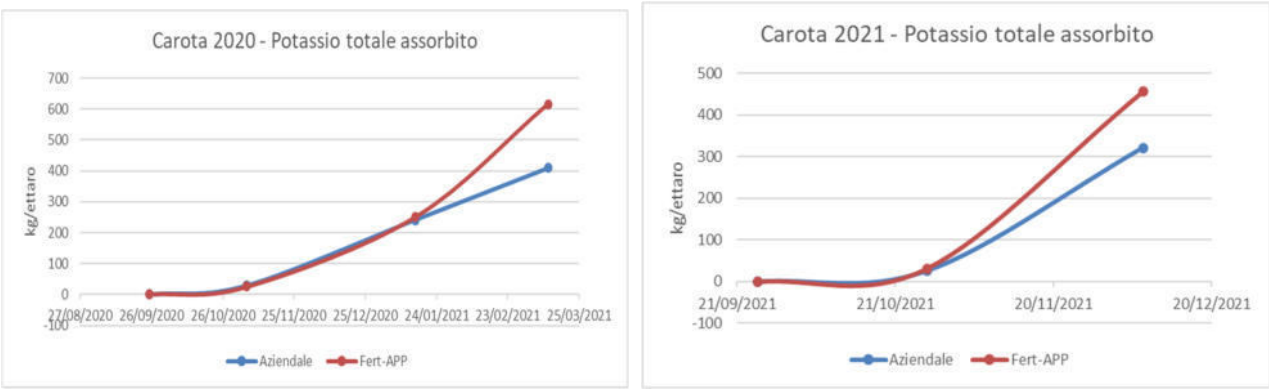


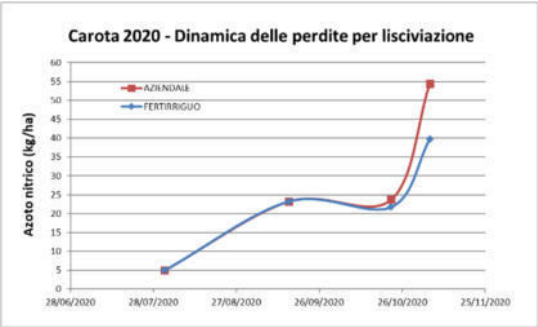

**Fig. 11 – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.**

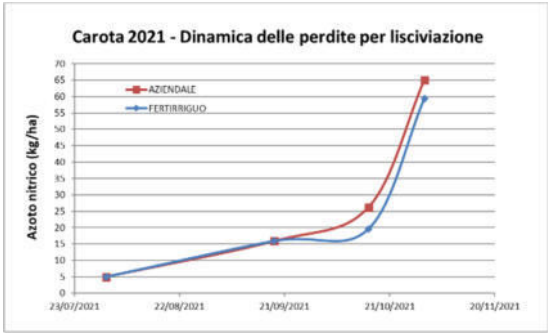
**Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

Durante il biennio di prova, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato 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. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.

Nonostante le dosi di nutrienti, in particolar modo di azoto, siano state distribuite in fertirrigazione in entrambe le tesi, seppur modulate nel tempo in maniera differenziata, le perdite per lisciviazione osservata dimostrano ancora una volta l'importanza del frazionamento temporale. Risulta molto importante, quindi, evitare distribuzioni concentrate in pochi interventi. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura sottostante sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio di prova.




## 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 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 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| semina/trapianto | F2 | 140 | 0 | 30 | 0 | 0 | 20 | 100 | 0 | 30 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | F3 | 410 | 5 | 20 | 100 | 50 | 20 | 100 | 0 | 20 | 100 |
| 6a foglia vera | F4 | 250 | 15 | 20 | 50 | 30 | 20 | 150 | 2 | 20 | 50 |
| Lunghezza fittone >20 cm | F5 | 275 | 25 | 20 | 50 | 20 | 20 | 120 | 8 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 2 cm | F6 | 484 | 55 | 20 | 50 | 0 | 20 | 0 | 90 | 20 | 50 |
| Diametro fittone > 4 cm | F7 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

# 4. Cipolla

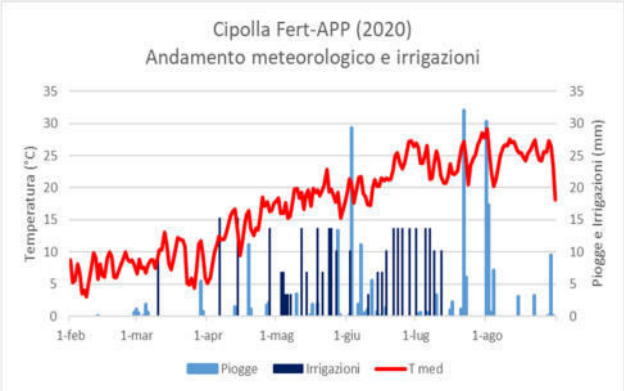
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

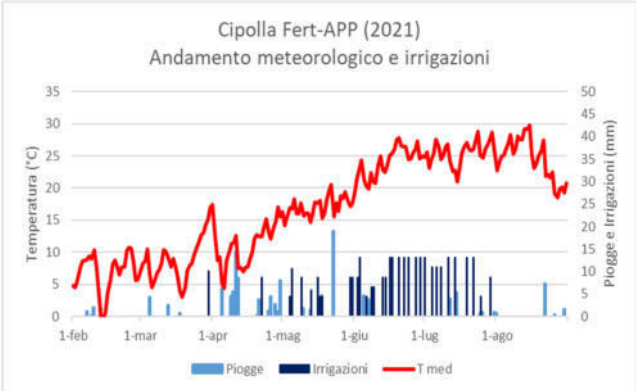
Per la coltura della Cipolla sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili" del CER, in un unico appezzamento di circa 2000 $m^2$ suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito alla semina della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 300 $m^2$, delimitandole mediante corridoi longitudinali al campo in prova. La semina della coltura è avvenuta nel 2020 in data 20 febbraio e nel 2021 in data 25 febbraio, impiegando nel primo anno l'ibrido "Red Rum" e nel secondo "Derek", con un sesto di impianto a file binate con prose da 1,6 m e impiegando 750.000 semi per ettaro.

**Fig. 1- Impianto della coltura della Cipolla.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato differente tra le annate: nel 2020 caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale della Cipolla con piogge significative solo nella prima decade di giugno e fine luglio, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo e nel 2021 caldo e siccitoso per tutto il ciclo colturale della Cipolla senza piogge significative. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere nel 2020 di 309 mm, frazionati in 30 interventi con volumi medi di circa 13 mm e nel 2021 di 344 mm, frazionati in 33 interventi con volumi medi di circa 9 mm.




## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 450 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, e sottoponendolo ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Il suolo è risultato essere nel complesso sciolto, con una reazione mediamente alcalina, un basso contenuto di azoto, una dotazione media di fosforo e alti livelli di potassio e ben dotati di calcio e magnesio.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la Cipolla, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per il 2020 di 121 kg/ha di N, 54 kg/ha di $P_2O_5$ e 160 kg/ha di $K_2O$ e per il 2021 di 140,6 kg/ha di N, 72 kg/ha di $P_2O_5$ e 222 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

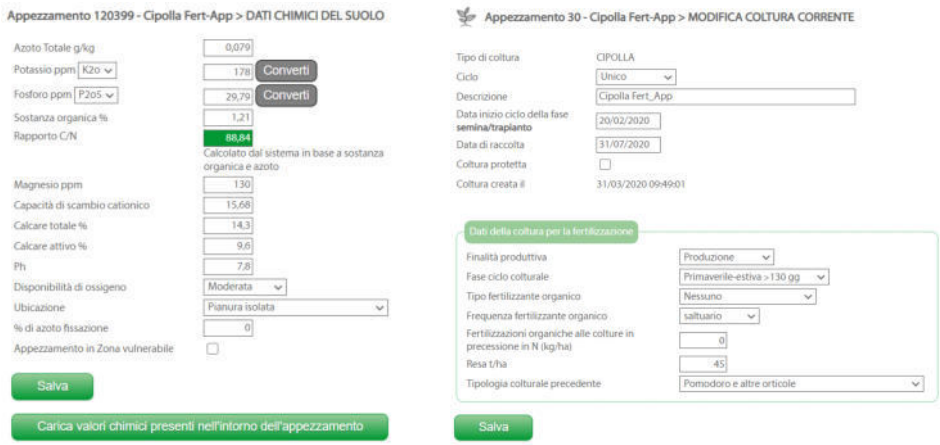



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

Il frazionamento dell'azoto e del potassio è avvenuto distribuendo una quota di fondo e la restante in fertirrigazione, veicolandola con le acque di irrigazione. La differenziazione fra le tesi è stata ottenuta frazionando maggiormente in fertirrigazione la tesi Fertirrinet-APP, seguendo il consiglio dell'applicativo. Per le distribuzioni in fertirrigazioni sono state impiegate formulazioni ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua.

| | **Fondo** | | | **Fertirrigazione** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | P2O5 | K2O | N | P2O5 | K2O |
| Aziendale | 30% | 100% | 25% | 70% | 0% | 75% |
| Fert-APP | 30% | 100% | 25% | 70% | 0% | 75% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno della Cipolla nel 2020 e nel 2021

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2020 in 8 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 14 per quella Fert-APP e nel 2021 in 4 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 13 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 02/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| 02/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 29/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 3,8 | 0,0 | 0,0 |
| 26/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 5,6 | 0,0 | 0,0 |
| 22/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 1,9 | 0,0 | 0,0 |
| 19/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 1,4 | 0,0 | 5,0 |
| 19/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 3,8 | 0,0 | 0,0 |
| 16/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,3 | 0,4 | 0,0 | 1,5 |
| 16/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,1 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 1,9 | 0,0 | 6,6 |
| 15/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 1,9 | 0,0 | 0,0 |
| 11/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 1,4 | 0,0 | 5,0 |
| 29/05/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 7,5 | 0,0 | 0,0 |
| 25/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 2,1 | 0,0 | 7,6 |
| 25/05/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 3,8 | 0,0 | 0,0 |
| 22/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 1,4 | 0,0 | 5,0 |
| 20/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 2,9 | 0,0 | 10,1 |
| 20/05/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 7,5 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 2,9 | 0,0 | 10,1 |
| 13/05/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 5,6 | 0,0 | 0,0 |
| 29/04/2020 | 13 | 0 | 46 | 7,0 | 10,0 | 0,0 | 35,3 |
| 29/04/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 18,8 | 0,0 | 0,0 |
| 17/02/2020 | 2,8 | 2,5 | 3 | 114,0 | 35,0 | 31,3 | 37,5 |
| 17/02/2020 | 0 | 46 | 0 | 6,0 | 0,0 | 30,3 | 0,0 |
| 17/02/2020 | 0 | 0 | 50 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 35,6 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 05/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 7,0 | 5,4 | 0,0 | 19,2 |
| 30/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 10,2 | 0,0 | 0,0 |
| 21/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 3,0 | 6,1 | 0,0 | 0,0 |
| 18/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 3,0 | 6,1 | 0,0 | 0,0 |
| 17/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 3,0 | 6,1 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 3,9 | 0,0 | 13,7 |
| 07/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 3,9 | 0,0 | 13,7 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 3,9 | 0,0 | 13,7 |
| 31/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 10,0 | 7,7 | 0,0 | 27,4 |
| 31/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 10,2 | 0,0 | 0,0 |
| 19/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 3,9 | 0,0 | 13,7 |
| 14/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 15,0 | 11,6 | 0,0 | 41,1 |
| 06/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 25,0 | 19,3 | 0,0 | 68,5 |
| 28/01/2021 | 2,8 | 3 | 2 | 250,0 | 41,7 | 44,6 | 29,8 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 02/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 29/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 5,6 | 0,0 | 0,0 |
| 22/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 0,3 | 0,0 | 1,0 |
| 19/06/2020 | 3 | 0 | 30 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 9,9 |
| 03/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 18,8 | 0,0 | 0,0 |
| 29/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 3,0 | 4,3 | 0,0 | 15,1 |
| 22/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 7,1 | 0,0 | 25,2 |
| 29/04/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 10,0 | 37,5 | 0,0 | 0,0 |
| 29/04/2020 | 13 | 0 | 46 | 7,0 | 10,0 | 0,0 | 35,3 |
| 17/02/2020 | 0 | 0 | 50 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 35,6 |
| 17/02/2020 | 0 | 46 | 0 | 6,0 | 0,0 | 30,3 | 0,0 |
| 17/02/2020 | 2,8 | 2,5 | 3 | 114,0 | 35,0 | 31,3 | 37,5 |

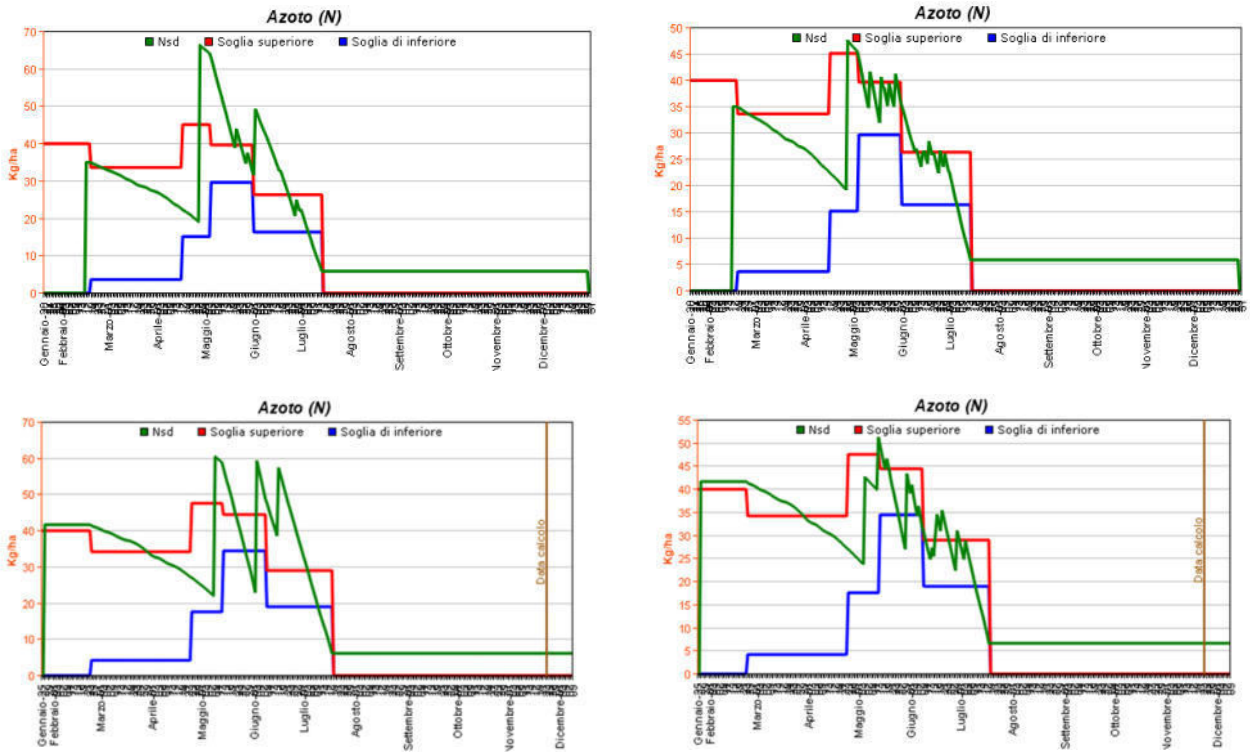
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 10,0 | 20,4 | 0,0 | 0,0 |
| 04/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 50,0 | 38,7 | 0,0 | 136,9 |
| 10/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 50,0 | 38,7 | 0,0 | 136,9 |
| 28/01/2021 | 2,8 | 3 | 2 | 250,0 | 41,7 | 44,6 | 29,8 |

Tabelle 2a e 2b e 2c e 2d – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pre-emergenza | 1 | False | 0 | 0,30 | False | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| semina/trapianto | 2 | True | 50 | 0,40 | False | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | 3 | True | 550 | 0,50 | False | 2 | 30 | 30 | 5 | 20 | 1800 | 5 | 20 | 250 |
| terza foglia: inizio fase ( 0-5%) | 4 | True | 300 | 0,70 | False | 3 | 30 | 250 | 5 | 15 | 1700 | 5 | 50 | 170 |
| 4° foglia/inizio formaz. Bulbo: fase piena (> 50%) | 5 | True | 500 | 1,00 | False | 57 | 40 | 70 | 40 | 10 | 130 | 20 | 10 | 130 |
| collasso del collo: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 1000 | 0,80 | True | 38 | 10 | 30 | 50 | 10 | 20 | 70 | 10 | 50 |
| collasso del collo: fase piena (> 50%) | 7 | False | 200 | 0,40 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata per la tesi Aziendale (sx) e per quella Fert-APP (dx) la seguente:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto del biennio 2020-2021

Nel biennio di prova, le raccolte sono state effettuate rispettivamente in data 20 luglio e 5 agosto. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica, con distinzione tra totale, commerciale e scarto
- suddivisione per classi di pezzatura,
- sostanza secca,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio di prova confermano le potenzialità della tecnica fertirrigua, anche se non si sono osservate differenze statisticamente significative in termini di resa.

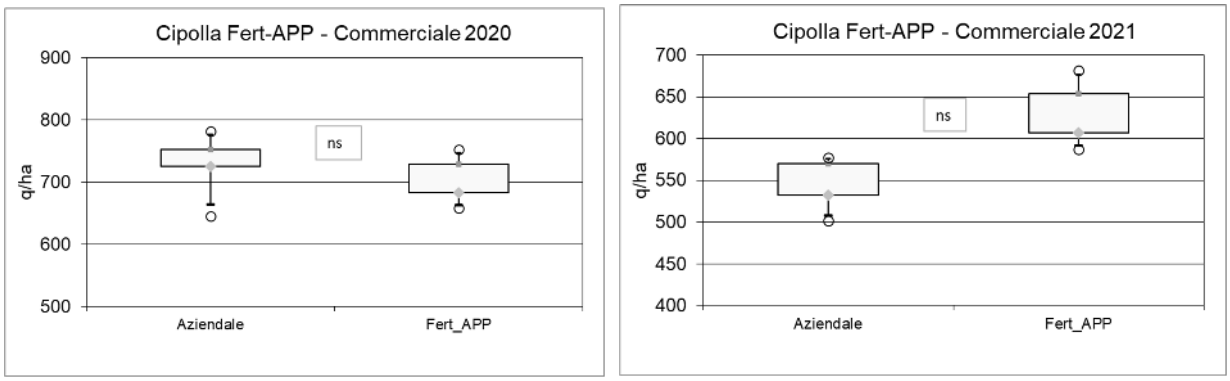



**Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.**

Pur non osservando un incremento di resa, è risultato essere significativamente maggiore nella tesi Aziendale la quantità di cipolle che hanno raggiunto pezzature sia di "sovramisura" che di "sottonisura" penalizzate commercialmente. Infatti, il frazionamento nel tempo dell'azoto, effettuato maggiormente per la tesi Fert-APP ha influenzato positivamente la distribuzione delle cipolle in classi di pezzatura più omogenee.

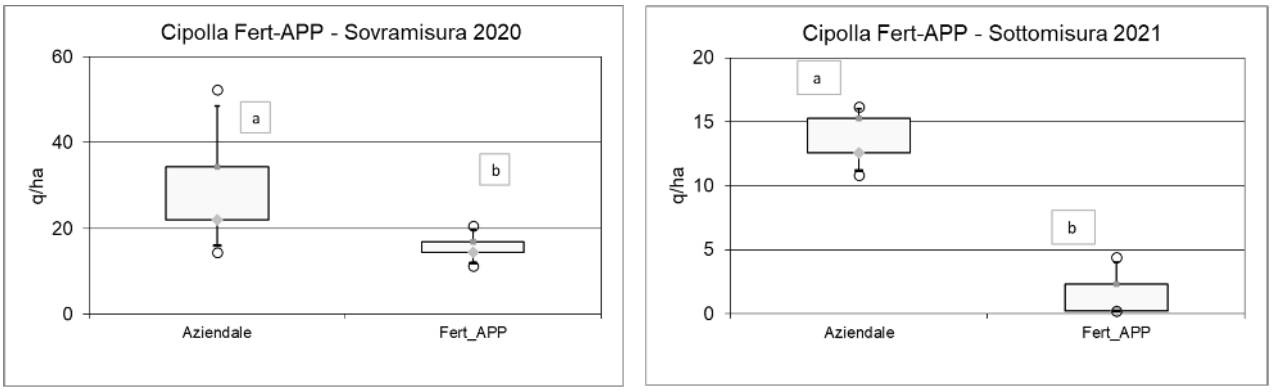



**Fig. 5 – Differenti quantitativi di prodotto sovramisura osservati nel 2020.**

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. La maggiore ripartizione temporale non ha fatto osservare differenze statisticamente significative.

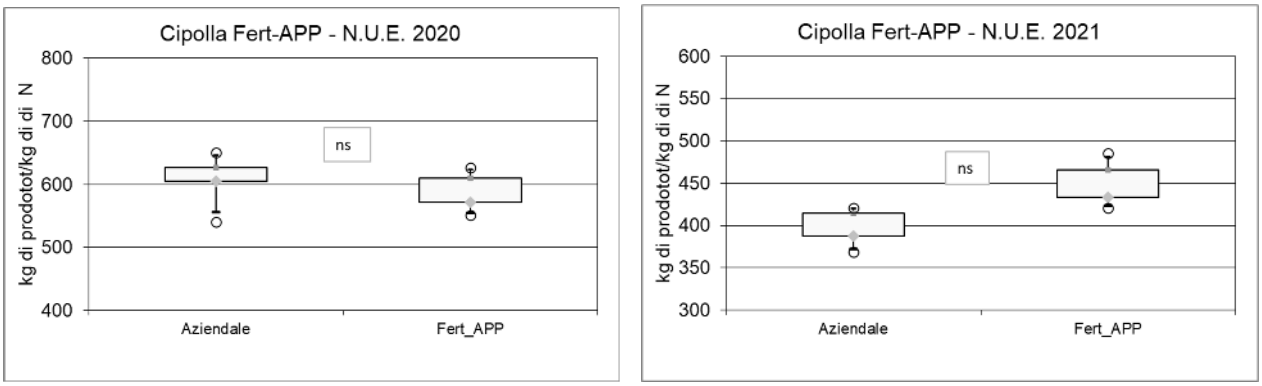



**Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel primo anno di prova, non si sono osservate differenze statistiche tra la tesi.

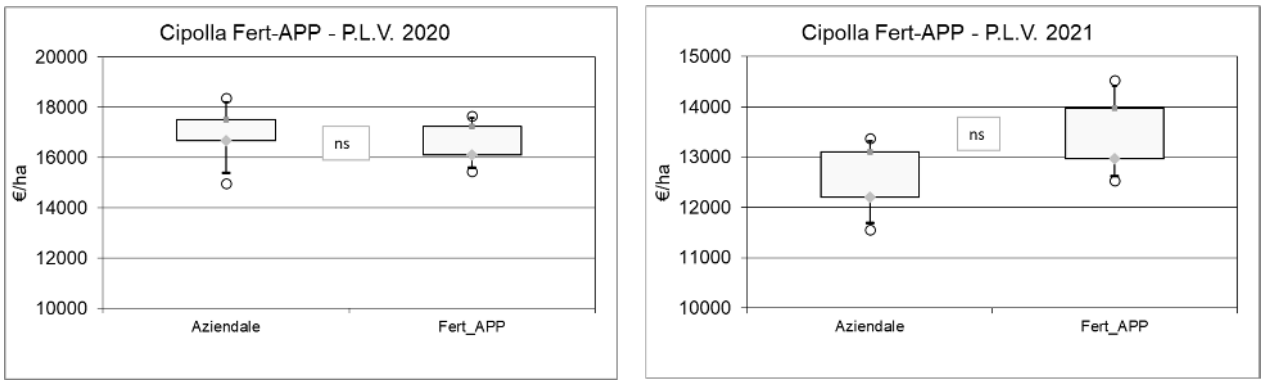



**Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa fogliare e bulbi. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- terza foglia vera;
- in corrispondenza del rapido ingrossamento dei bulbi;
- in prossimità della raccolta.

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel primo anno di prova per le tesi a confronto, ripartito in biomassa vegetale e bulbi. Non risulta evidente un maggior accumulo di sostanza secca in nessuna delle due tesi a confronto.

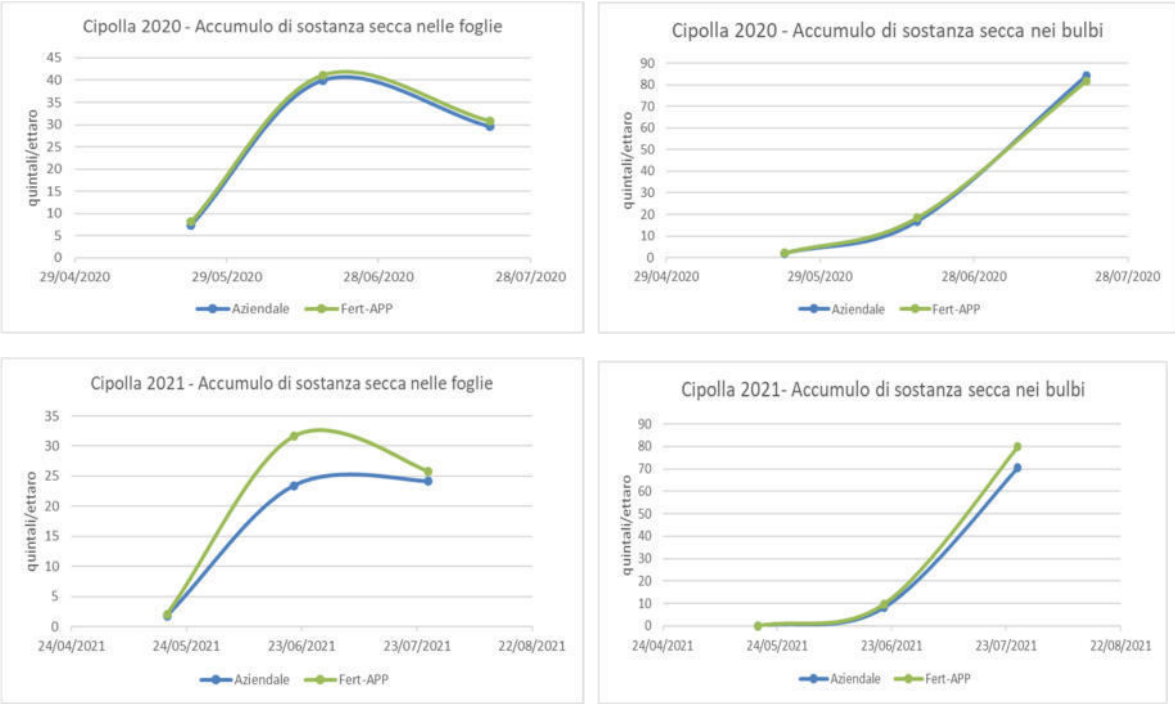



**Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

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 due tesi a confronto, ripartito sempre tra vegetazione e bulbi.

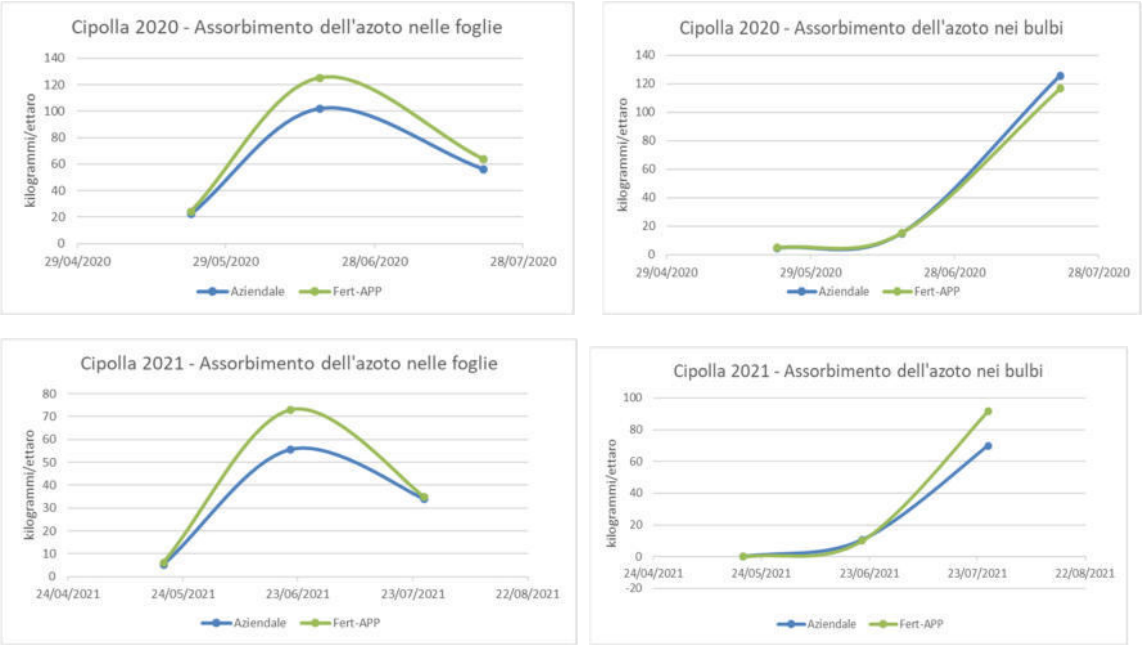



**Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

Il fabbisogno di azoto calcolato ad inizio stagione era stato stimato ipotizzando una resa attesa di 450 q/ha, ma le rese reali sono risultate essere superiori. Ricalcolando il fabbisogno di azoto su queste ultime, sono risultati essere più in linea con i quantitativi assorbiti da entrambe le tesi.

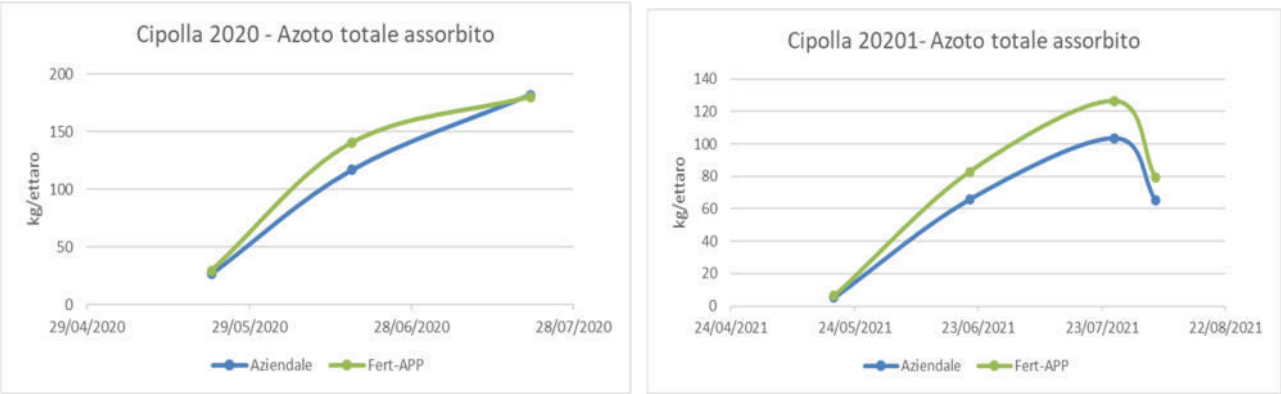



**Fig. 10 – Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento del fosforo</u>

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

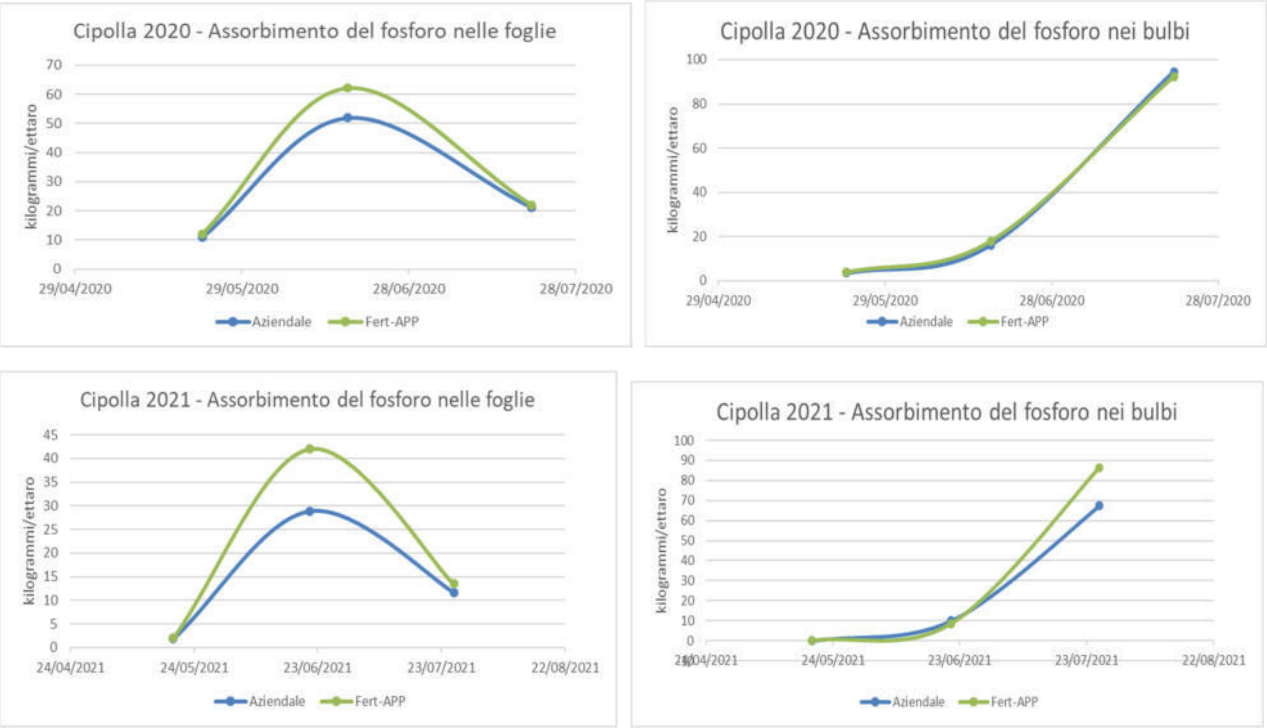



**Fig. 11a e 11b – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.**

Il fabbisogno di fosforo stimato ad inizio stagione è stato inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura in quanto le rese ottenute realmente sono state superiori.

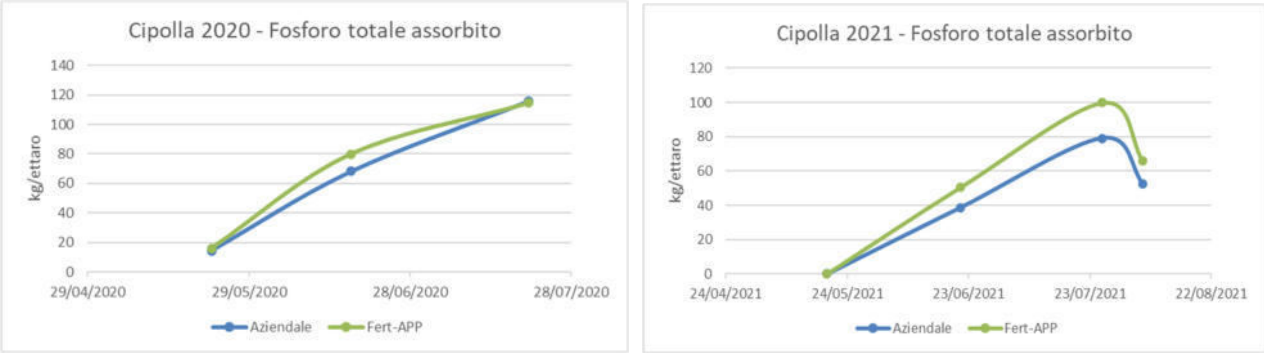



**Fig. 12 – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.**

<u>Curve di assorbimento del potassio</u>

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro per le due tesi a confronto, ripartito tra vegetazione e bulbi.

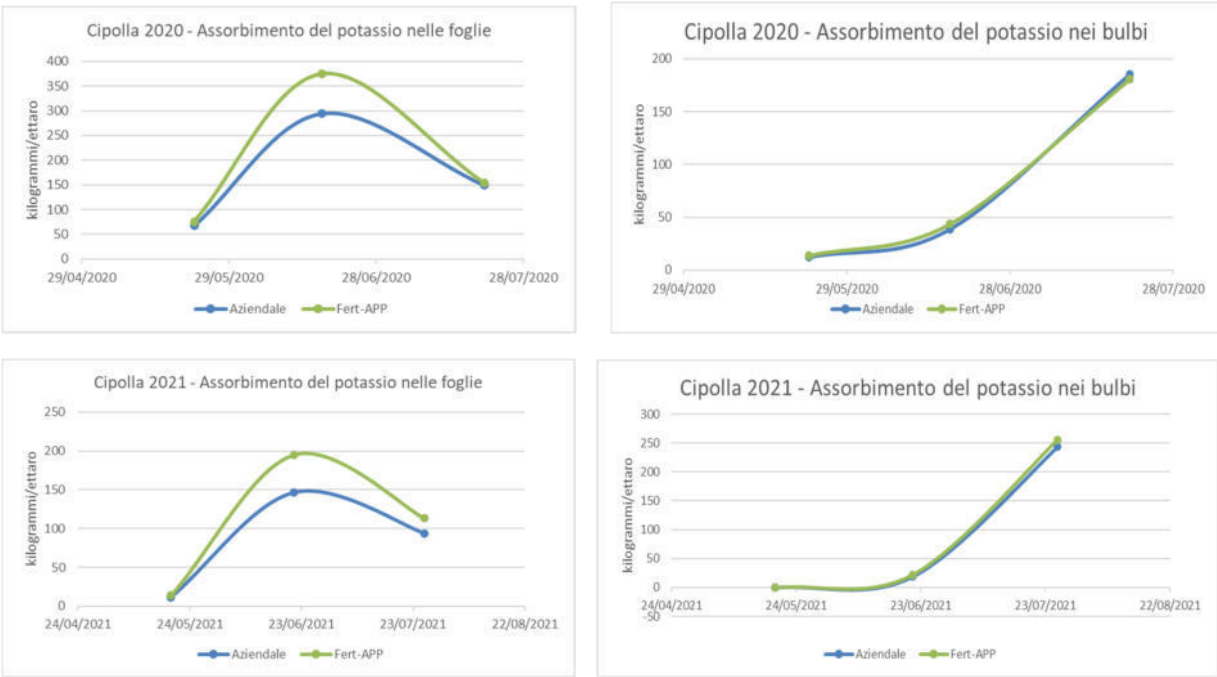



**Fig. 13a e 13b – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.**

Le rese reali, maggiori di quelle attese, e l'elevata dotazione di potassio del terreno in prova hanno fatto registrare quantitativi assorbiti dalla coltura superiori a quelle attese.

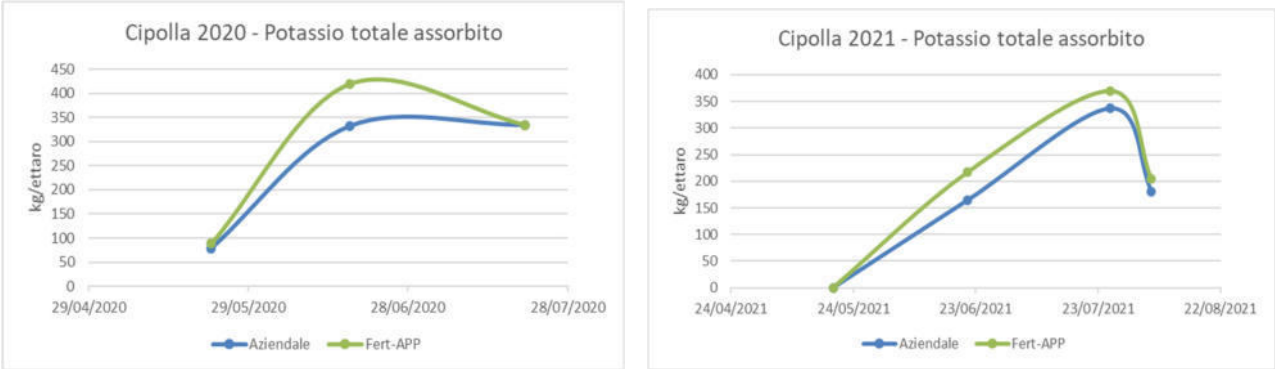


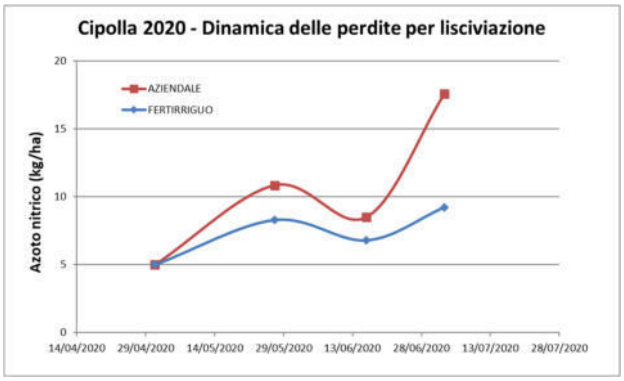

**Fig. 14 – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.**

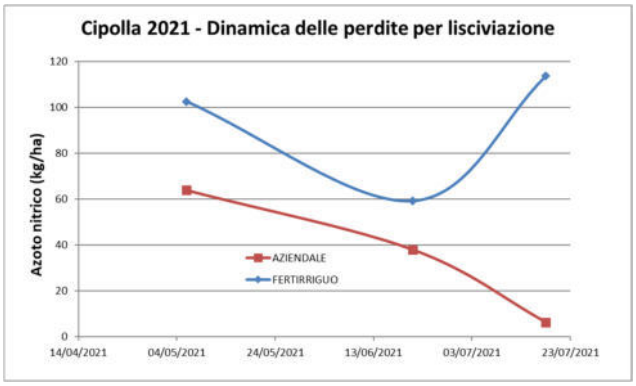
**Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

Durante il biennio di prova, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato 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. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.

**Fig. 15– Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo posizionamento sulla coltura (dx).**

Nonostante le dosi di nutrienti, in particolar modo di azoto, siano state distribuite in fertirrigazione in entrambe le tesi, seppur modulate nel tempo in maniera differenziata, le perdite per lisciviazione osservata per la Cipolla dimostrano ancora una volta l'importanza del frazionamento temporale. Risulta molto importante, quindi, evitare distribuzioni concentrate in pochi interventi. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura sottostante sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel 2020.




## 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 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 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| semina/trapianto | F2 | 140 | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| emergenza: fase piena (> 50%) | F3 | 410 | 2 | 30 | 30 | 5 | 20 | 1800 | 5 | 20 | 250 |
| terza foglia: inizio fase ( 0-5%) | F4 | 250 | 3 | 30 | 250 | 5 | 15 | 1700 | 5 | 50 | 170 |
| 4° foglia/inizio formaz. Bulbo: fase piena (> 50%) | F5 | 275 | 57 | 10 | 70 | 40 | 10 | 130 | 20 | 10 | 130 |
| collasso del collo: inizio fase ( 0-5%) | F6 | 484 | 38 | 10 | 30 | 50 | 10 | 20 | 70 | 10 | 50 |
| collasso del collo: fase piena (> 50%) | F7 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 5. Vite da vino (Sangiovese)

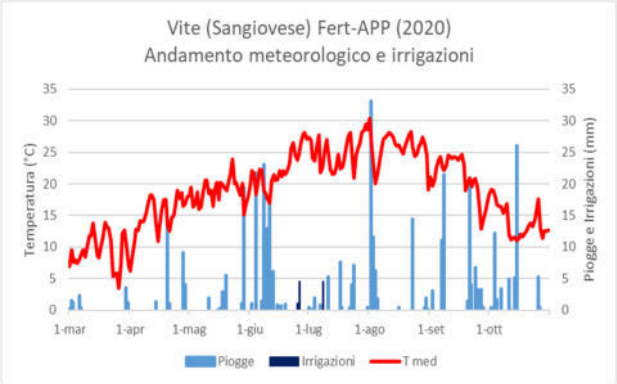
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

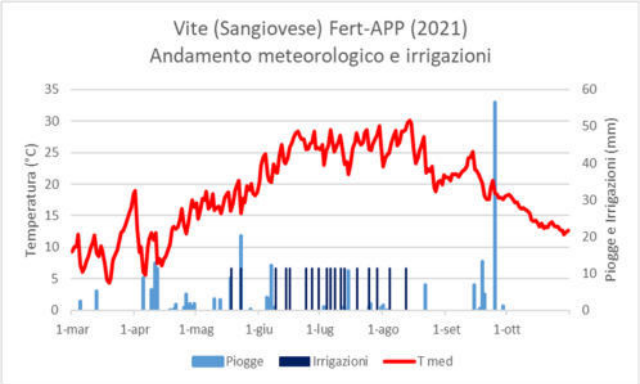
Per la coltura della vite da vino sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata all'interno di un vigneto sperimentale di circa 3000 m2 situato presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2020 in data 2 aprile e nel 2021 in data 5 aprile. Il sesto di impianto è di 2,80 m fra le file e 1 m sulla fila (3.571 viti per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 50 m2 per ogni replica.

**Fig. 1- Foto delle viti in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e piovoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di minimi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 10 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 3 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di maggiori interventi irrigui rispetto al primo anno.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 200 q/ha. 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 a tessitura franca, con una reazione neutra, un basso contenuto di azoto, una dotazione medio alta sia di fosforo che di potassio. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura della Vite, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per entrambi gli anni di 40 kg/ha di N, 15 kg/ha di $P_2O_5$ e 20 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

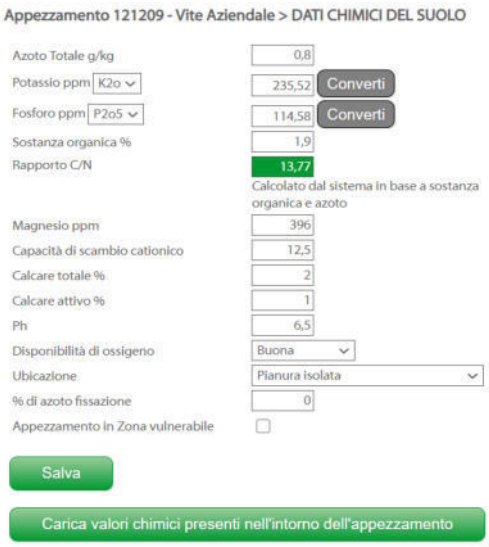


**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Nel primo anno di prova non è stato distribuito il fosforo, ma solo l'azoto e il potassio dandoli integralmente in fertirrigazione.

| | **Copertura tradizionale** | | | **Fertirrigazione** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Aziendale | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 100% |
| Fert-APP | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 100% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno della vite nel 2020 e nel 2021

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 2 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 6 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14/08/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 10/08/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 5,7 | 0,0 | 0,0 |
| 31/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,6 | 7,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,7 | 1,2 | 0,0 | 4,1 |
| 17/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,4 | 6,2 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 2,8 | 0,0 | 10,1 |
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 26/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 1,7 | 0,0 | 5,9 |
| 26/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 6,6 | 0,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27/09/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,3 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 02/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 5,1 | 0,0 | 0,0 |
| 21/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 3,7 | 0,0 | 0,0 |
| 21/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 1,5 | 0,0 | 5,1 |
| 12/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 1,5 | 0,0 | 5,1 |
| 12/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 3,7 | 0,0 | 0,0 |
| 02/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 1,5 | 0,0 | 5,1 |
| 02/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 3,7 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 1,5 | 0,0 | 5,1 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 3,7 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 5,1 | 0,0 | 0,0 |
| 01/04/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,0 | 0,0 | 15,4 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 4,0 | 17,6 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 2,8 | 0,0 | 10,1 |
| 26/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 2,8 | 0,0 | 10,1 |
| 26/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 4,0 | 17,6 | 0,0 | 0,0 |

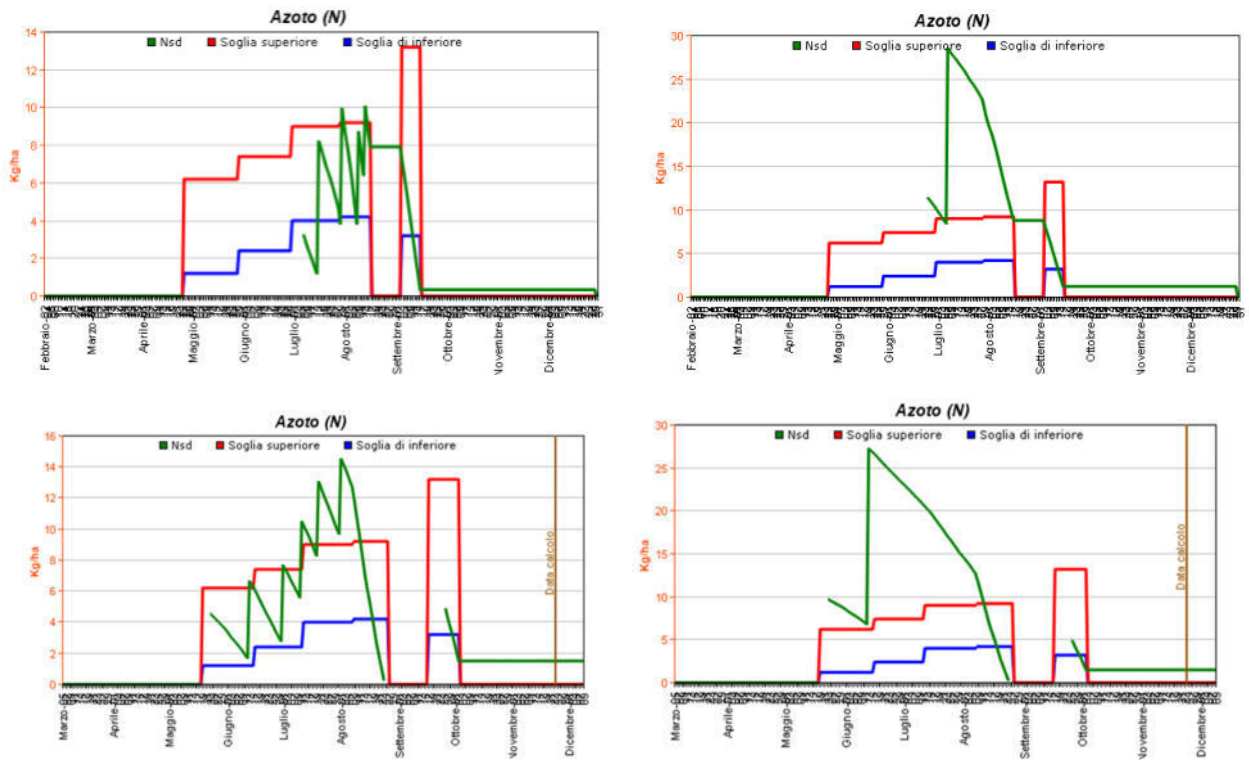
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27/09/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,3 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 2,9 | 0,0 | 10,3 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 4,0 | 17,7 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 2,9 | 0,0 | 10,3 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,7 | 7,4 | 0,0 | 0,0 |
| 01/04/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,0 | 0,0 | 15,4 | 0,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| rigonfiamento gemme: fase piena | 2 | True | 275 | 0,55 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| apertura delle gemme: fase piena (> 50%) | 3 | True | 28 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| bottoni fiorali separati: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 120 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 5 | True | 454 | 0,60 | True | 10 | 5 | 30 | 40 | 10 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| sviluppo grappolo: fase piena (> 50%) | 6 | True | 551 | 0,60 | True | 15 | 5 | 40 | 10 | 10 | 50 | 20 | 10 | 70 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 7 | True | 563 | 0,60 | True | 20 | 5 | 50 | 0 | 5 | 30 | 35 | 15 | 80 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 8 | True | 401 | 0,50 | True | 35 | 5 | 30 | 0 | 5 | 20 | 45 | 20 | 100 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | False | 354 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | False | 238 | 0,00 | True | 20 | 10 | 40 | 20 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 11 | False | 30 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



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

Nel biennio 2020-2021 le raccolte sono state effettuate rispettivamente in data 7 e 9 settembre, eseguendo su 5 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di uva,
- su campioni di prodotto è stato rilevato il parametro qualitativo °Brix.

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio di prova mostrano per la tesi Fert-APP un incremento di resa commerciale, con un + 37 % (27q) e un aumento del grado Brix, con un + 3.3 % (0.7°), anche se statisticamente significativi solo nel primo anno di prova.

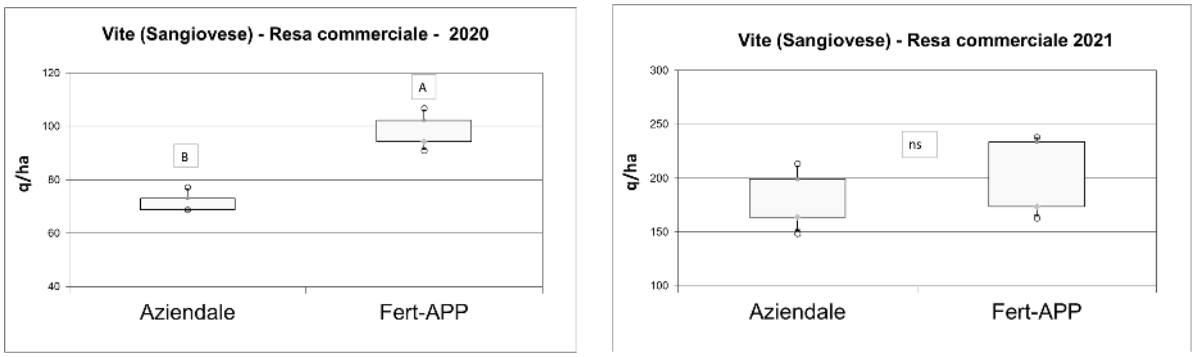



**Fig. 8 – Rese commerciali ottenute nel biennio 2020-2021.**

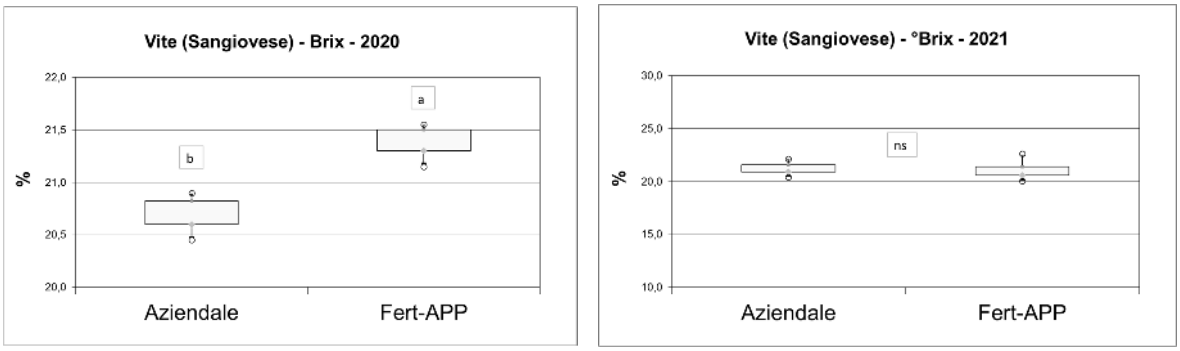



**Fig. 9 – Qualità dell'uva ottenuta nel biennio 2020-2021.**

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, osservando una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi Fert-APP.

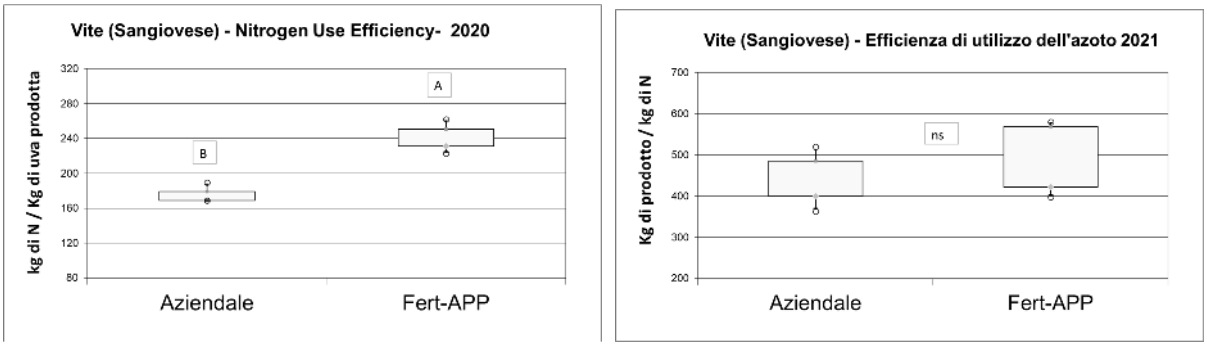



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti. Nel primo anno di prova, l'incremento di P.L.V. ottenuto nella tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale, è risultato di circa 1000 €/ha.

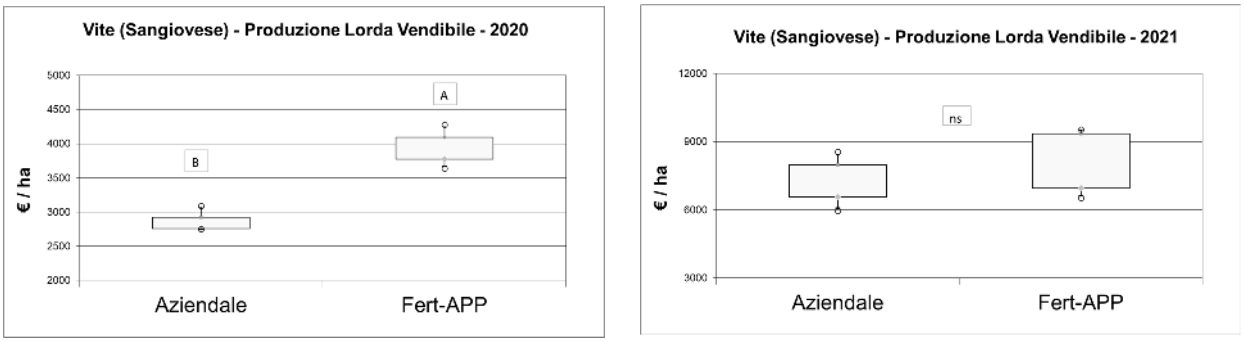



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio 2020-2021.**

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

Durante il biennio di prova, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in branche, foglie e grappoli, 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 grappoli dalle branche e dalle foglie.

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

- allegagione
- invaiatura
- 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 grappoli, per le due tesi a confronto. La tesi Fert-APP ha beneficiato di una maggiore efficienza di assorbimento dovuta ad una migliore distribuzione temporale degli elementi nutritivi. È evidente un maggior accumulo di sostanza secca nelle foglie e nei frutti della tesi Fert-APP, rispetto a quella Aziendale.

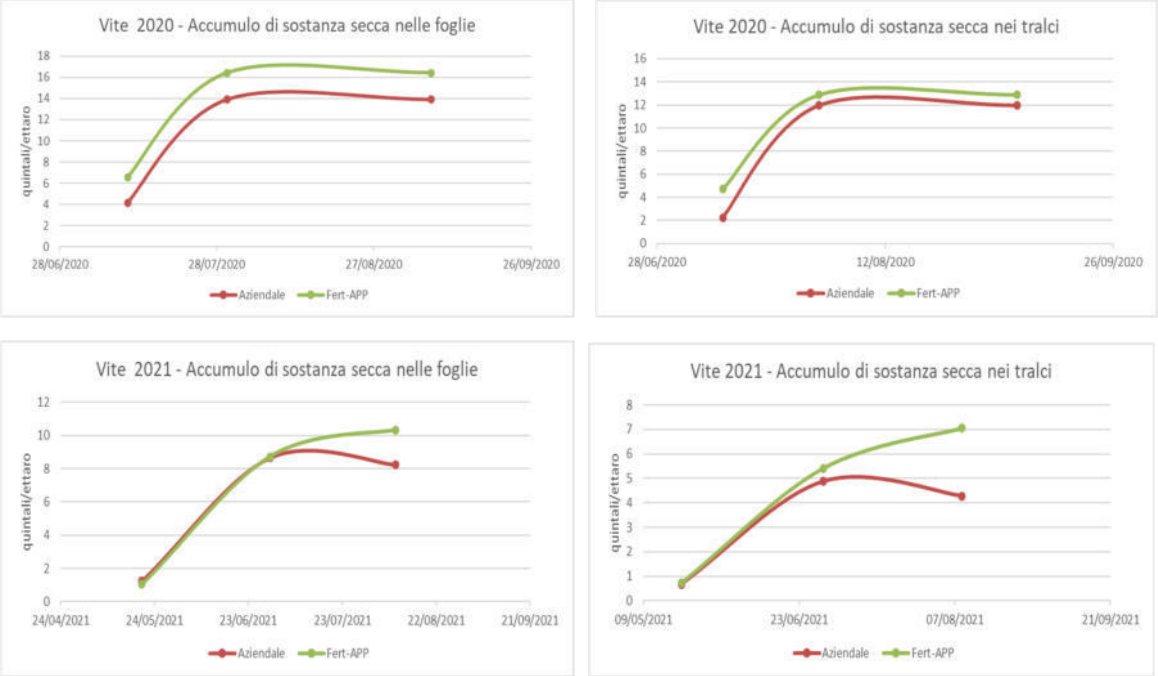



**Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

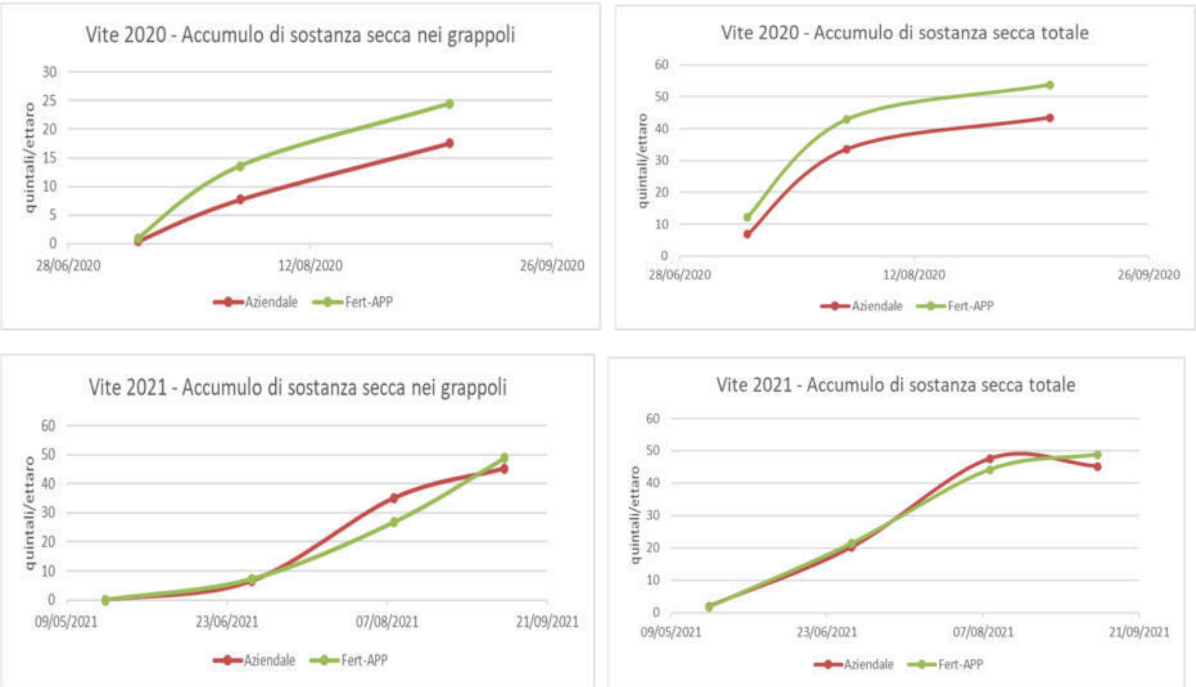



**Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e grappoli, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca. In entrambe le tesi il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato inferiore agli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

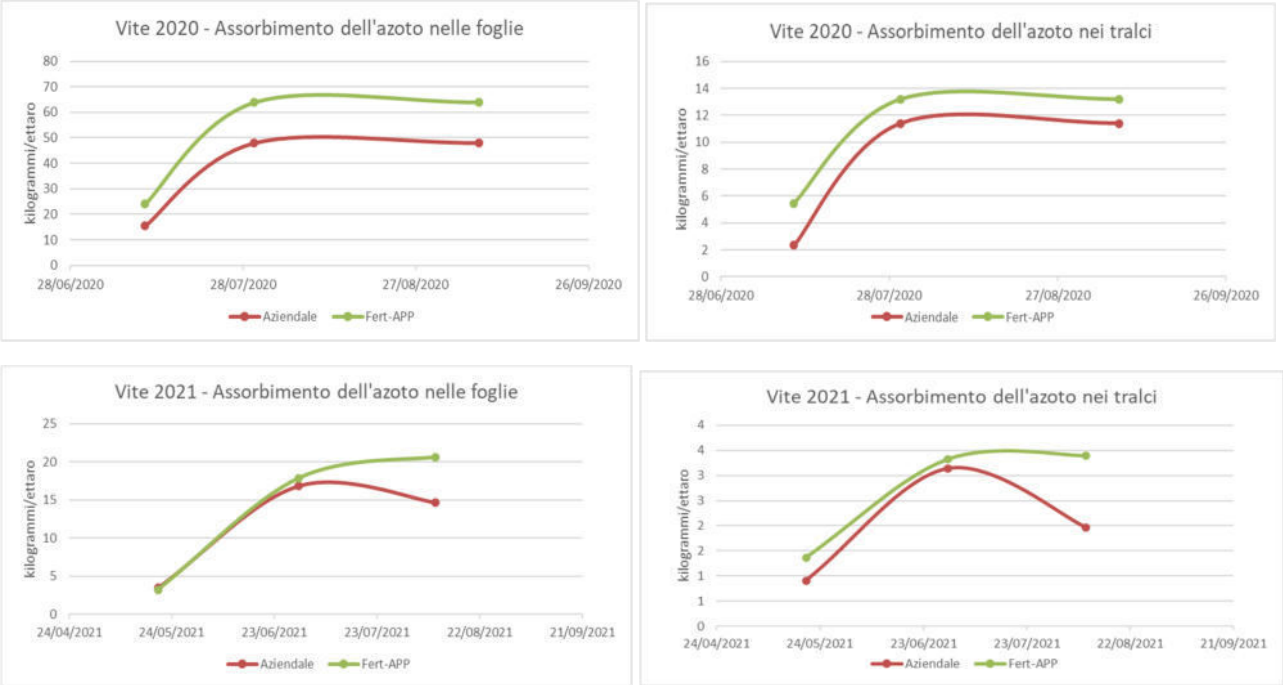



**Fig. 13a e 13b, 13 c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

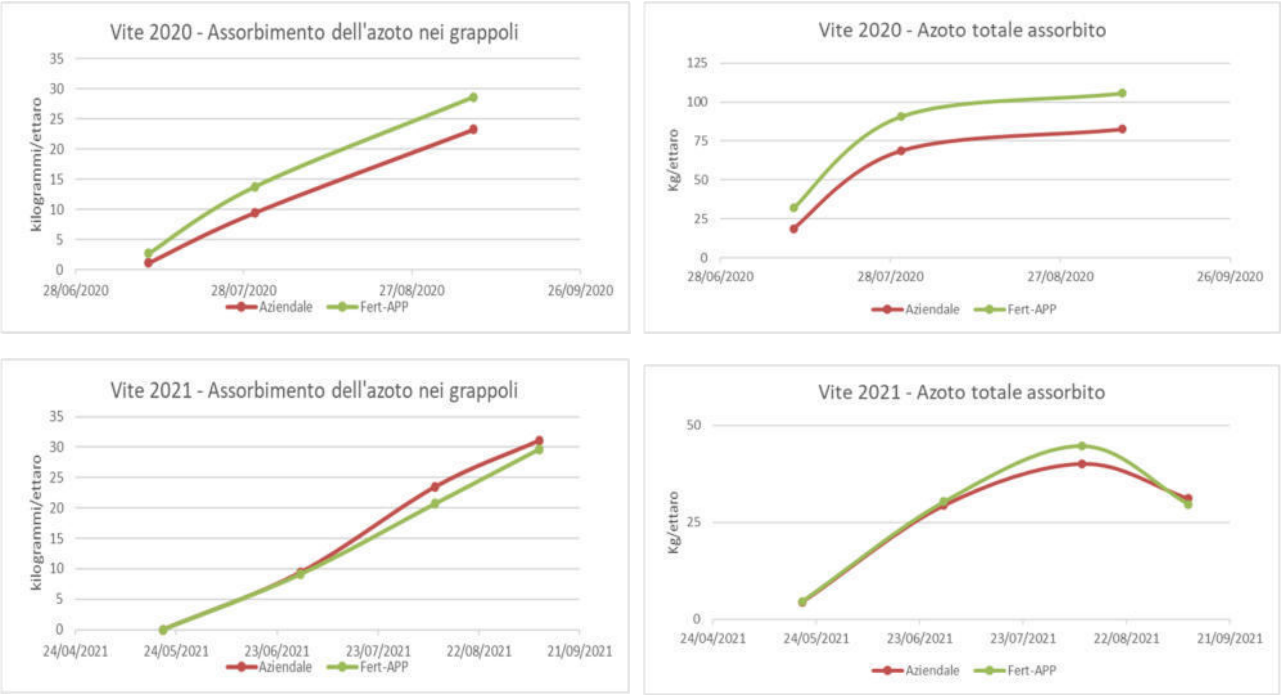



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo per ettaro, ripartito in foglie, tralci e grappoli, per le due tesi a confronto: nonostante non sia stato distribuito fosforo si osserva ugualmente una maggiore efficienza di assorbimento nella tesi Fert-APP.

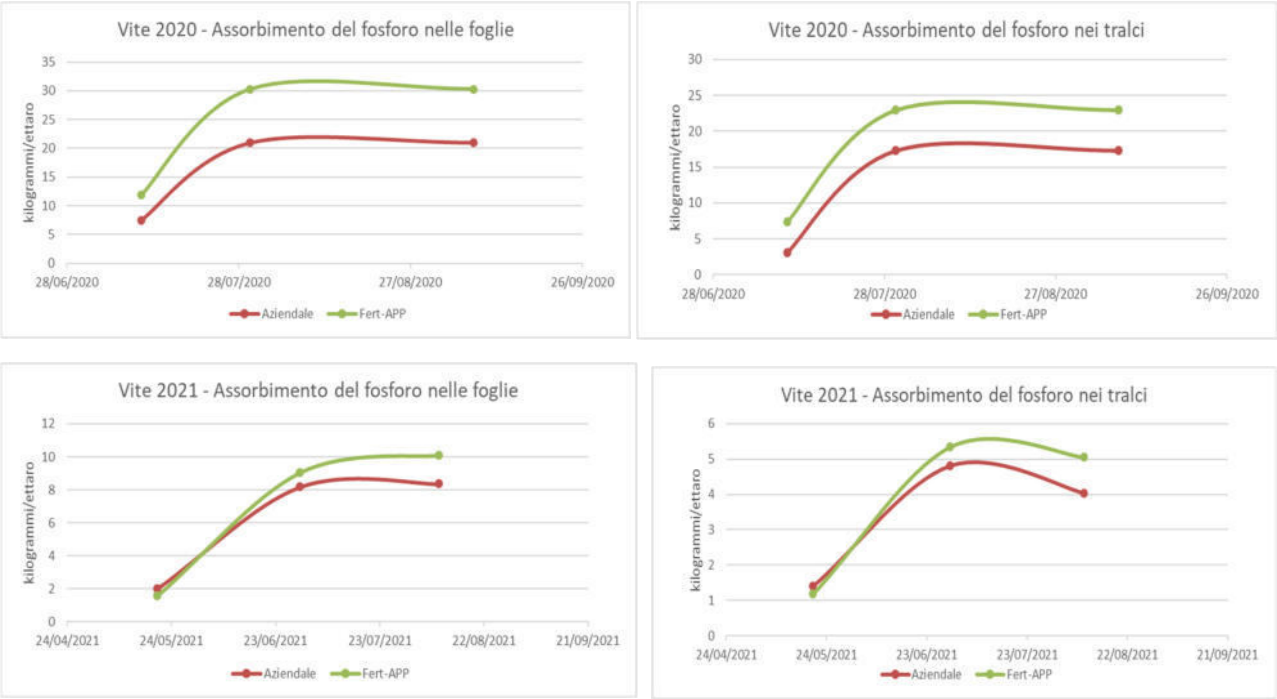



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

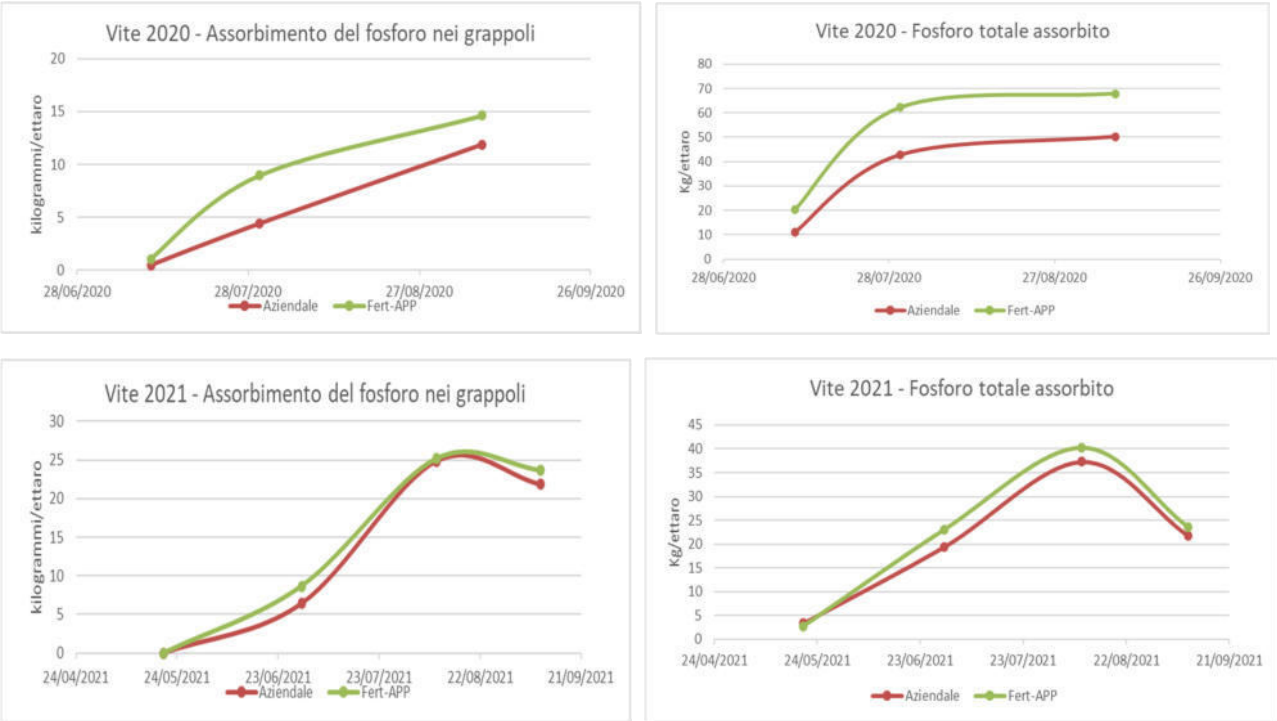



**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro, ripartito in foglie, tralci 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 Fert-APP è ancora una volta quella che ha mostrato le performance migliori.

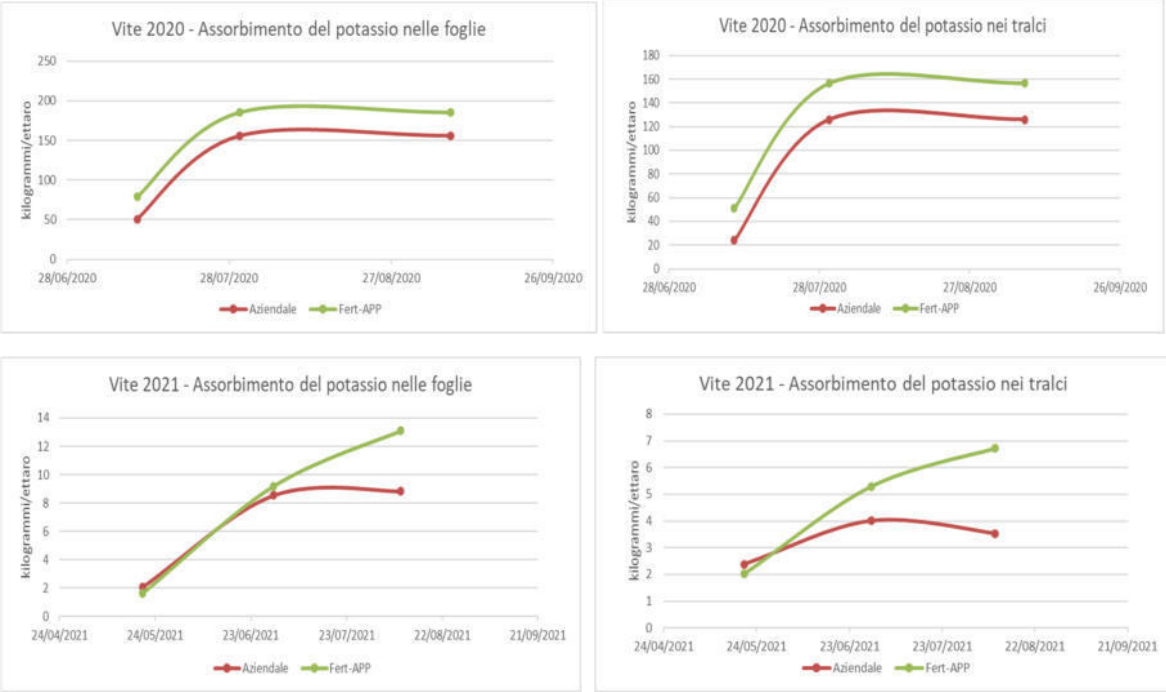



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

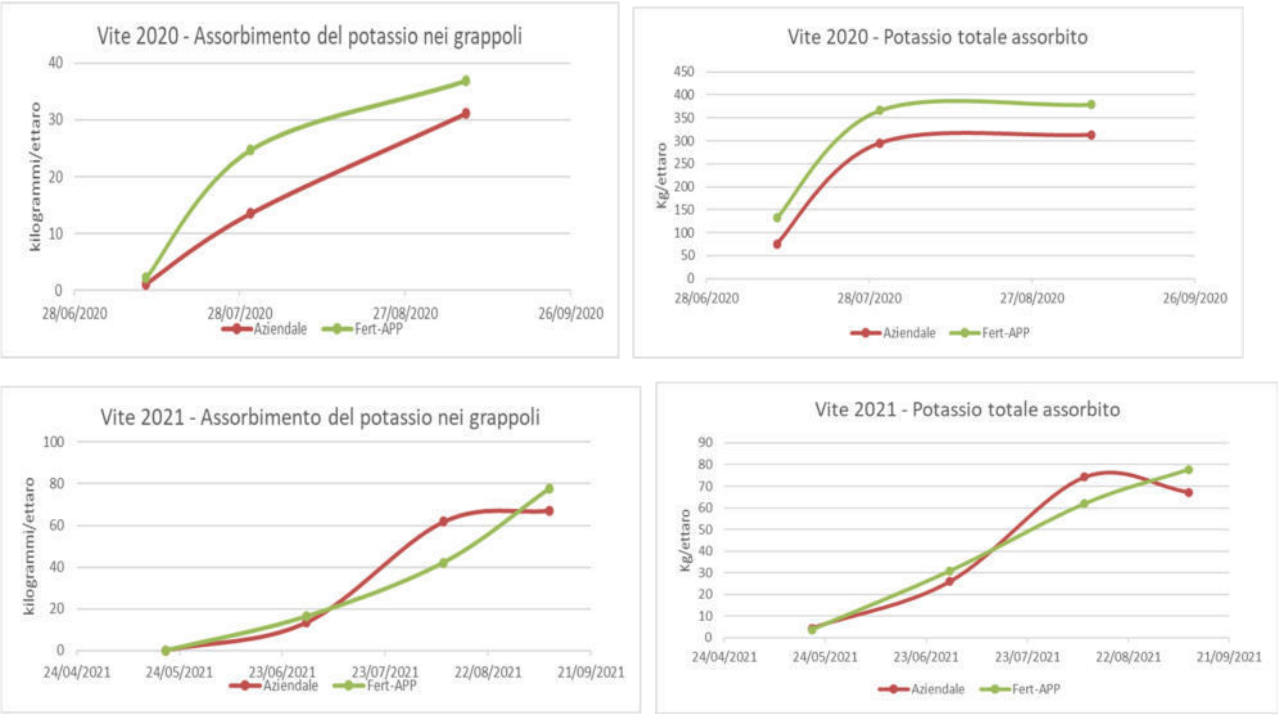


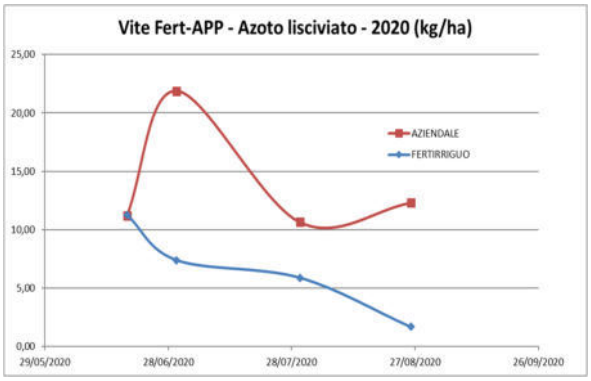

**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

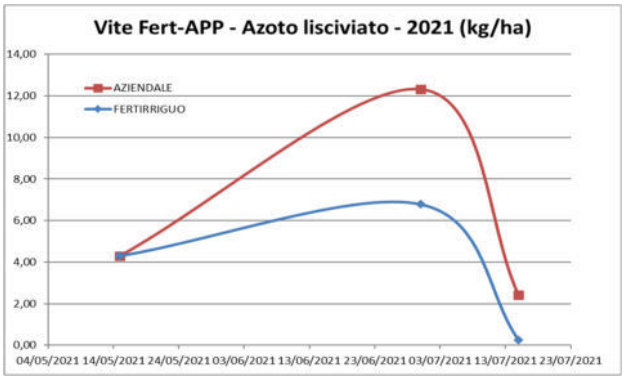
**Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

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

Nelle figure seguenti sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm ottenuti nel biennio di prova, nelle due tesi a confronto: si osserva una maggiore perdita nella tesi Aziendale. Segno che il maggior frazionamento impiegato nella tesi Fert-APP è stato più efficiente grazie ad un maggior assorbimento da parte delle piante che sono state assecondate nei loro fabbisogni man mano che necessitavano di azoto.



## 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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| rigonfiamento gemme: fase piena | 2 | True | 275 | 0,55 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| apertura delle gemme: fase piena (> 50%) | 3 | True | 28 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| bottoni fiorali separati: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 120 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 5 | True | 454 | 0,60 | True | 10 | 5 | 30 | 40 | 10 | 80 | 20 | 10 | 70 |
| sviluppo grappolo: fase piena (> 50%) | 6 | True | 551 | 0,60 | True | 15 | 5 | 40 | 10 | 10 | 50 | 35 | 15 | 80 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 7 | True | 563 | 0,60 | True | 20 | 5 | 50 | 0 | 5 | 30 | 45 | 20 | 100 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 8 | True | 401 | 0,50 | True | 35 | 5 | 30 | 0 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | False | 354 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | False | 238 | 0,00 | True | 20 | 10 | 40 | 20 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 11 | False | 30 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 6. Melo (Fuji e Gala)

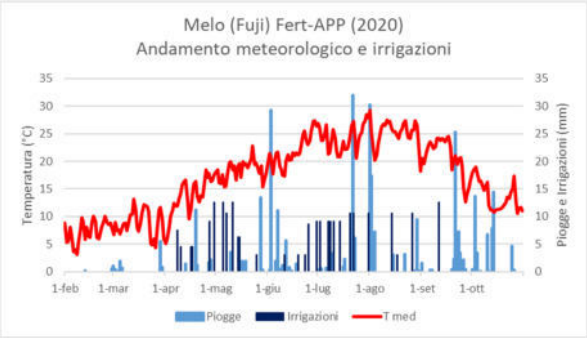
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

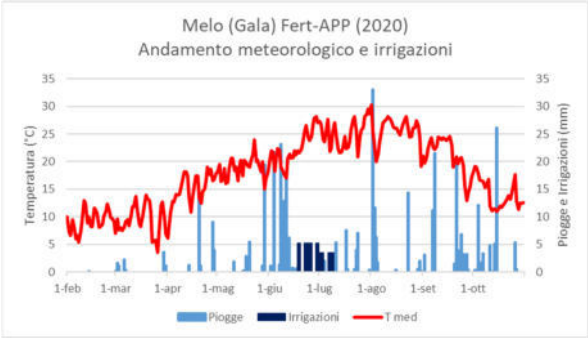
Per la coltura del melo sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata replicata per due cultivar: Fuji e Gala, impiantate rispettivamente nel 2014 e nel 2019, effettuando prove all'interno di due differenti frutteti sperimentali di circa 3000 m2 ciascuno situati rispettivamente presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili" del CER e presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. La ripresa vegetativa è avvenuta rispettivamente nel 2020 in data 26 marzo e 5 aprile e nel 2021 in data 24 marzo e 29 marzo. Il sesto di impianto è per entrambi di 3,80 m fra le file e 1 m sulla fila (2.632 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 40 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

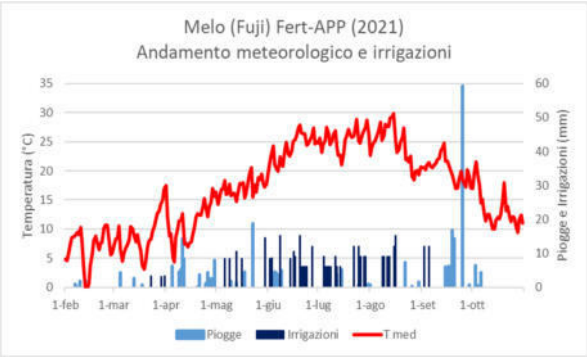
**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

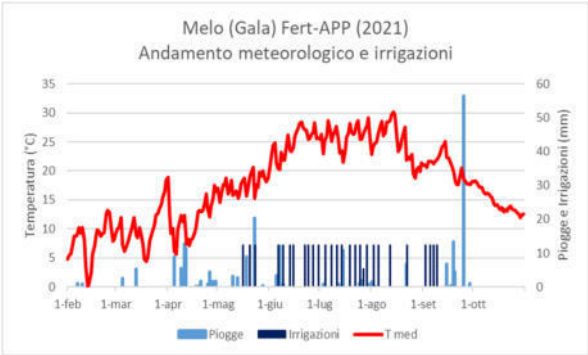
**Andamento meteorologico e irrigazioni**

Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e piovoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di minimi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 235 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 29 interventi e a circa 72 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 16 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di maggiori interventi irrigui rispetto al primo anno, corrispondenti a circa 365 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 38 interventi e a circa 337 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 27 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni.



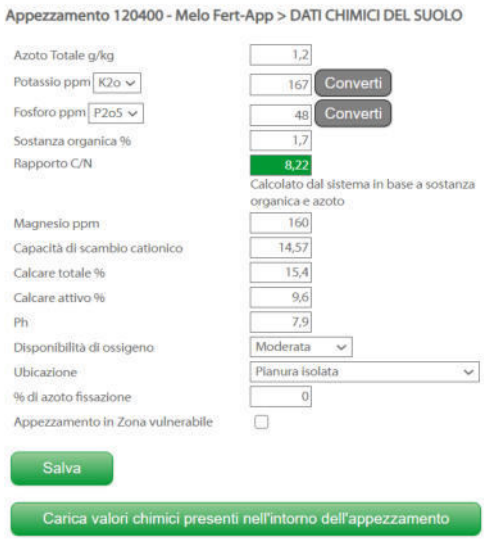




## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando rispettivamente una produzione attesa di 250 e 100 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del melo, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere rispettivamente di 62/40 kg/ha di N, 18/15 kg/ha di $P_2O_5$ e 98/20 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.



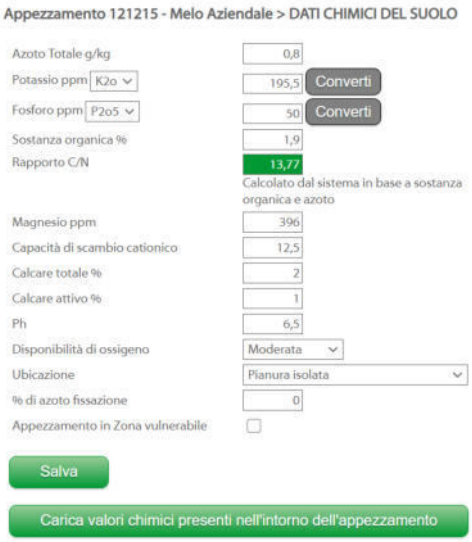




**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo CER (sx) e UNIBO (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 2 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 6 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31/08/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 225,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17/08/2020 | 13 | 0 | 46 | 10,0 | 171,1 | 0,0 | 605,3 |
| 01/08/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 225,0 | 0,0 | 0,0 |
| 10/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 85,5 | 0,0 | 302,6 |
| 30/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 68,4 | 0,0 | 242,1 |
| 25/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 68,4 | 0,0 | 242,1 |
| 19/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 5,0 | 85,5 | 0,0 | 302,6 |
| 19/06/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 5,0 | 225,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 13,0 | 222,4 | 0,0 | 786,8 |
| 25/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 3,4 | 0,0 | 12,1 |
| 16/04/2020 | 16 | 0 | 0 | 0,3 | 6,3 | 0,0 | 0,0 |
| 16/04/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,3 | 4,3 | 0,0 | 0,0 |
| 08/04/2020 | 0 | 40 | 0 | 0,3 | 0,0 | 15,3 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 8,6 | 0,0 | 30,3 |
| 07/07/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 9,0 | 0,0 | 0,0 |
| 07/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 3,4 | 0,0 | 12,1 |
| 23/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 10,3 |
| 11/06/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 2,6 | 0,0 | 9,1 |
| 25/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 3,4 | 0,0 | 12,1 |
| 22/05/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,1 | 1,7 | 0,0 | 6,1 |
| 14/05/2020 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 4,5 | 0,0 | 0,0 |
| 16/04/2020 | 16 | 0 | 0 | 0,3 | 6,3 | 0,0 | 0,0 |
| 16/04/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,3 | 4,3 | 0,0 | 0,0 |
| 08/04/2020 | 0 | 40 | 0 | 0,3 | 0,0 | 15,3 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 18,0 | 0,0 | 0,0 |
| 23/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,6 | 10,3 | 0,0 | 36,3 |
| 06/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 11,3 | 0,0 | 0,0 |
| 17/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 8,6 | 0,0 | 30,3 |
| 31/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 8,6 | 0,0 | 30,3 |
| 10/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 3,4 | 0,0 | 12,1 |
| 07/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,3 | 5,1 | 0,0 | 18,2 |
| 07/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 6,8 | 0,0 | 0,0 |
| 01/04/2021 | 0 | 40 | 0 | 0,4 | 0,0 | 21,1 | 0,0 |
| 30/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 0,4 | 0,0 | 21,1 | 0,0 |

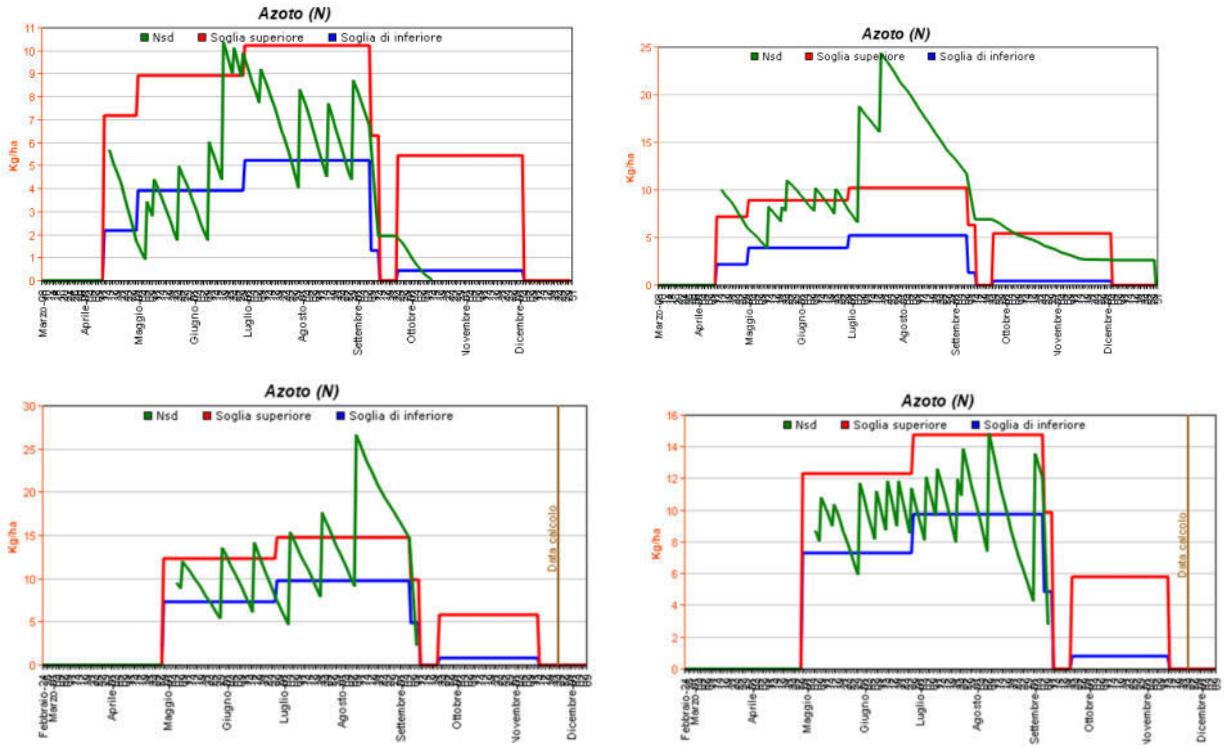
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 18,0 | 0,0 | 0,0 |
| 23/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,6 | 10,3 | 0,0 | 36,3 |
| 06/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 11,3 | 0,0 | 0,0 |
| 17/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 8,6 | 0,0 | 30,3 |
| 31/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 8,6 | 0,0 | 30,3 |
| 10/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,2 | 3,4 | 0,0 | 12,1 |
| 07/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,3 | 5,1 | 0,0 | 18,2 |
| 07/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 6,8 | 0,0 | 0,0 |
| 01/04/2021 | 0 | 40 | 0 | 0,4 | 0,0 | 21,1 | 0,0 |
| 30/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 0,4 | 0,0 | 21,1 | 0,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| comparsa dei mazzetti fiorali: inizio fase ( 0-5%) | 2 | True | 235 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mazzetti divaricati: fase piena (> 50%) | 3 | True | 48 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 4 | True | 184 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%) | 5 | True | 910 | 0,90 | True | 30 | 5 | 30 | 0 | 15 | 0 | 40 | 10 | 20 |
| frutti completamente sviluppati: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 1380 | 0,90 | True | 40 | 5 | 30 | 0 | 10 | 0 | 35 | 10 | 30 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 7 | True | 86 | 0,90 | True | 20 | 5 | 30 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 50 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 165 | 0,90 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 20 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 455 | 0,60 | True | 10 | 5 | 10 | 30 | 10 | 30 | 0 | 10 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 62 | 0,40 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 11 | False | 12 | 0,01 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



**Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2020**

Nel 2020 la raccolta è stata effettuata in data 7 ottobre (Fuji) e 26 agosto (Gala), eseguendo rispettivamente su 5 e 4 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

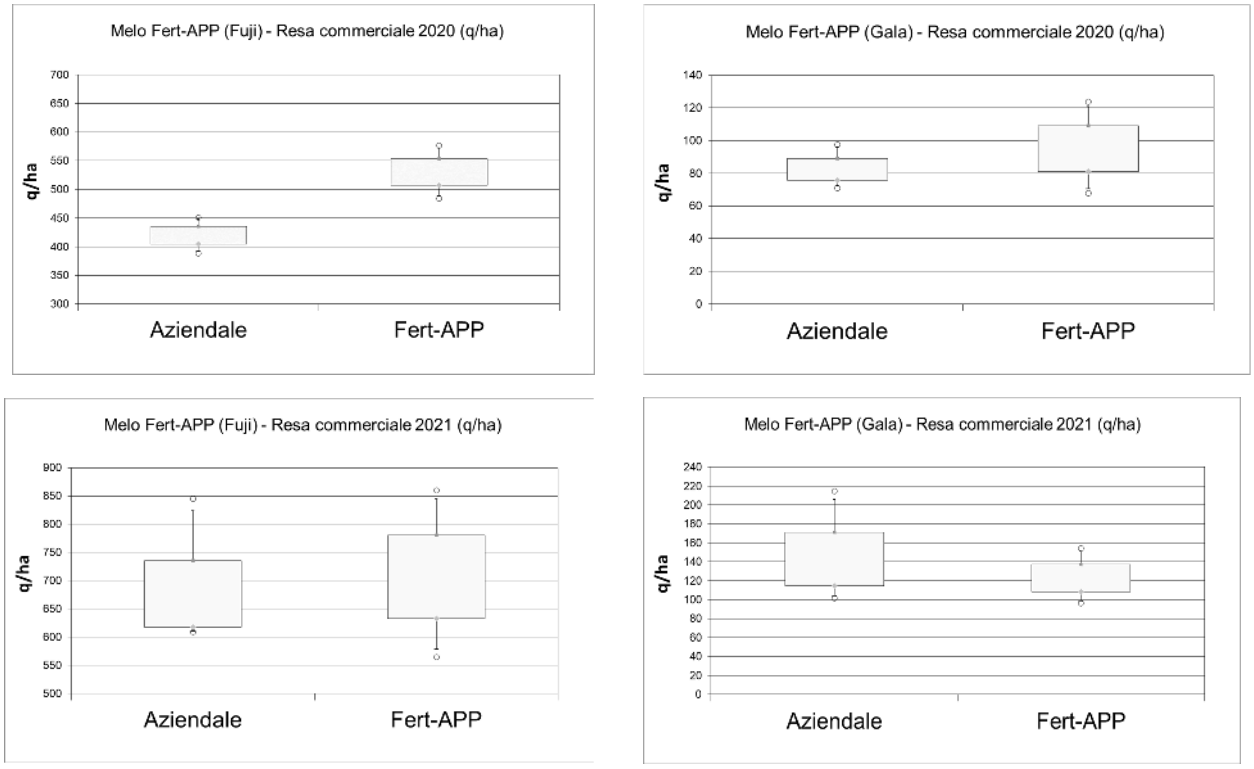



**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali Fuji (sx) e Gala (dx) ottenute nel biennio 2020-2021.**

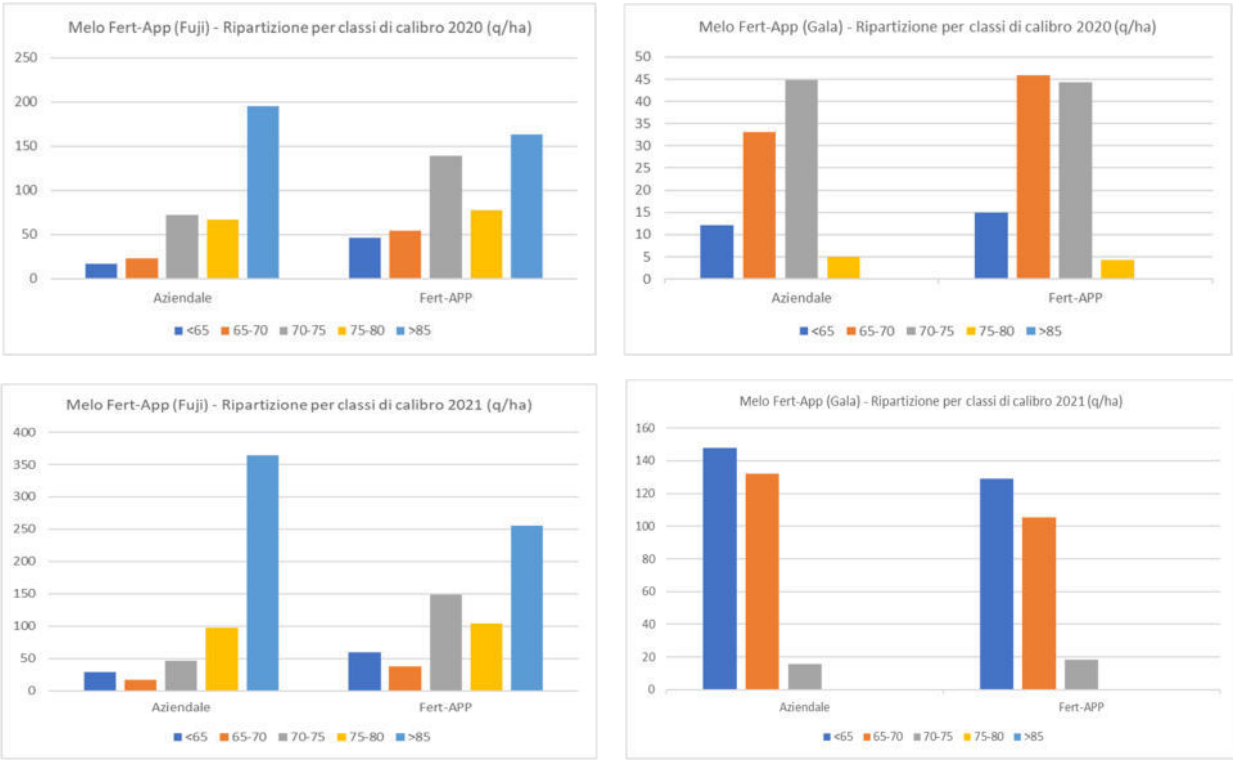



**Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro Fuji (sx) e Gala (dx) ottenuta nel biennio 2020-2021.**

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, osservando una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi Fert-APP.

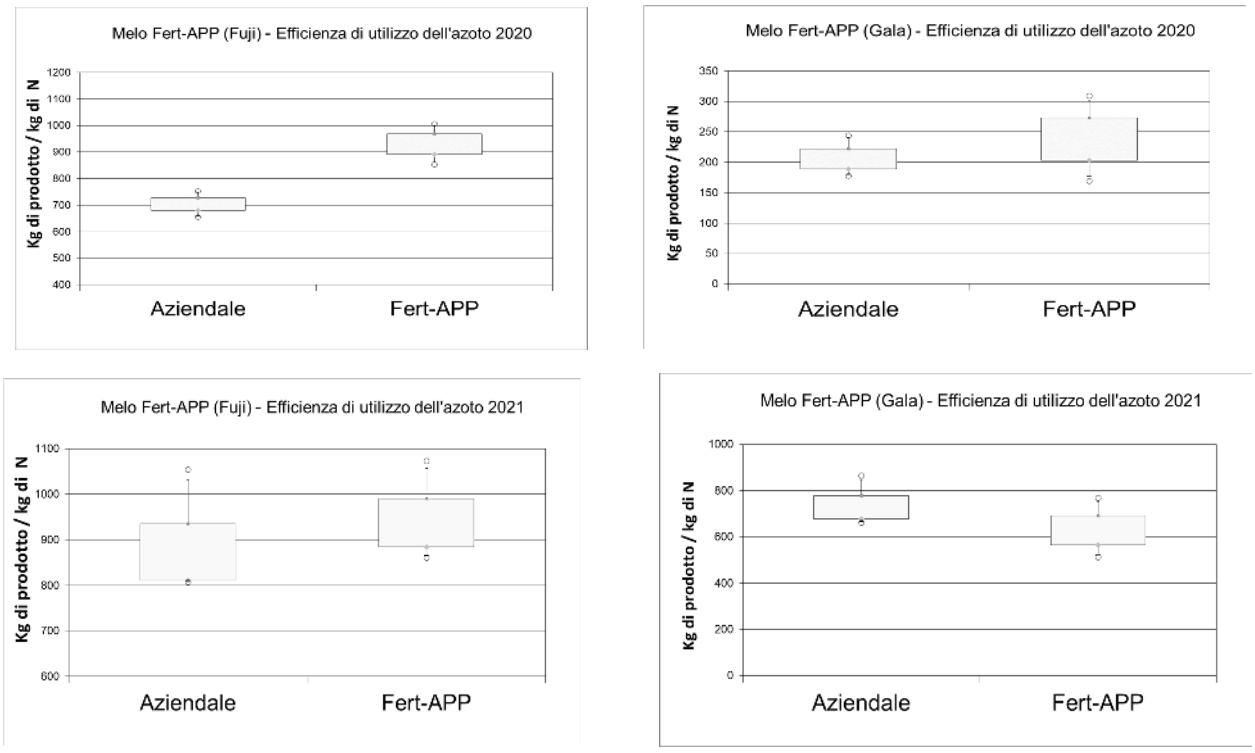



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto Fuji (sx) e Gala (dx) ottenuta nel biennio 2020-2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

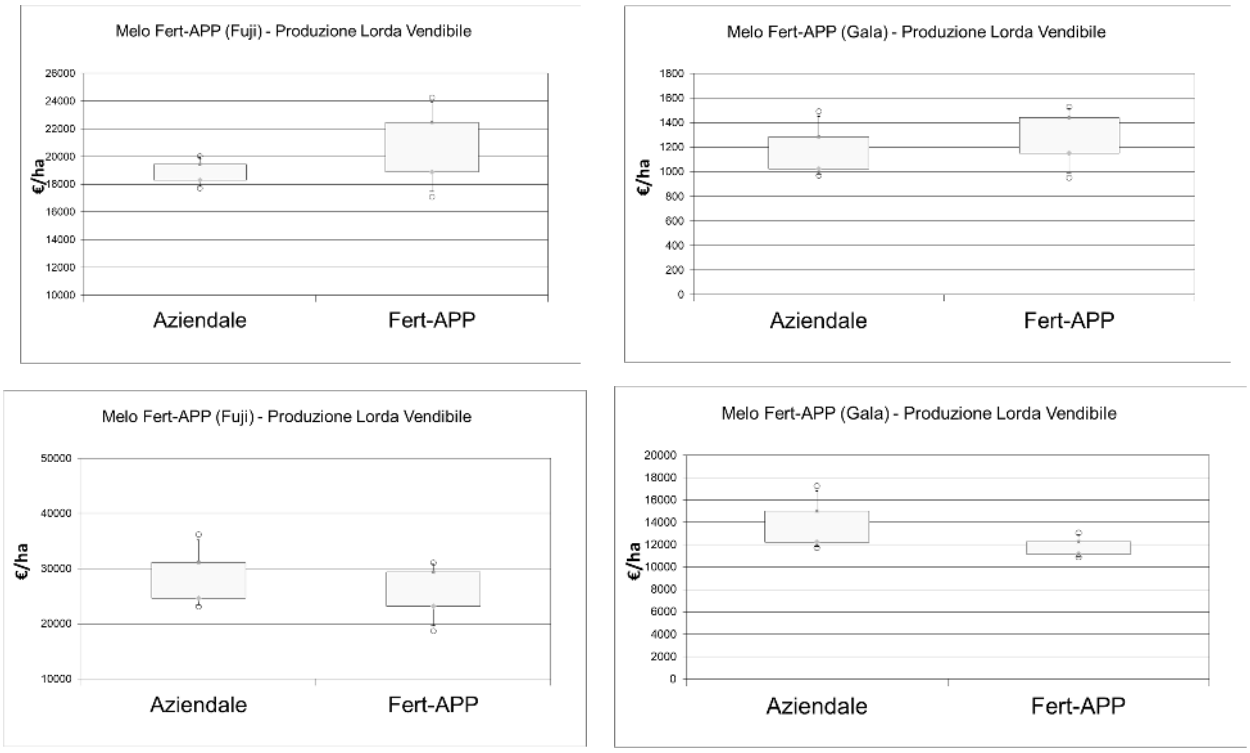



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili Fuji (sx) e Gala (dx) ottenute nel biennio 2020-2021.**

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

Durante il biennio di prova, 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.

<u>Accumulo di sostanza secca</u>

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.

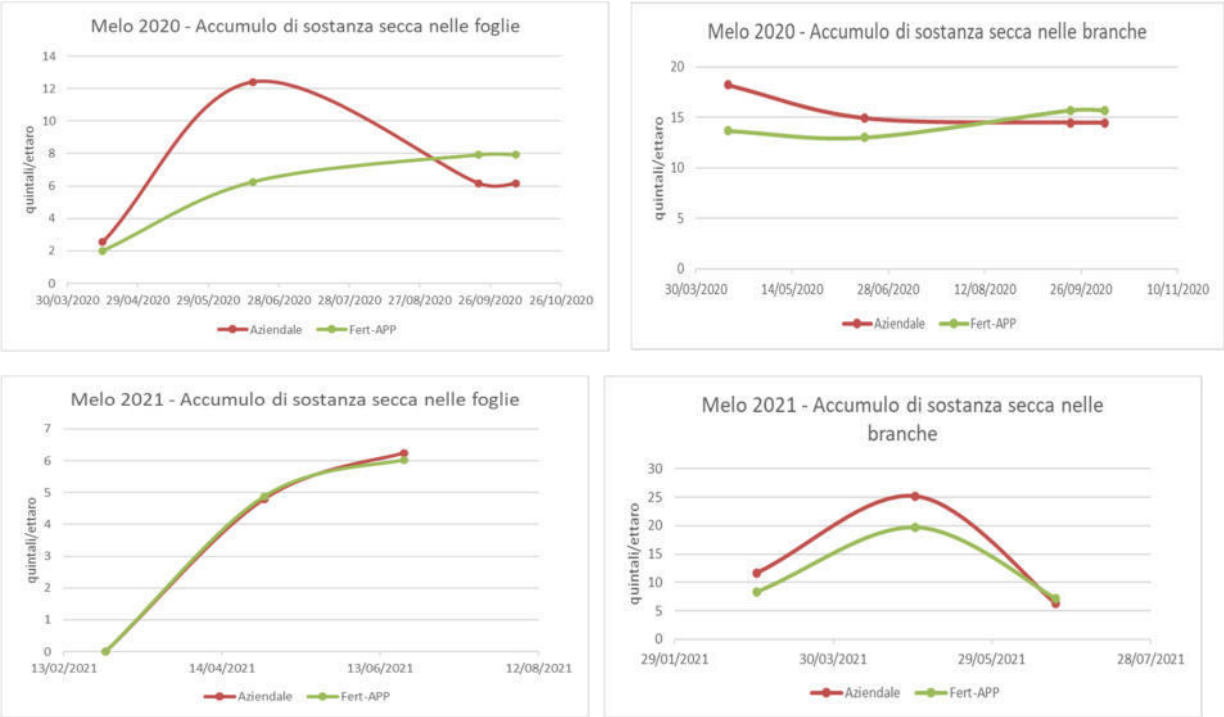



**Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

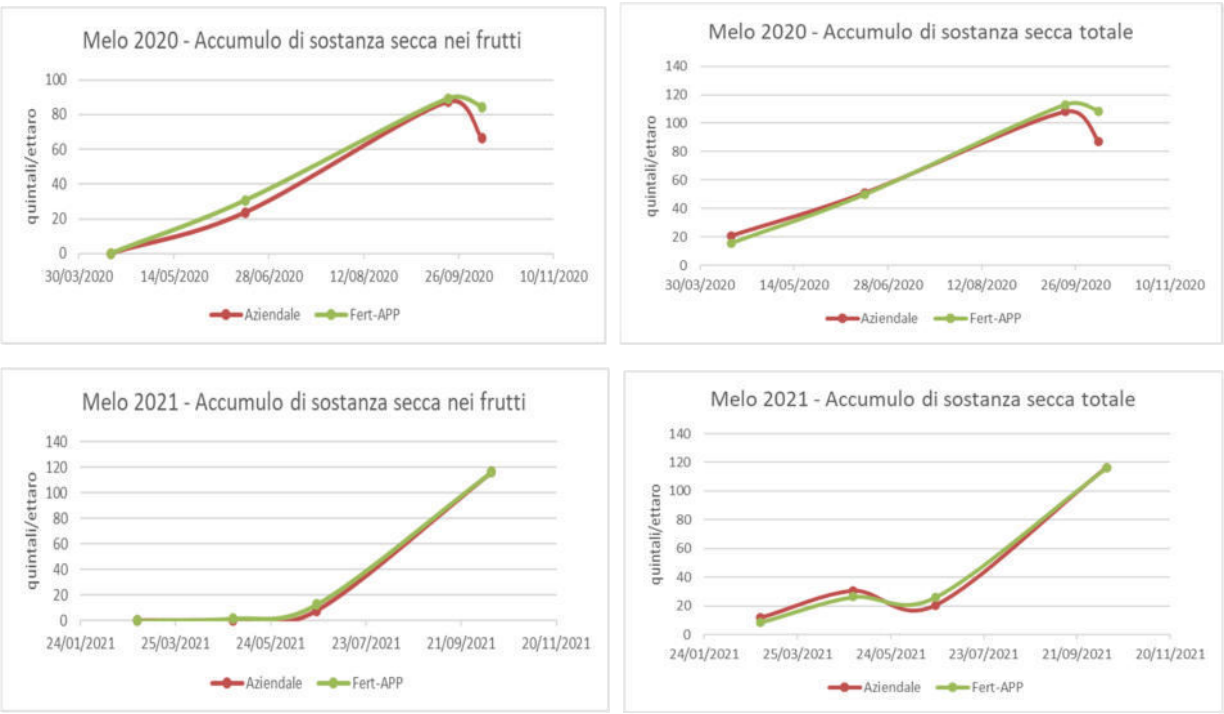



**Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca. In entrambe le tesi il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

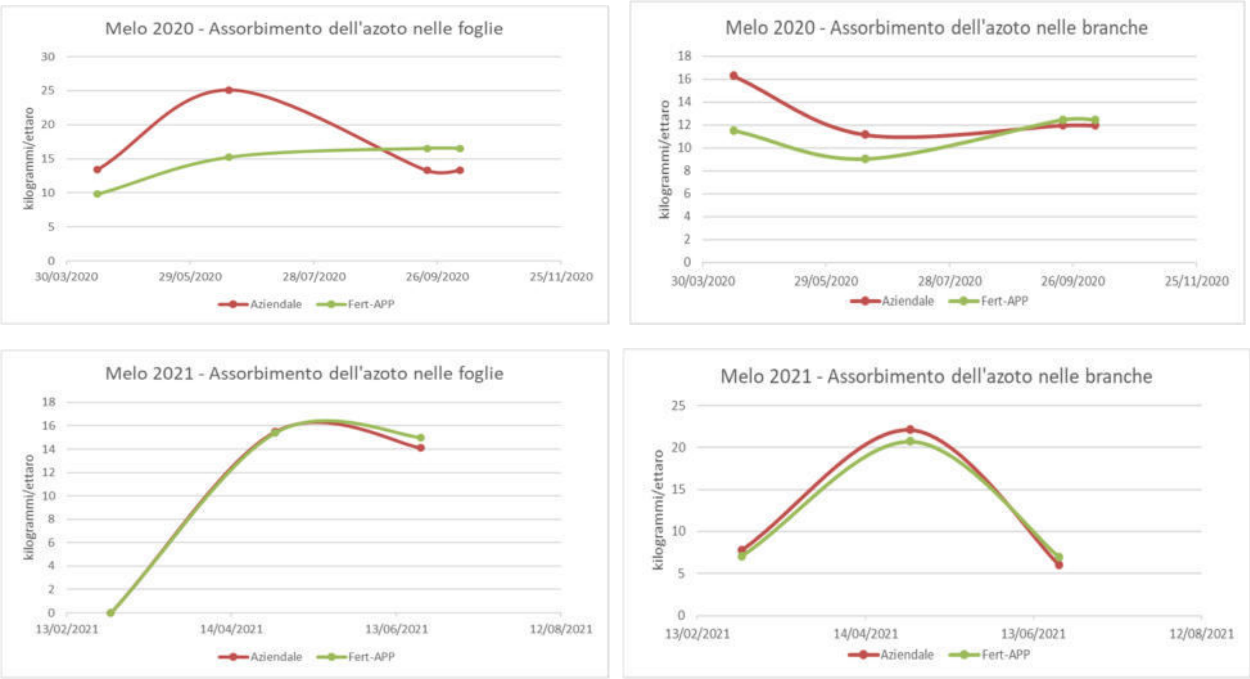



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

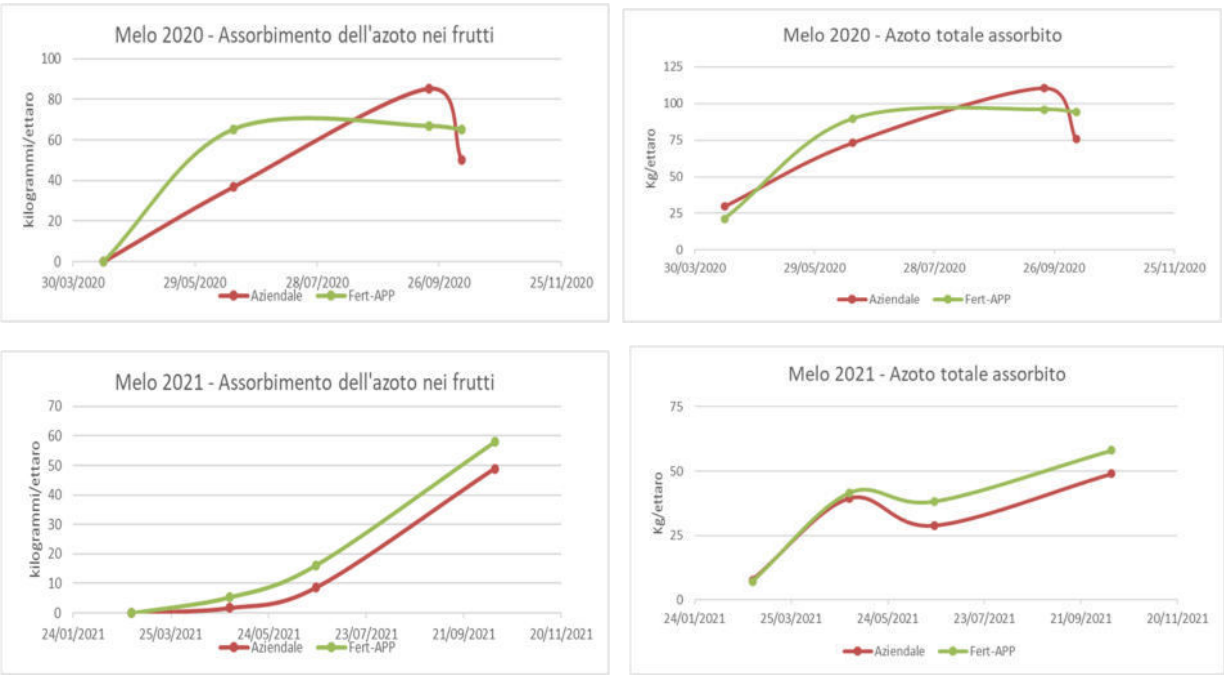
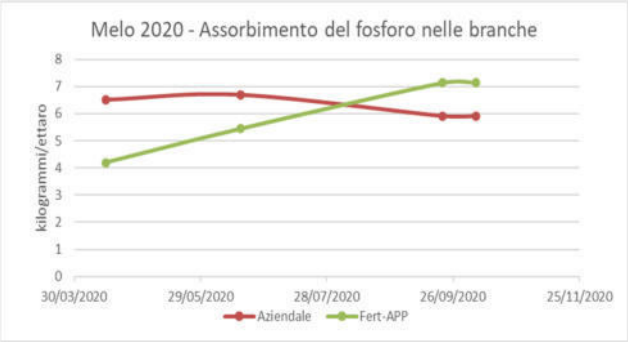



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.



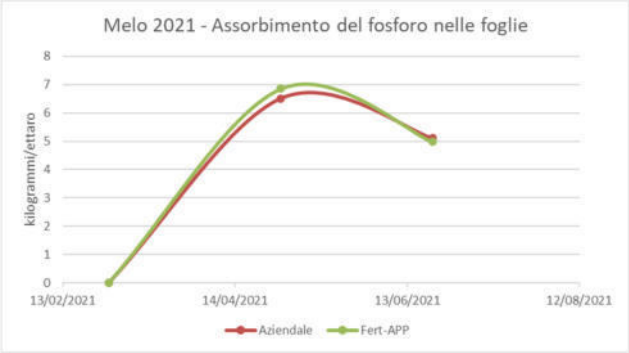



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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. Anche per il potassio il fabbisogno stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

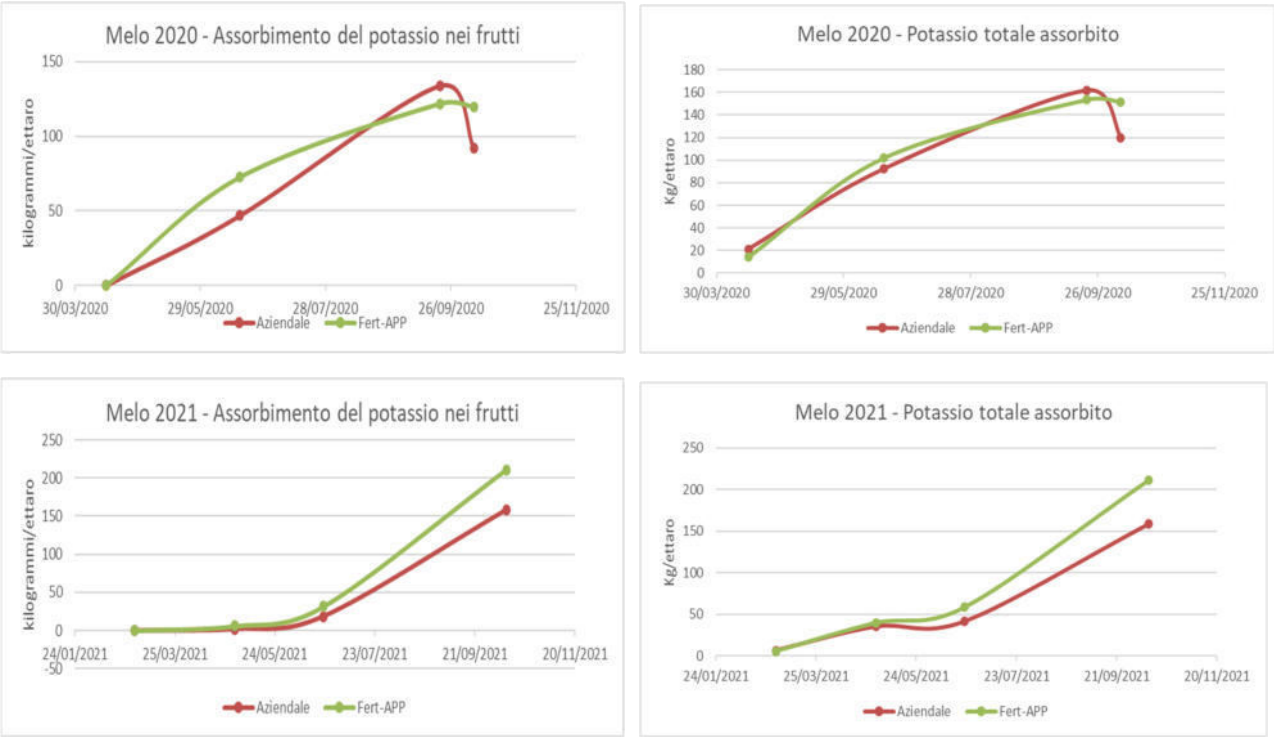


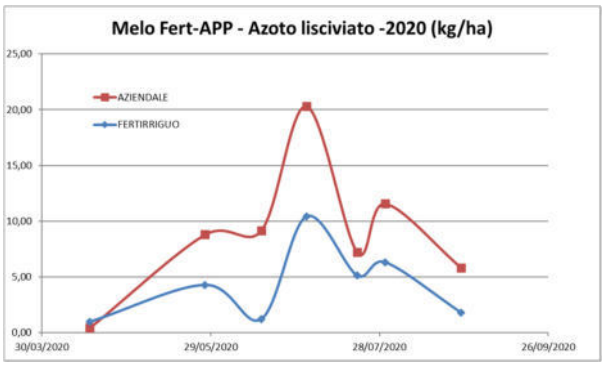

**Fig. 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel 2020.**

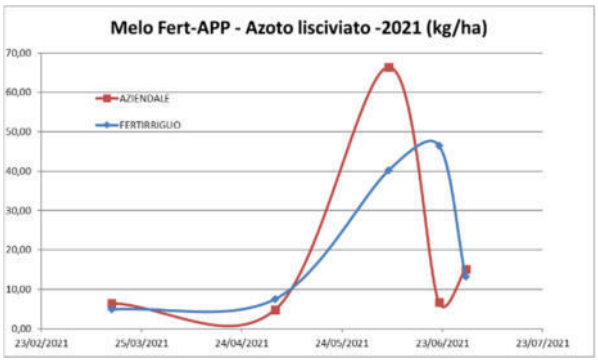
**Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

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

Nella figura seguente è riportato l'andamento del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto: si osserva una maggiore perdita nella tesi Aziendale. Segno che il maggior frazionamento impiegato nella tesi Fert-APP è stato più efficiente grazie ad un maggior assorbimento da parte delle piante che sono state assecondate nei loro fabbisogni man mano che necessitavano di azoto.



## 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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| comparsa dei mazzetti fiorali: inizio fase ( 0-5%) | 2 | True | 235 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mazzetti divaricati: fase piena (> 50%) | 3 | True | 48 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 4 | True | 184 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%) | 5 | True | 910 | 0,90 | True | 30 | 5 | 30 | 0 | 15 | 0 | 40 | 10 | 20 |
| frutti completamente sviluppati: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 1380 | 0,90 | True | 40 | 5 | 30 | 0 | 10 | 0 | 35 | 10 | 30 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 7 | True | 86 | 0,90 | True | 20 | 5 | 30 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 50 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 165 | 0,90 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 20 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 455 | 0,60 | True | 10 | 5 | 10 | 30 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 62 | 0,40 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| riposo vegetativo | 11 | False | 12 | 0,01 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 7. Kiwi (Dorì)

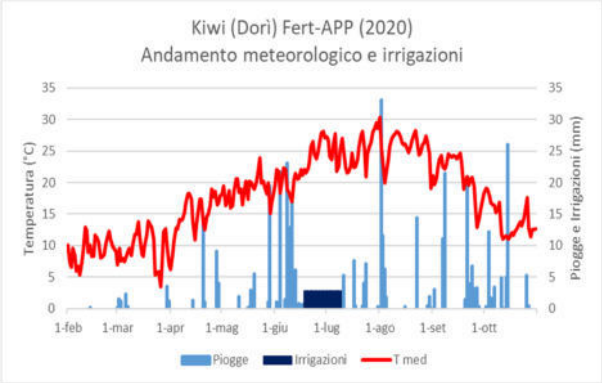
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

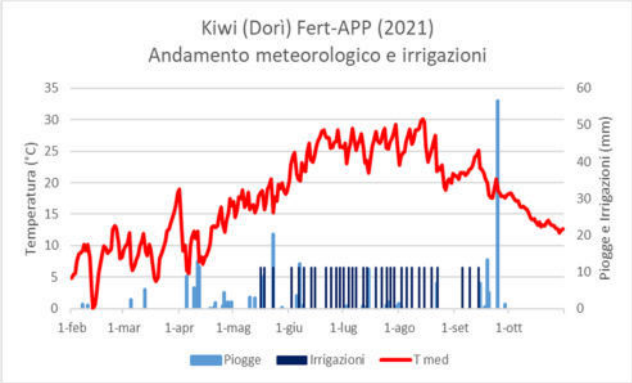
Per la coltura dell'actinidia sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata all'interno di un actinidieto sperimentale di circa 900 m2 situato presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2020 in data 22 marzo e nel 2021 in data 29 marzo. Il sesto di impianto è di 4,50 m fra le file e 2 m sulla fila (995 piante con fiori femminili per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 50 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e piovoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di minimi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 62 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 22 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di maggiori interventi irrigui rispetto al primo anno, corrispondenti a circa 370 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 32 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 100 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura dell'actinidia, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per entrambi gli anni di 48 kg/ha di N, 16 kg/ha di $P_2O_5$ e 79 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

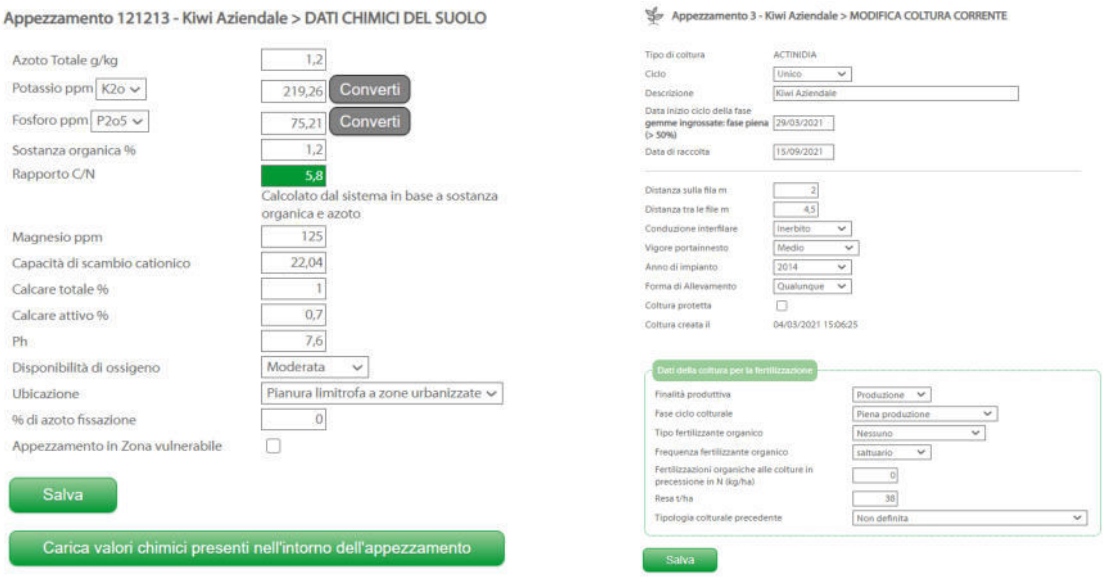



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Nel biennio di prova non è stato distribuito il fosforo, ma solo l'azoto e il potassio dandoli integralmente in fertirrigazione.

| | Copertura tradizionale | | | Fertirrigazione | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | P2O5 | K2O | N | P2O5 | K2O |
| Aziendale | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 100% |
| Fert-APP | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 100% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno nel 2020 e nel 2021

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2020 in 4 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 7 per quella Fert-APP e nel 2021 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 9 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 07/08/2020 | 13 | 0 | 46 | 0,5 | 1,4 | 0,0 | 5,1 |
| 03/08/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 4,3 | 0,0 | 15,3 |
| 31/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 5,8 | 0,0 | 20,4 |
| 27/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 4,3 | 0,0 | 15,3 |
| 20/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,2 | 3,5 | 0,0 | 12,3 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,9 | 0,0 | 10,2 |
| 08/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 4,3 | 0,0 | 15,3 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 3,8 | 0,0 | 13,3 |
| 20/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 4,3 | 0,0 | 15,3 |
| 17/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,5 | 4,3 | 0,0 | 15,3 |
| 08/07/2020 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 3,8 | 0,0 | 13,3 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 02/08/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 02/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 21/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 21/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 12/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 12/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 02/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 02/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 22/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 17,8 | 0,0 |

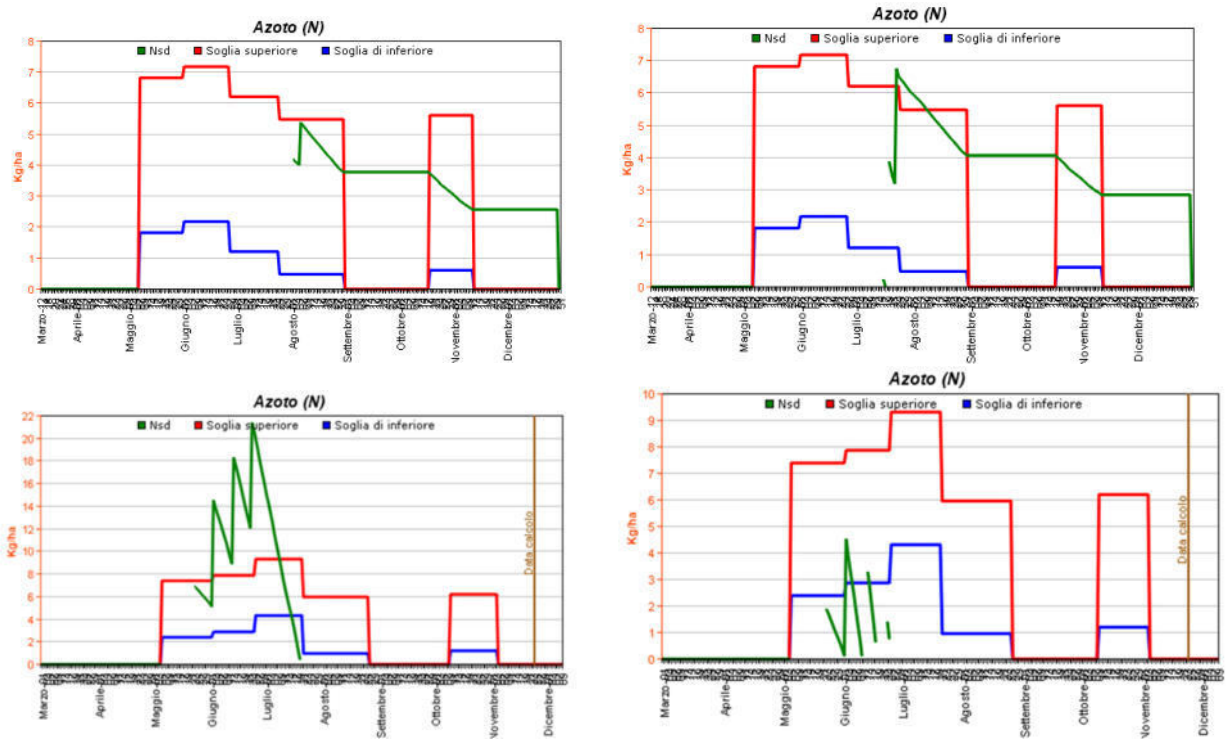
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,9 | 8,5 | 0,0 | 30,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,6 | 4,3 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,9 | 7,2 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,0 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,9 | 7,2 | 0,0 | 0,0 |
| 22/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 17,8 | 0,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,40 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| gemme ingrossate: fase piena (> 50%) | 2 | True | 275 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura piante femminili: fase piena (> 50%) | 3 | True | 284 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 0,75 | True | 10 | 5 | 50 | 20 | 10 | 100 | 5 | 5 | 30 |
| accrescimento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 454 | 0,75 | True | 30 | 5 | 20 | 20 | 5 | 30 | 5 | 10 | 30 |
| accrescimento dei frutti: fase piena (> 50%) | 6 | True | 551 | 0,75 | True | 45 | 5 | 20 | 10 | 5 | 10 | 45 | 20 | 15 |
| maturazione di raccolta: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 763 | 0,75 | True | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 45 | 20 | 70 |
| maturazione di raccolta: fase piena (> 50%) | 8 | True | 655 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 50 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 200 | 0,75 | True | 5 | 5 | 50 | 20 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | False | 100 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



**Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel biennio**

Nel biennio di prova le raccolte sono state effettuate rispettivamente in data 28 settembre e 24 settembre, eseguendo su 3 piante per replica i seguenti rilievi:

- Produzione areica,
- °Brix,
- Durezza.

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

I risultati ottenuti nel biennio di prova non hanno mostrano differenze statisticamente significative tra i trattamenti.

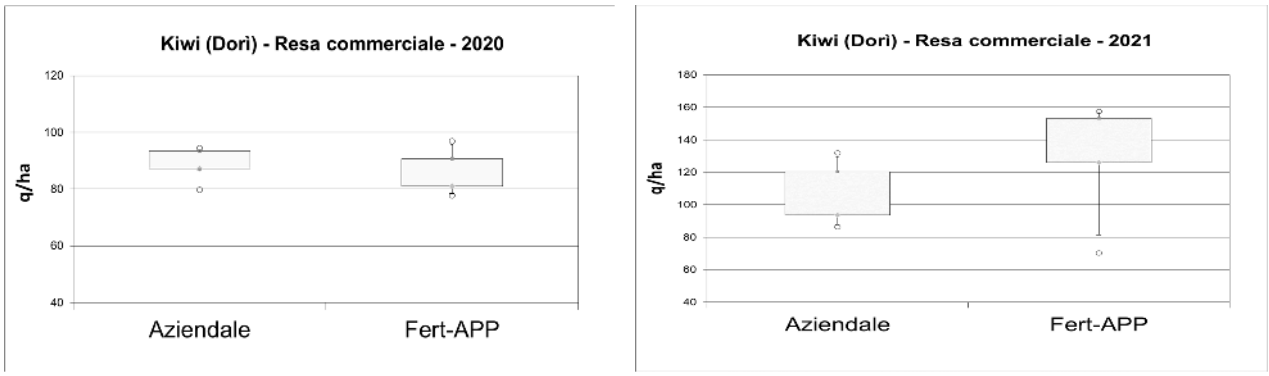



**Fig. 8 – Rese commerciali ottenute nel biennio 2020-2021.**

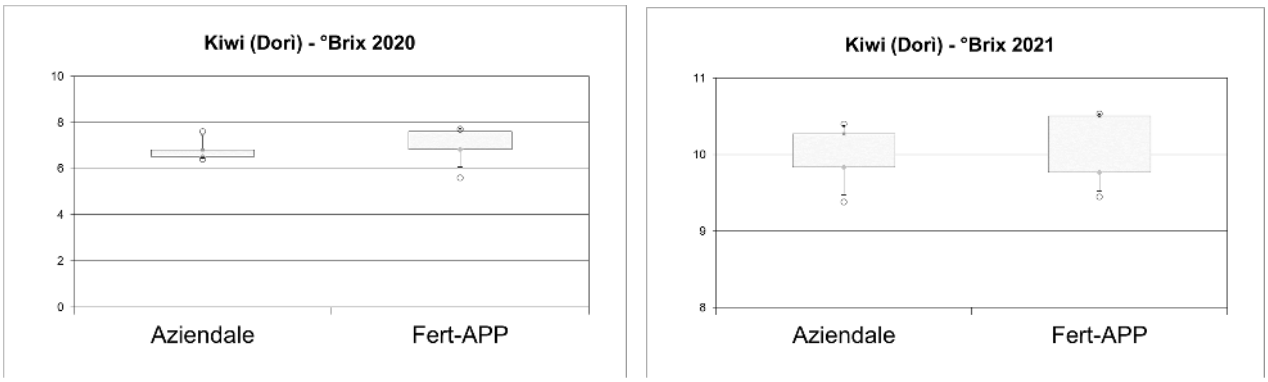



**Fig. 9 – Qualità dei kiwi ottenuta nel biennio 2020-2021.**

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, non osservando differenze tra i trattamenti.

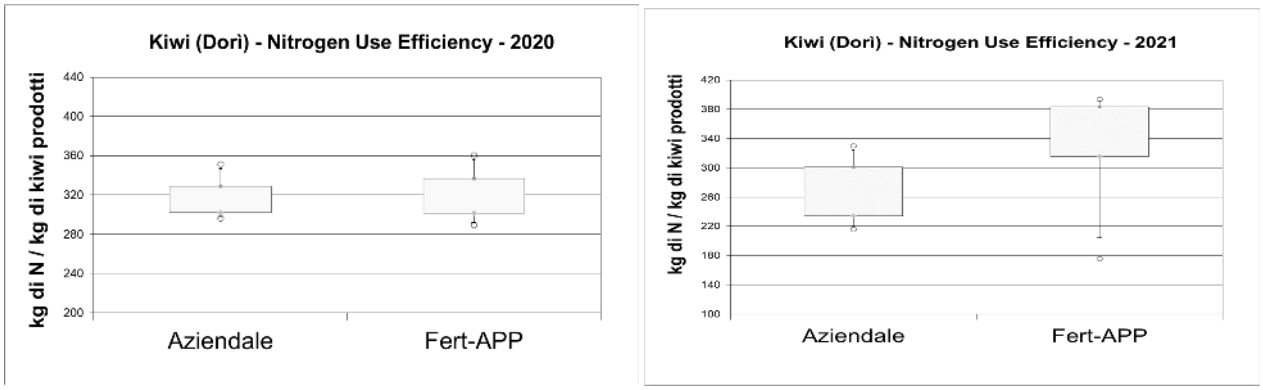



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

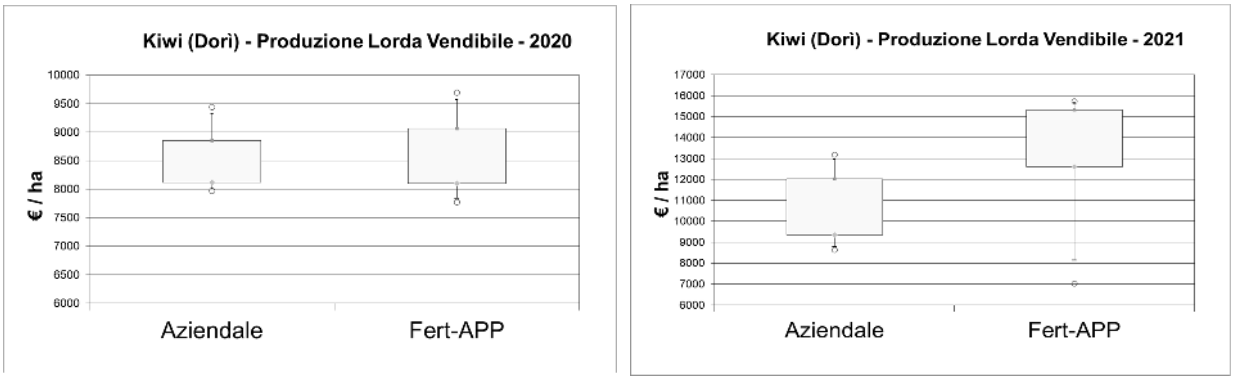



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio 2020-2021.**

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

Durante il biennio di prova, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in tralci, 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 grappoli dalle branche e dalle foglie.

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

- allegagione
- accrescimento dei frutti
- raccolta

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro, ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto.

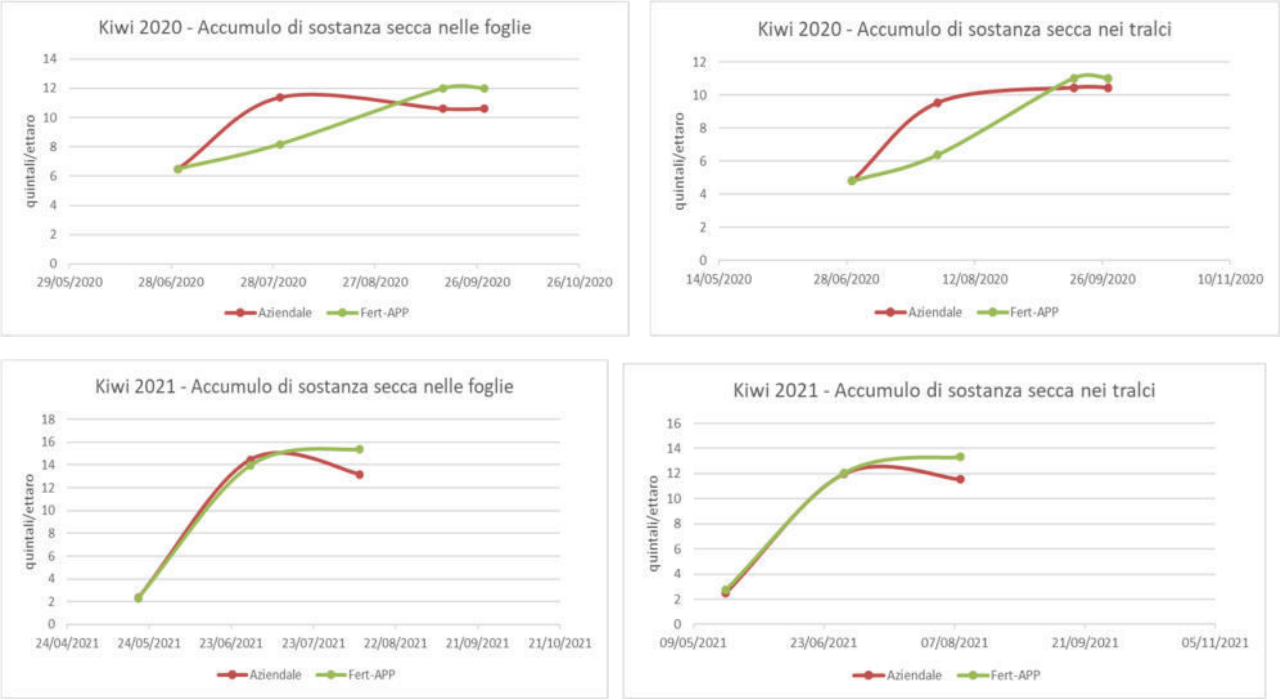



**Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

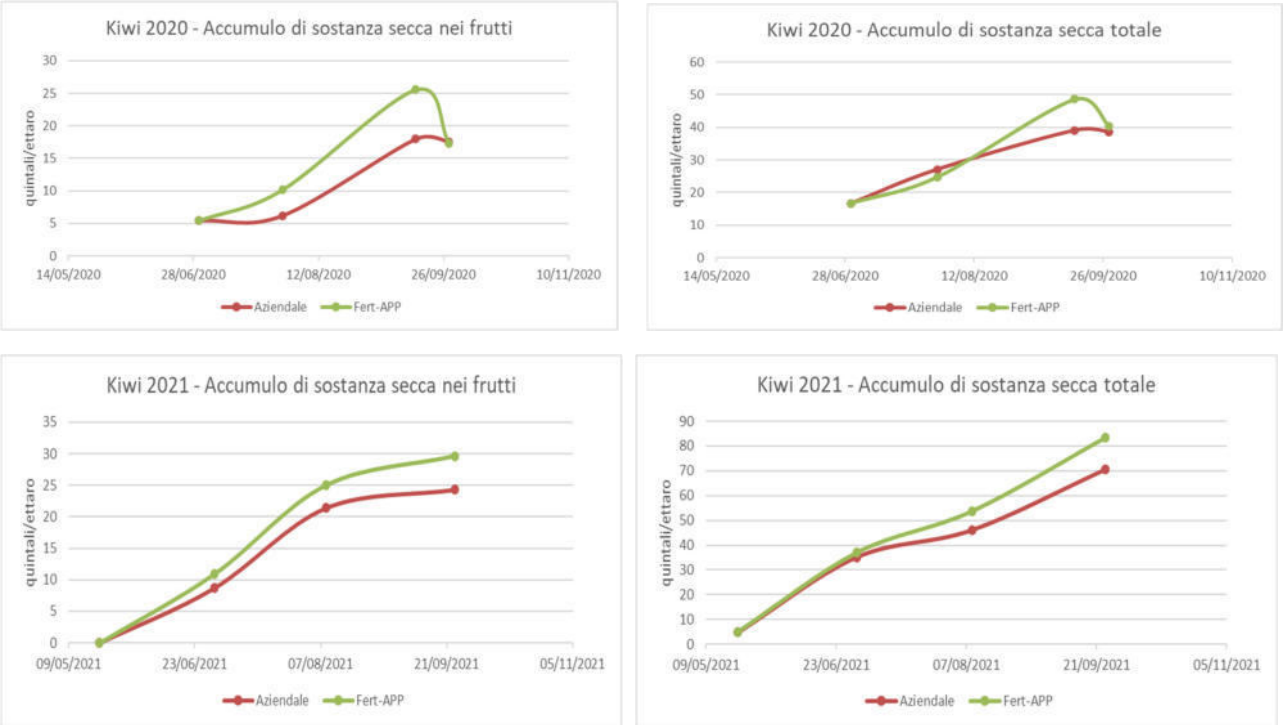



**Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto.

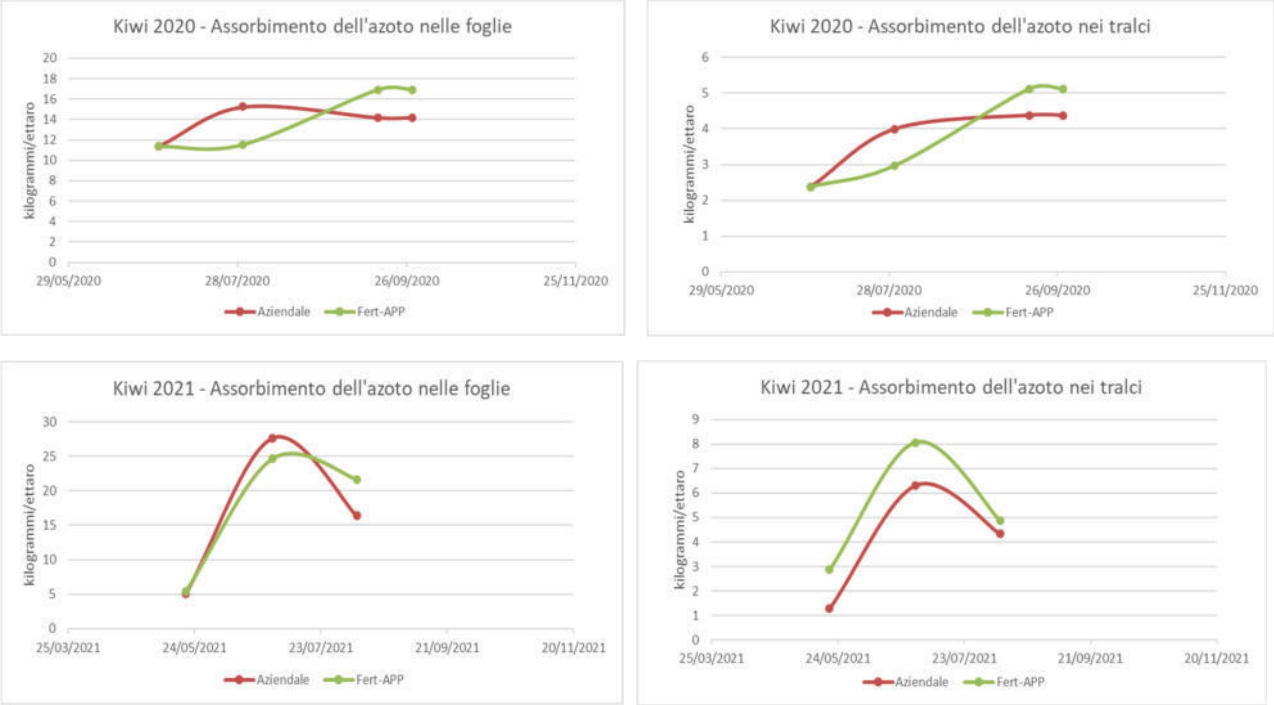



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**

**Fig. 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel 2020.**

## Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo per ettaro, ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto.

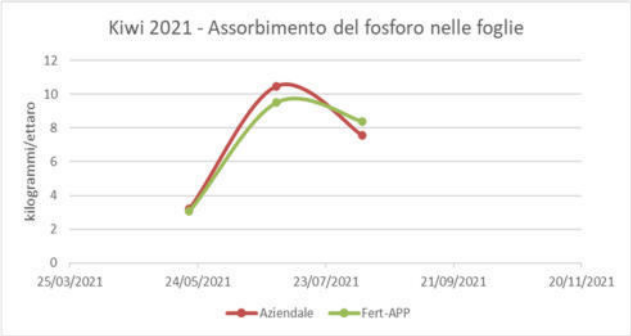
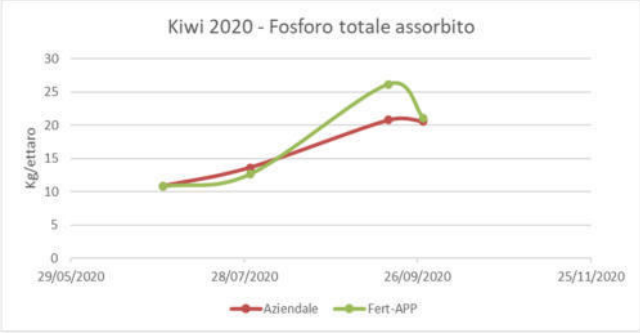


**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**



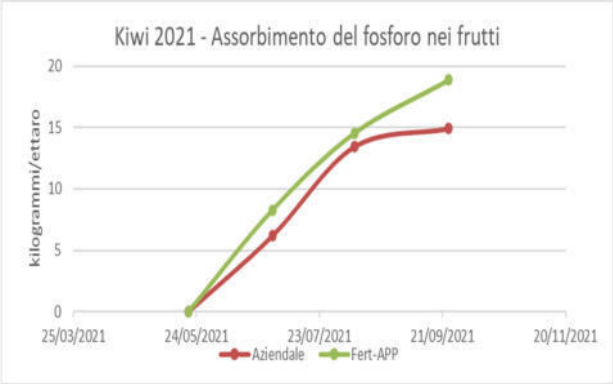
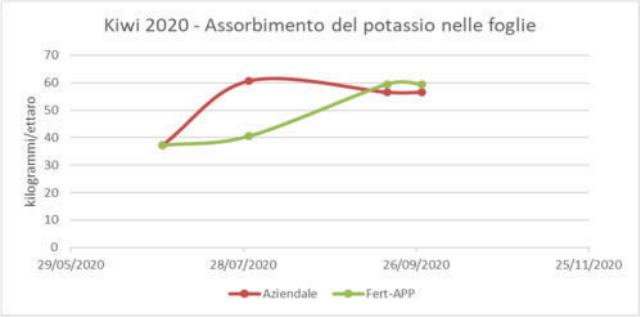
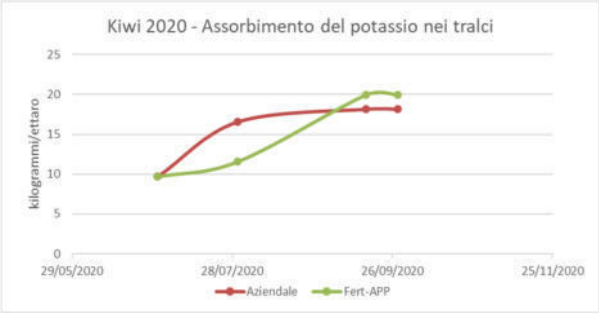



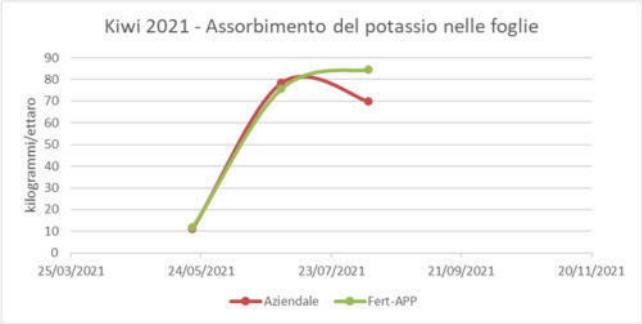
**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro, ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto.



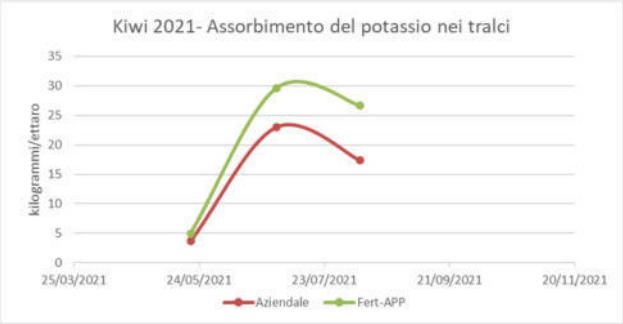
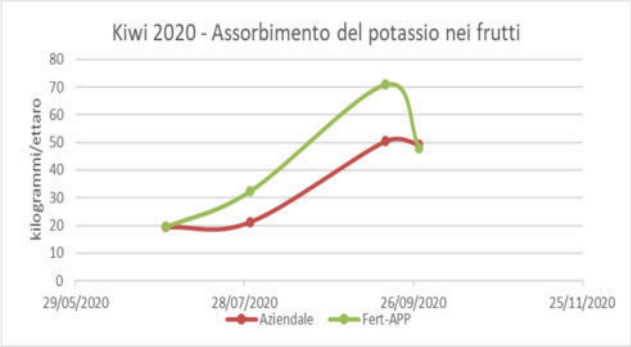
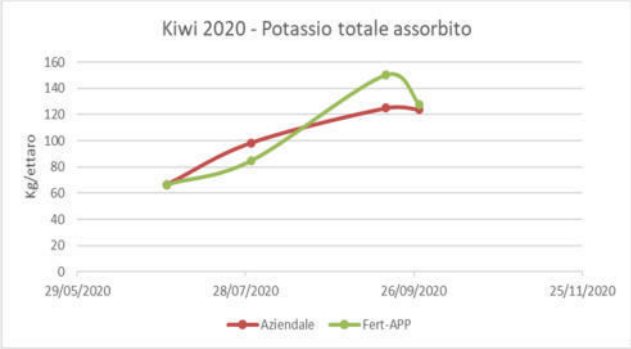
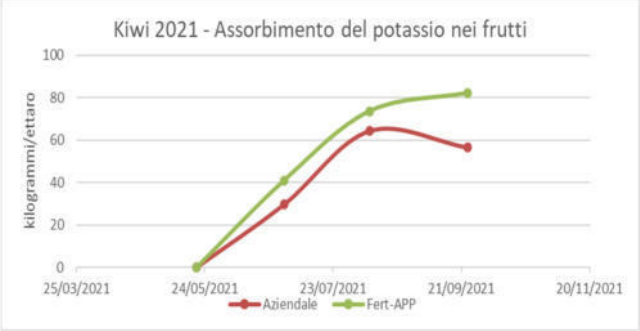




**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.**



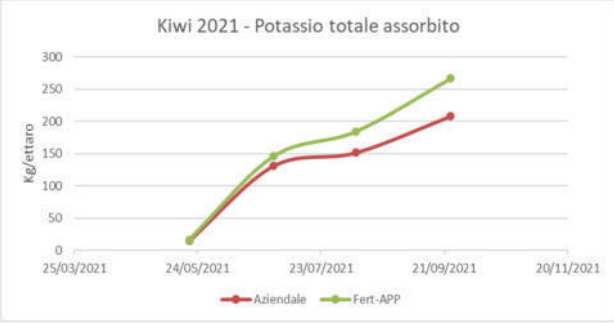
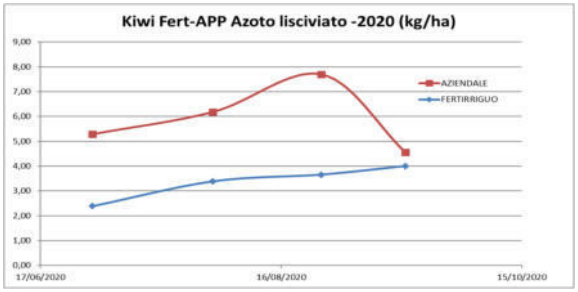
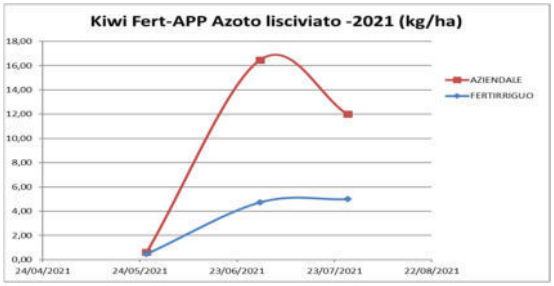




**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

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

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. Nelle figure seguenti sono riportate gli andamenti del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto: si osserva una maggiore perdita nella tesi Aziendale. Segno che il maggior frazionamento impiegato nella tesi Fert-APP è stato più efficiente grazie ad un maggior assorbimento da parte delle piante che sono state assecondate nei loro fabbisogni man mano che necessitavano di azoto.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,40 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| gemme ingrossate: fase piena (> 50%) | 2 | True | 275 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura piante femminili: fase piena (> 50%) | 3 | True | 284 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| allegagione: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 0,75 | True | 10 | 5 | 50 | 20 | 10 | 100 | 5 | 5 | 30 |
| accrescimento dei frutti: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 454 | 0,75 | True | 30 | 5 | 20 | 20 | 5 | 30 | 5 | 10 | 30 |
| accrescimento dei frutti: fase piena (> 50%) | 6 | True | 551 | 0,75 | True | 45 | 5 | 20 | 10 | 5 | 10 | 45 | 20 | 15 |
| maturazione di raccolta: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 763 | 0,75 | True | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 45 | 20 | 70 |
| maturazione di raccolta: fase piena (> 50%) | 8 | True | 655 | 0,75 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 50 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 200 | 0,75 | True | 5 | 5 | 50 | 20 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | False | 100 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 8. Albicocco (Farbela e Lady Cot)

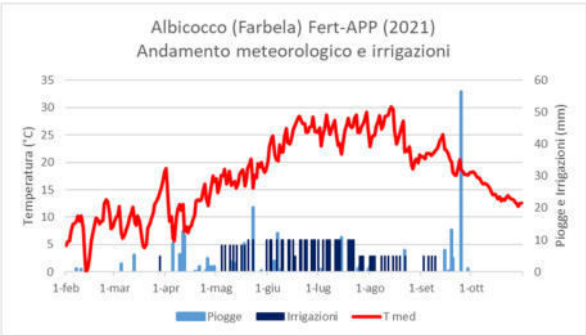
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2021-2022**

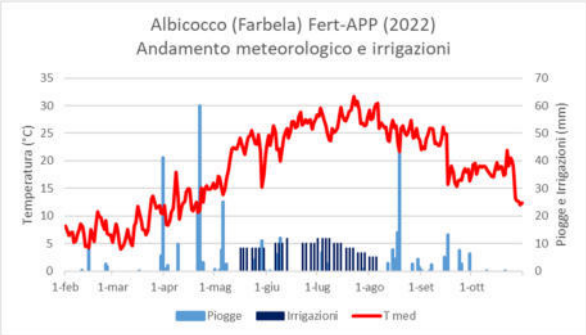
Per la coltura dell'albicocco sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata replicata per due cultivar: Farbela e Lady Cot, impiantate nel 2017, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentali di circa 2000 m2 situato presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. A causa delle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile nel 2020 non è stato possibile avviare sin da subito le prove che sono partite nel 2021. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2021 in data 15 marzo e nel 2022 in data 24 marzo. Il sesto di impianto è di 4,0 m fra le file e 1,5 m sulla fila (2.000 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 50 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di numerosi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 468 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 55 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece piovoso in primavera e caldo e siccitoso durante il resto del ciclo colturale necessitando di minori interventi irrigui rispetto al primo anno, corrispondenti a circa 276 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 31 interventi sempre durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa 100 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura dell'albicocco, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere di 41 kg/ha di N, 20 kg/ha di $P_2O_5$ e 83 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2021 in 4 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 8 per quella Fert-APP e nel 2022 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 7 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/09/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,6 | 5,0 | 0,0 | 0,0 |
| 02/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 02/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 23/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 23/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 13/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 26/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 02/09/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| 08/07/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 08/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 30/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 30/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 17/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 17/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,4 | 3,5 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 03/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 11,0 | 0,0 | 0,0 |
| 25/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 2,8 | 24,0 | 0,0 | 0,0 |
| 22/03/2022 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,7 | 5,7 | 0,0 | 20,0 |
| 03/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,9 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 03/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 7,2 | 0,0 | 0,0 |
| 26/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 03/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 11,0 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 11,0 | 0,0 | 0,0 |
| 25/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 25/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,3 | 11,0 | 0,0 | 0,0 |
| 18/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 17,5 | 0,0 | 0,0 |
| 18/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 22/03/2022 | 0 | 40 | 0 | 2,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 |

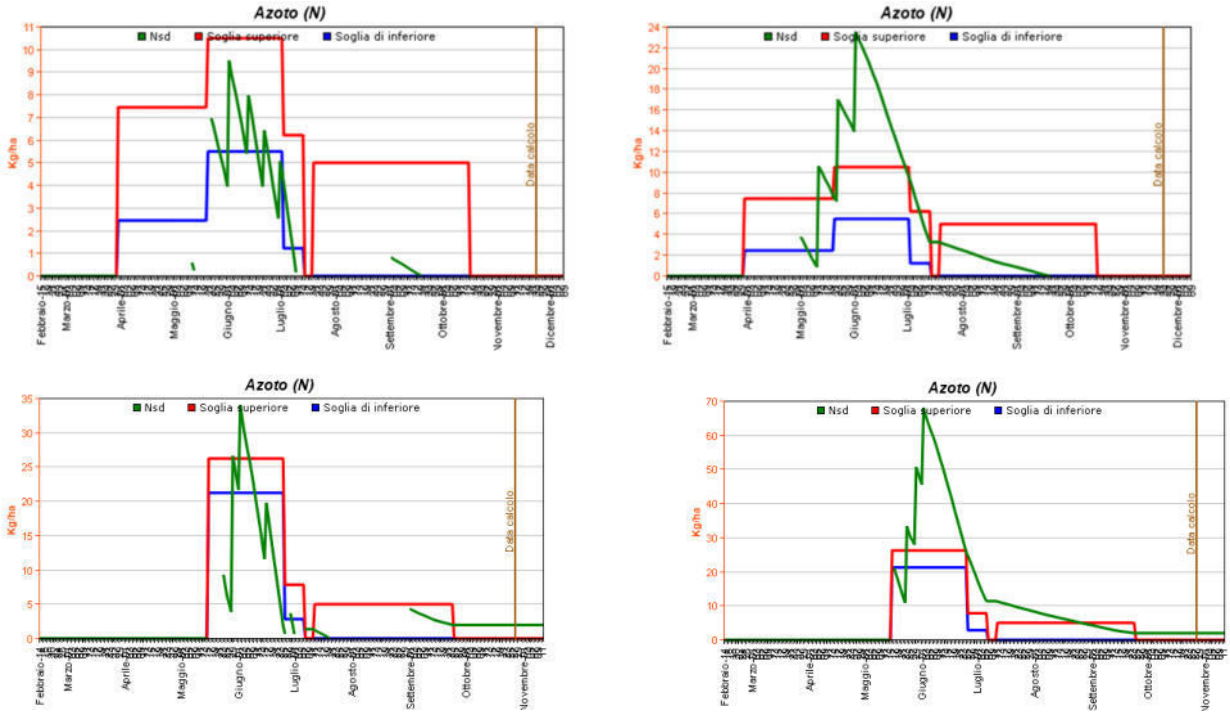
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 131 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 86 | 0,90 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 456 | 0,90 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| accrescimento frutti 2°fase: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 796 | 1,00 | True | 75 | 5 | 30 | 10 | 5 | 10 | 35 | 10 | 80 |
| frutti maturi: | 6 | True | 236 | 1,00 | True | 15 | 5 | 20 | 0 | 0 | 10 | 50 | 10 | 100 |

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| inizio fase ( 0-5%) | | | | | | | | | | | | | | |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 7 | True | 104 | 1,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 8 | True | 1505 | 0,00 | True | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 9 | True | 123 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è per il 2021 e 2022 rispettivamente, stata la seguente:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2021-2022

Nel biennio di prova le raccolte sono state effettuate, per le due cultivar in esame (Lady Cot e Farbela), il primo anno rispettivamente in data 9 e 23 luglio e il secondo anno in data 6 e 27 luglio, eseguendo rispettivamente su 5 e 4 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

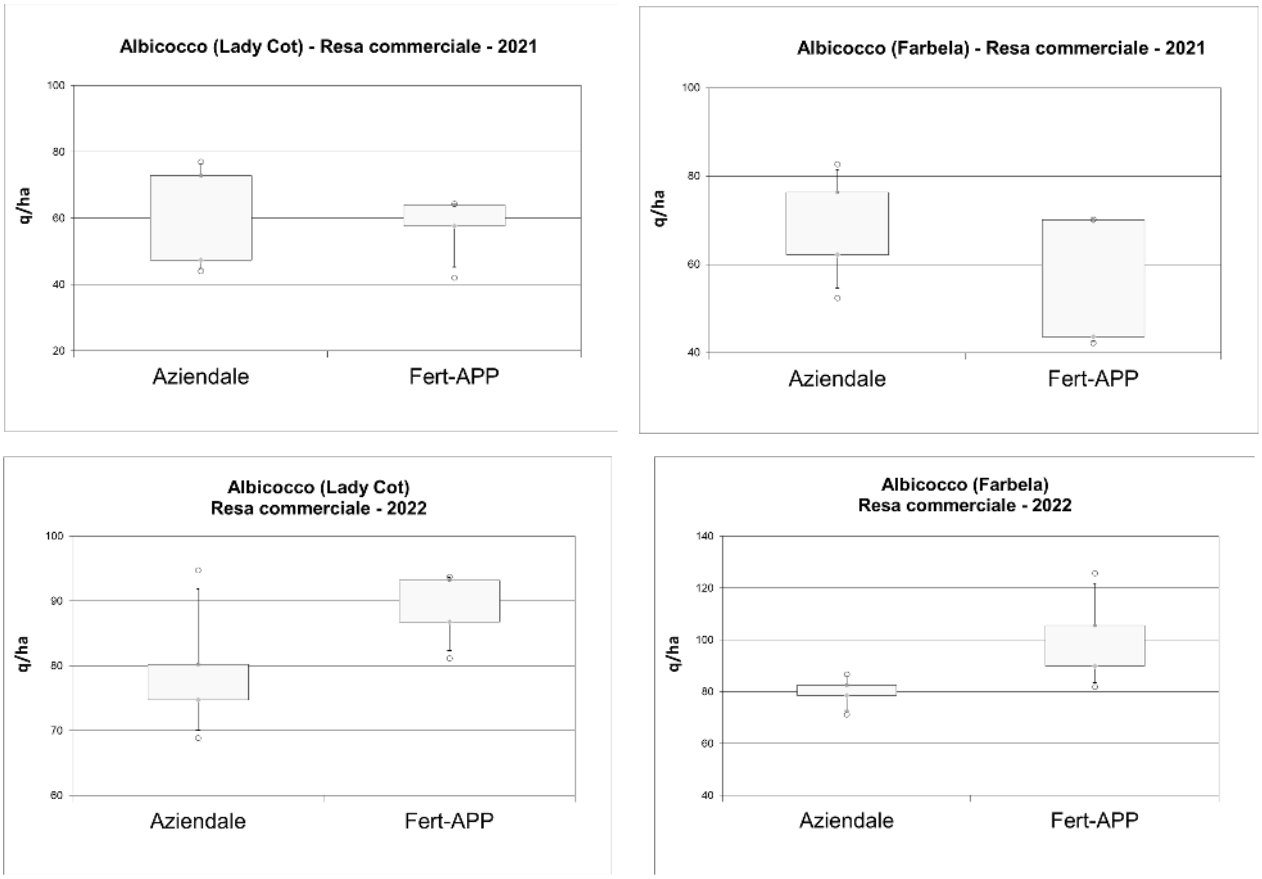
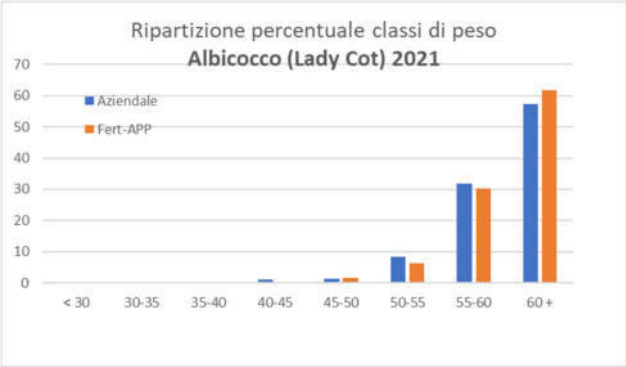
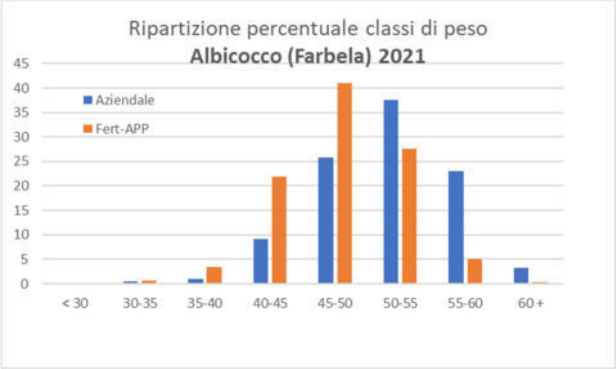
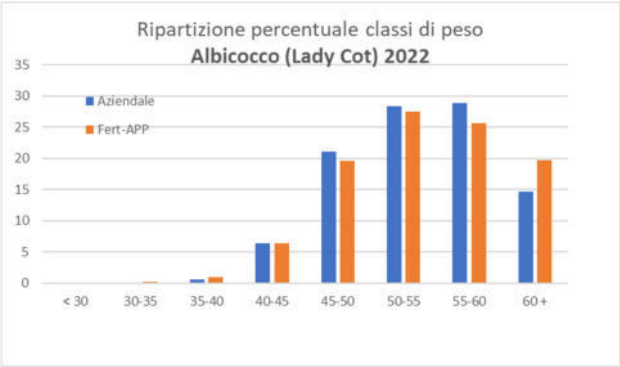



**Fig. 8a e 8b, 8c e 8d – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova.**





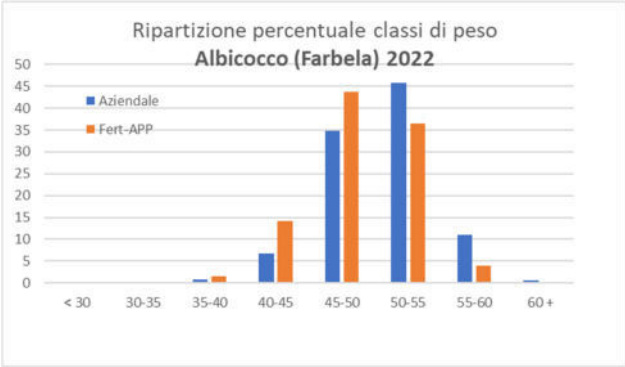
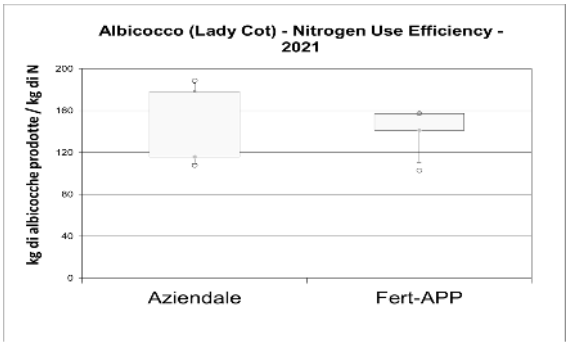
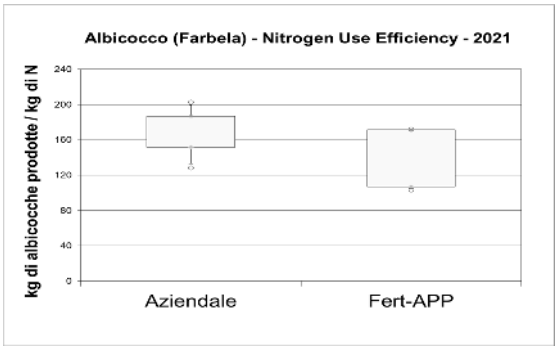
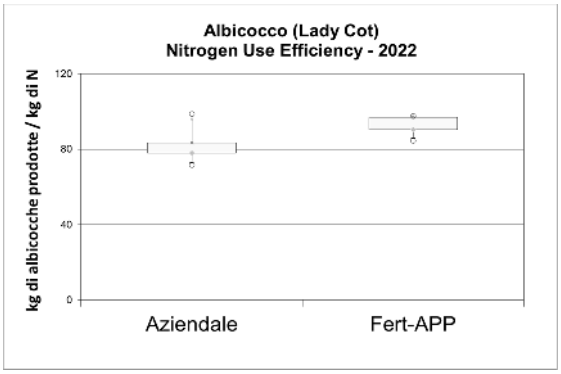




**Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Ripartizione in classi di calibro Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2021-2022.**

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.



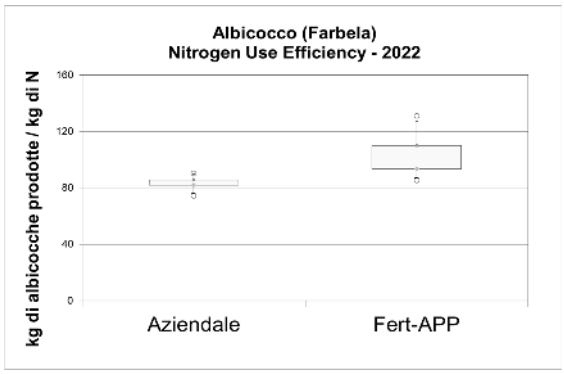




**Fig. 10a e 10b, 10c e 10d – Efficienza di utilizzo dell'azoto Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2021-2022.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

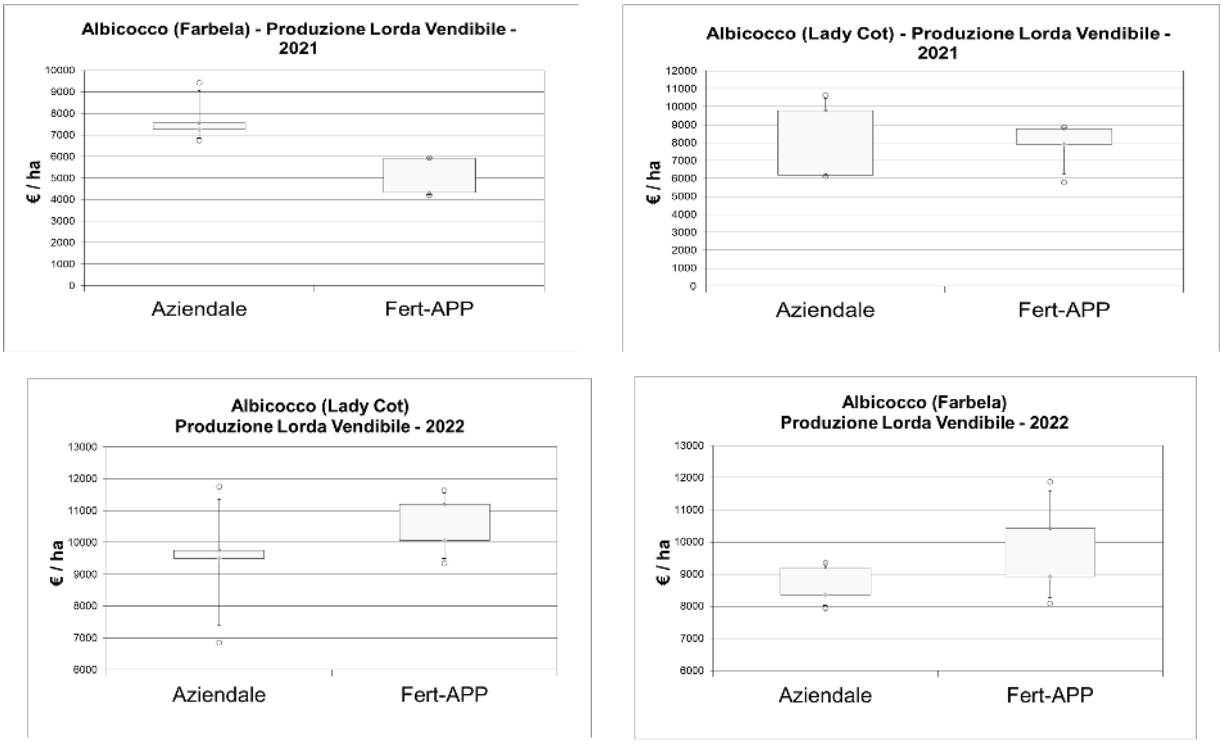



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2020-2021.**

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

Durante il biennio di prova, 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:

- allegagione
- accrescimento dei frutti
- raccolta

<u>Accumulo di sostanza secca</u>

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, nel biennio di prova.

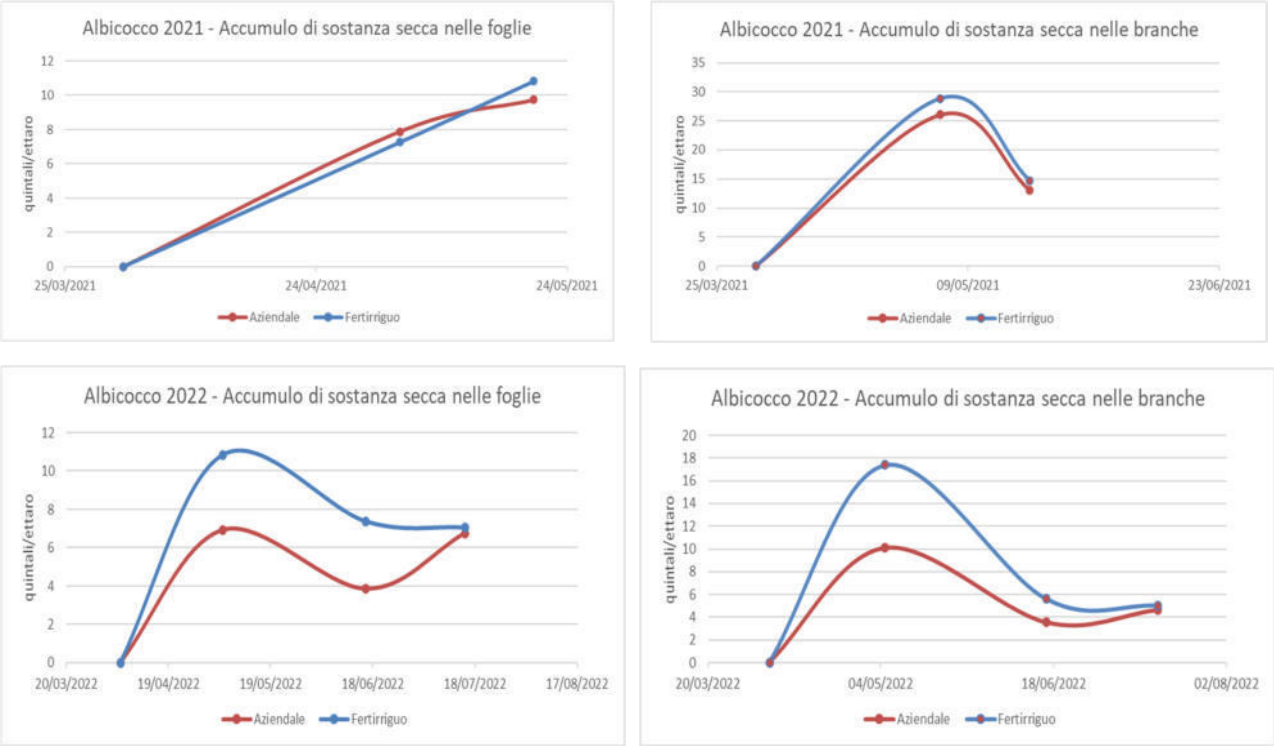



**Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

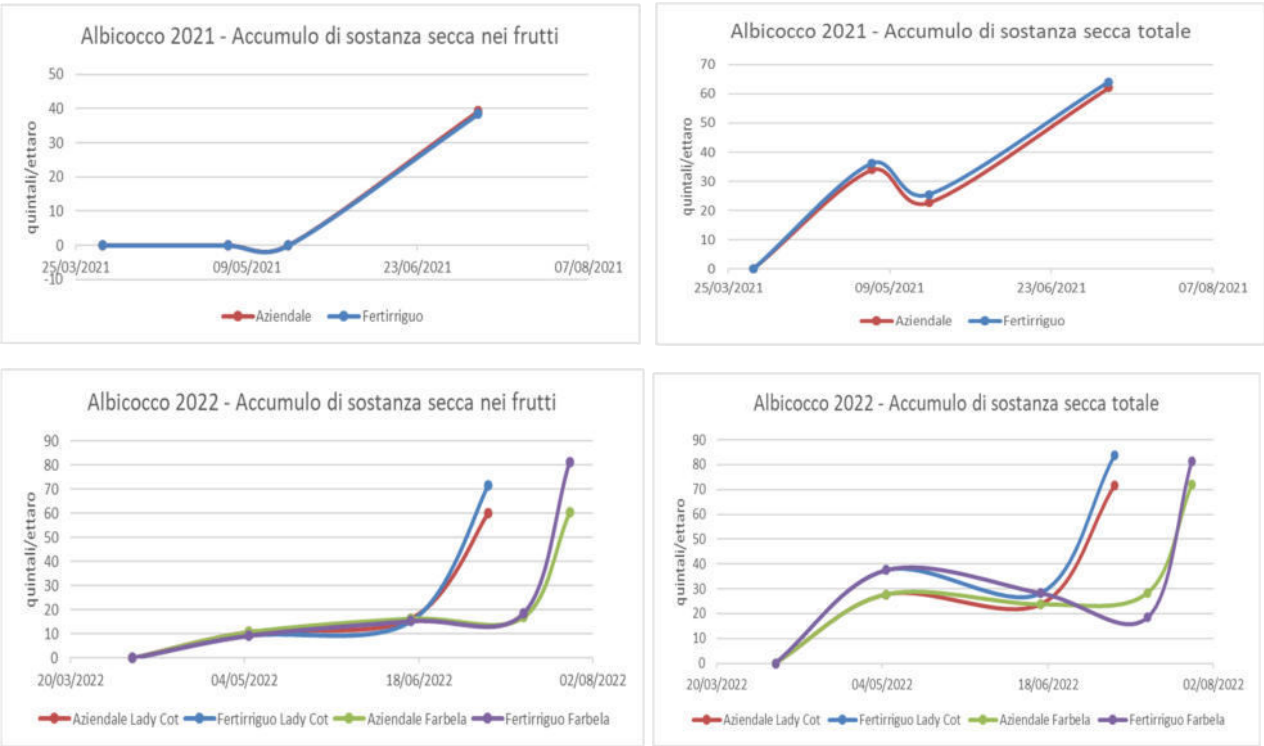
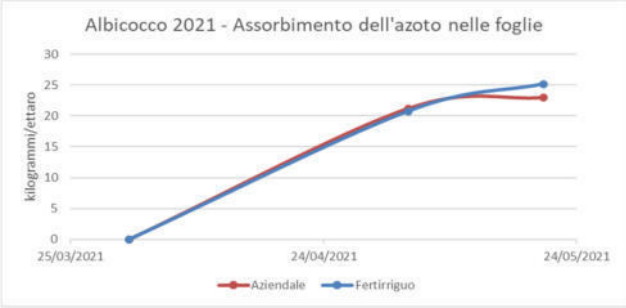
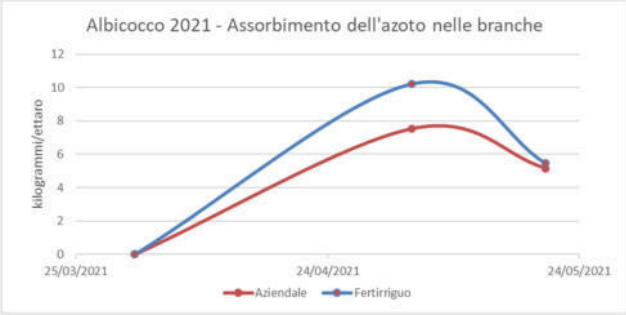



**Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca. In entrambe le tesi il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.



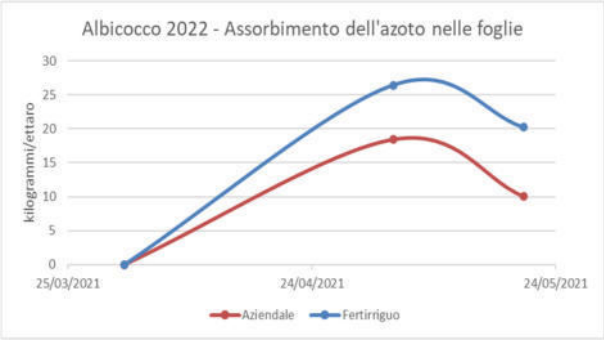
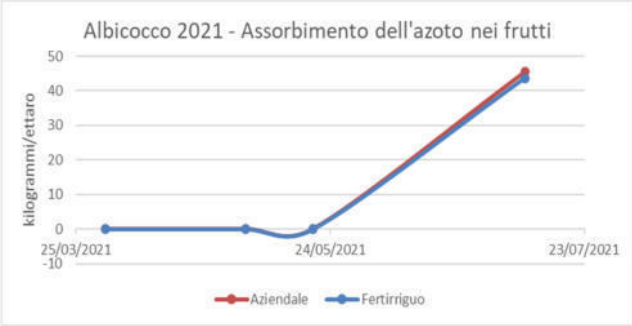



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**



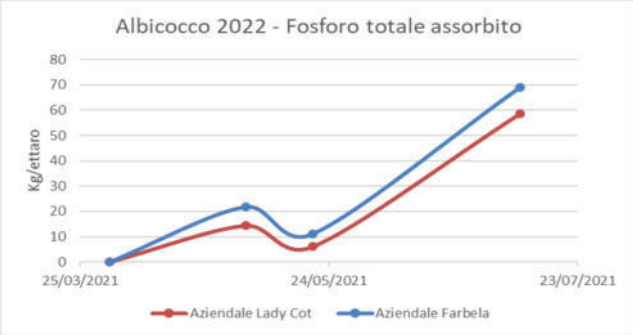



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

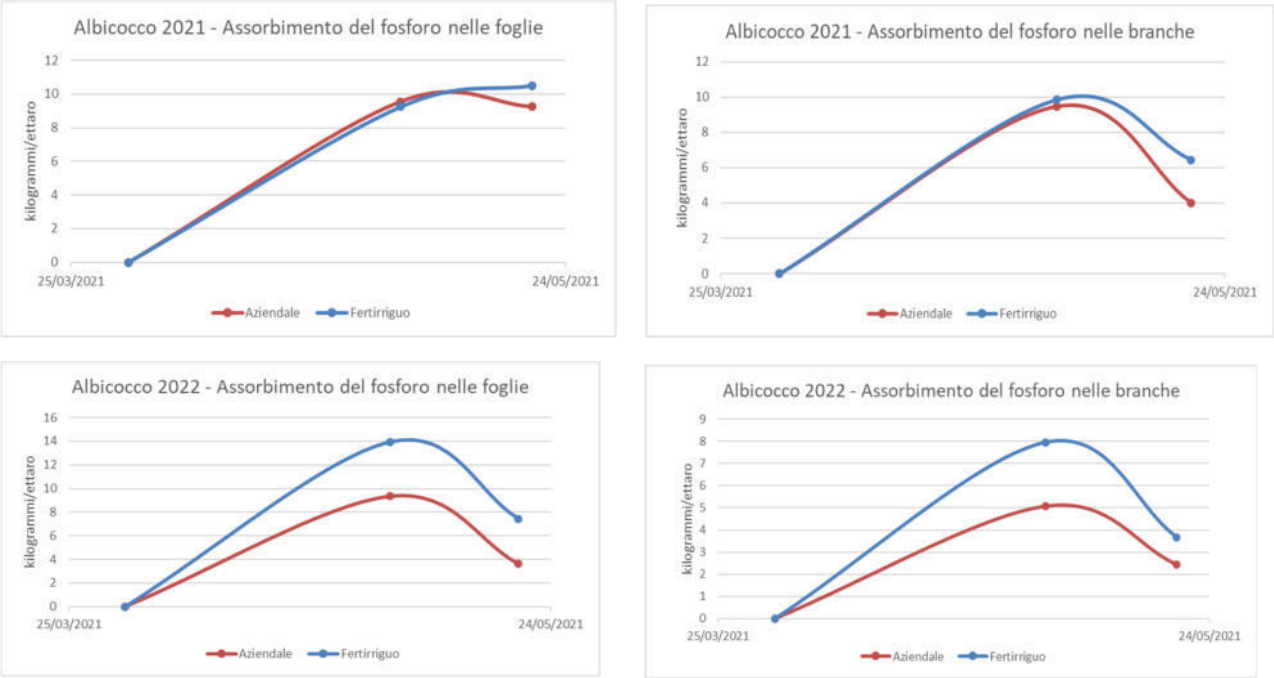



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

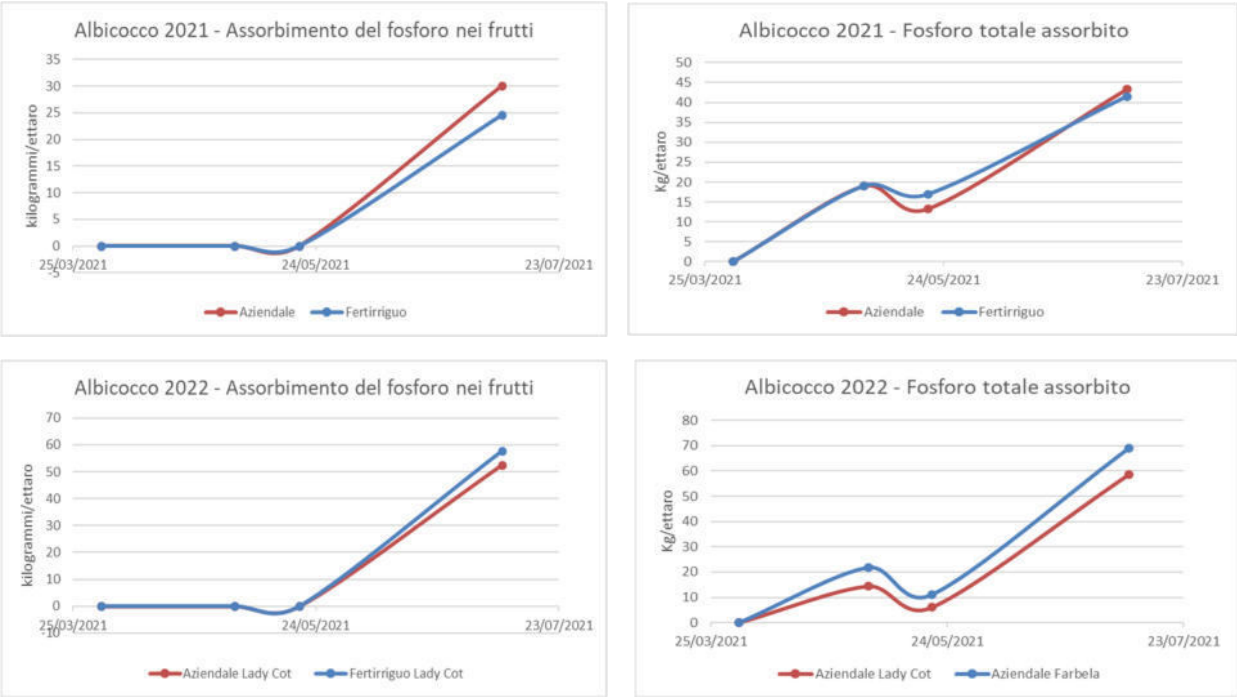



**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel 2020.**

## 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. Anche per il potassio il fabbisogno stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

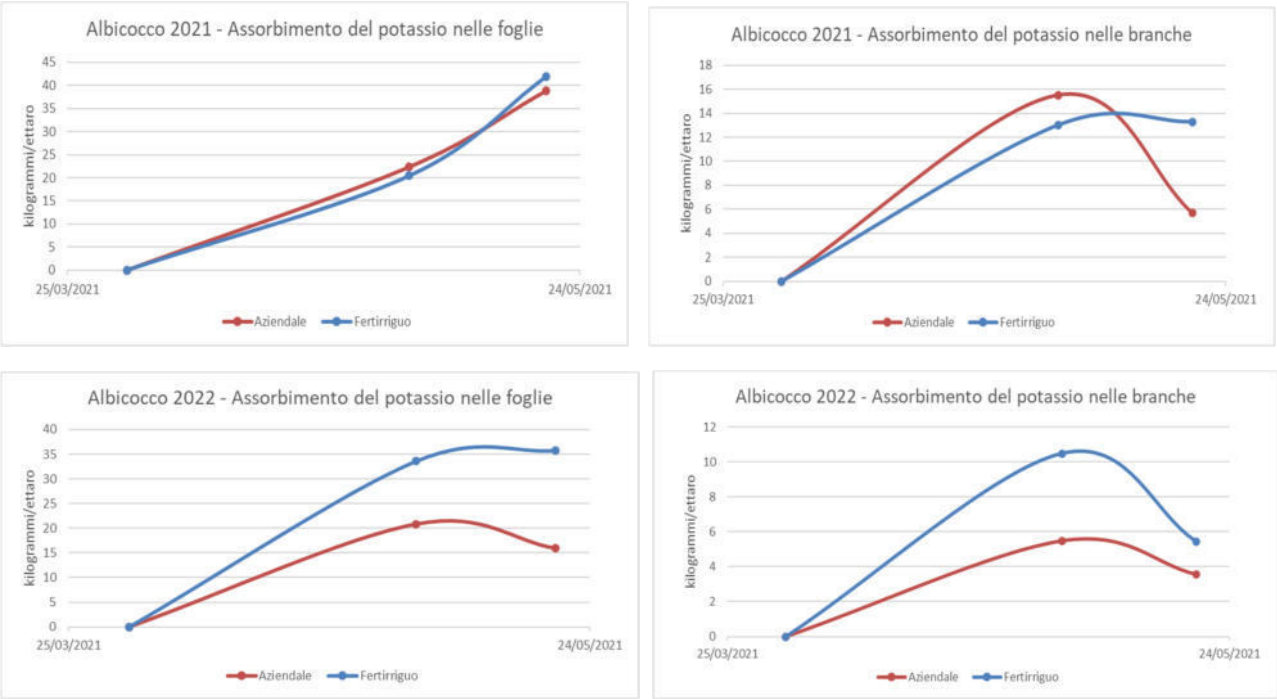



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

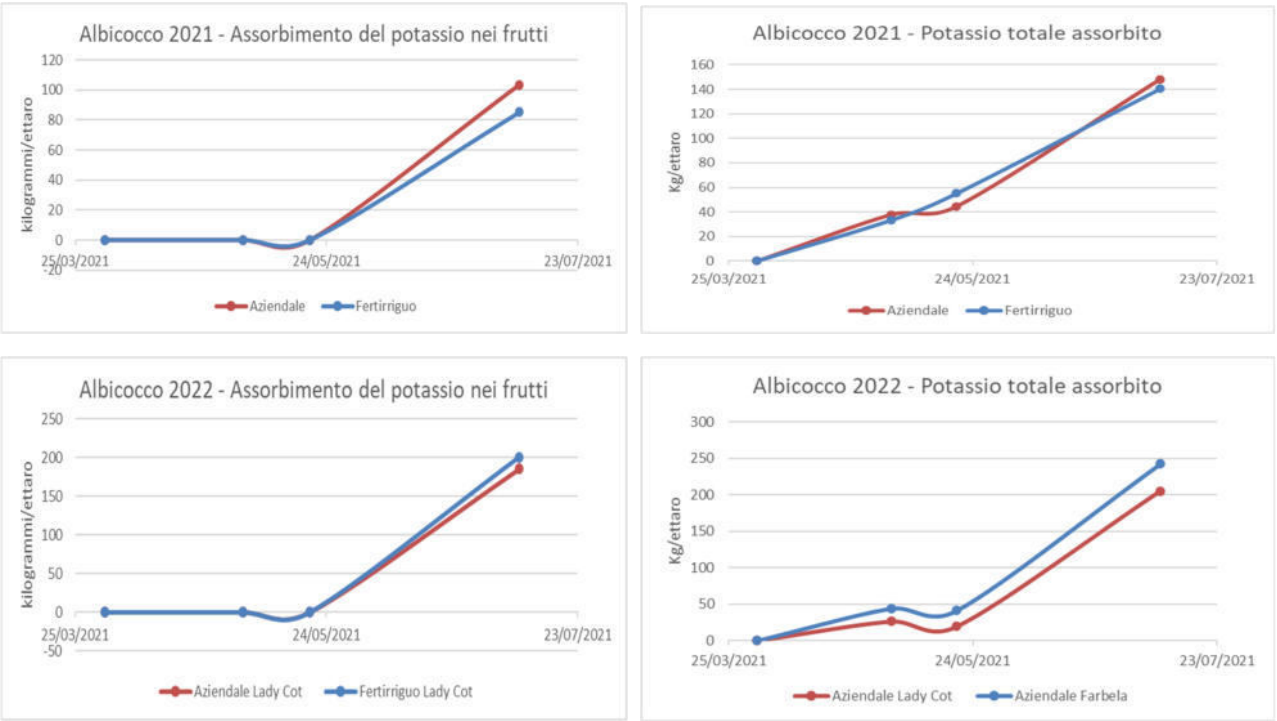
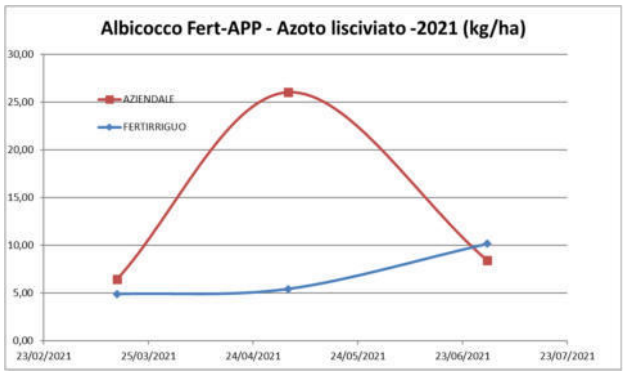
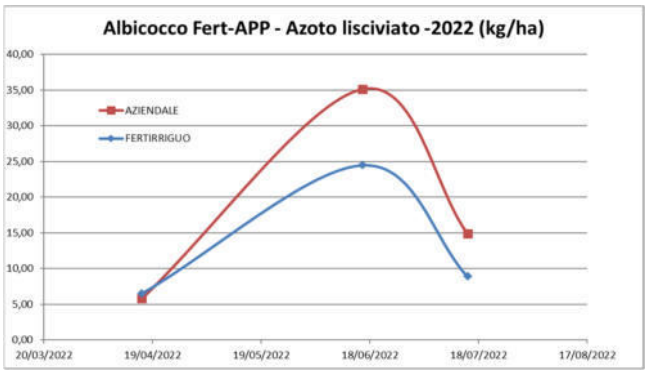



**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

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

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. Nelle figure seguenti sono riportate gli andamenti del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 131 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 86 | 0,90 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 456 | 0,90 | True | 30 | 5 | 20 | 30 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| accrescimento frutti 2°fase: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 796 | 1,00 | True | 45 | 5 | 30 | 10 | 5 | 10 | 35 | 10 | 80 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 236 | 1,00 | True | 15 | 5 | 20 | 0 | 0 | 10 | 50 | 10 | 100 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 7 | True | 104 | 1,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 8 | True | 1505 | 0,00 | True | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 9 | True | 123 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 9. Pesco (Stark Red Gold)

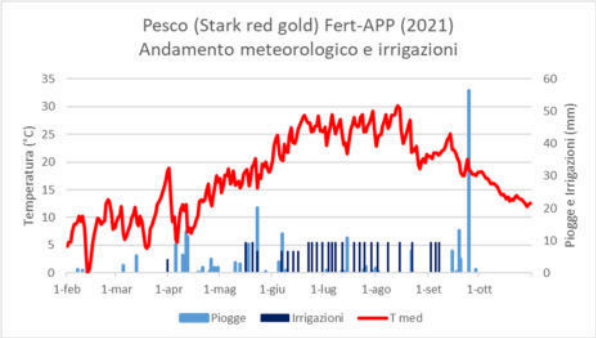
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2021-2022**

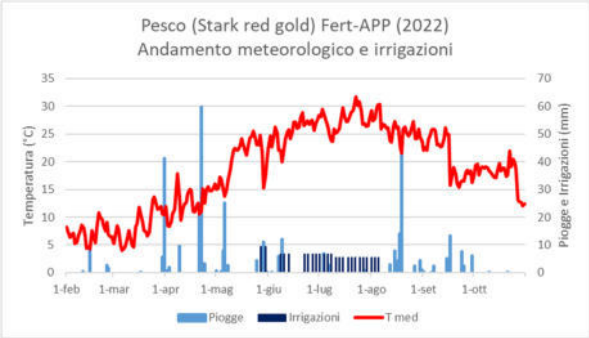
Per la coltura del pesco sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata eseguita sulla cultivar Stark Red Gold, impiantata nel 2011, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentale di circa 4000 m2 situato presso l'azienda agricola Sant'Anna di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. A causa delle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile nel 2020 non è stato possibile avviare sin da subito le prove che sono partite nel 2021. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2021 in data 19 marzo e nel 2022 in data 21 marzo. Il sesto di impianto è di 5,0 m fra le file e 4,0 m sulla fila (500 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 100 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di numerosi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 233 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 26 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece piovoso in primavera e caldo e siccitoso durante il resto del ciclo colturale necessitando di minori interventi irrigui rispetto al primo anno, corrispondenti a circa 155 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 25 interventi sempre durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 200 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del pesco, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere nel 2021 di 17 kg/ha di N, 5 kg/ha di $P_2O_5$ e 39 kg/ha di $K_2O$ e nel 2022 di 75,4 kg/ha di N, 11,3 kg/ha di $P_2O_5$ e 126 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

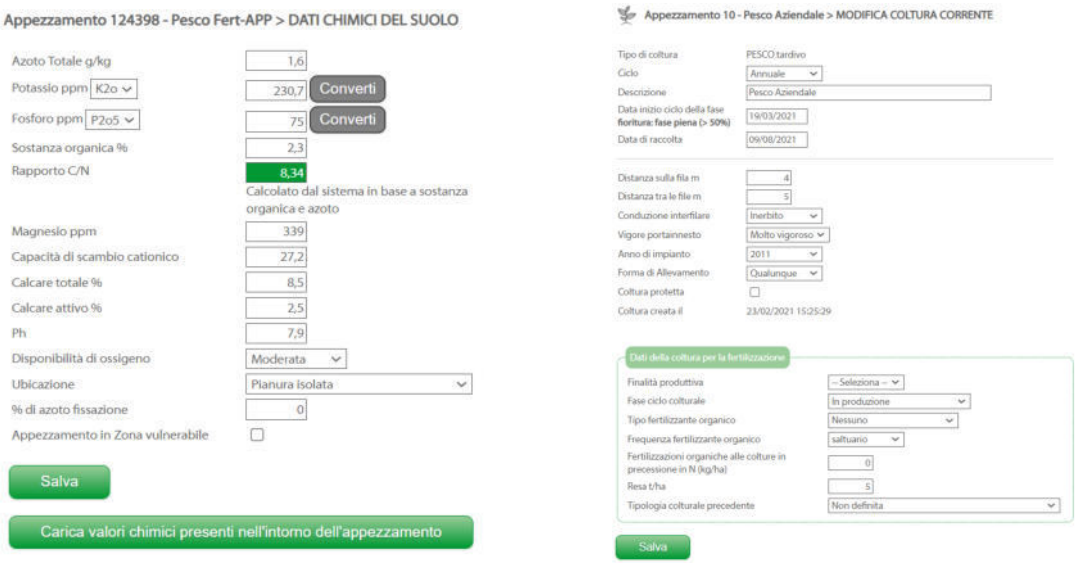



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2021 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 6 per quella Fert-APP e nel 2022 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e altrettanti per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09/08/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 09/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 02/08/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 02/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 21/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 21/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 12/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,7 | 1,4 | 0,0 | 5,0 |
| 12/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 0,7 | 1,4 | 0,0 | 5,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,5 | 3,0 | 0,0 | 0,0 |
| 09/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,8 | 0,0 | 25,3 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 02/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 4,2 | 0,0 | 15,0 |
| 02/07/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 4,2 | 0,0 | 15,0 |
| 14/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 14/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 1,3 | 2,8 | 0,0 | 10,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,7 | 4,0 | 0,0 | 0,0 |
| 09/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,8 | 0,0 | 25,3 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01/08/2022 | 13 | 0 | 46 | 5,9 | 12,7 | 0,0 | 45,0 |
| 01/08/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 6,0 | 0,0 | 0,0 |
| 29/07/2022 | 13 | 0 | 46 | 5,9 | 12,7 | 0,0 | 45,0 |
| 29/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,1 | 6,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15/07/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 4,2 | 0,0 | 15,0 |
| 15/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,4 | 8,3 | 0,0 | 0,0 |
| 30/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 2,0 | 4,2 | 0,0 | 15,0 |
| 30/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,4 | 8,3 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 2,2 | 12,5 | 0,0 | 0,0 |
| 15/03/2022 | 0 | 40 | 0 | 1,5 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |

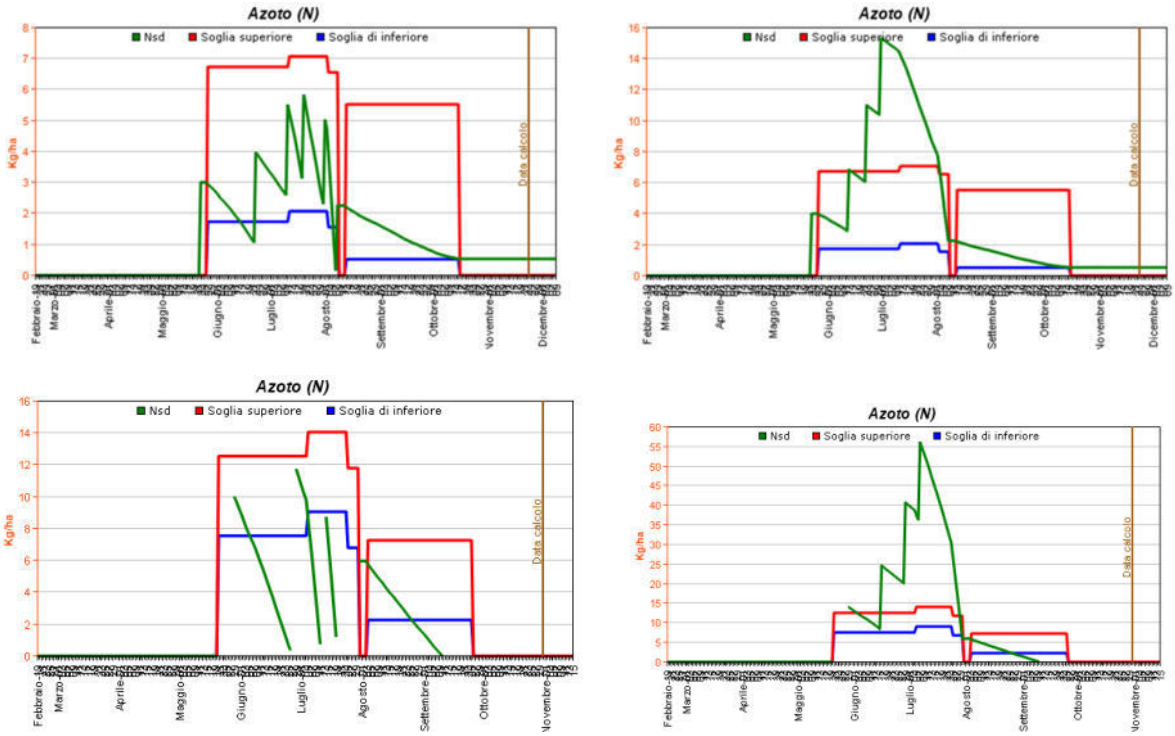
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08/07/2022 | 13 | 0 | 46 | 5,9 | 12,7 | 0,0 | 45,0 |
| 08/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 8,3 | 0,0 | 0,0 |
| 30/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 5,9 | 12,7 | 0,0 | 45,0 |
| 30/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,5 | 8,3 | 0,0 | 0,0 |
| 17/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 3,9 | 8,5 | 0,0 | 30,0 |
| 17/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,4 | 8,0 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 2,9 | 16,5 | 0,0 | 0,0 |
| 15/03/2022 | 0 | 40 | 0 | 1,5 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 135 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 154 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 462 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| rapido sviluppo | 5 | True | 893 | 0,80 | True | 20 | 5 | 50 | 10 | 5 | 30 | 10 | 10 | 60 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 6 | True | 467 | 0,80 | True | 40 | 5 | 30 | 0 | 0 | 10 | 20 | 10 | 60 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 123 | 0,80 | True | 30 | 5 | 30 | 0 | 0 | 10 | 30 | 10 | 40 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 103 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 50 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 966 | 0,60 | True | 10 | 5 | 30 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 128 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



**Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2021-2022**

Nel biennio di prova le raccolte sono state effettuate il primo anno in data 3 agosto e il secondo anno in data 5 agosto, eseguendo rispettivamente su 5 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

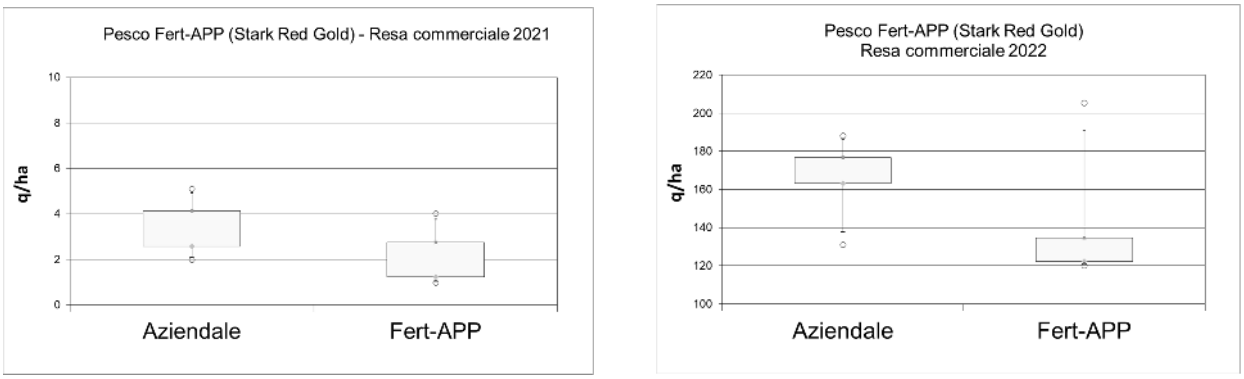



**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).**

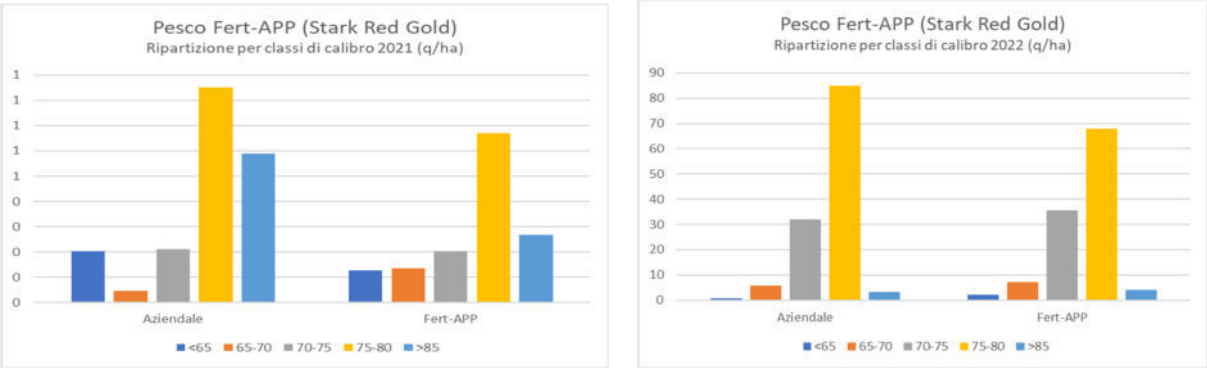



**Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2021 (sx) e 2022 (dx).**

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, osservando una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi Fert-APP.

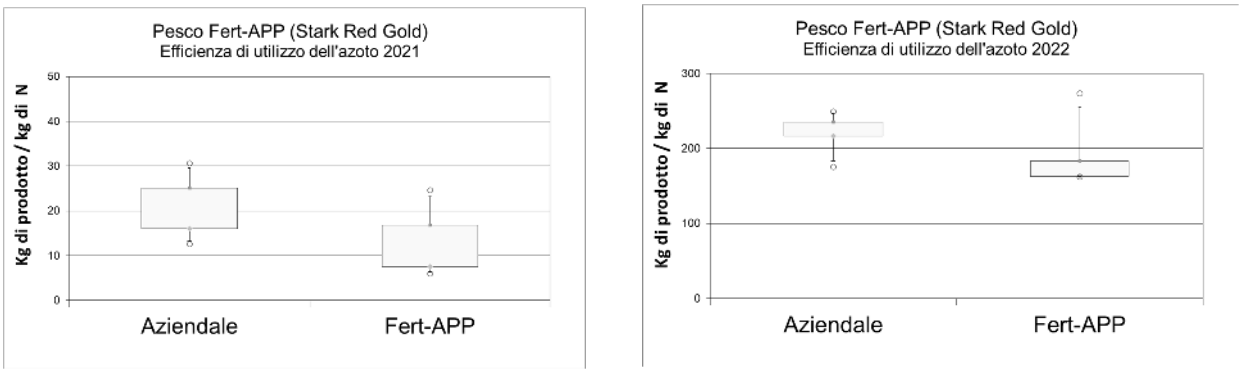



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

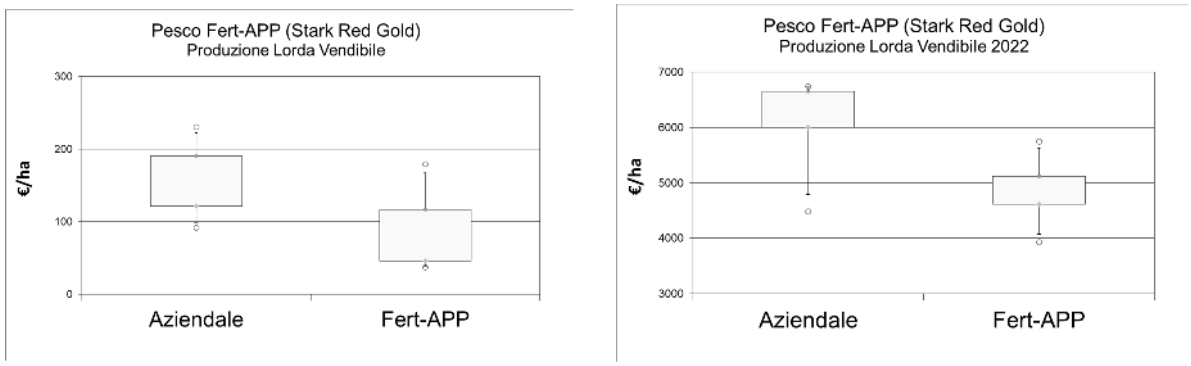



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).**

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

Durante il biennio di prova, 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.

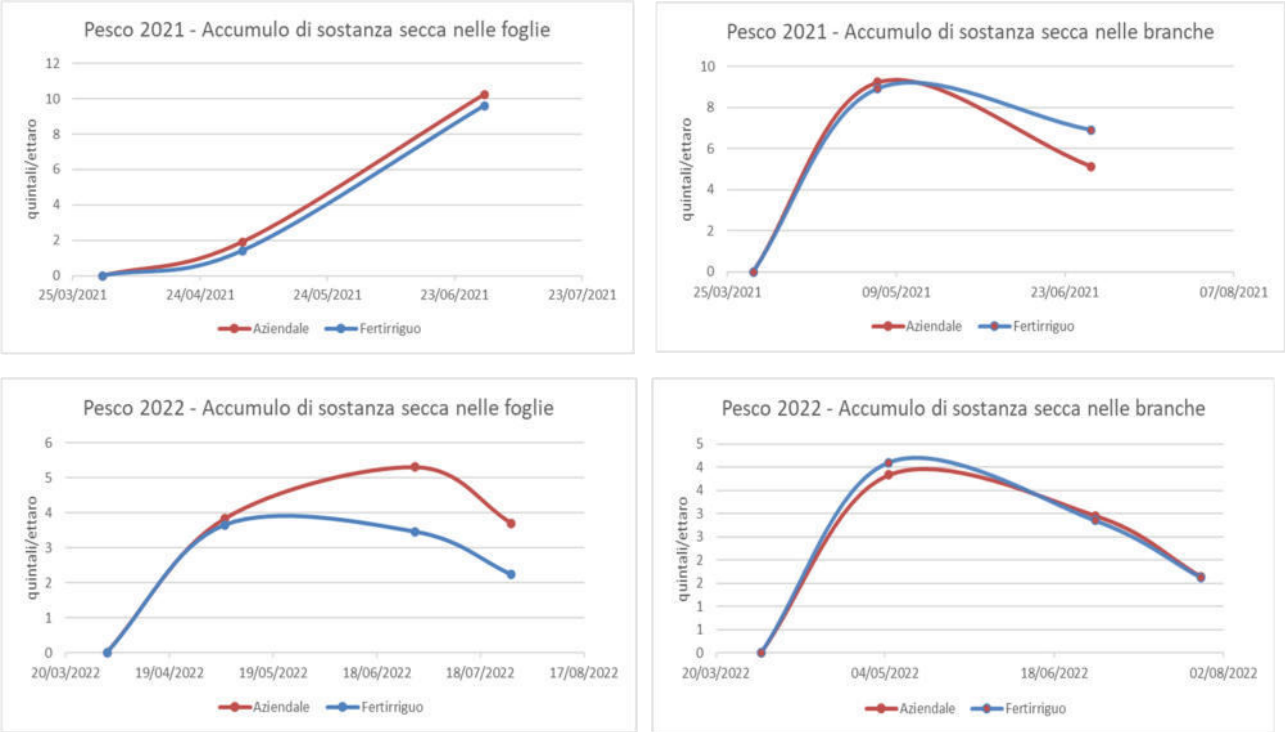



**Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

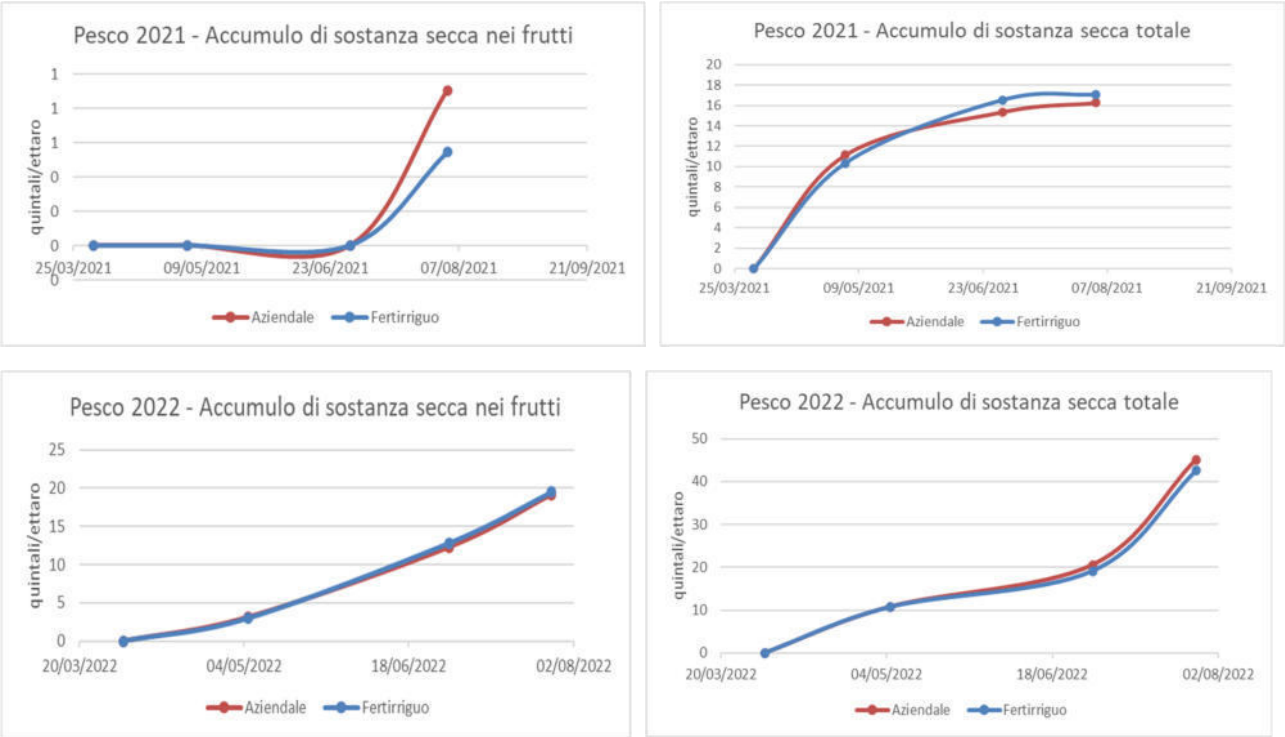



**Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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 entrambe le tesi il fabbisogno di azoto stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

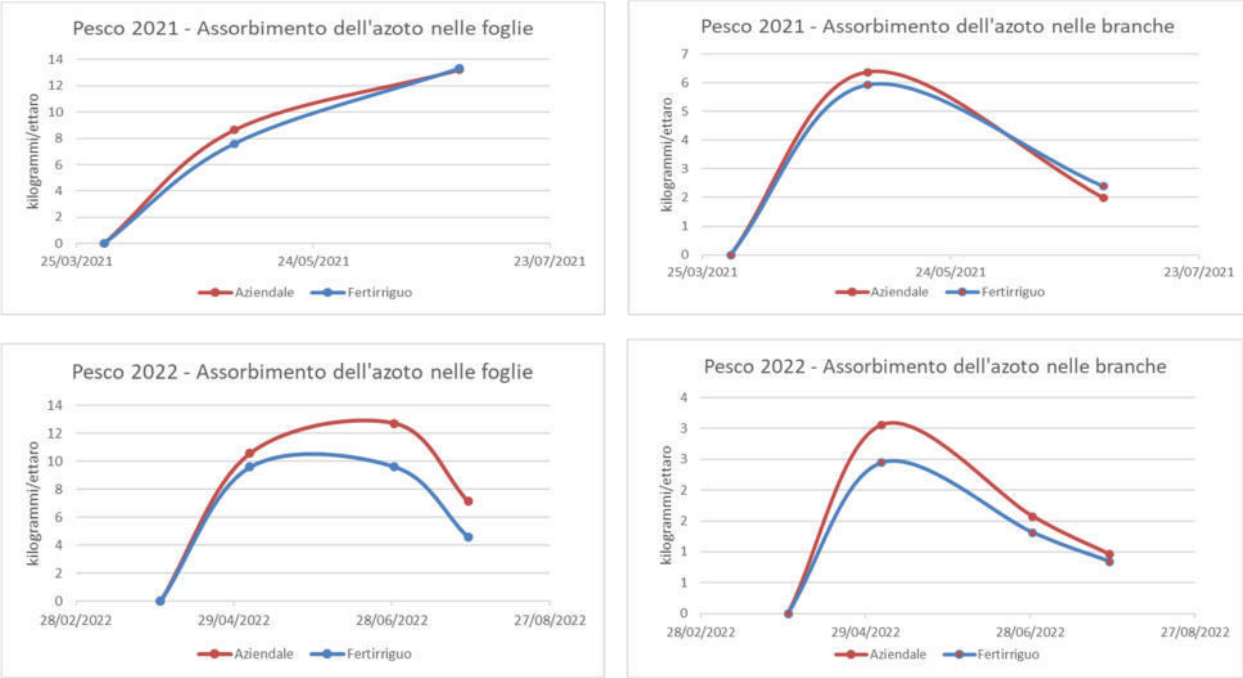



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

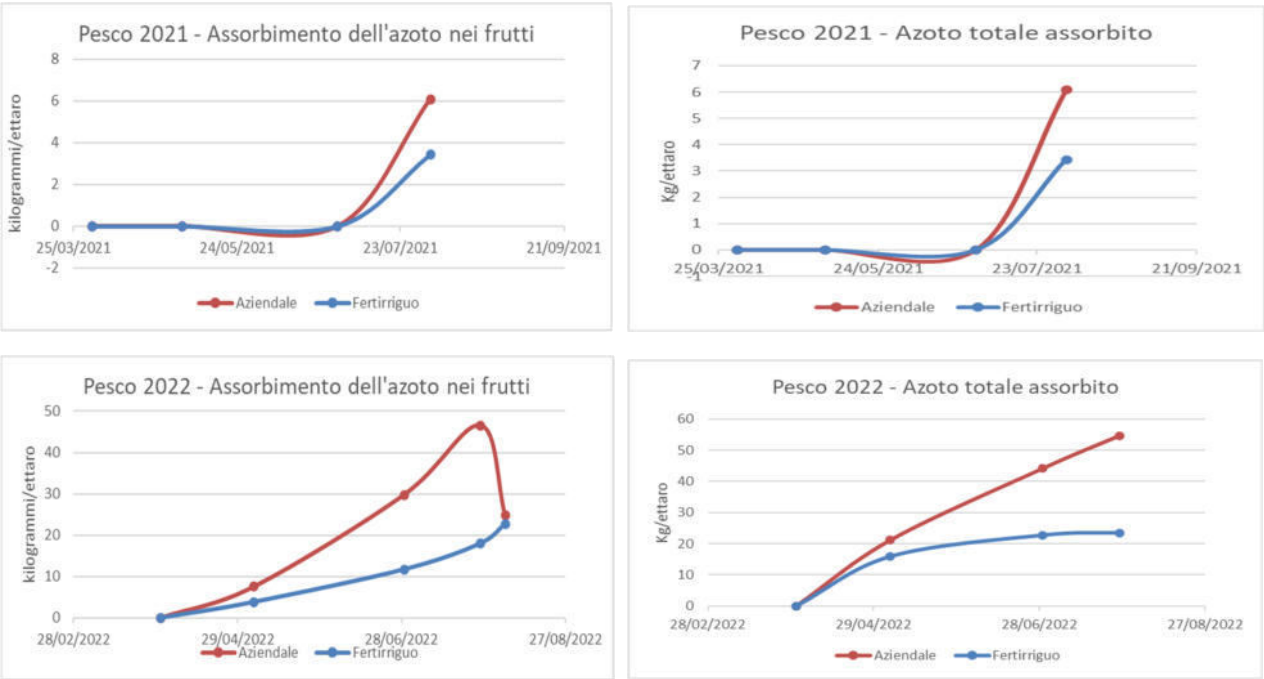



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel 2020.**

## 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.

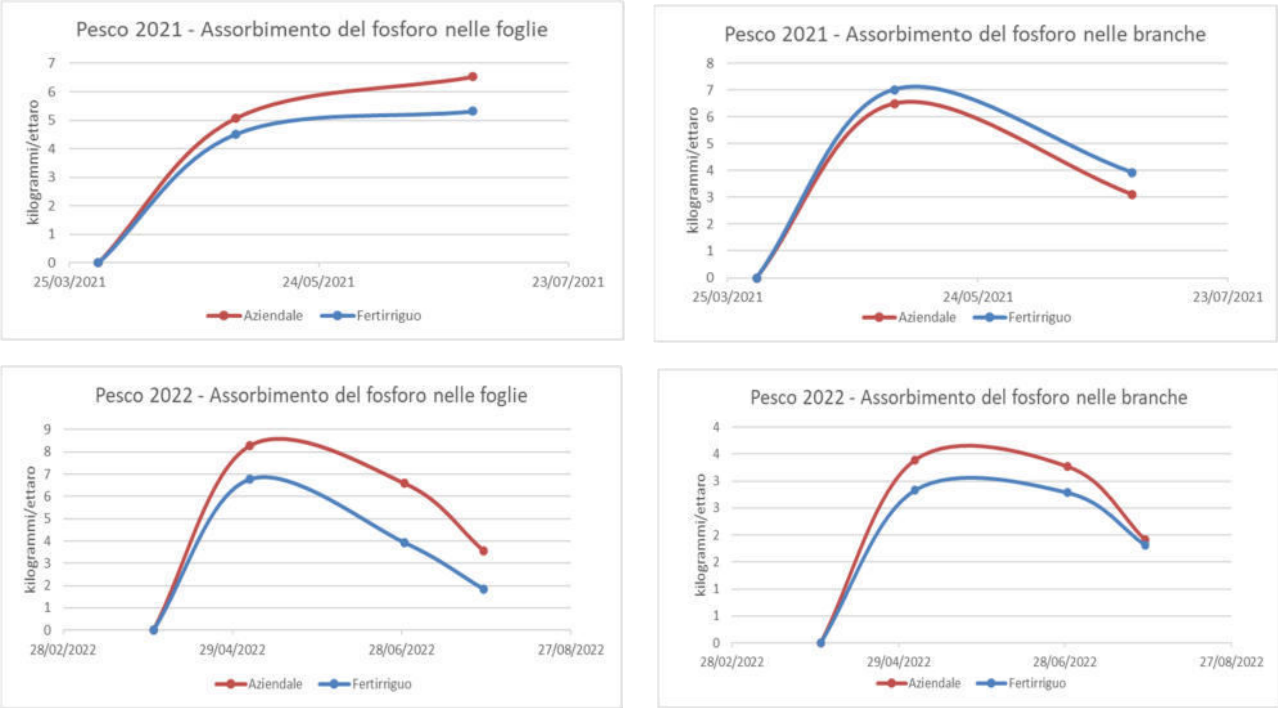



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

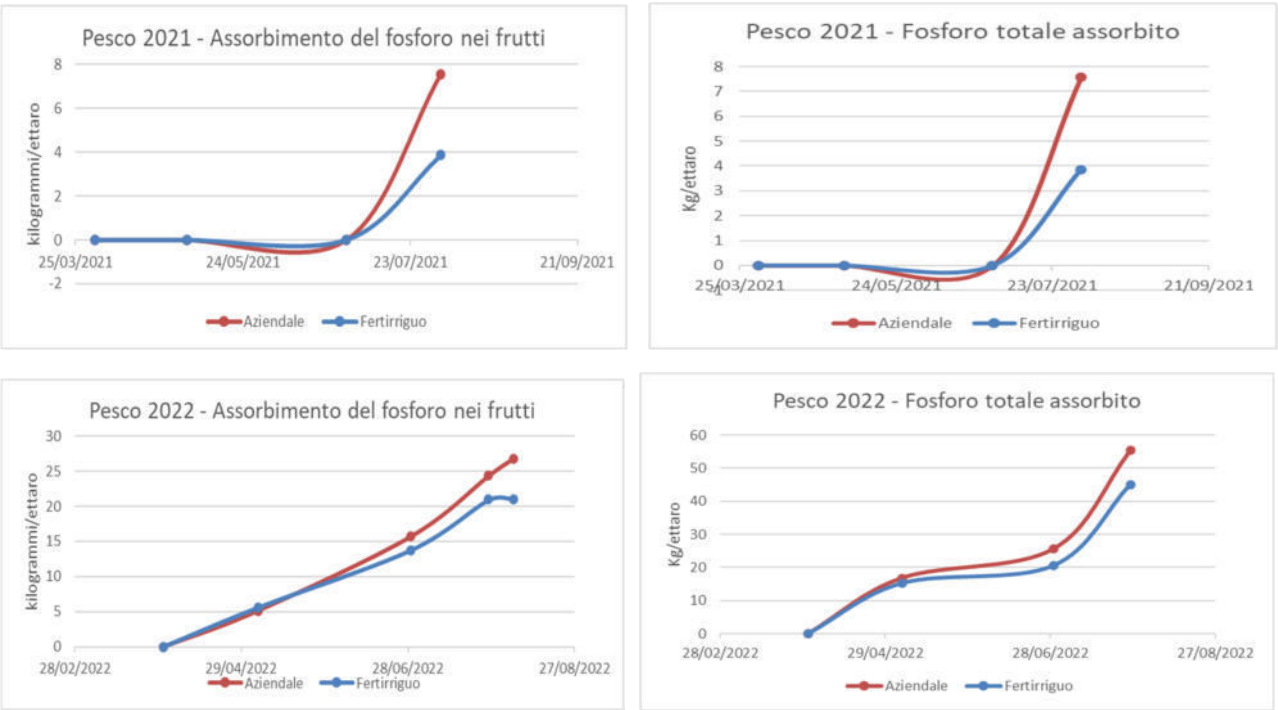



**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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. Anche per il potassio il fabbisogno stimato ad inizio stagione è stato in linea con gli effettivi quantitativi assorbiti dalla coltura.

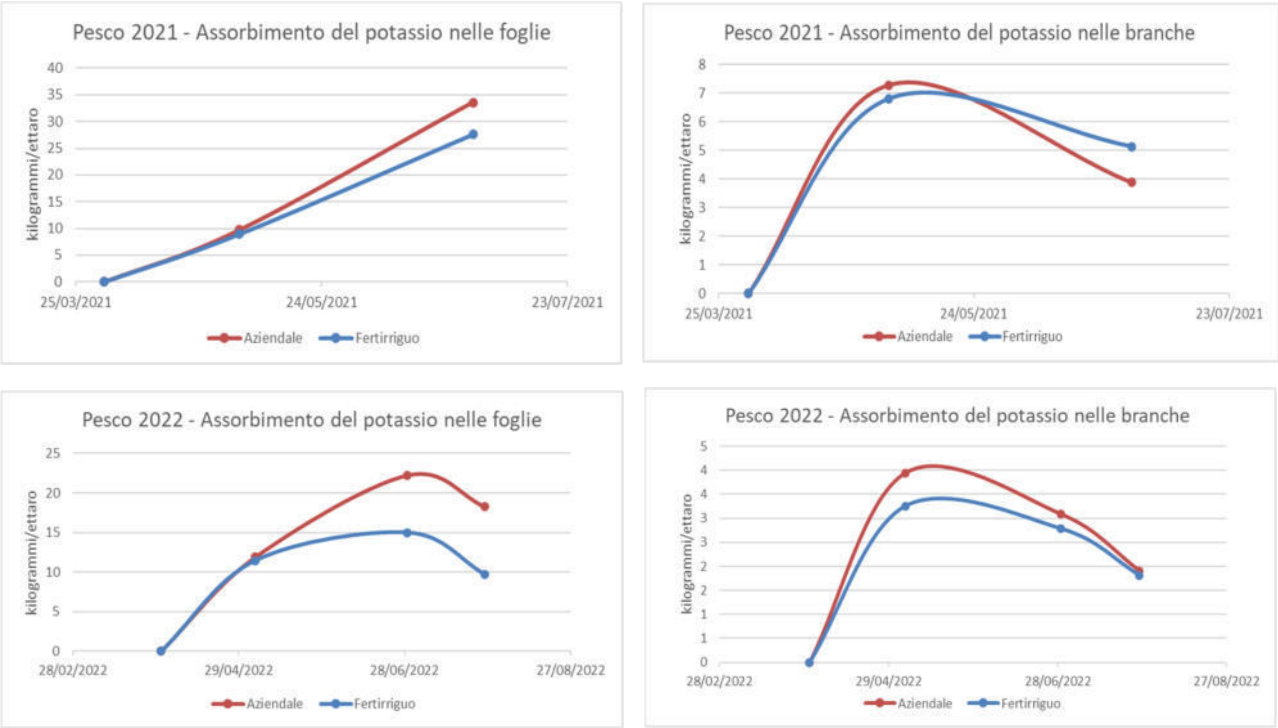



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

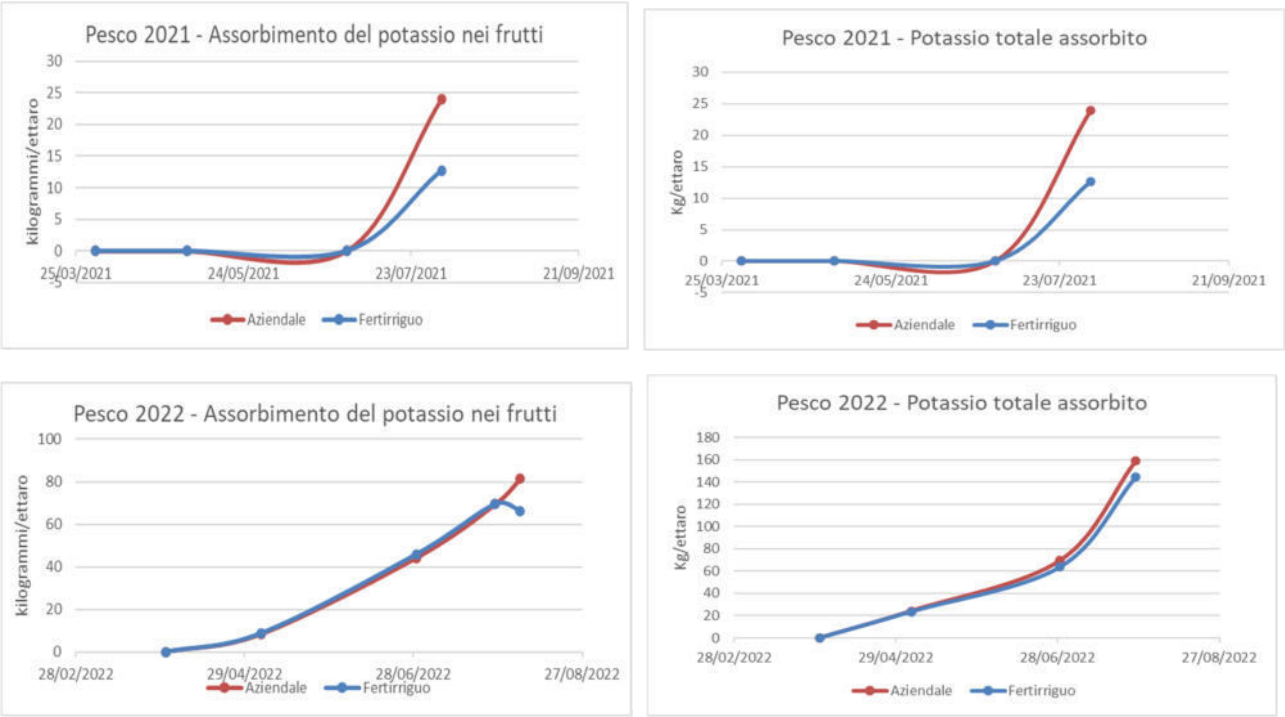
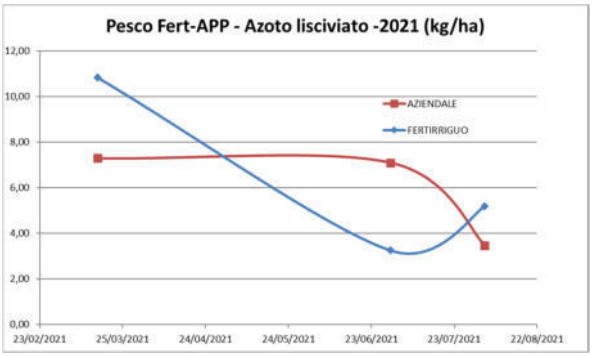
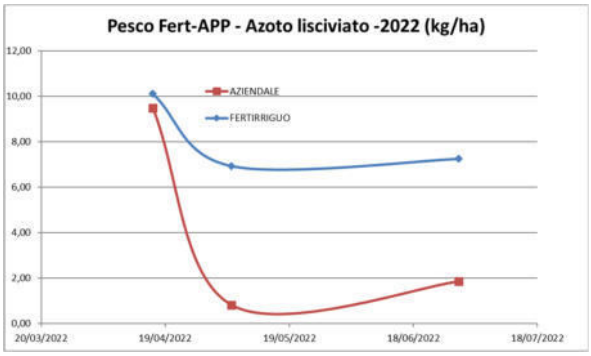



**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di rova.**

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

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. Nelle figure seguenti sono riportate gli andamenti del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto. Segno che il maggior frazionamento impiegato nella tesi Fert-APP è stato più efficiente grazie ad un maggior assorbimento da parte delle piante che sono state assecondate nei loro fabbisogni man mano che necessitavano di azoto.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 135 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 154 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 462 | 0,80 | True | 20 | 5 | 50 | 30 | 10 | 50 | 10 | 10 | 60 |
| rapido sviluppo | 5 | True | 893 | 0,80 | True | 20 | 5 | 30 | 10 | 5 | 30 | 20 | 10 | 60 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 6 | True | 467 | 0,80 | True | 50 | 5 | 30 | 0 | 0 | 10 | 30 | 10 | 40 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 123 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 40 | 10 | 50 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 103 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 966 | 0,60 | True | 10 | 5 | 30 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 128 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 10. Susino (Stanley)

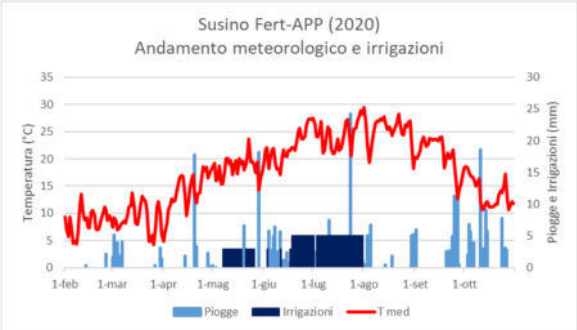
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021**

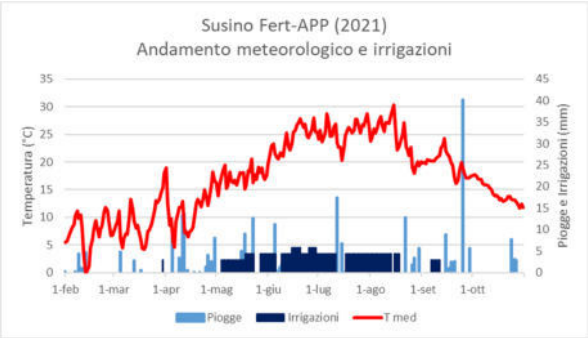
Per la coltura del susino non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita secondo la prassi aziendale. La prova è stata eseguita sulla cultivar Stanley, impiantata nel 2009, effettuando prove all'interno di un frutteto di circa 6000 m2 situato presso l'azienda agricola Kahlouche di Faenza. A causa delle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile nel 2020 non è stato possibile avviare sin da subito le prove che sono partite nel 2021. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2020 in data 1° aprile e nel 2021 in data 29 marzo. Il sesto di impianto è di 5,5 m fra le file e 2,5 m sulla fila (727 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 50 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato tutto sommato simile tra le annate: caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale del susino con poche piogge significative, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere, nel 2020: di 280 mm, frazionati in 45 interventi con volumi medi di circa 7 mm e, nel 2021: di 431 mm, frazionati in 100 interventi con volumi medi di circa 5 mm.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 400 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del melo, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere rispettivamente di 175 kg/ha di N, 40 kg/ha di $P_2O_5$ e 206 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

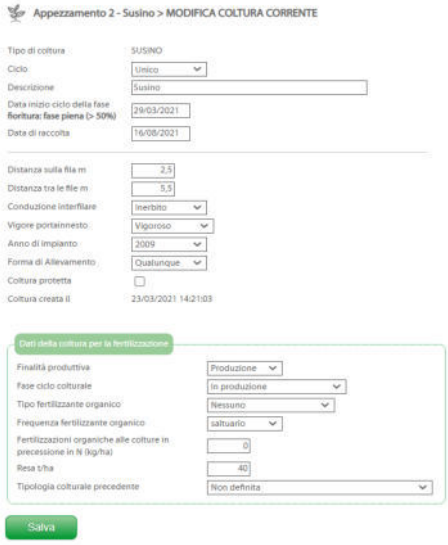



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta il primo anno in 3 interventi fertirrigui e nel secondo anno di prova in 4. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data fertilizzazione | Titolo N | Titolo P2O5 | Titolo K2O | Dose Kg | Dose N Kg/ha | Dose P2O5 Kg/ha | Dose K2O Kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Apporto ammesso col bilancio | | | | | 134,2 | 27,0 | 0,0 |
| 15/04/2020 | 12 | 11 | 18 | 300,00 | 36,0 | 33,0 | 54,0 |
| 16/06/2020 | 11 | 0 | 0 | 25,00 | 2,8 | 0,0 | 0,0 |
| 16/06/2020 | 14 | 0 | 46 | 25,00 | 3,4 | 0,0 | 11,6 |
| 16/06/2020 | 2 | 0 | 0 | 10,00 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2020 | 11 | 0 | 0 | 25,00 | 2,8 | 0,0 | 0,0 |
| 24/06/2020 | 14 | 0 | 46 | 25,00 | 3,4 | 0,0 | 11,6 |
| 24/06/2020 | 2 | 0 | 0 | 10,00 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

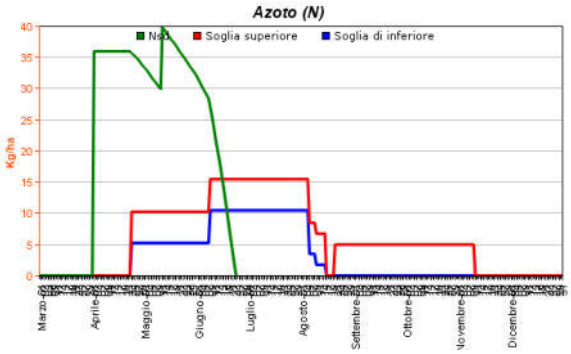
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16/07/2021 | 13 | 0 | 46 | 50,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 28/06/2021 | 6,5 | 0 | 0 | 10,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| 12/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 25,0 | 3,3 | 0,0 | 11,5 |
| 12/05/2021 | 17 | 0 | 44 | 25,0 | 4,3 | 0,0 | 11,0 |
| 12/05/2021 | 11 | 0 | 0 | 25,0 | 2,8 | 0,0 | 0,0 |
| 02/04/2021 | 12 | 11 | 18 | 300,0 | 36,0 | 33,0 | 54,0 |

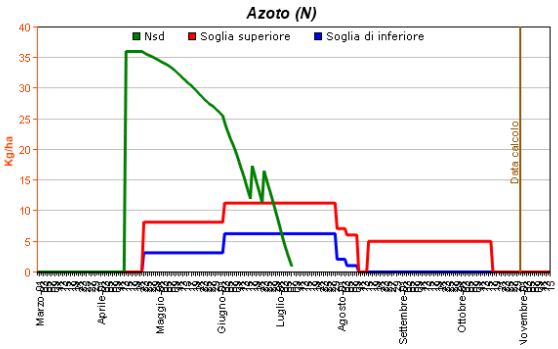
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento 2020 (sx) e 2021 (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 184 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 148 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 570 | 0,80 | True | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 50 | 20 | 10 | 30 |
| rapido sviluppo | 5 | True | 1180 | 0,80 | True | 60 | 5 | 10 | 10 | 5 | 30 | 60 | 10 | 30 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 6 | True | 98 | 0,80 | True | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 128 | 0,80 | True | 10 | 5 | 10 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 96 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 950 | 0,60 | True | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 90 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due annate, 2020 (sx) e 2021 (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2020-2021

Nel biennio di prova le raccolte sono state effettuate il primo anno in data 6 agosto e il secondo anno in data 11 agosto, eseguendo rispettivamente su 1 pianta per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura

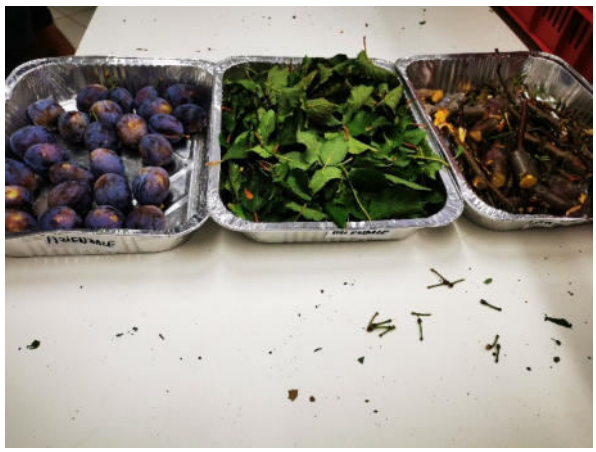
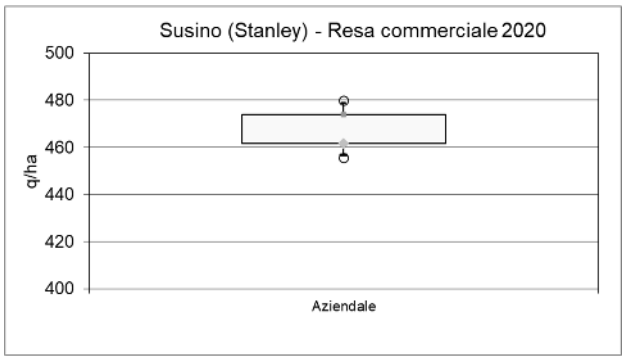


**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**



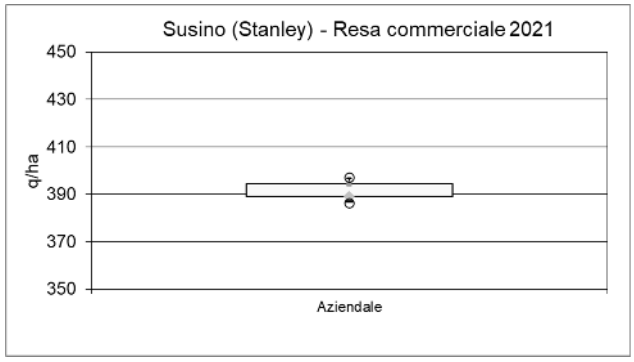




**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2020 (sx) e 2021 (dx).**

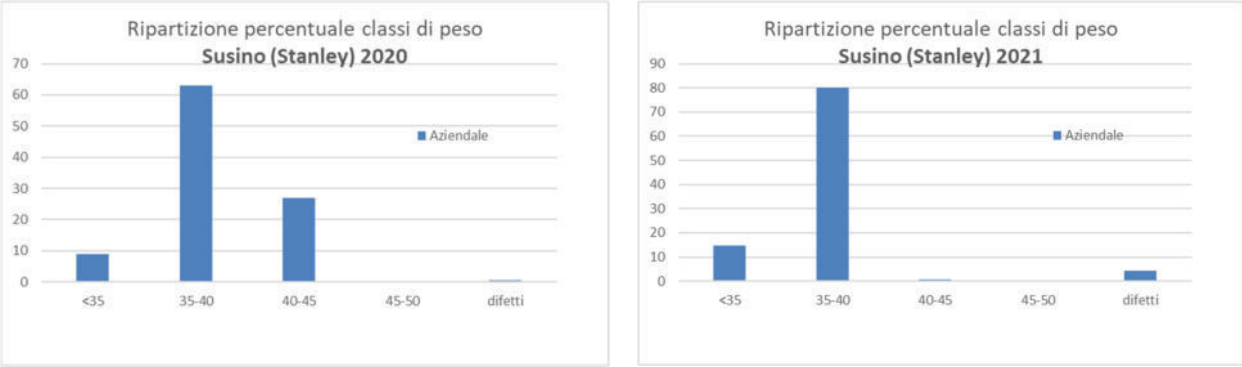



**Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2020 (sx) e 2021 (dx).**

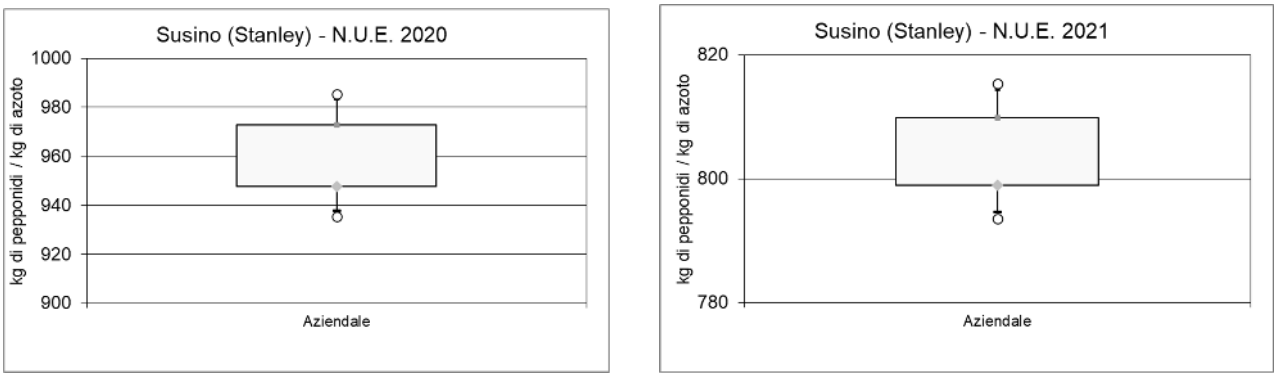



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2020 (sx) e 2021 (dx).**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

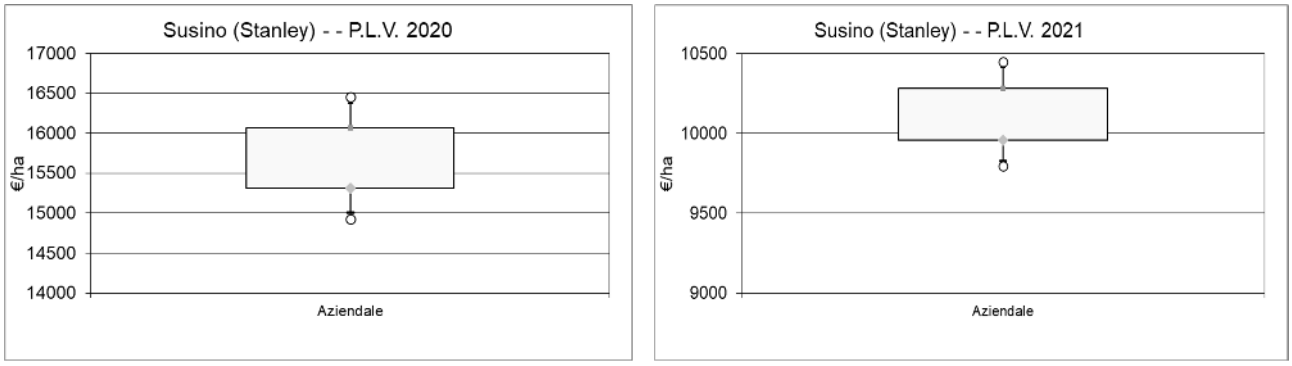



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2020 (sx) e 2021 (dx).**

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

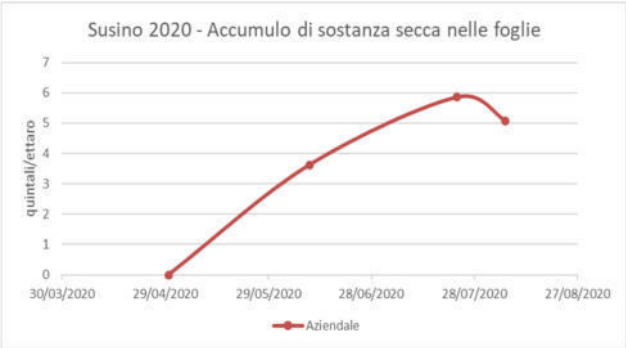
Durante il biennio di prova, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in branche, foglie e frutti, nelle due tesi concimate: sono stati effettuati, su 2 ripetizioni per tesi, 3 prelievi di 3 piante per ciascuna tesi, essiccate 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.

<u>Accumulo di sostanza secca</u>

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.



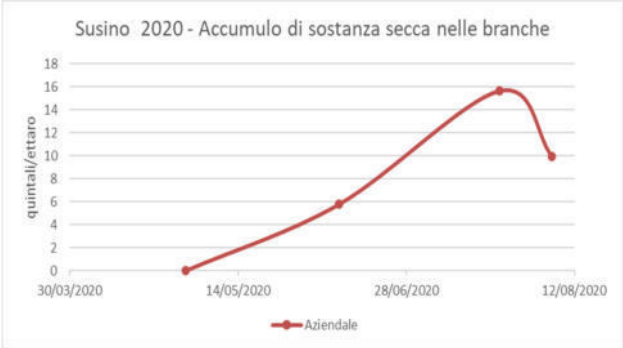
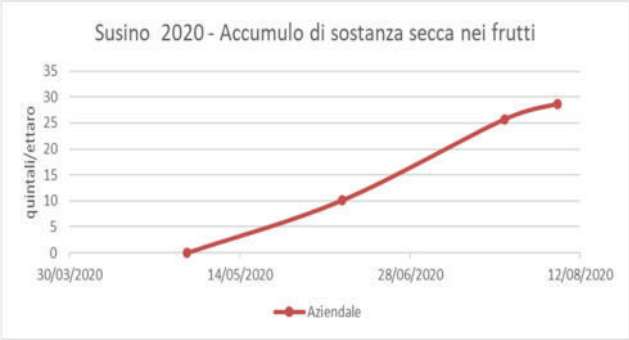




**Fig. 12a e 12b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**



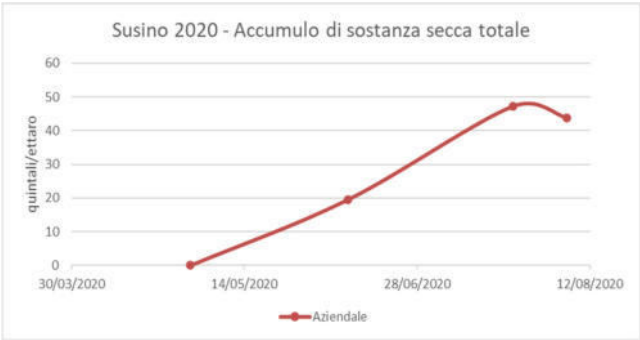




**Fig. 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca.

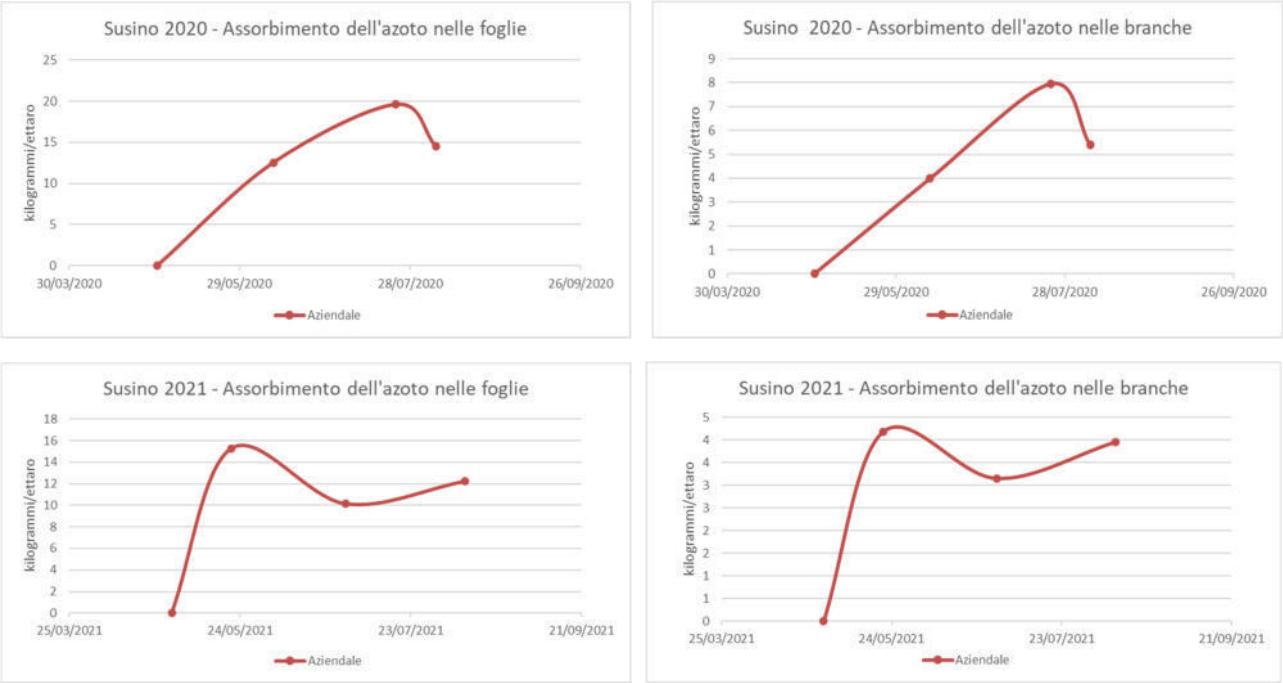



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

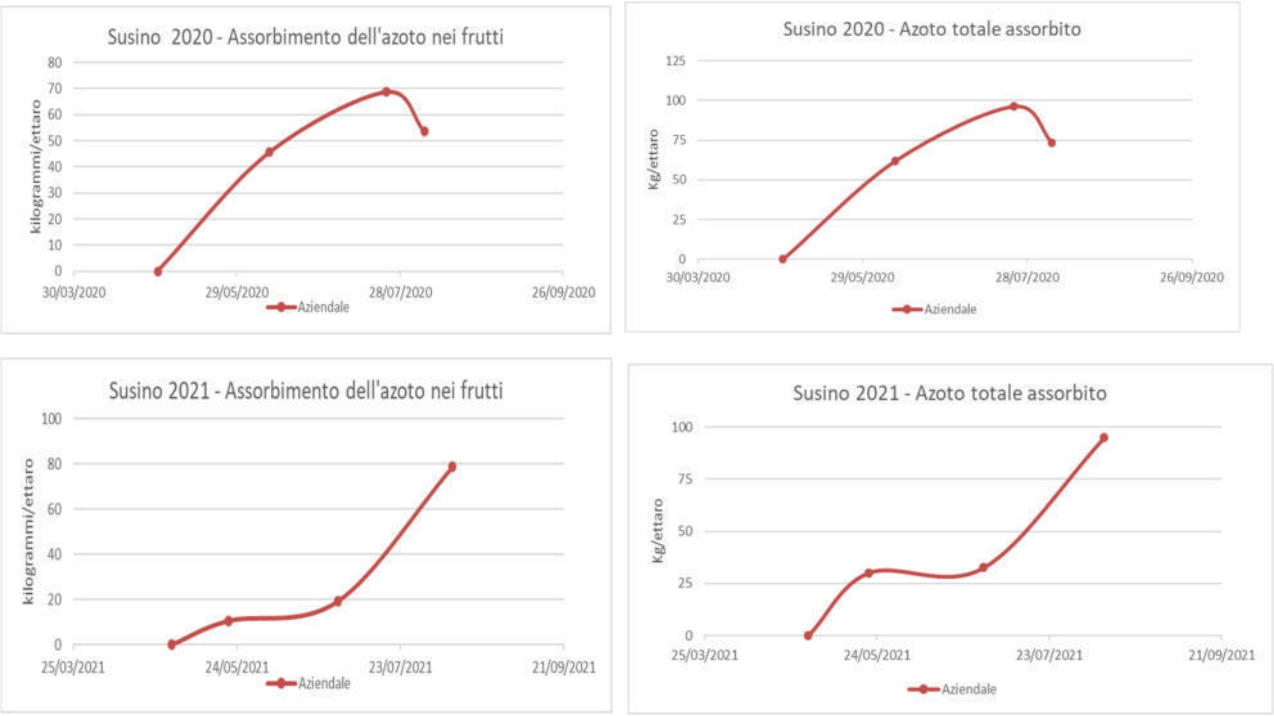



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

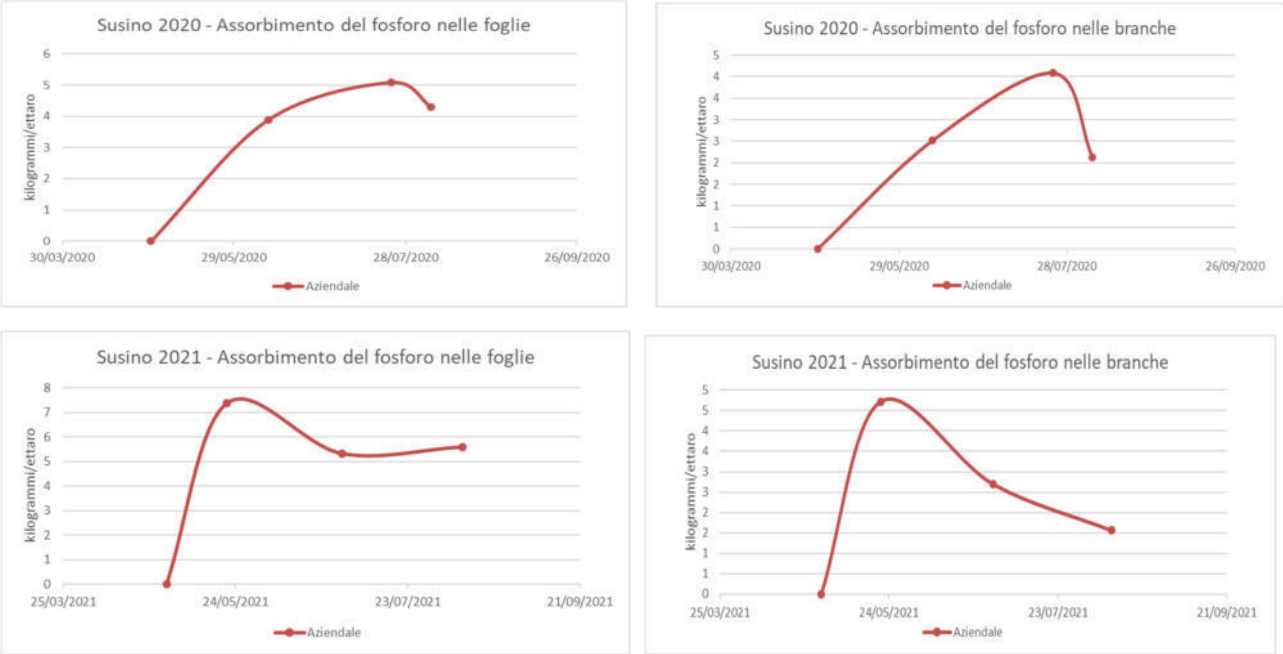



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

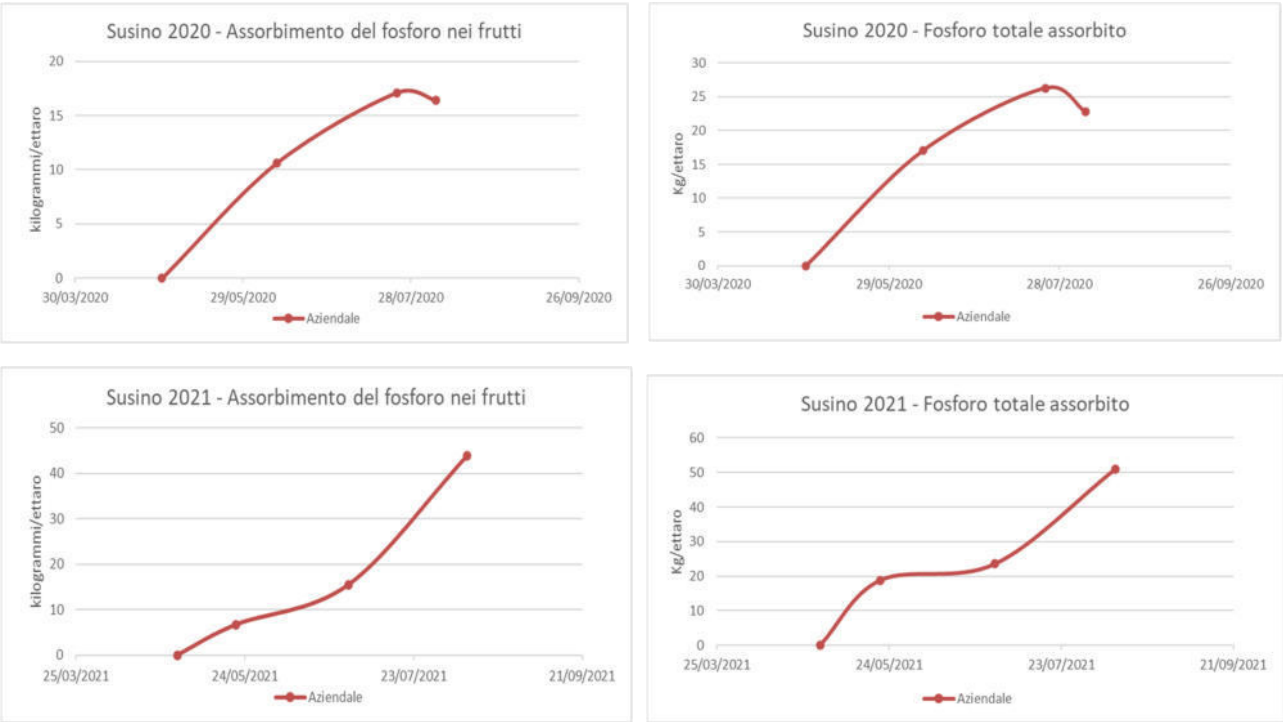



**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

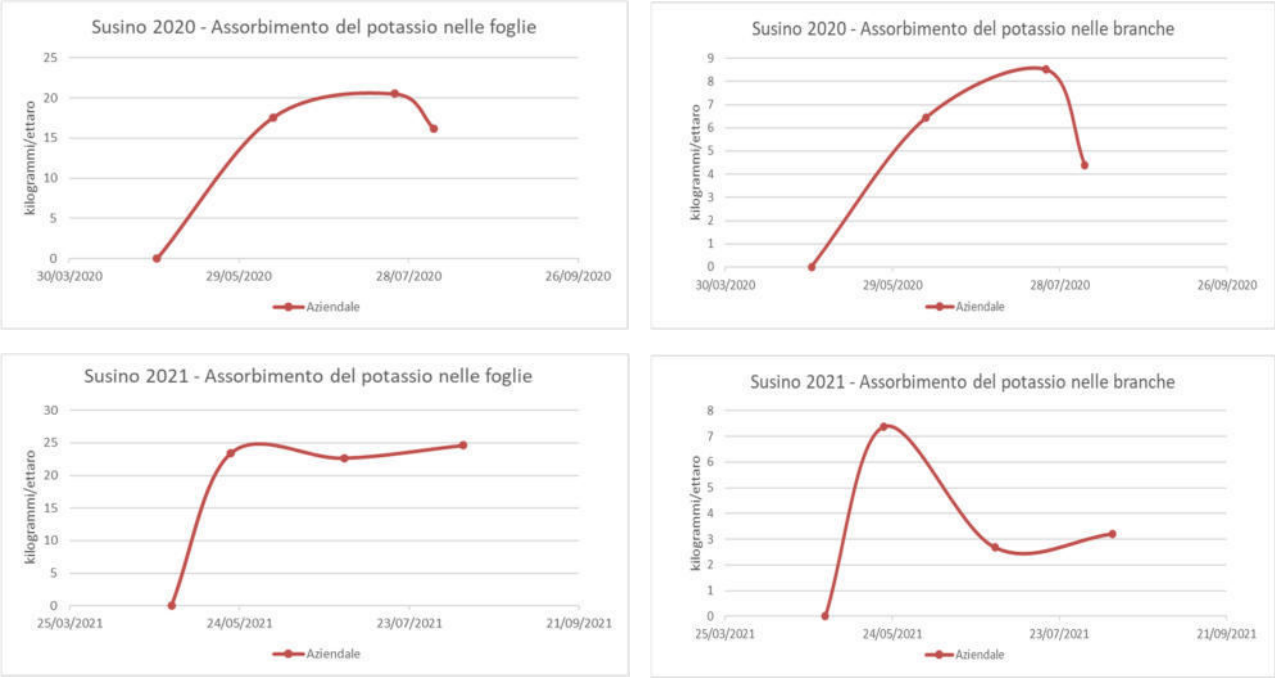



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

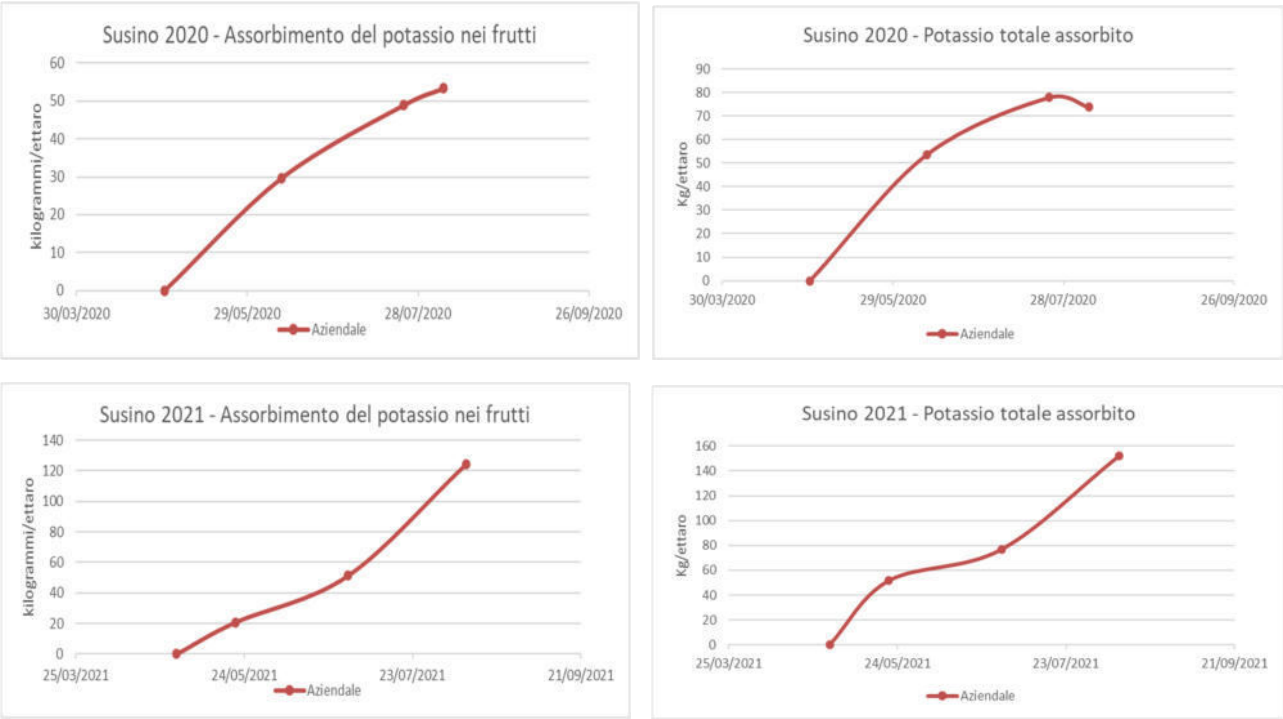
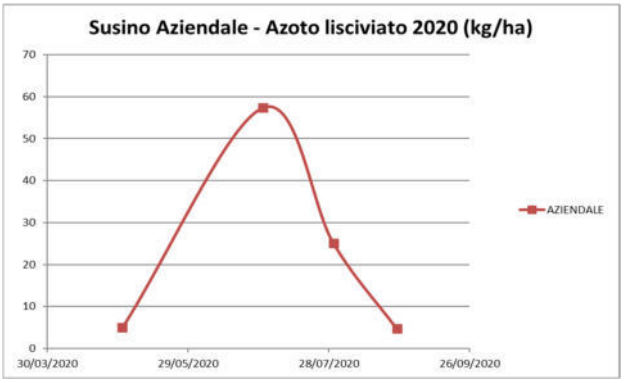
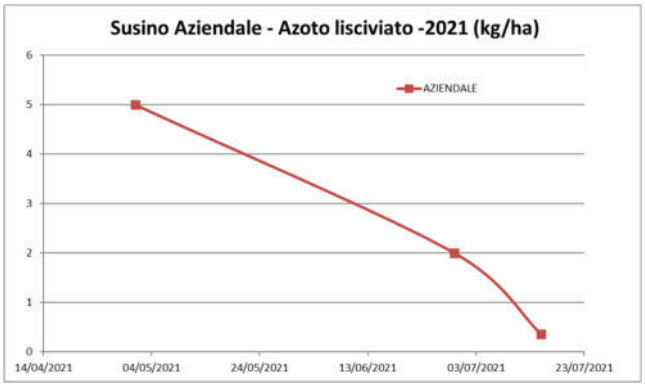



**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

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

Per la valutazione del dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato maggiormente esplorato dalle radici, 2 lisimetri a suzione (1 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. Nelle figure seguenti sono riportate gli andamenti del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 184 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 148 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 4 | True | 570 | 0,80 | True | 10 | 5 | 30 | 30 | 10 | 50 | 20 | 10 | 30 |
| rapido sviluppo | 5 | True | 1180 | 0,80 | True | 60 | 5 | 10 | 10 | 5 | 30 | 60 | 10 | 30 |
| frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%) | 6 | True | 98 | 0,80 | True | 10 | 5 | 20 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| frutti maturi: inizio fase ( 0-5%) | 7 | True | 128 | 0,80 | True | 10 | 5 | 10 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| frutti maturi: fase piena (> 50%) | 8 | True | 96 | 0,80 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 9 | True | 950 | 0,60 | True | 10 | 5 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 10 | True | 90 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

# 11. Ciliegio (Sweet Stefany)

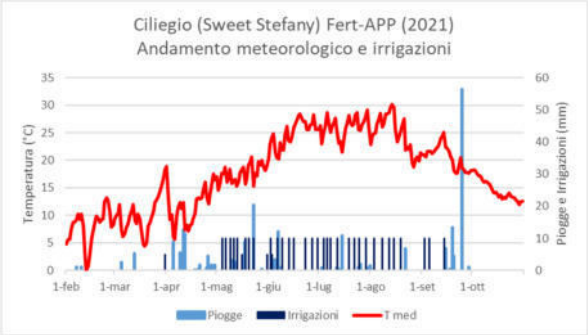
**Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2021-2022**

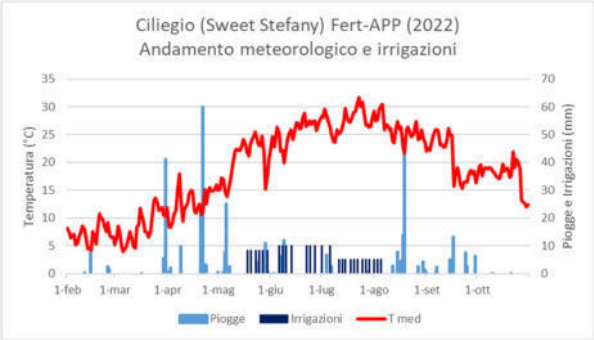
Per la coltura del ciliegio sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata eseguita sulla cultivar Sweet Stefany, impiantata nel 2014, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentale di circa 7000 m2 situato presso l'azienda agricola Sant'Anna di Cadriano di proprietà dell'Università di Bologna. A causa delle gelate verificatesi tra la fine marzo e gli inizi di aprile nel 2020 non è stato possibile avviare sin da subito le prove che sono partite nel 2021. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2021 in data 22 marzo e nel 2022 in data 27 marzo. Il sesto di impianto è di 4,0 m fra le file e 2,0 m sulla fila (1250 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 80 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

**Andamento meteorologico e irrigazioni**

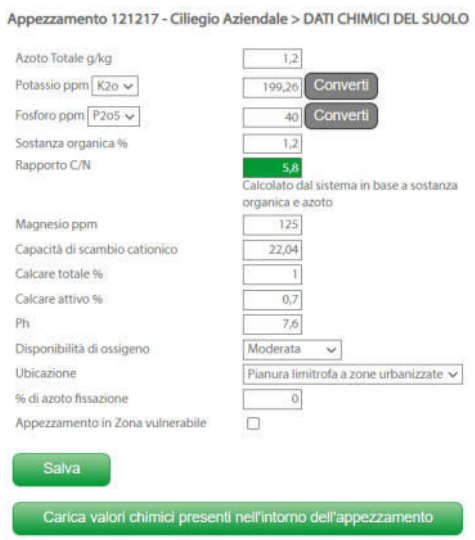
Nel primo anno di prova, l'andamento meteorologico è risultato caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale necessitando di numerosi interventi irrigui, seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, corrispondenti a circa 340 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 35 interventi durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni. Nel secondo anno di prova è risultato invece piovoso in primavera e caldo e siccitoso durante il resto del ciclo colturale necessitando di minori interventi irrigui rispetto al primo anno, corrispondenti a circa 365 mm di irrigazione a goccia, frazionati in 38 interventi sempre durante i quali contestualmente sono avvenute le fertilizzazioni.




## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 80 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del ciliegio, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere nel 2021 di 42,5 kg/ha di N, 17,6 kg kg/ha di $P_2O_5$ e 67,2 kg/ha di $K_2O$ e nel 2022 di 40,4 kg/ha di N, 26,4 kg kg/ha di $P_2O_5$ e 90,8 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.



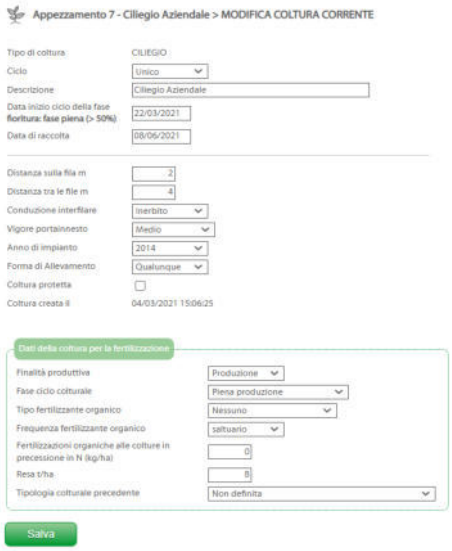




**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e

consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta nel 2021 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 6 per quella Fert-APP e nel 2022 in 5 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e altrettanti per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23/08/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,8 | 8,8 | 0,0 | 0,0 |
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,3 | 4,4 | 0,0 | 15,4 |
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,3 | 4,4 | 0,0 | 15,4 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 5,9 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,3 | 4,4 | 0,0 | 15,4 |
| 13/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 1,2 | 5,9 | 0,0 | 0,0 |
| 03/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 2,3 | 4,4 | 0,0 | 15,4 |
| 03/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 17/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,5 | 0,0 | 20,6 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/06/2021 | 13 | 0 | 46 | 4,6 | 8,7 | 0,0 | 30,9 |
| 03/06/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 24/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2021 | 13 | 0 | 46 | 4,6 | 8,7 | 0,0 | 30,9 |
| 03/05/2021 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 17/03/2021 | 0 | 40 | 0 | 3,5 | 0,0 | 20,6 | 0,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 6,1 | 11,6 | 0,0 | 41,2 |
| 03/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,8 | 3,8 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,6 | 8,7 | 0,0 | 30,9 |
| 20/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,9 | 4,5 | 0,0 | 0,0 |
| 20/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 3,0 | 5,8 | 0,0 | 20,6 |
| 18/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,0 | 5,1 | 0,0 | 0,0 |
| 05/04/2022 | 0 | 40 | 0 | 3,0 | 0,0 | 17,6 | 0,0 |

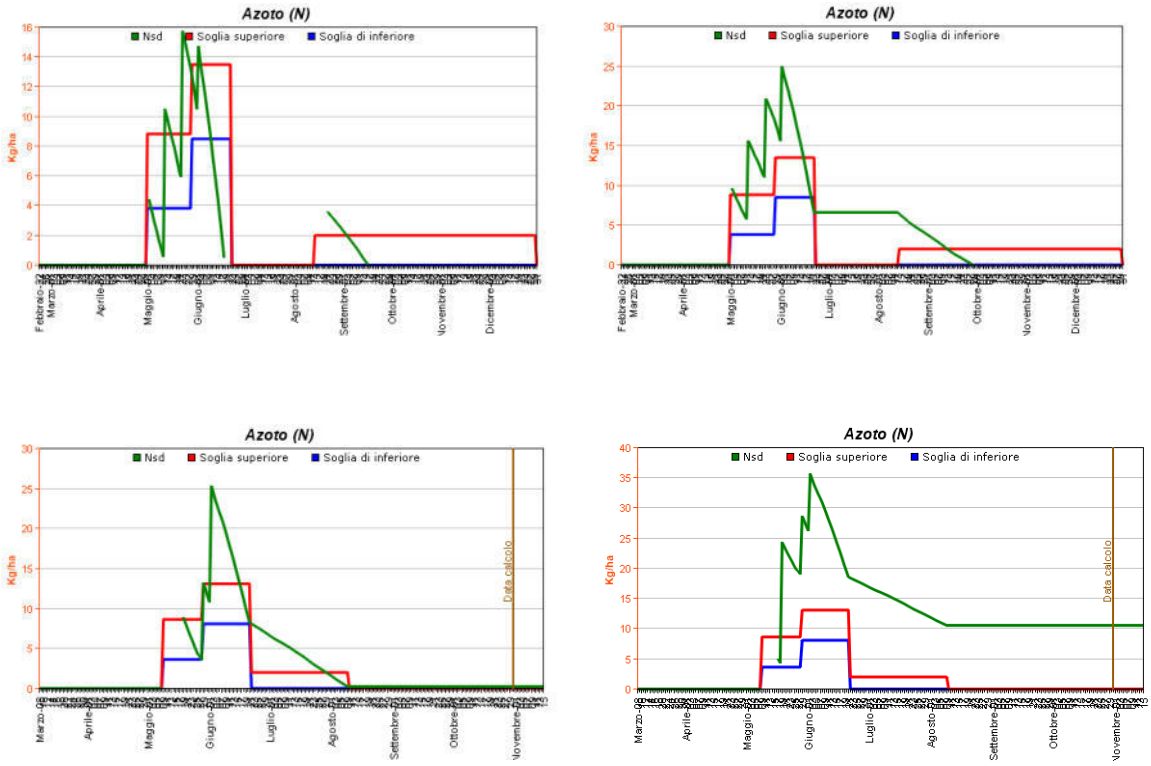
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 4,6 | 8,7 | 0,0 | 30,9 |
| 03/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 0,9 | 4,5 | 0,0 | 0,0 |
| 30/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 3,0 | 5,8 | 0,0 | 20,6 |
| 20/05/2022 | 13 | 0 | 46 | 6,1 | 11,6 | 0,0 | 41,2 |
| 20/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 1,8 | 9,0 | 0,0 | 0,0 |
| 18/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 2,0 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 05/04/2022 | 0 | 40 | 0 | 3,0 | 0,0 | 17,6 | 0,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 275 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 284 | 1,00 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 1,00 | True | 30 | 5 | 30 | 30 | 10 | 40 | 30 | 10 | 30 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 5 | True | 454 | 1,10 | True | 50 | 5 | 40 | 10 | 10 | 20 | 70 | 10 | 80 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 1114 | 1,00 | True | 20 | 2 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 7 | False | 753 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due tesi, Fert-APP (sx) e Aziendale (dx) e nelle due annate 2021 (alto) e 2022 (basso), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2021-2022

Le raccolte sono state effettuate in data 17 giugno (2021) e 21 giugno (2022), eseguendo su 5 piante per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero e peso medio dei frutti,
- suddivisione per classi di pezzatura

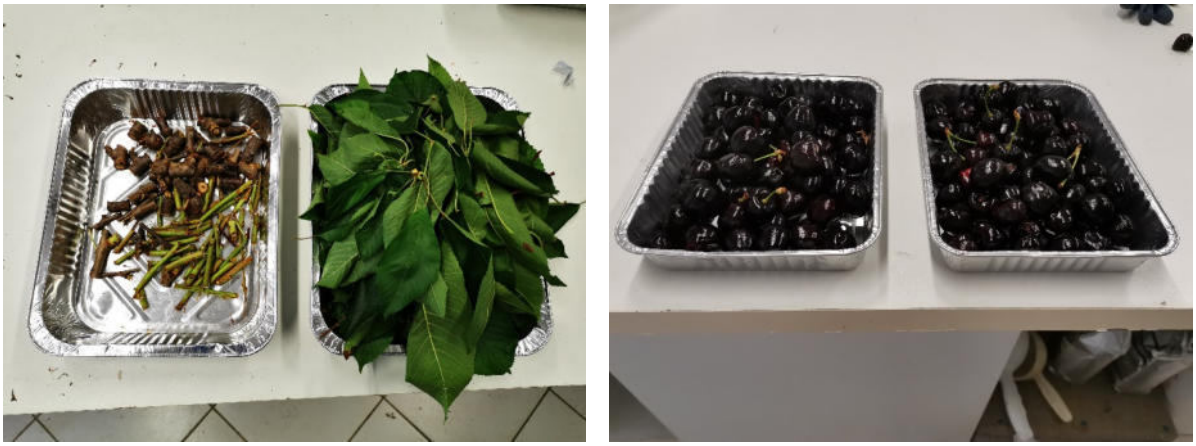


**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

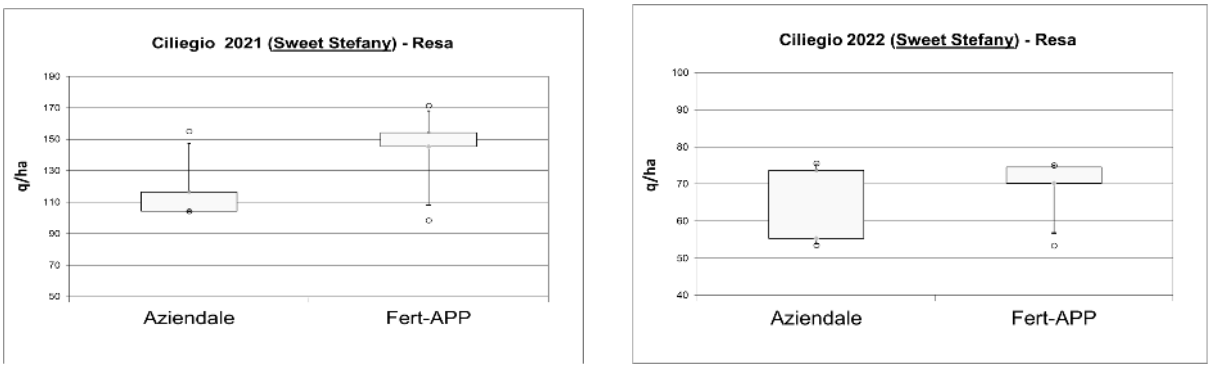



**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).**

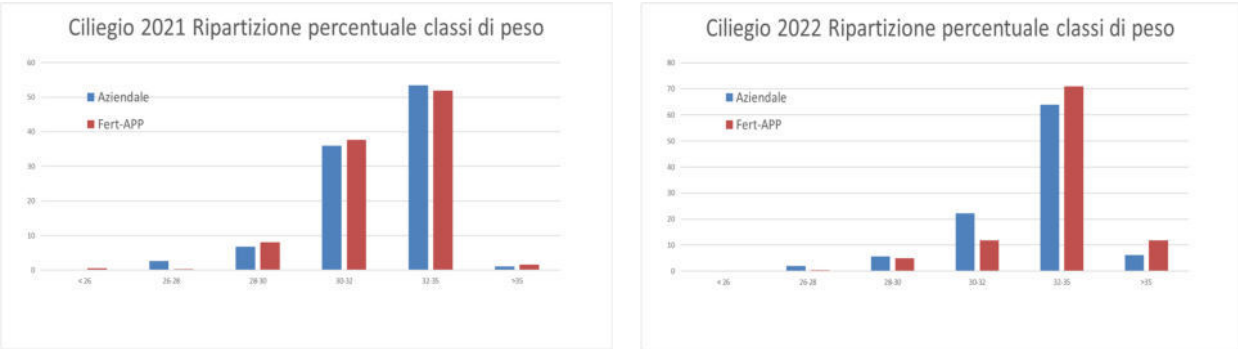



**Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2021 (sx) e 2022 (dx).**

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, osservando una maggiore efficienza di utilizzo dell'azoto nella tesi Fert-APP.

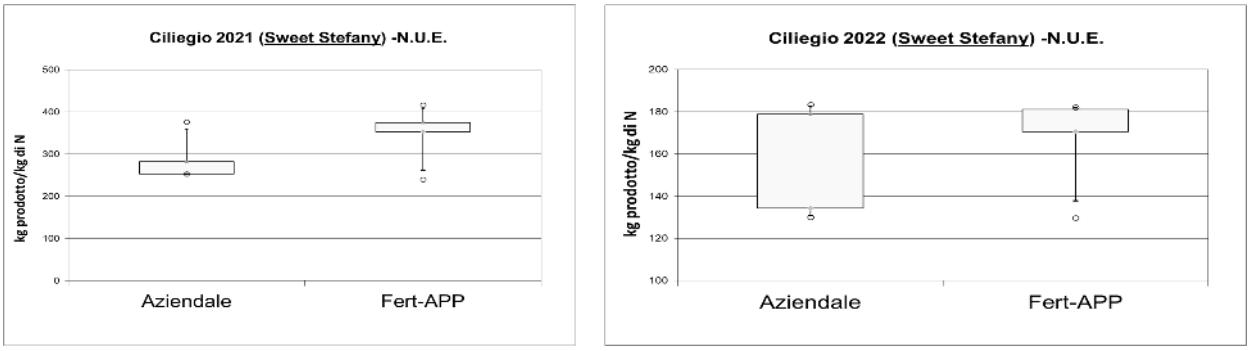



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

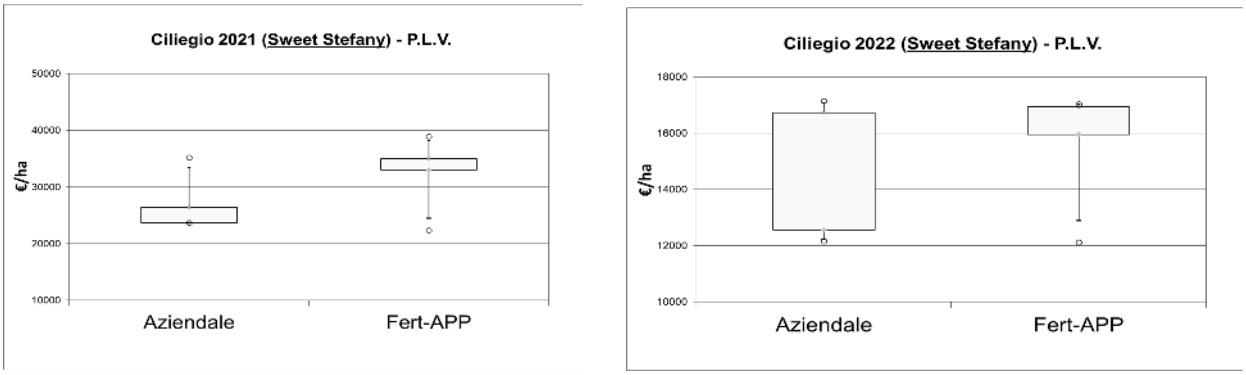



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).**

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

Durante il biennio di prova, 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.

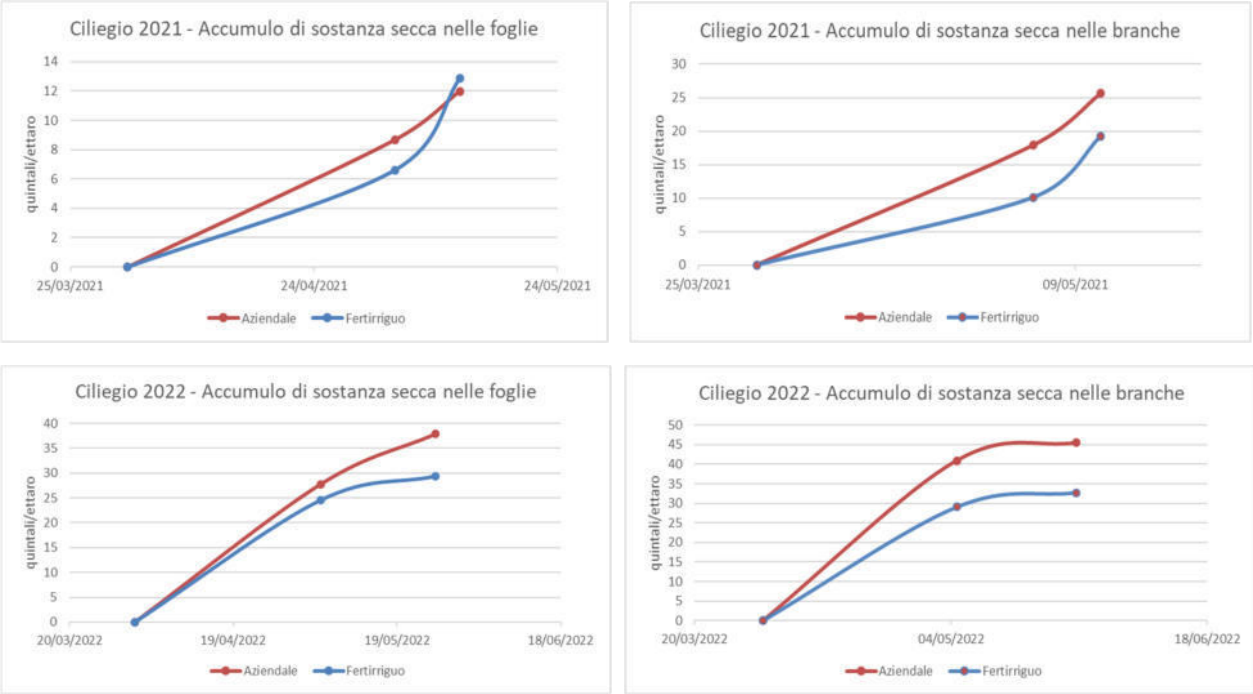



**Fig. 12a e 12b, 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

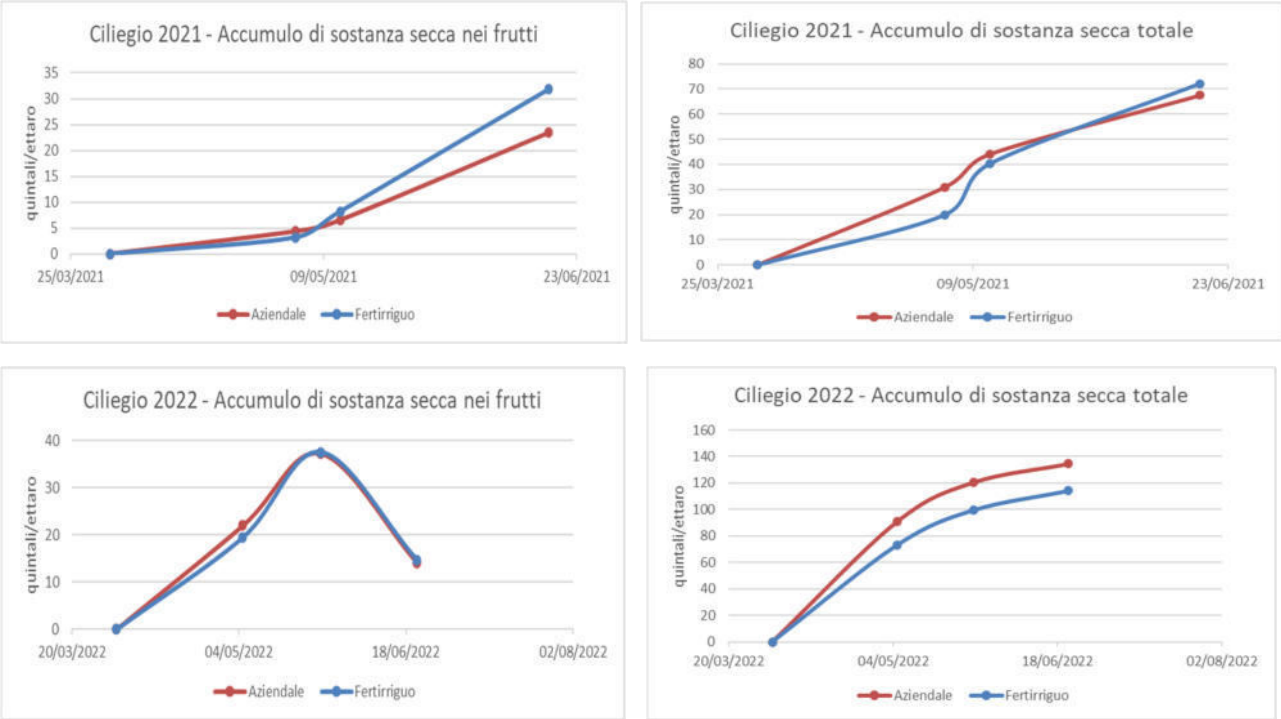



**Fig. 12e e 12f, 12g e 12h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca.

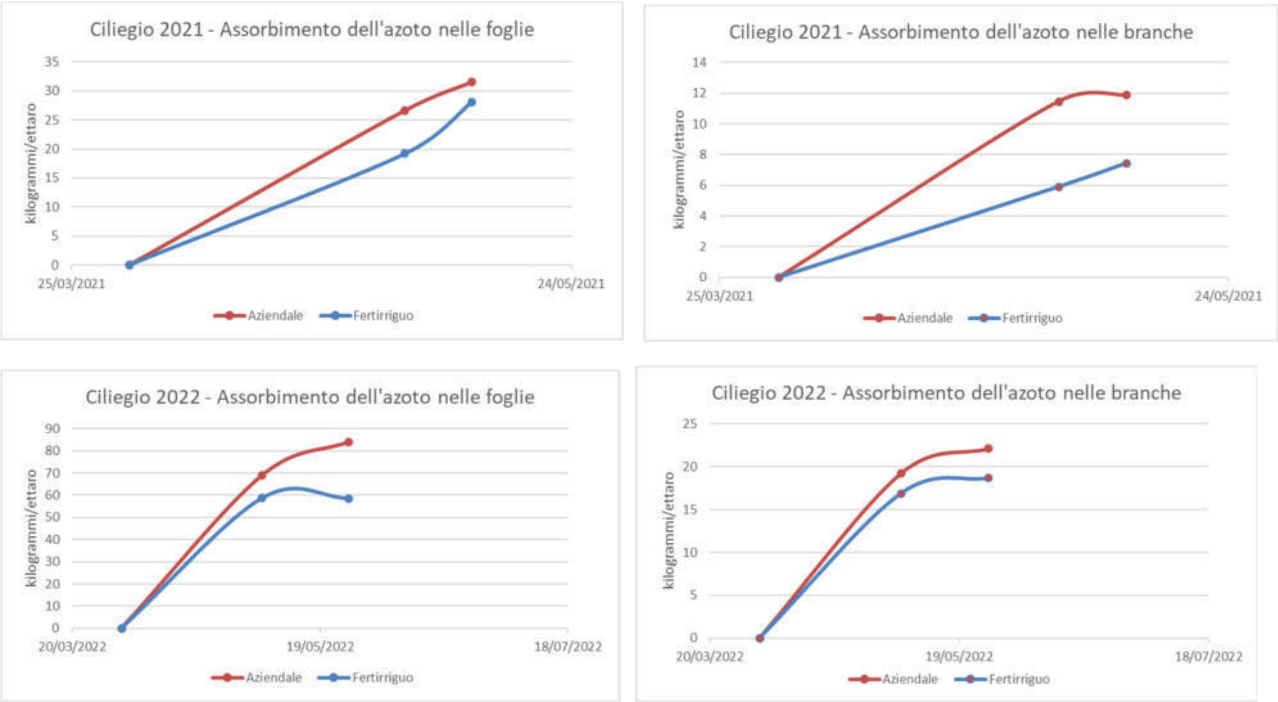



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

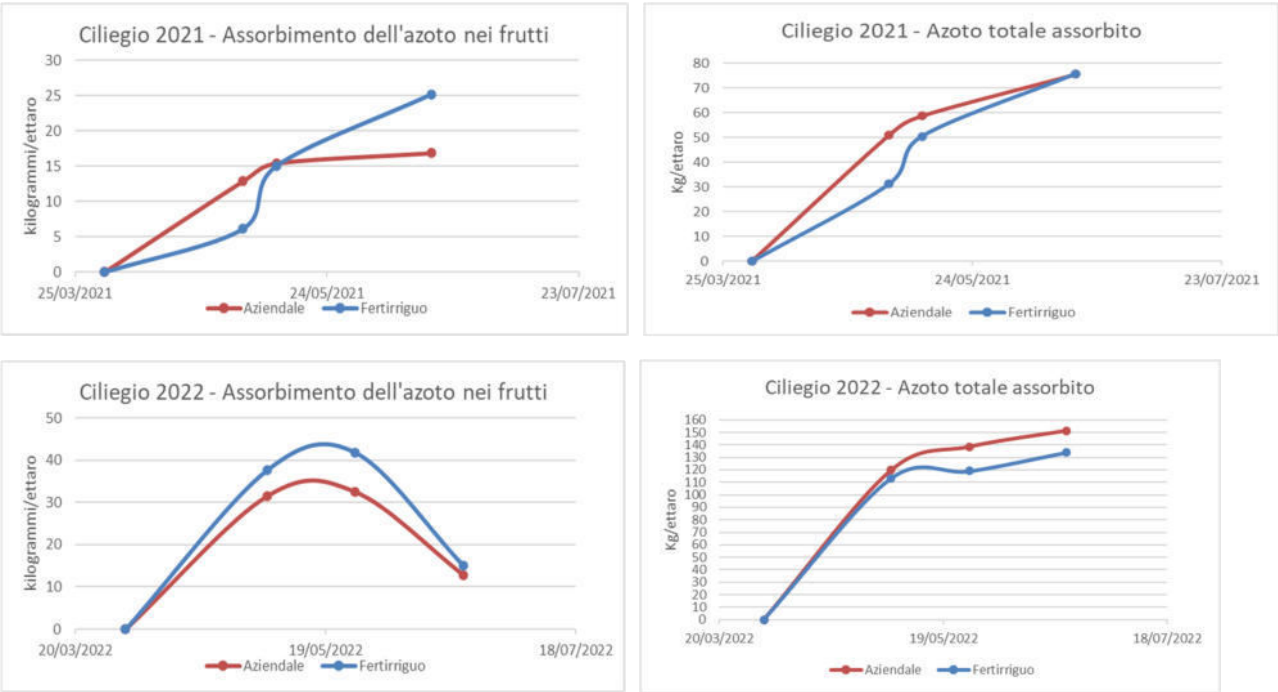



**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

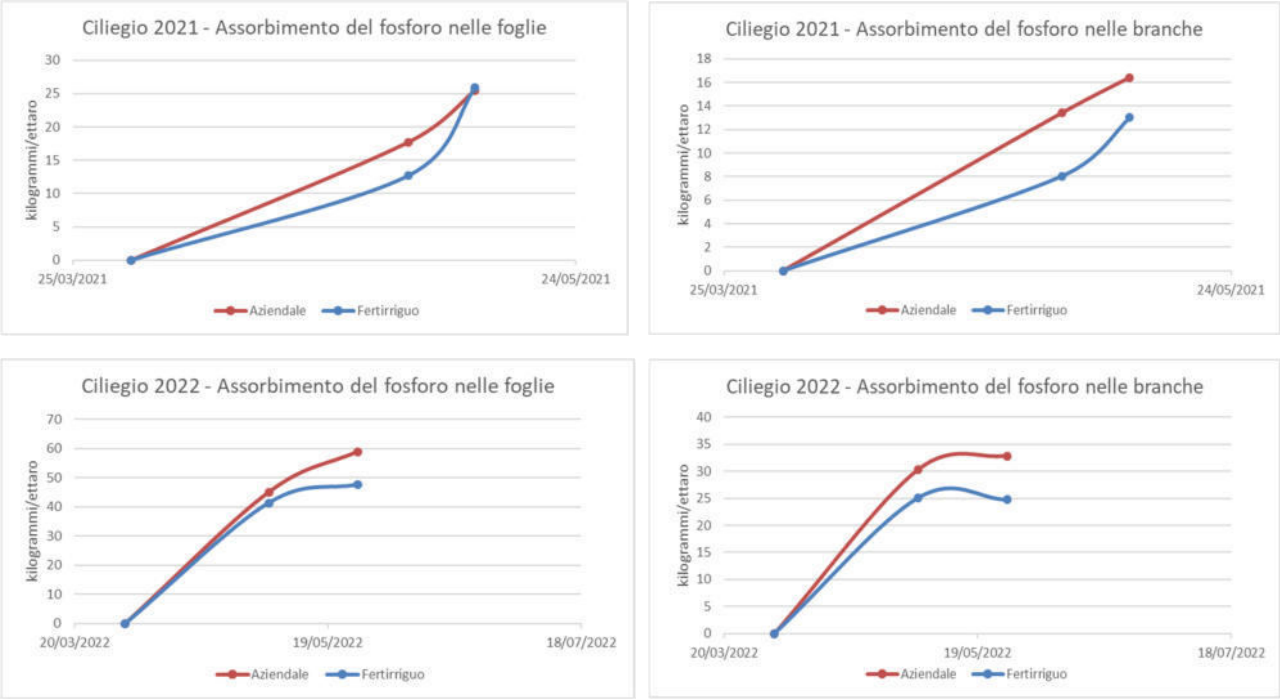



**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

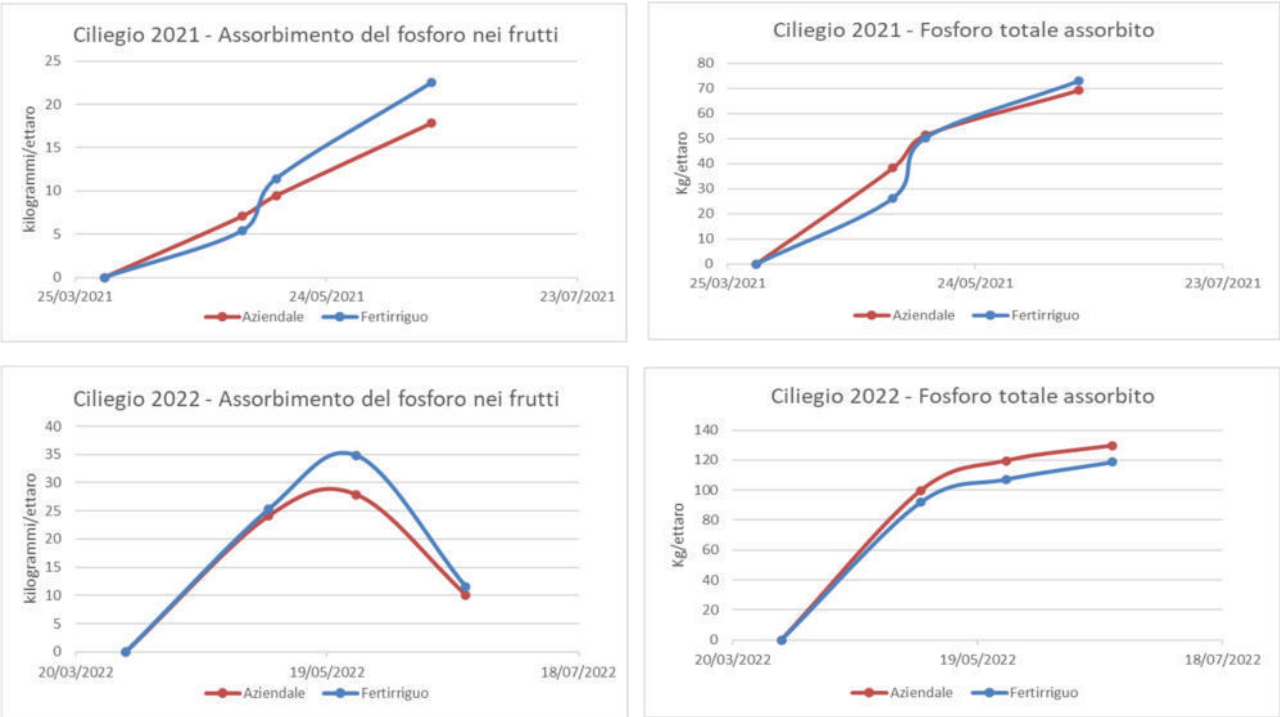



**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

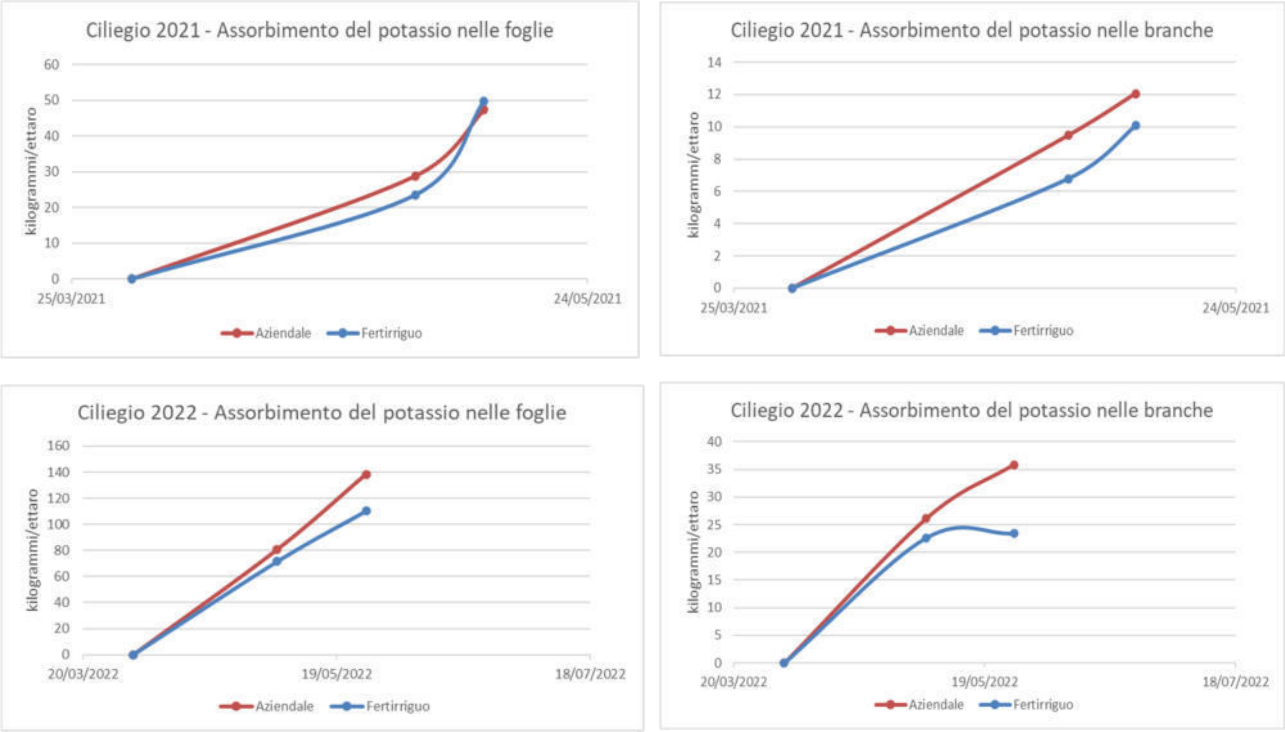



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

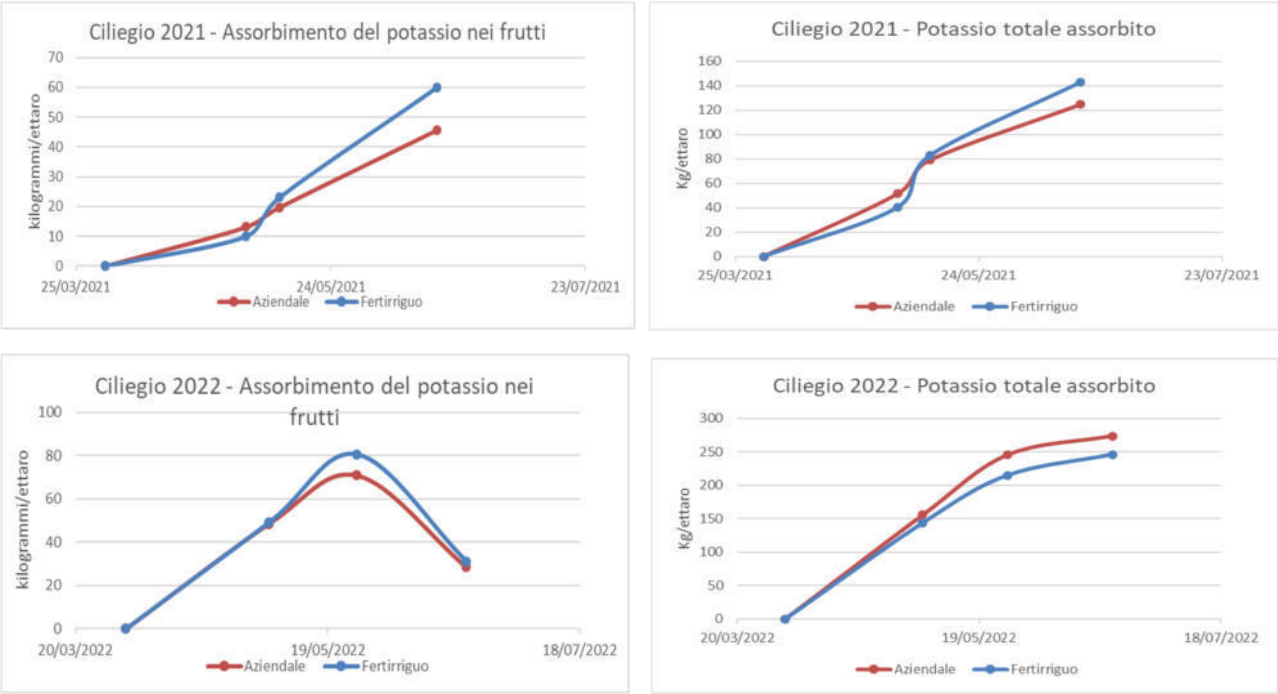
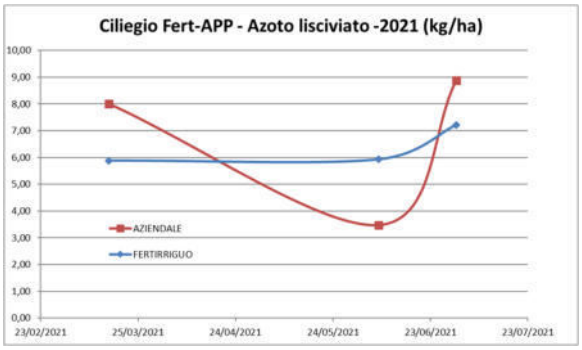
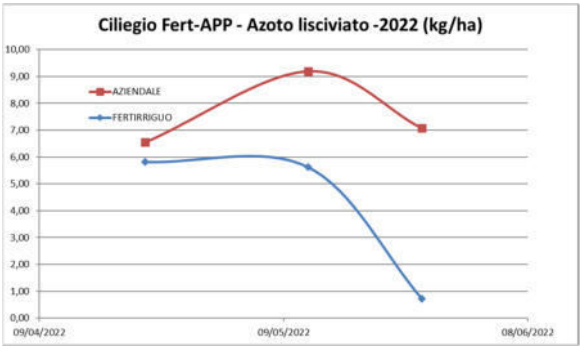



**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

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

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. Nella figura seguente è riportato l'andamento del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm, nelle due tesi a confronto.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| gemme in riposo invernale | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: fase piena (> 50%) | 2 | True | 275 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| scamiciatura: fase piena (> 50%) | 3 | True | 284 | 1,00 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 60 | 30 | 10 | 30 |
| invaiatura: fase piena (> 50%) | 4 | True | 358 | 1,00 | True | 30 | 5 | 30 | 30 | 10 | 40 | 70 | 10 | 80 |
| maturazione: fase piena (> 50%) | 5 | True | 454 | 1,10 | True | 50 | 5 | 40 | 10 | 10 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 1114 | 1,00 | True | 20 | 2 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| caduta foglie: fase piena (> 50%) | 7 | False | 753 | 0,00 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

# 12. Fragola

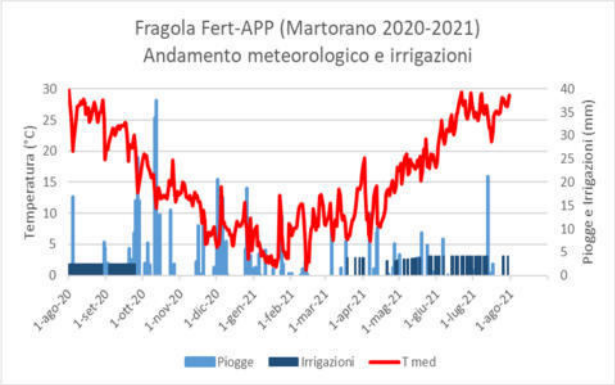
## Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021

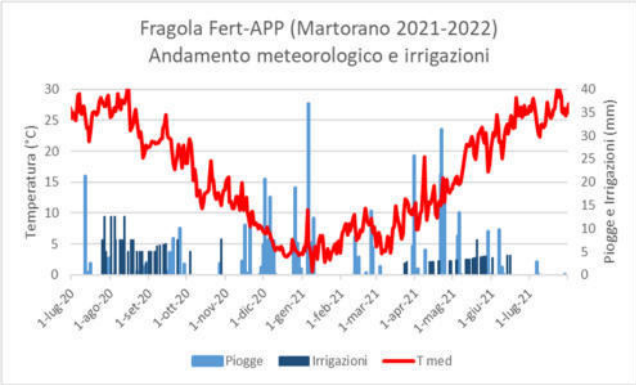
Per la coltura della fragola sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata in un unico appezzamento di circa 400 $m^2$ suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all'impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 60 $m^2$. Il trapianto della coltura è avvenuto il primo anno in data 28 luglio 2020 e il secondo anno in data 23 luglio 2021, impiegando sempre lo stesso ibrido "Elodì", con un sesto di impianto di 1,2 m fra le file e di 0,30 x 0,35 m sulla bina e con una densità teorica di 47.619 piante per ettaro.

**Fig. 1- Impianto della coltura.**

## Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato tutto sommato simile tra le annate: caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale della fragola con piogge significative praticamente assenti sia in fase di impianto che di produzione, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere, nel ciclo 2020-2021: di 323 mm, frazionati in circa 90 interventi con volumi medi di circa 3 mm e, nel ciclo 2021-2022: di 280 mm, frazionati in 42 interventi con volumi medi di circa 4 mm.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 300 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, e sottoponendolo ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Il suolo è risultato avere una tessitura argillosa-limosa, con una reazione sub-alcalina, mediamente fornito di azoto, una buona dotazione di fosforo e alti livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata alta, ben dotati di calcio e magnesio, con un alto rapporto di questi elementi con il potassio che indicava bassi rischi potenziali per l'insorgenza di fenomeni di antagonismo con determinazione di fisiopatie da carenza. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la fragola, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere per il ciclo 2020-2021 di 108 kg/ha di N, 44 kg/ha di $P_2O_5$ e 190 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo e per il ciclo 2021-2022 di 131 kg/ha di N, 15,2 kg/ha di $P_2O_5$ e 125,8 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

La differenziazione fra le tesi è stata ottenuta frazionando maggiormente in fertirrigazione la tesi Fertirrinet-APP, seguendo il consiglio dell'applicativo. Per le distribuzioni in fertirrigazioni sono state impiegate formulazioni ad elevata solubilità, per consentirne il loro scioglimento in acqua.

| | Impianto | | | Produzione | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tesi** | N | P2O5 | K2O | N | P2O5 | K2O |
| Aziendale | 50% | 70% | 15% | 50% | 30% | 85% |
| Fert-APP | 30% | 70% | 15% | 70% | 30% | 85% |

Tabella 1 – Frazionamento del fabbisogno della fragola in entrambi i cicli

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta in 12 interventi fertirrigui per la tesi aziendale e 13 per quella Fert-APP. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 3,2 |
| 23/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 16/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 3,2 |
| 16/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 16/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 09/10/2020 | 13,5 | 0 | 46 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 2,9 |
| 09/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| 09/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 02/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 2,9 |
| 02/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 2,1 | 0,0 | 0,0 |
| 02/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,8 | 0,0 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 2,4 |
| 18/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 18/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 18/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 18/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 11/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 04/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1,7 |
| 28/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 1,2 |
| 21/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,9 |
| 14/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| 25/07/2020 | 1 | 1 | 0,4 | 6,0 | 7,5 | 7,5 | 3,0 |

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 3,2 |
| 23/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 16/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 3,2 |
| 16/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 4,4 | 0,0 | 0,0 |
| 16/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 09/10/2020 | 13,5 | 0 | 46 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 2,9 |
| 09/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 4,3 | 0,0 | 0,0 |
| 09/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 02/10/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 2,9 |
| 02/10/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 4,1 | 0,0 | 0,0 |
| 02/10/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 3,5 | 0,0 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 25/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 2,4 |
| 18/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 18/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 18/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 18/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 11/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 11/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 |
| 04/09/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,2 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| 04/09/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1,7 |
| 28/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 2,4 | 0,0 | 0,0 |
| 28/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 1,2 |
| 21/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,8 | 0,0 | 0,0 |
| 21/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 13,5 | 0 | 46,2 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,9 |
| 14/08/2020 | 11 | 0 | 0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 15,5 | 0 | 0 | 0,1 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 14/08/2020 | 0 | 85 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| 25/07/2020 | 1 | 1 | 0,4 | 6,0 | 7,5 | 7,5 | 3,0 |

Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

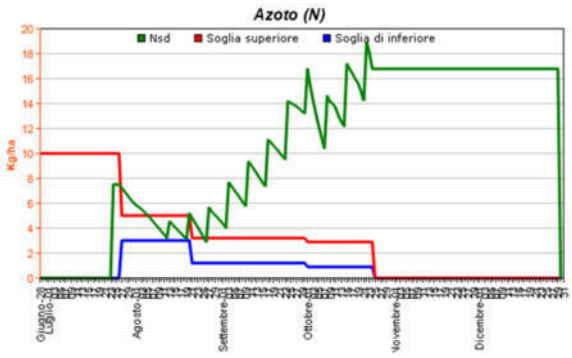
| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trapianto | 1 | True | 50 | 0,40 | False | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| Germogliamento | 2 | True | 200 | 0,50 | False | 0 | 10 | 100 | 0 | 2 | 100 | 0 | 2 | 20 |
| Prime foglie | 3 | True | 400 | 0,60 | False | 5 | 2 | 50 | 10 | 2 | 100 | 2 | 2 | 20 |
| Sviluppo vegetativo | 4 | True | 500 | 0,70 | False | 10 | 2 | 10 | 15 | 2 | 30 | 5 | 2 | 30 |
| Senescenza foglie | 5 | True | 120 | 0,50 | True | 15 | 2 | 5 | 20 | 2 | 0 | 5 | 2 | 20 |
| Riposo vegetativo | 6 | False | 880 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

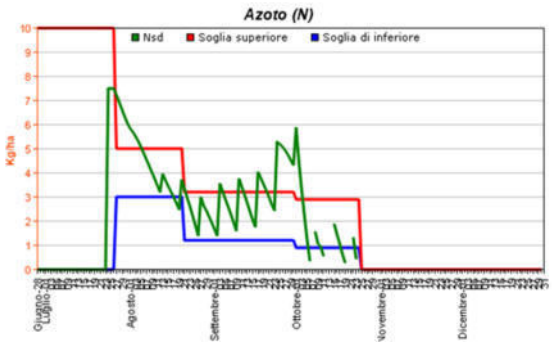
Tabella 3a – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova (fase impianto).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 1 | False | 0 | 0,30 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ripresa vegetativa: inizio fase ( 0-5%) | 2 | True | 0 | 0,30 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: inizio fase ( 0-5%) | 3 | True | 50 | 0,40 | False | 10 | 5 | 5 | 25 | 2 | 20 | 15 | 10 | 30 |
| invaiatura: inizio fase ( 0-5%) | 4 | True | 150 | 0,60 | False | 30 | 5 | 20 | 25 | 2 | 70 | 25 | 10 | 100 |
| maturazione: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 200 | 0,70 | False | 35 | 5 | 5 | 5 | 2 | 50 | 48 | 10 | 20 |
| stadio di raccolta: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 150 | 0,70 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| stadio di raccolta: fase piena (> 50%) | 7 | True | 100 | 0,40 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |

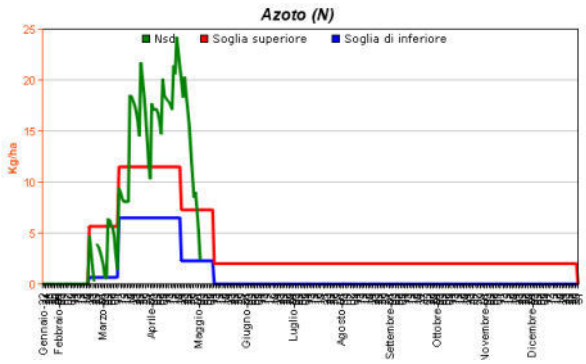
Tabella 3b – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova (fase produttiva).

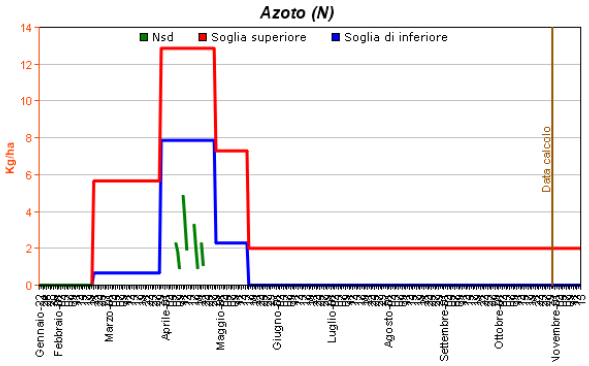
Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata in fase di impianto per la tesi Aziendale (sx) e per quella Fert-APP (dx) la seguente:




In fase di produzione per la tesi Aziendale (sx) e per quella Fert-APP (dx) la seguente:



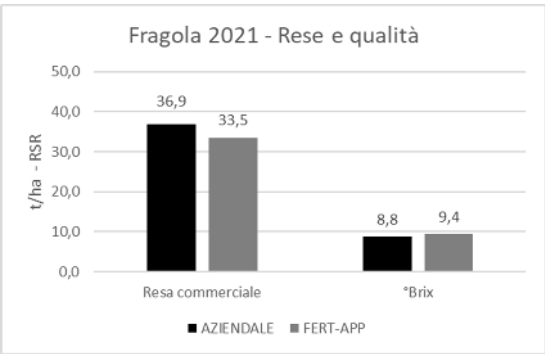




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto dei due cicli

Nel biennio di prova, la raccolta è stata effettuata in maniera scalare in funzione del progressivo grado di maturazione. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 10 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica, con distinzione tra totale, commerciale e scarto
- suddivisione per classi di pezzatura,
- sostanza secca e brix,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**



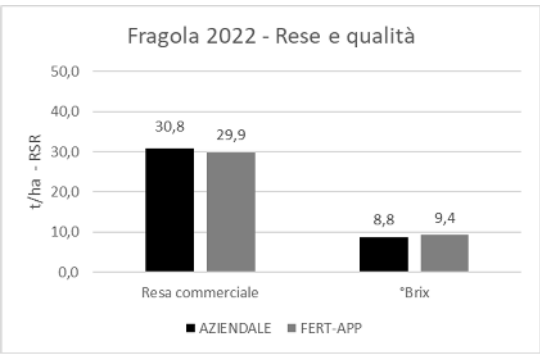




**Fig. 4a e 4b – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova.**

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.

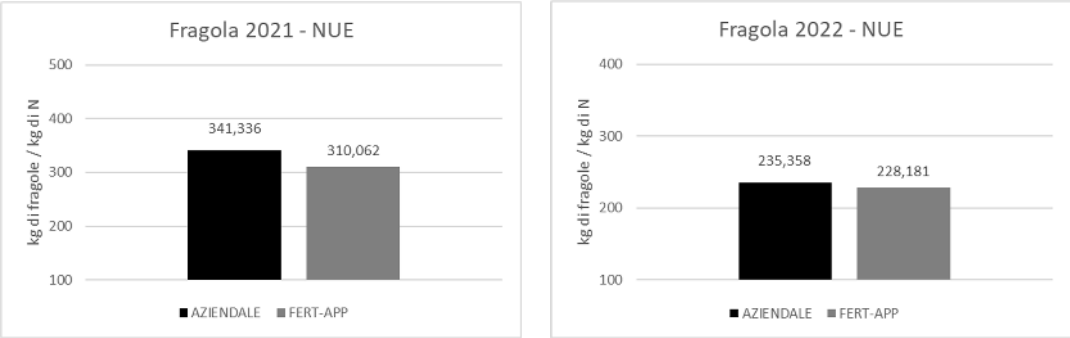



**Fig. 5a e 5b – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nei due cicli.**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

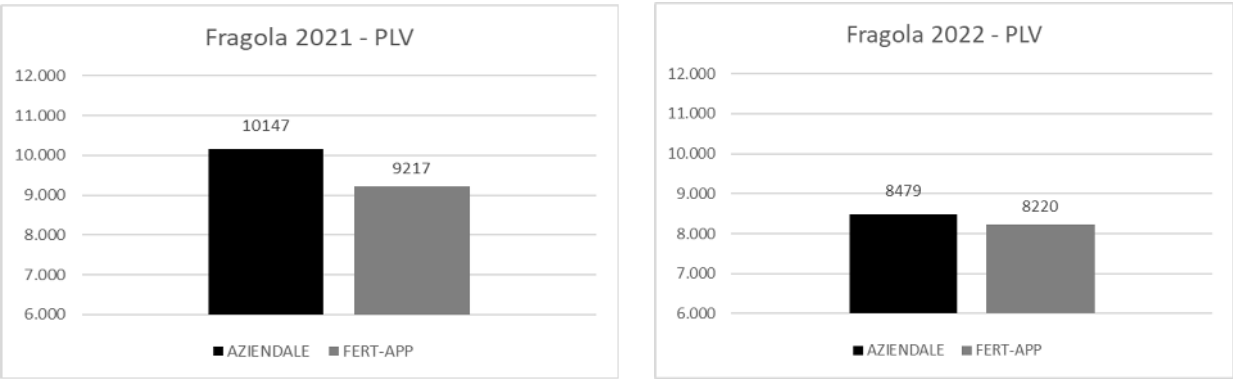



**Fig. 6 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nei due cicli.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in foglie, radici e frutti. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- al trapianto;
- prima del riposo vegetativo;
- alla ripresa vegetativa;
- in prossimità delle raccolte.

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro, ripartito in foglie, radici e frutti, per le due tesi a confronto.

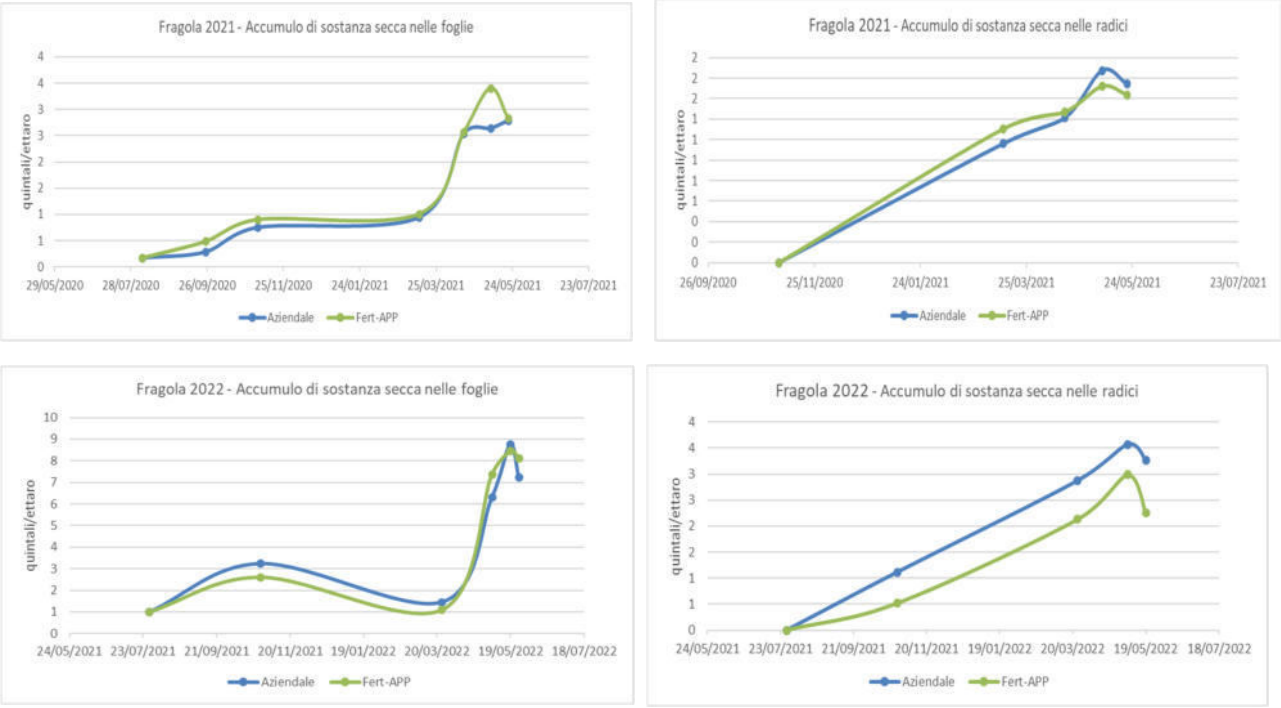



**Fig. 7a e 7b, 7c e 7d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.**

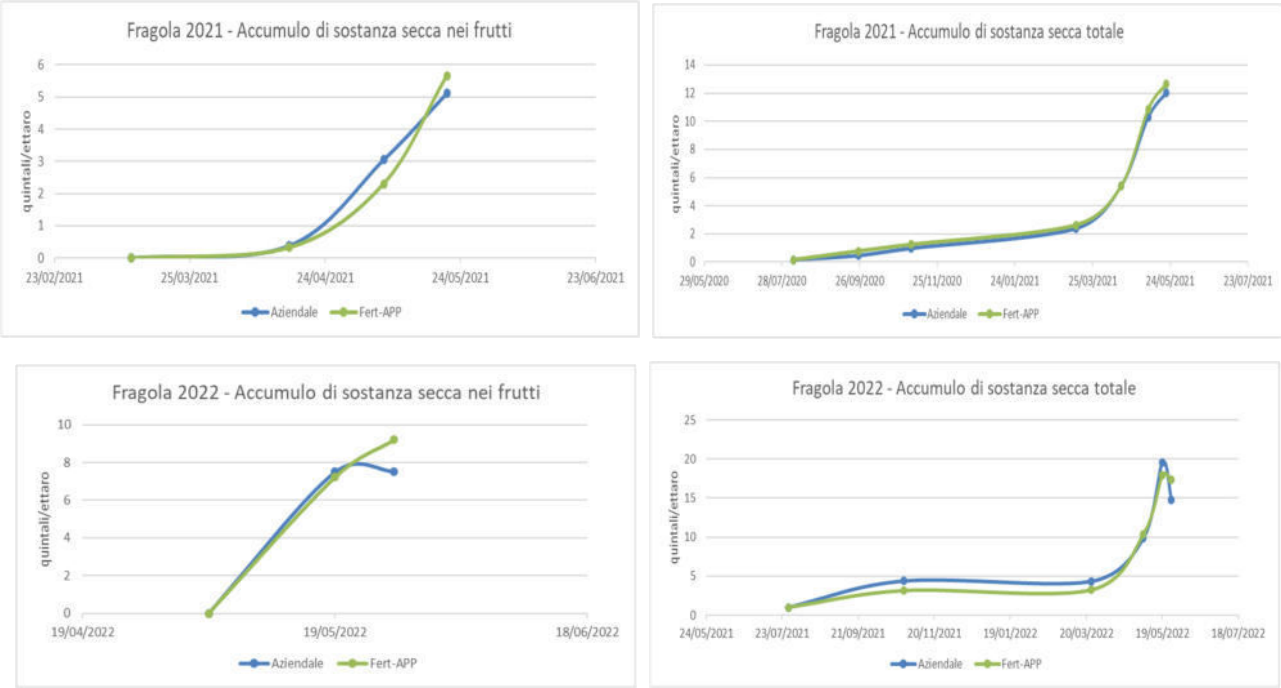



**Fig. 7e e 7f, 7g e 7h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, tralci e frutti, per le due tesi a confronto: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca.

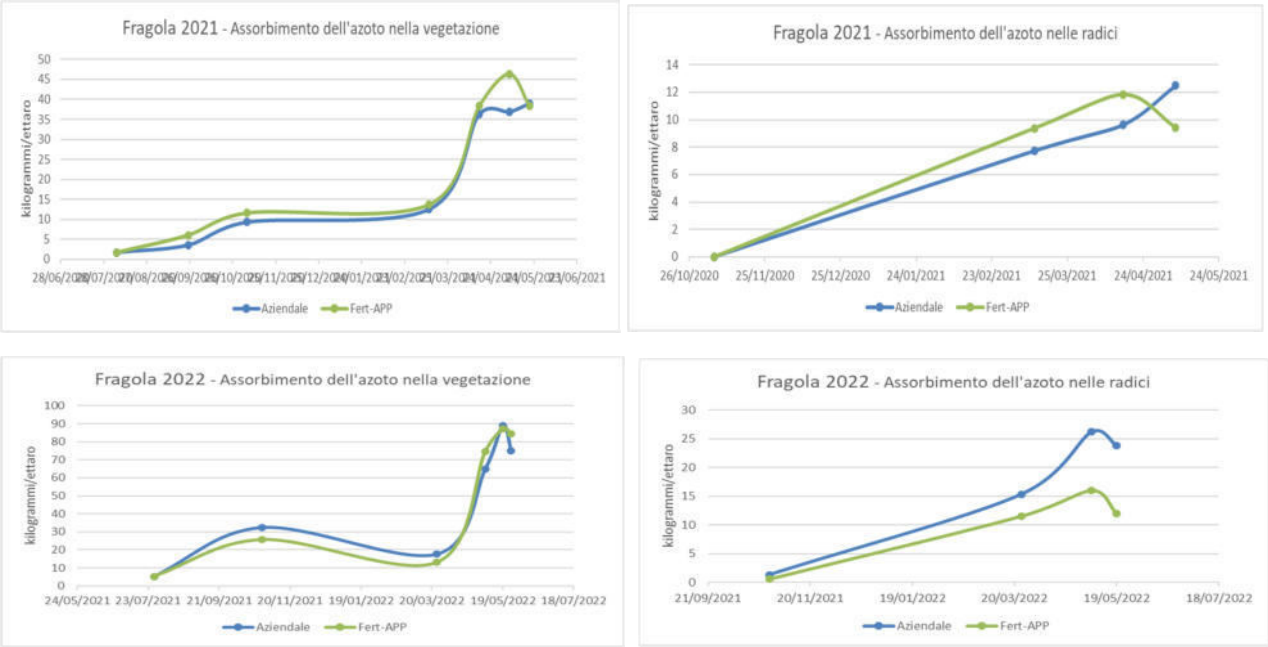



**Fig. 8a e 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.**

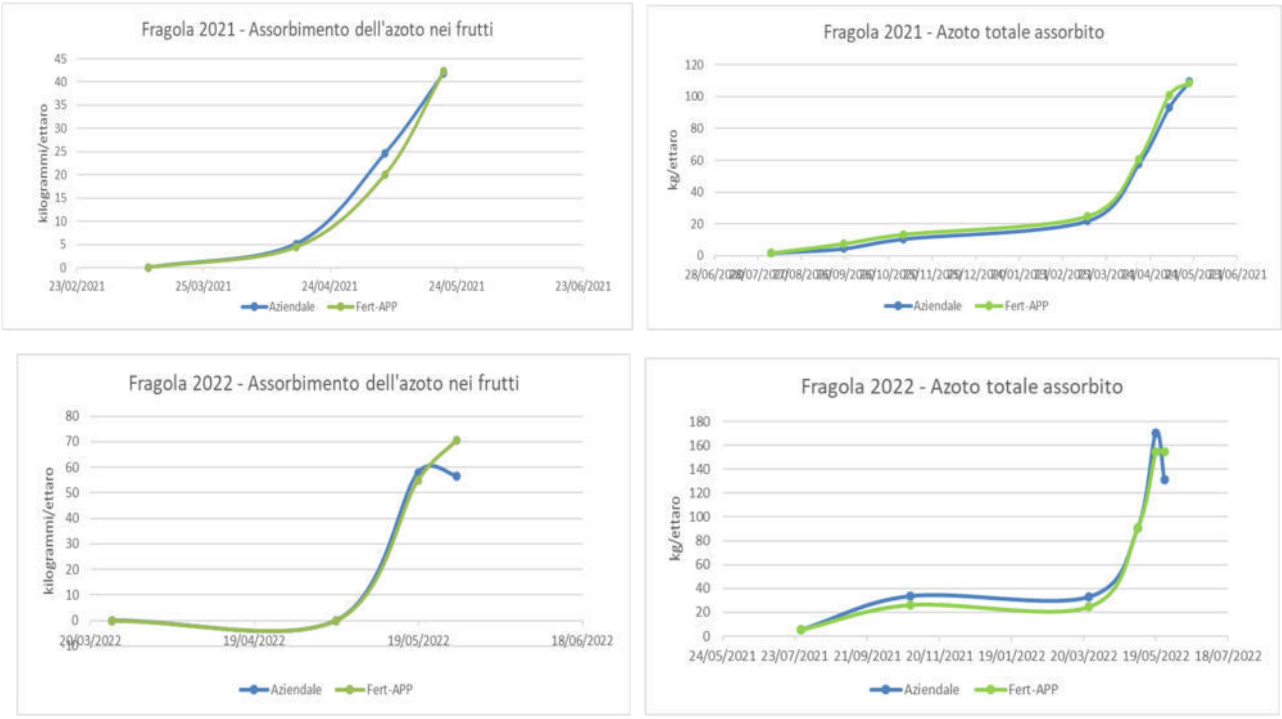



**Fig. 8e e 8f, 8g e 8h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

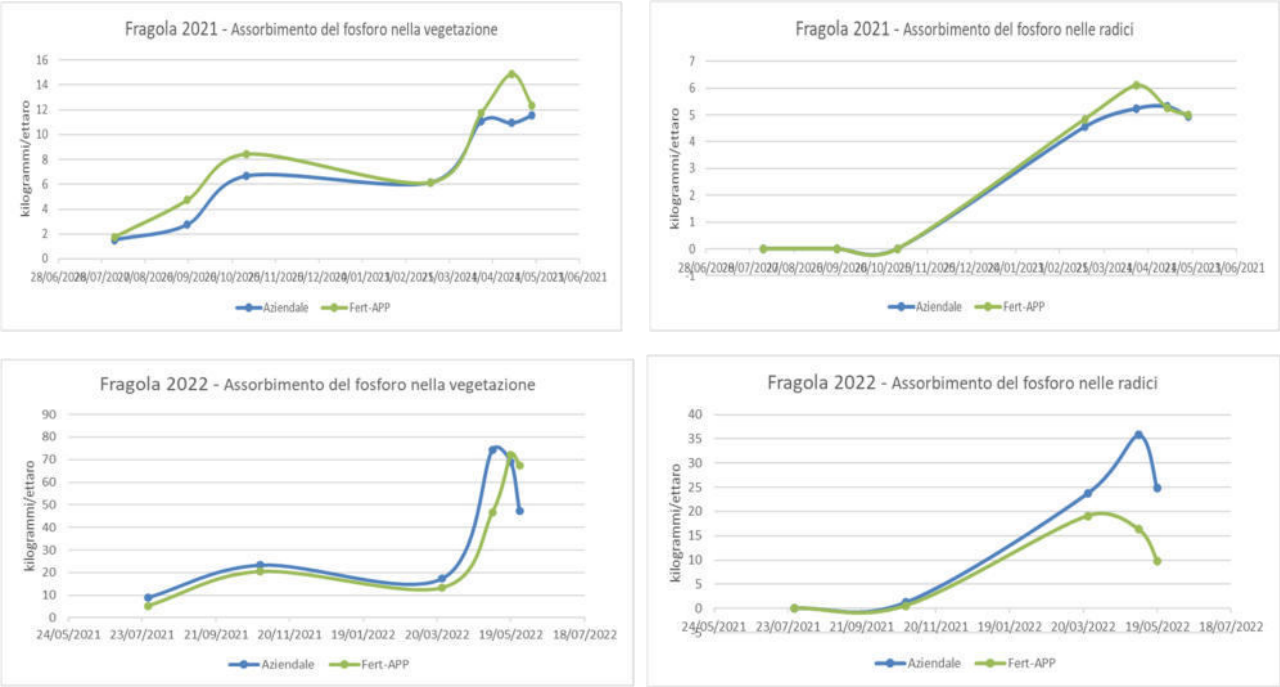



**Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.**

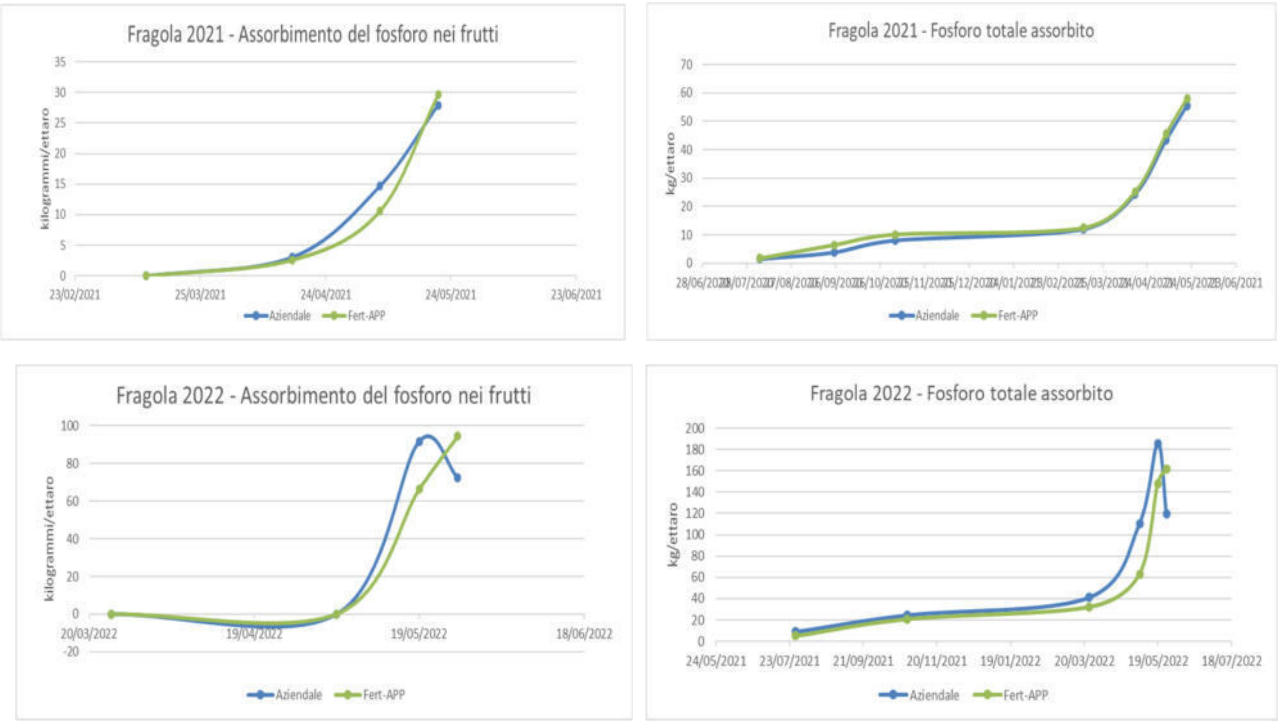



**Fig. 9e e 9f, 9g e 9h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

## 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.

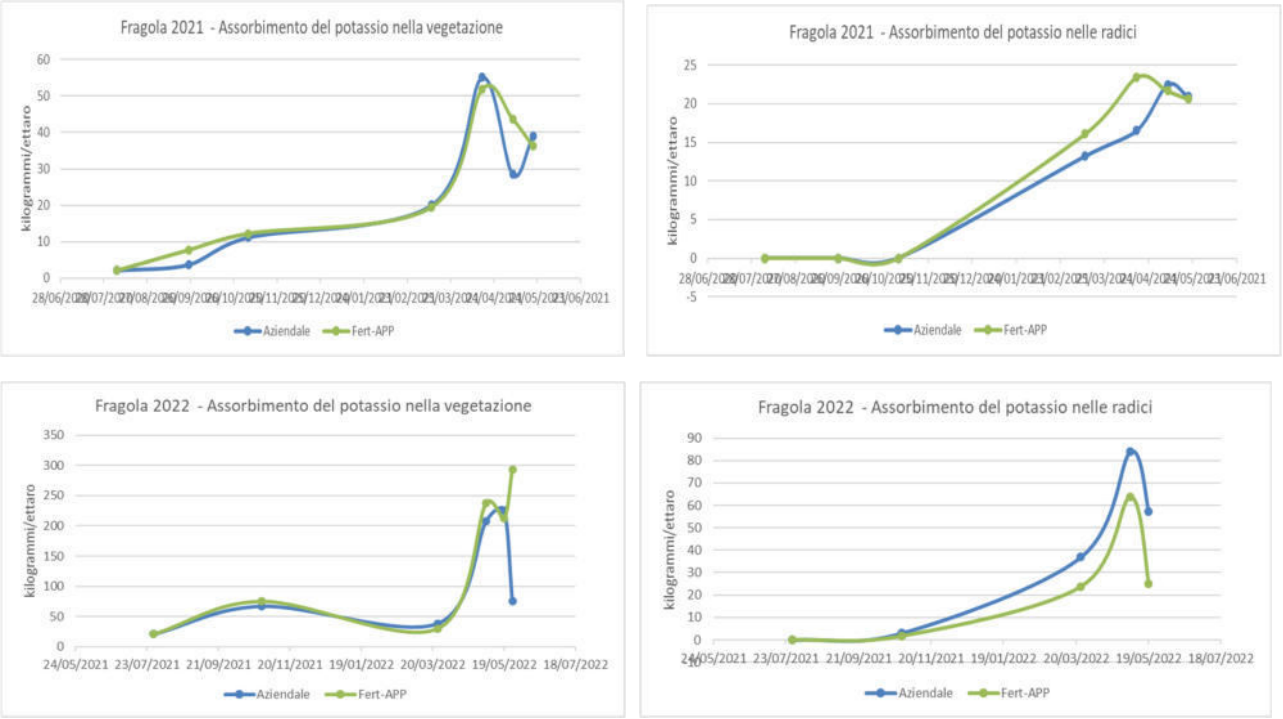



**Fig. 10a e 10b, 10c e 10d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.**

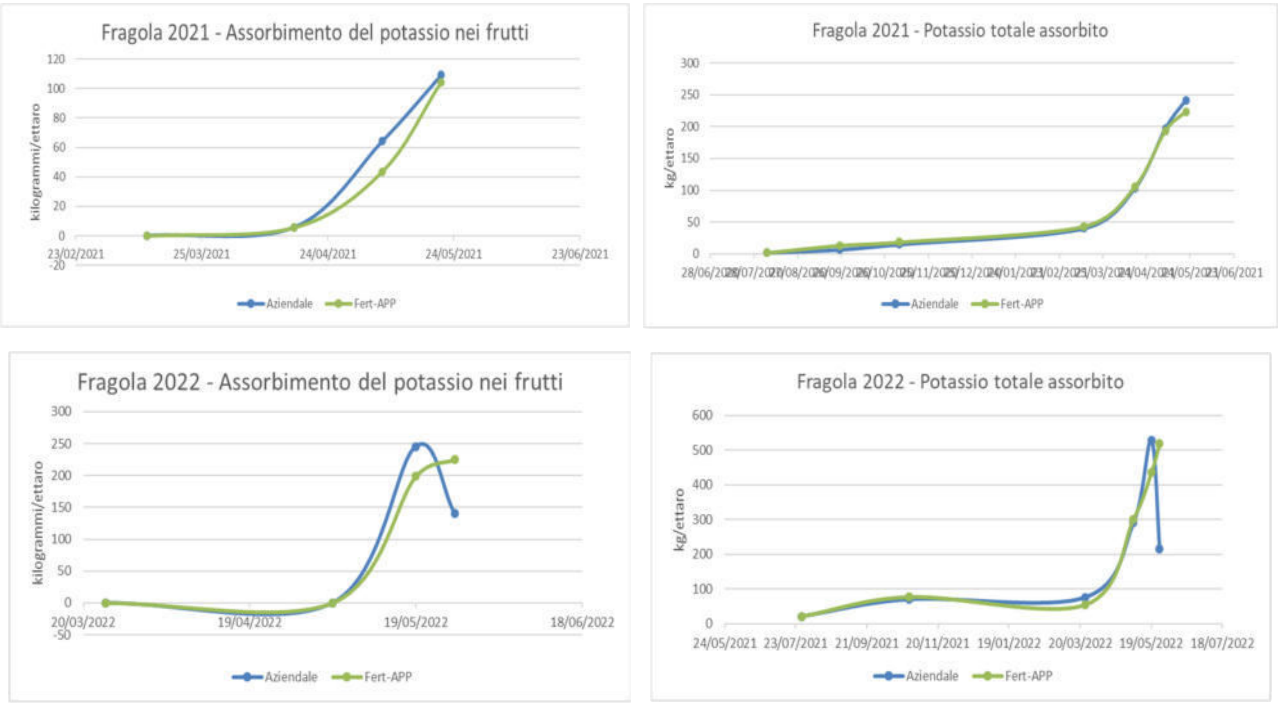


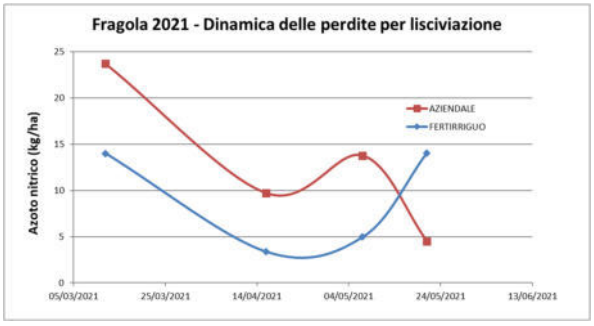

**Fig. 10e e 10f, 10g e 10h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.**

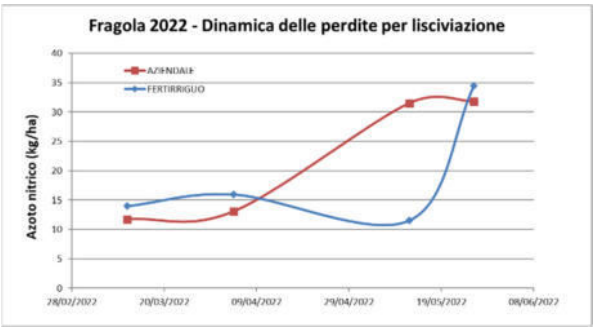
**Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione**

Durante il primo anno di prova, per valutare il dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato 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. Quando non è stato possibile farlo sono stati prelevati, sempre alla medesima profondità (orizzonte 60-70 cm), campioni di suolo.

**Fig. 14– Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo posizionamento sulla coltura (dx).**

Nonostante le dosi di nutrienti, in particolar modo di azoto, siano state distribuite in fertirrigazione in entrambe le tesi, seppur modulate nel tempo in maniera differenziata, le perdite per lisciviazione osservata dimostrano ancora una volta l'importanza del frazionamento temporale. Risulta molto importante, quindi, evitare distribuzioni concentrate in pochi interventi. Inoltre, i bassi volumi irrigui impiegati, interessando solo gli orizzonti superficiali, riducono i movimenti azotati mantenendoli concentrati nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Nella figura sottostante sono riportati gli andamenti dei contenuti di azoto nitrico nelle due tesi a confronto, alla profondità di 60-70 cm, rilevati nel biennio.



## 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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trapianto | 1 | True | 50 | 0,40 | False | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| Germogliamento | 2 | True | 200 | 0,50 | False | 0 | 10 | 100 | 0 | 2 | 100 | 0 | 2 | 20 |
| Prime foglie | 3 | True | 400 | 0,60 | False | 5 | 2 | 50 | 10 | 2 | 100 | 2 | 2 | 20 |
| Sviluppo vegetativo | 4 | True | 500 | 0,70 | False | 10 | 2 | 10 | 15 | 2 | 30 | 5 | 2 | 30 |
| Senescenza foglie | 5 | True | 120 | 0,50 | True | 15 | 2 | 5 | 20 | 2 | 0 | 5 | 2 | 20 |
| Riposo vegetativo | 6 | False | 880 | 0,40 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4a – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo (fase di impianto).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 1 | False | 0 | 0,30 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ripresa vegetativa: inizio fase ( 0-5%) | 2 | True | 0 | 0,30 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura: inizio fase ( 0-5%) | 3 | True | 50 | 0,40 | False | 10 | 5 | 5 | 25 | 2 | 20 | 15 | 10 | 30 |
| invaiatura: inizio fase ( 0-5%) | 4 | True | 150 | 0,60 | False | 30 | 5 | 20 | 25 | 2 | 70 | 25 | 10 | 100 |
| maturazione: inizio fase ( 0-5%) | 5 | True | 200 | 0,70 | False | 35 | 5 | 5 | 5 | 2 | 50 | 48 | 10 | 20 |
| stadio di raccolta: inizio fase ( 0-5%) | 6 | True | 150 | 0,70 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| stadio di raccolta: fase piena (> 50%) | 7 | True | 100 | 0,40 | True | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |

Tabella 4b – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo (fase produttiva).

# 13. Asparago

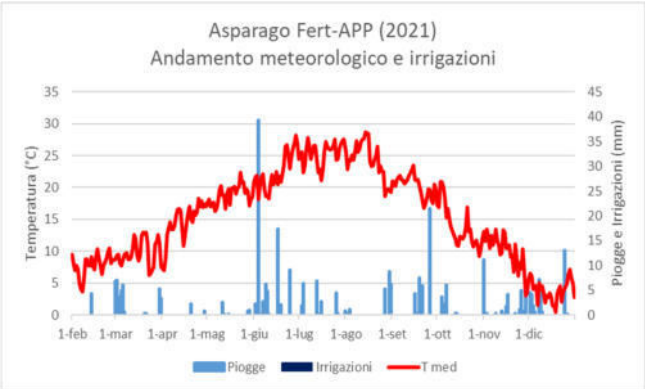
## Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021, 2021-2022

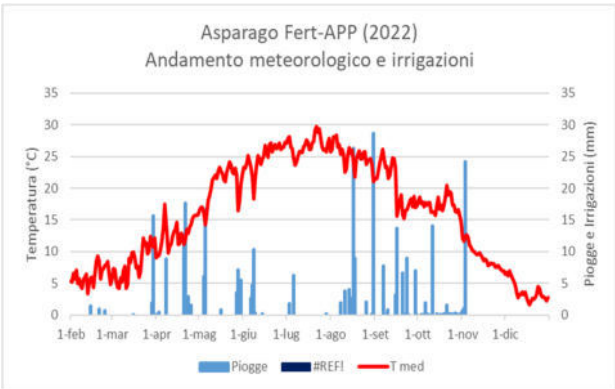
Per la coltura dell'asparago non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita in regime biologico. La prova è stata effettuata in un unico appezzamento di circa 7500 $m^2$ suddiviso in tre parcelle. L'asparagiaia in piena produzione è stata impiantata nel 2015 con l'ibrido "Eros" e un sesto di impianto di 1,8 m fra le prose e di 0,25 m sulla prosa e con una densità teorica di 22.222 piante per ettaro.

**Fig. 1- Foto della coltura.**

## Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico del biennio di prova è risultato simile tra le annate con caldo e siccità nelle prime fasi del ciclo colturale dell'asparago e piogge significative solo a fine estate, le quali hanno determinato una riduzione degli interventi irrigui in questi periodi. Le irrigazioni sono state effettuate seguendo la prassi aziendale (infiltrazione laterale da scolina) e sono stati effettuati 2 interventi nel 2021 e 3 nel 2022.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 80 q/ha. Per la determinazione della dotazione iniziale del suolo, è stato prelevato un campione di suolo su un orizzonte di 50 cm, e sottoponendolo ad analisi chimico-fisiche di routine, facendo un mix di 3 punti di prelievo eseguiti sulla diagonale dell'appezzamento. Il suolo è risultato avere una tessitura sabbiosa, con una reazione neutra, mediamente fornito di azoto, una buona dotazione di fosforo e bassi livelli di potassio. La capacità di scambio cationica è risultata bassa, scarsamente dotati di calcio e magnesio.

Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per l'asparago, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere di 161 kg/ha di N, 28 kg/ha di $P_2O_5$ e 254 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx)**

A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. Le date e le dosi distribuite sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01/03/2021 | 30 | 20 | 10 | 833,0 | 249,9 | 166,6 | 83,3 |

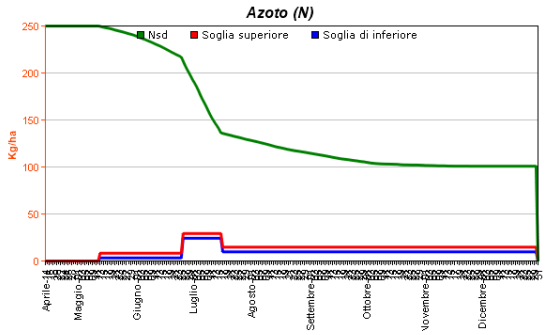
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/03/2022 | 30 | 20 | 10 | 750,0 | 225,0 | 150,0 | 75,0 |

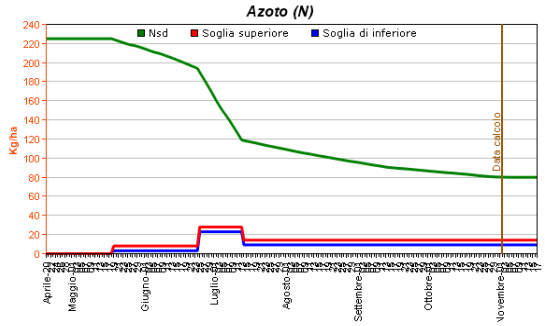
Tabelle 2a e 2b – Fertilizzazioni 2021 (sx) e 2022 (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Preapertura | 1 | True | 0 | 0,45 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fine raccolta | 2 | True | 323 | 0,55 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sviluppo Vegetativo | 3 | True | 498 | 0,85 | False | 20 | 5 | 10 | 50 | 5 | 30 | 20 | 10 | 20 |
| Copertura Completa | 4 | True | 312 | 1,00 | False | 50 | 5 | 30 | 30 | 5 | 20 | 30 | 10 | 20 |
| Inizio ingiallimento Foglie | 5 | True | 1547 | 0,90 | True | 30 | 5 | 20 | 20 | 5 | 10 | 50 | 10 | 10 |
| Ingiallimento Foglie al 50% | 6 | True | 697 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sfalcio | 7 | True | 190 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica nel suolo, del solo elemento azoto, calcolata secondo gli algoritmi precedentemente menzionati, è stata per il 2021 (sx) e per il 2022 (dx) la seguente:




## Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto dei due cicli

Le raccolte sono state effettuate in maniera scalare in funzione del progressivo grado di maturazione. I dati sono stati raccolti prendendo come riferimento una superficie di 1 $m^2$ per ogni replica ed effettuando i seguenti rilievi sperimentali:

- produzione areica totale,
- suddivisione in commerciale e scarto
- sostanza secca,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

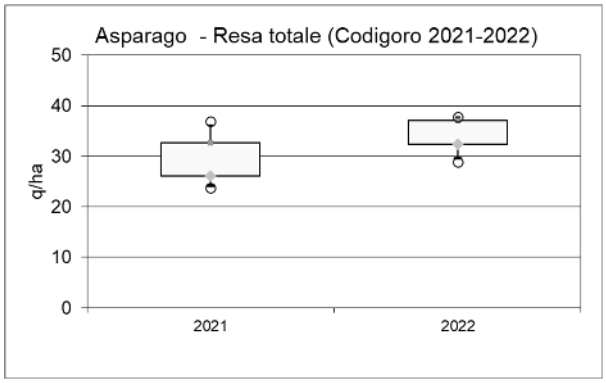



**Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova**

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.

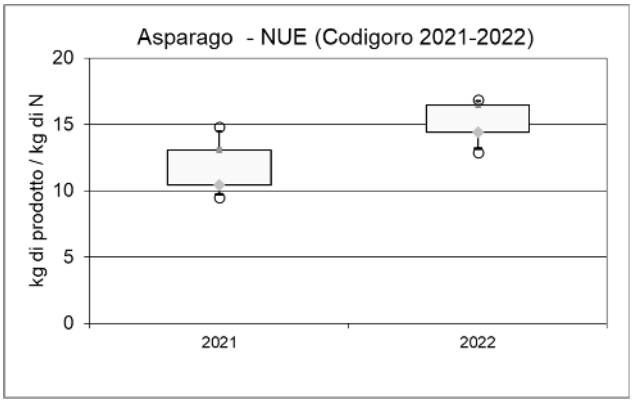



**Fig. 5 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nel biennio di prova**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

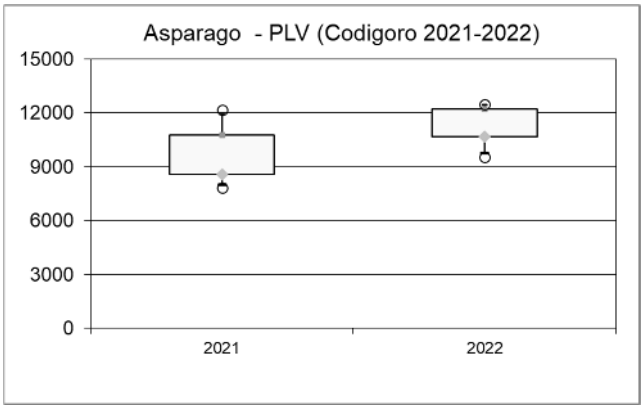



**Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio di prova.**

**Valutazione dell'accumulo di sostanza secca e dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio.**

Durante il biennio di prova sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale e dei principali elementi, ripartita in biomassa fogliare e turioni. Il materiale campionato è stato sottoposto ad analisi chimiche, previa essiccazione in stufa ventilata a 70°C per 72 ore.

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

- sviluppo vegetativo;
- raccolta turioni;
- riposo vegetativo (zampe - solo primo anno)

Accumulo di sostanza secca

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'accumulo di sostanza secca per ettaro ottenute nel biennio di prova, ripartito in biomassa fogliare e turioni.

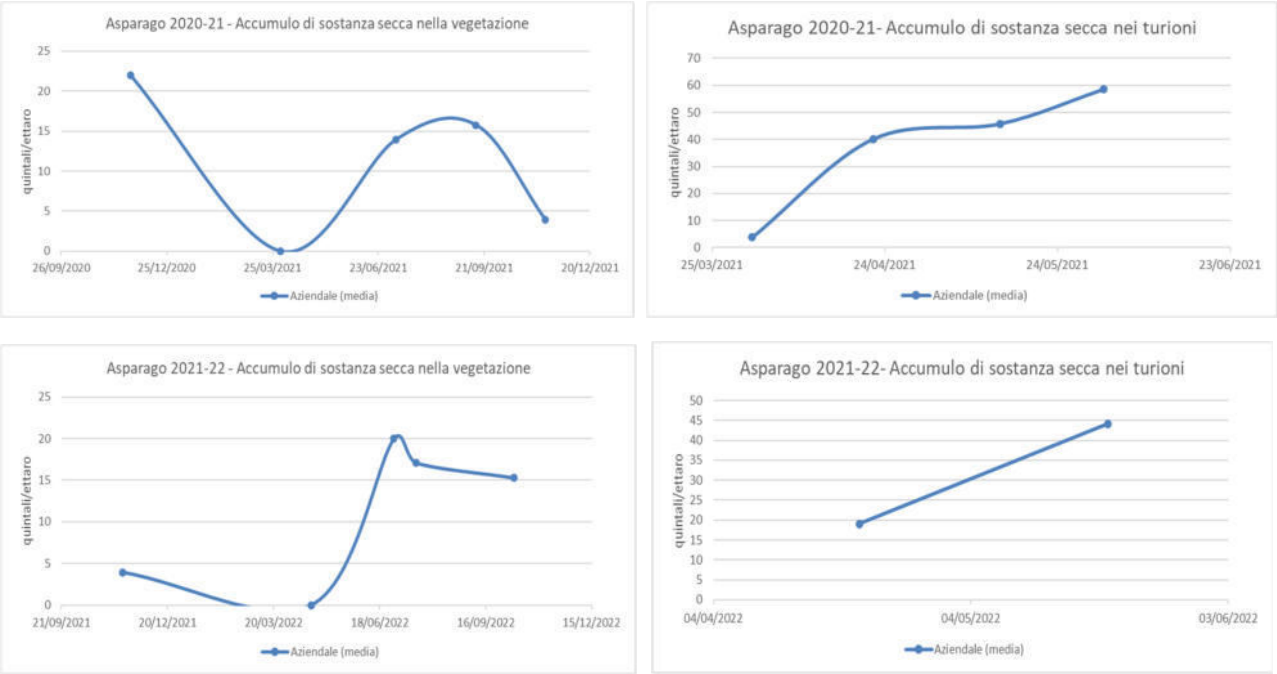
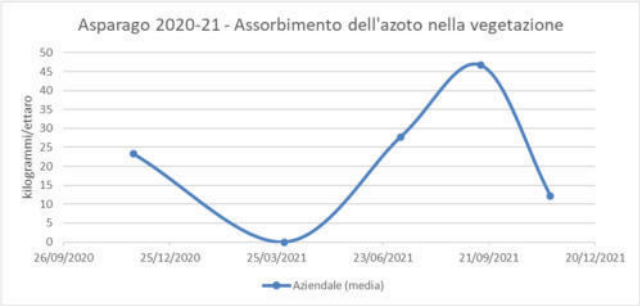



**Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.**

Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha) ottenute nel biennio, ripartito sempre tra biomassa fogliare e turioni.



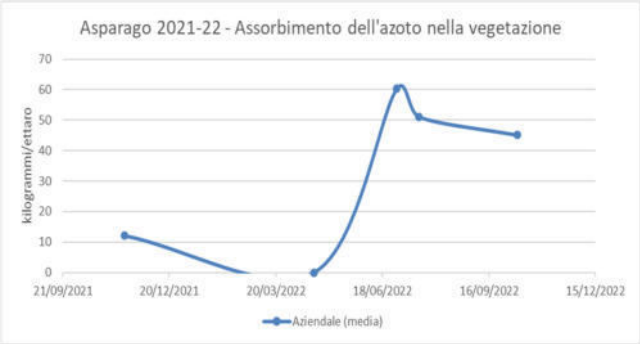
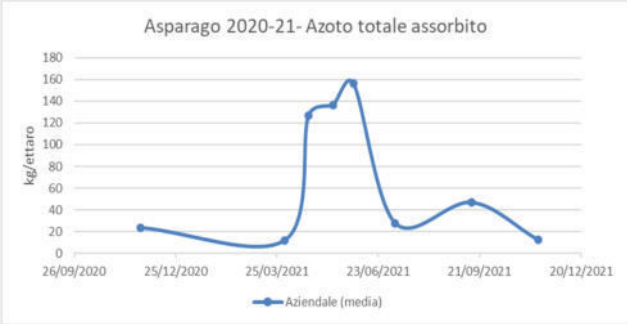


**Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.**

Il fabbisogno di azoto calcolato ad inizio stagione era stato stimato ipotizzando una resa attesa di 80 q/ha, ma le rese reali sono risultate essere inferiori. Ricalcolando il fabbisogno di azoto su queste ultime, sono risultati essere più in linea.



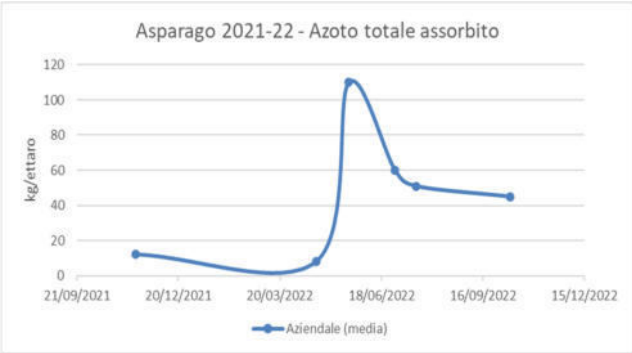



**Fig. 10a e 10b, 10c– Dinamica complessiva dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio.**

Curve di assorbimento del fosforo

Nei grafici seguenti sono invece riportate le curve relative all'assorbimento del fosforo (kg/ha) ottenute nel biennio di prova, ripartito sempre tra biomassa fogliare e turioni.

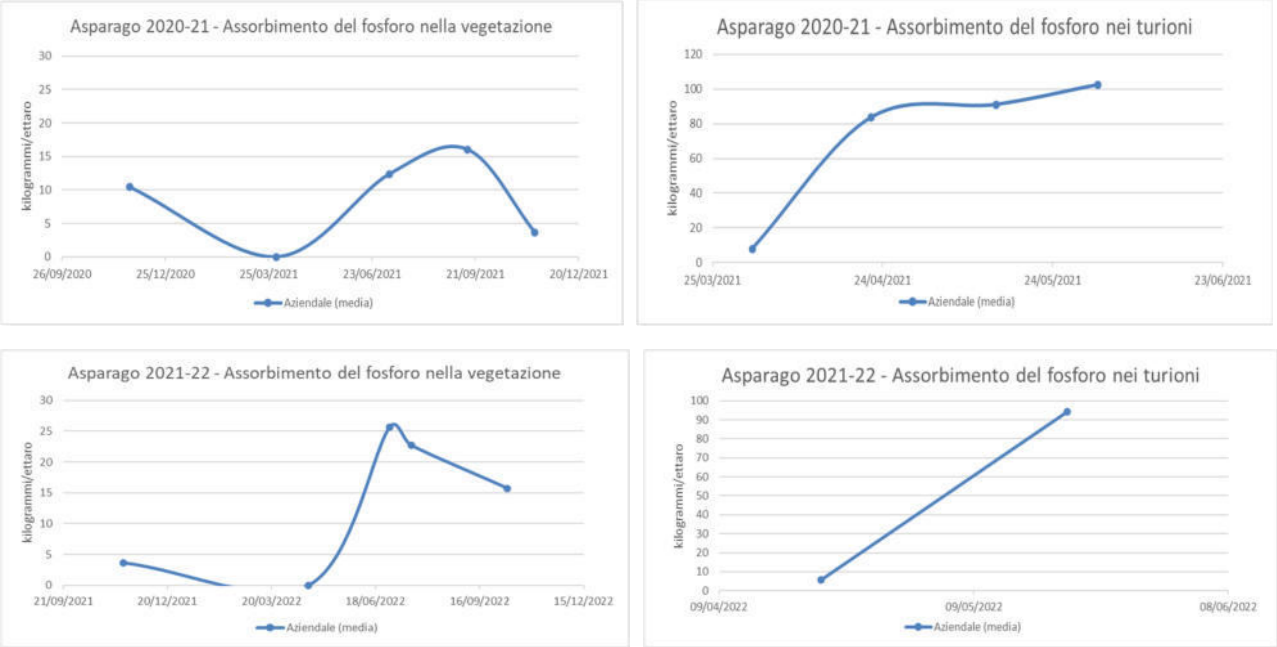



**Fig. 11a e 11b, 11c e 11d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio.**

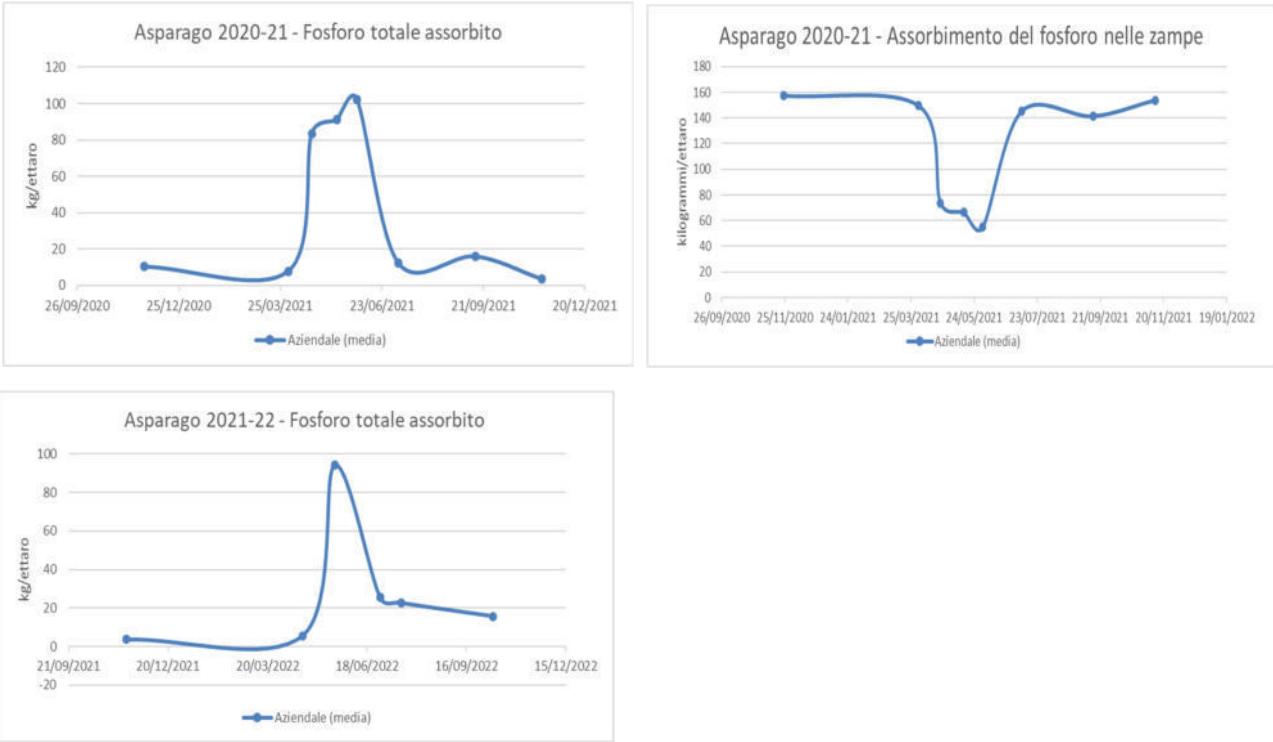



**Fig. 12a e 12b, 12c – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio.**

Curve di assorbimento del potassio

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento del potassio per ettaro, ripartito tra biomassa fogliare e turioni.

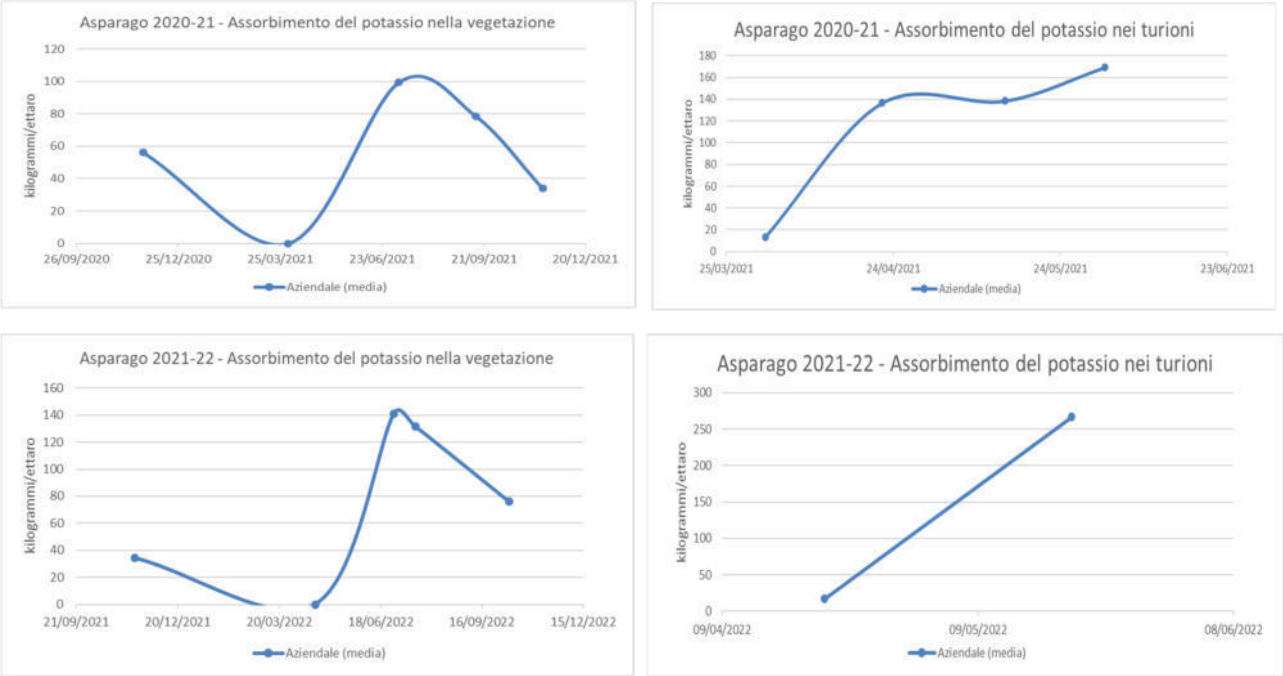



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.**

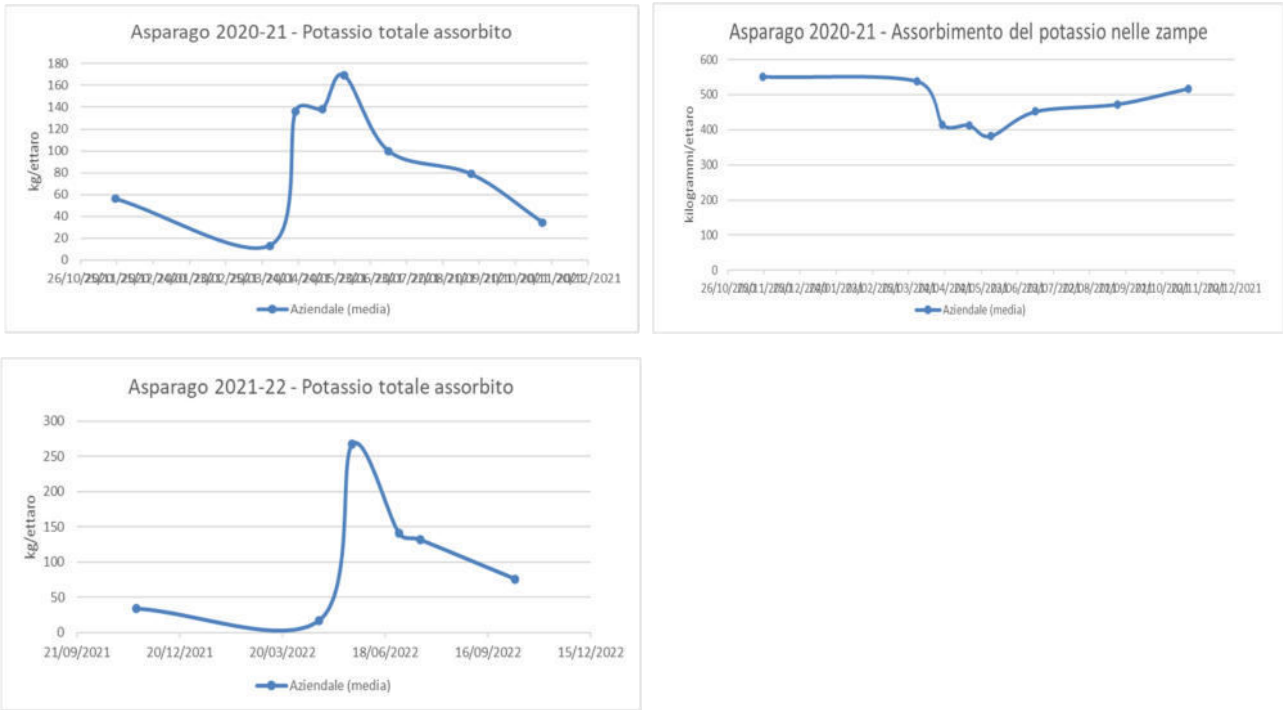



**Fig. 14a, 14b e 14c – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.**

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

Per la valutazione del dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato maggiormente esplorato dalle radici, 2 lisimetri a suzione (1 tesi x 2 repliche) per la captazione del lisciviato. Tuttavia, le scarse piogge e l'irrigazione con il metodo dell'infiltrazione laterale da scoline non hanno consentito di effettuare la valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione per assenza del fenomeno.

**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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Preapertura | 1 | True | 0 | 0,45 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fine raccolta | 2 | True | 323 | 0,55 | False | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sviluppo Vegetativo | 3 | True | 498 | 0,85 | False | 20 | 5 | 10 | 50 | 5 | 30 | 20 | 10 | 20 |
| Copertura Completa | 4 | True | 312 | 1,00 | False | 50 | 5 | 30 | 30 | 5 | 20 | 30 | 10 | 20 |
| Inizio ingiallimento Foglie | 5 | True | 1547 | 0,90 | True | 30 | 5 | 20 | 20 | 5 | 10 | 50 | 10 | 10 |
| Ingiallimento Foglie al 50% | 6 | True | 697 | 0,70 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sfalcio | 7 | True | 190 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

# 14. Noce (Chandler)

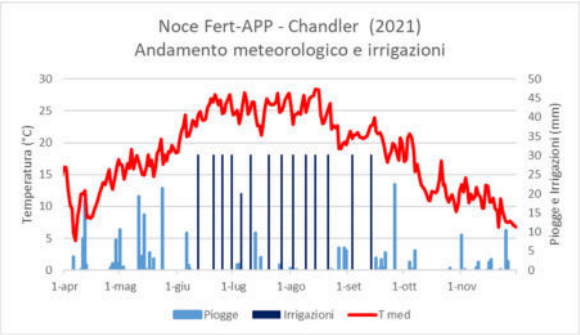
## Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2021-2022

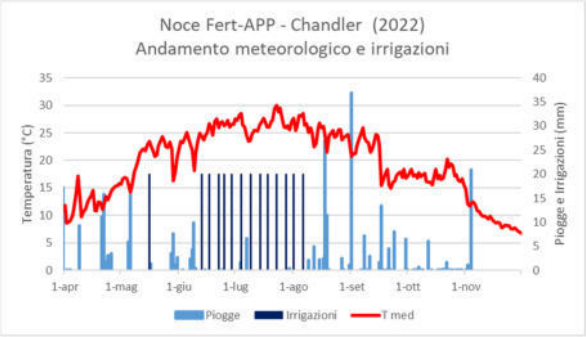
Per la coltura del noce, non prevista all'interno del Piano, non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita secondo la prassi aziendale. La prova è stata eseguita sulla cultivar Chlandler, impiantata nel 2016, effettuando prove all'interno di un noceto di circa 150000 m2 situato presso l'azienda agricola Guidi di Codigoro. La ripresa vegetativa è avvenuta nel 2021 in data 1° aprile e nel 2022 in data 29 marzo. Il sesto di impianto è di 7 m fra le file e 5 m sulla fila (286 piante per ettaro). Successivamente alla ripresa vegetativa, sono state ricavate parcelle di circa 50 m2 per ogni replica, e sono state mantenute le stesse nel biennio di prova.

**Fig. 1- Foto delle piante in prova.**

## Andamento meteorologico e irrigazioni

L'andamento meteorologico nel biennio di prova è risultato tutto sommato simile tra le annate: caldo e siccitoso durante quasi tutto il ciclo colturale del noce con poche piogge significative, le quali hanno determinato solo parzialmente una riduzione degli interventi irrigui in quel periodo. Di conseguenza, le irrigazioni effettuate seguendo il bilancio idrico di IRRINET, con restituzione del 100 % dell'evapotraspirato non compensato da piogge, sono risultate essere, nel 2021: di 410 mm, frazionati in 14 interventi con volumi medi di circa 30 mm e, nel 2022: di 380 mm, frazionati in 20 interventi con volumi medi di circa 20 mm.



## Gestione delle fertilizzazioni

I fabbisogni nutritivi sono stati determinati a partire dalla dotazione iniziale dei terreni, la precessione colturale, la piovosità invernale, le immobilizzazioni e dalle asportazioni, considerando una produzione attesa di 60 q/ha. 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. Per il calcolo dei fabbisogni nutrizionali della coltura è stato impiegato l'applicativo Fert-Irrinet sviluppato nel corso del precedente piano e che recepisce anche le modifiche apportate nell'ultima versione dell'applicativo per la predisposizione del piano di fertilizzazione della Regione Emilia-Romagna "Fert_Office_v1_19", che a sua volta segue i criteri e le norme fissate nei Disciplinari di Produzione Integrata regionale. Di conseguenza, il fabbisogno di nutrienti per la coltura del melo, calcolato secondo il metodo del bilancio, è risulto essere rispettivamente di 150 kg/ha di N, 55 kg/ha di $P_2O_5$ e 90 kg/ha di $K_2O$. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

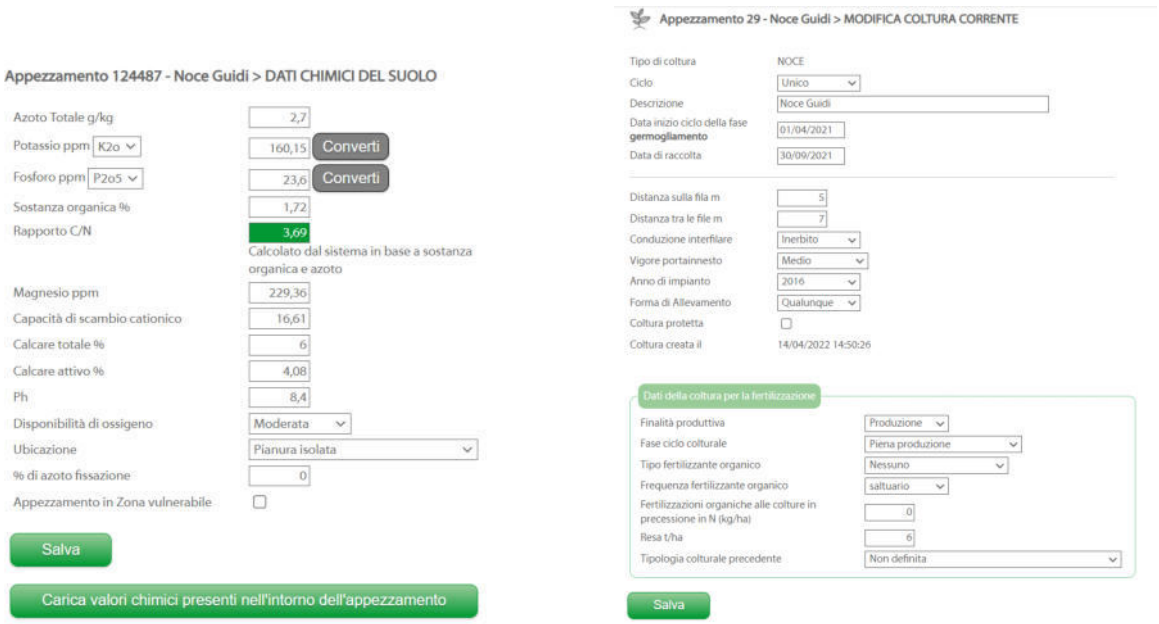



**Fig. 2a e 2b- Parametri chimici del suolo (sx) e della coltura (dx).**

Per la determinazione dei quantitativi di nutrienti da distribuire ad ogni intervento fertirriguo, è stato adottato l'applicativo Fert-Irrinet, che calcola il bilancio giornaliero tra apporti fertilizzanti e consumi di nutrienti. A partire dalla dinamica di assorbimento degli elementi reperita in letteratura, dalle buone pratiche agronomiche, dall'operatività di campo, sono stati individuati una prima serie di parametri di calcolo dell'algoritmo per la gestione delle fertilizzazioni azotate, fosforiche e potassiche, come descritto nell'azione 3.1. La distribuzione frazionata in fertirrigazione è avvenuta il primo anno in 3 interventi fertirrigui e nel secondo anno di prova in 4. Le date e le dosi distribuite per ogni singola tesi, comprese quelle granulari, sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Data fertilizzazione | Titolo N | Titolo P2O5 | Titolo K2O | Dose Kg | Dose N Kg/ha | Dose P2O5 Kg/ha | Dose K2O Kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Apporto ammesso col bilancio | | | | | 25,1 | 20,0 | 36,0 |
| 06/05/2021 | 1 | 0 | 0 | 10,00 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 28/05/2021 | 8 | 0 | 0 | 5,00 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 06/04/2021 | 18 | 46 | 0 | 50,00 | 9,0 | 23,0 | 0,0 |
| 27/04/2021 | 13 | 0 | 46 | 100,00 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 14/06/2021 | 34 | 0 | 0 | 25,00 | 8,6 | 0,0 | 0,0 |

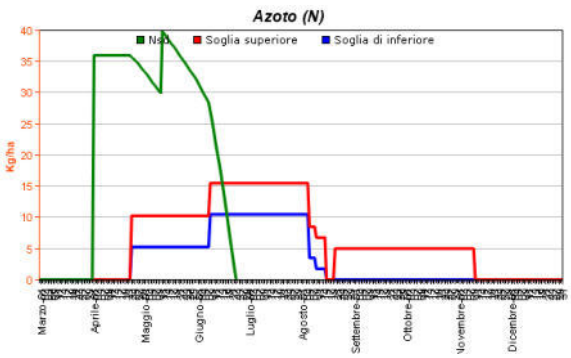
| Data | Titolo N | Titolo $P_2O_5$ | Titolo $K_2O$ | Dose distribuita Kg | Dose N kg/ha | Dose $P_2O_5$ kg/ha | Dose $K_2O$ kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 30,0 | 10,3 | 0,0 | 0,0 |
| 01/07/2022 | 13 | 0 | 46 | 50,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 01/07/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 50,0 | 17,1 | 0,0 | 0,0 |
| 15/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 50,0 | 17,1 | 0,0 | 0,0 |
| 13/06/2022 | 13 | 0 | 46 | 50,0 | 6,5 | 0,0 | 23,0 |
| 01/06/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 50,0 | 17,1 | 0,0 | 0,0 |
| 21/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 50,0 | 17,1 | 0,0 | 0,0 |
| 16/05/2022 | 5 | 0 | 0 | 66,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2022 | 8 | 0 | 0 | 6,5 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 13/05/2022 | 34,2 | 0 | 0 | 120,0 | 41,0 | 0,0 | 0,0 |
| 02/05/2022 | 0 | 40 | 0 | 25,0 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |
| 25/04/2022 | 13 | 0 | 46 | 100,0 | 13,0 | 0,0 | 46,0 |
| 25/04/2022 | 0 | 40 | 0 | 25,0 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |
| 13/04/2022 | 0 | 40 | 0 | 25,0 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |
| 04/04/2022 | 0 | 40 | 0 | 50,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 |

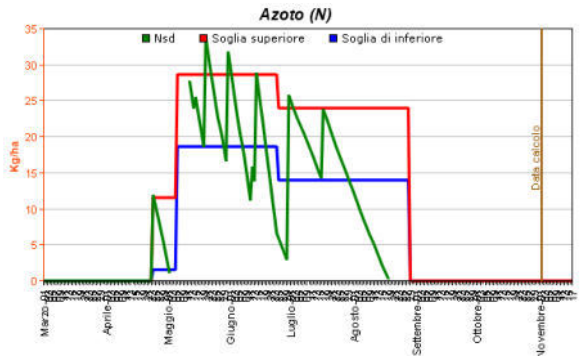
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento 2021 (sx) e 2022 (dx).

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| germogliamento | 2 | False | 90 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura maschile | 3 | True | 163 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura femminile | 4 | True | 127 | 0,70 | True | 10 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 60 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 5 | True | 900 | 1,00 | True | 30 | 10 | 20 | 20 | 5 | 10 | 30 | 15 | 40 |
| deiescenza del mallo | 6 | True | 1360 | 1,00 | True | 60 | 10 | 30 | 10 | 5 | 10 | 50 | 15 | 50 |
| inizio raccolta | 7 | True | 400 | 0,65 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 3 – Parametri nutritivi utilizzati durante il biennio di prova.

Di conseguenza, la dinamica dell'azoto nel suolo nelle due annate, 2021 (sx) e 2022 (dx), calcolata secondo gli algoritmi precedentemente esposti è stata la seguente:



**Risultati produttivi, qualitativi, economici e di efficienza d'uso dell'azoto ottenuti nel 2021-2022**

Nel biennio di prova le raccolte sono state effettuate il primo anno in data 6 ottobre e il secondo anno in data 29 settembre, eseguendo rispettivamente su 1 pianta per replica i seguenti rilievi:

- produzione areica di frutti,
- numero di frutti,
- peso medio dei frutti,

**Fig. 3 - Particolari dei rilievi sperimentali.**

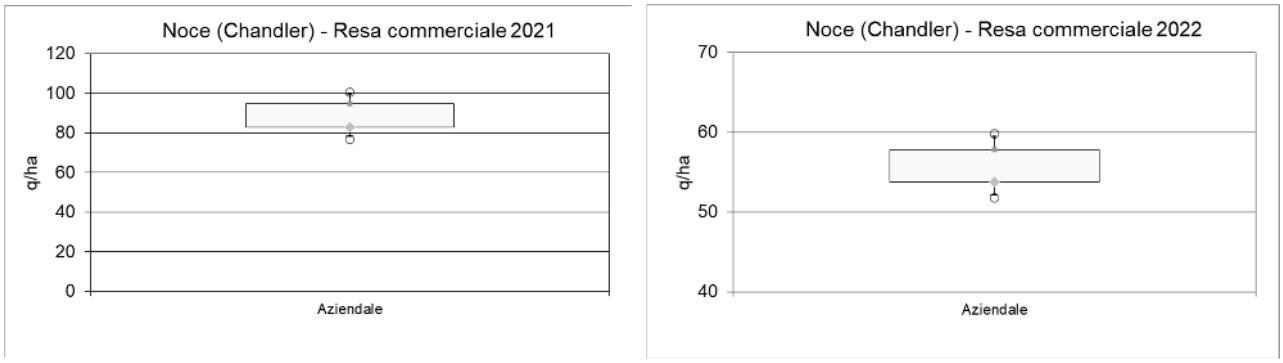



**Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).**

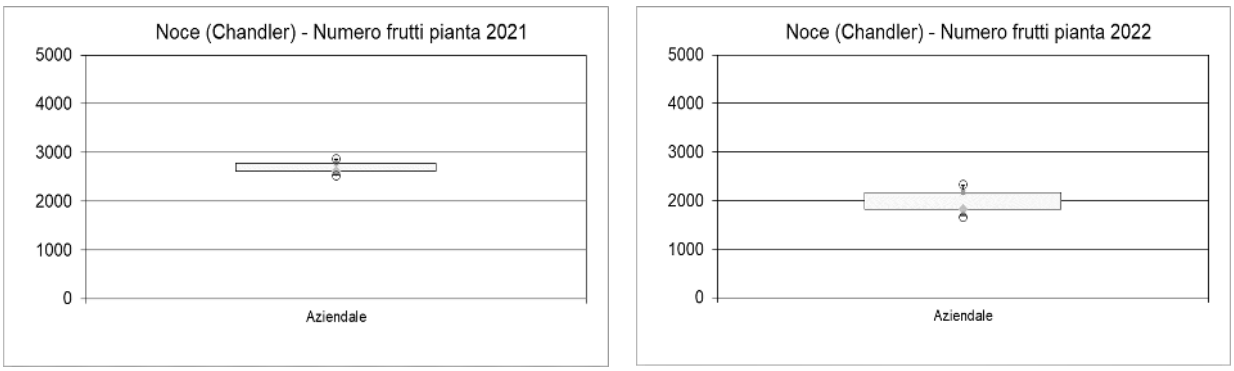



**Fig. 9a e 9b – Numero di frutti per pianta 2021 (sx) e 2022 (dx).**

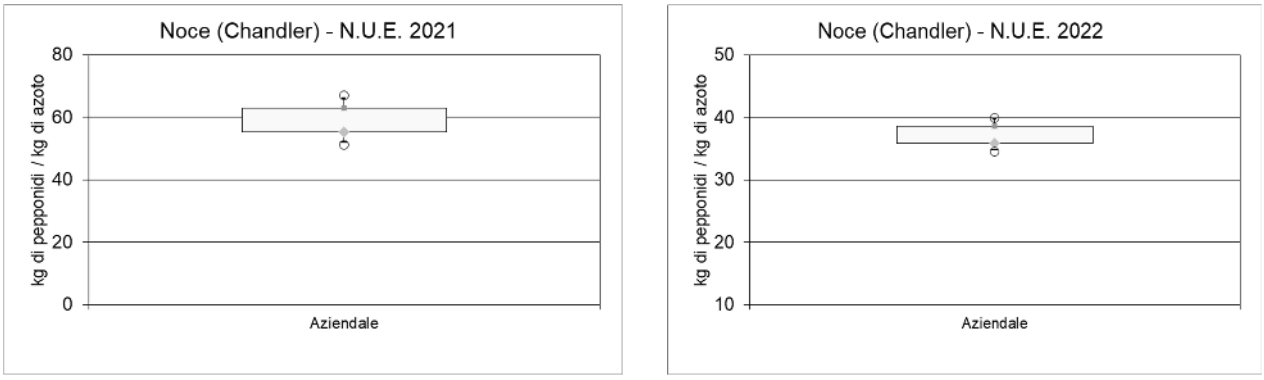



**Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).**

L'ultimo, ma non meno importante aspetto preso in considerazione, riguarda le valutazioni economiche dei risultati ottenuti.

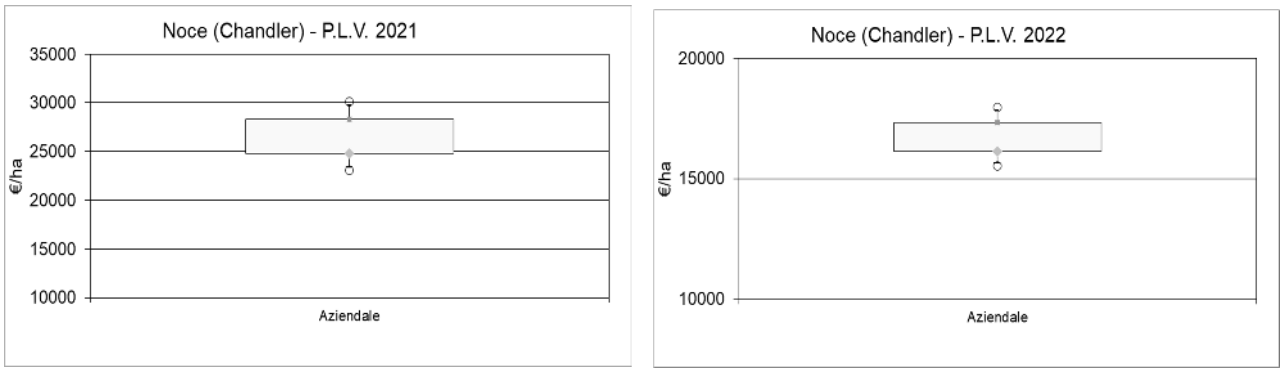



**Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).**

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

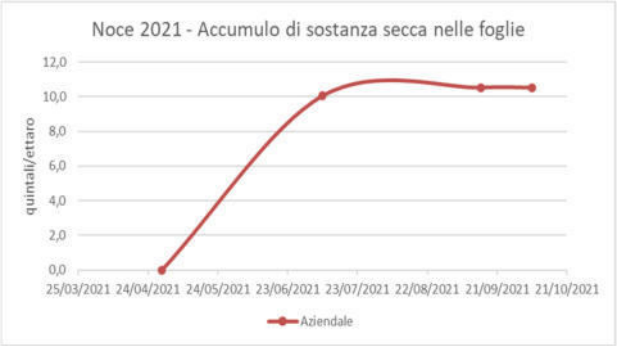
Durante il biennio di prova di entrambi gli anni, sono stati effettuati rilievi distruttivi delle piante per determinare l'accumulo di sostanza secca totale, ripartita in branche, foglie e frutti: sono stati effettuati, su 3 ripetizioni, 3 prelievi di 3 piante, essiccate in stufa ventilata a 70°C per 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.



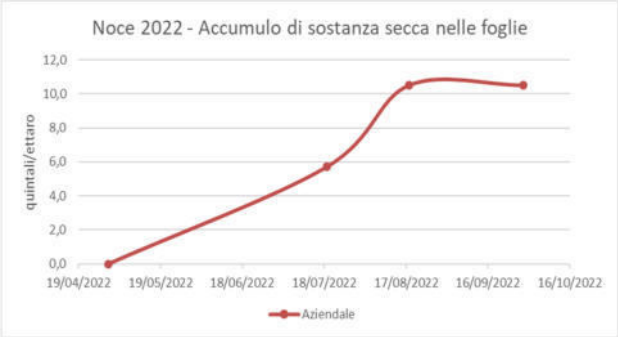
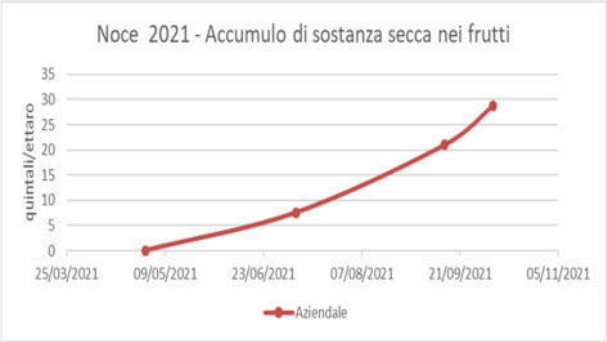
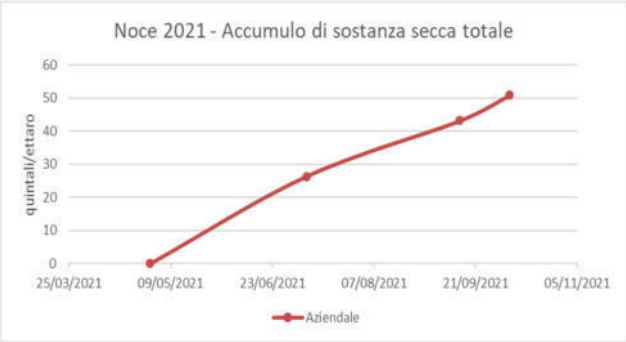
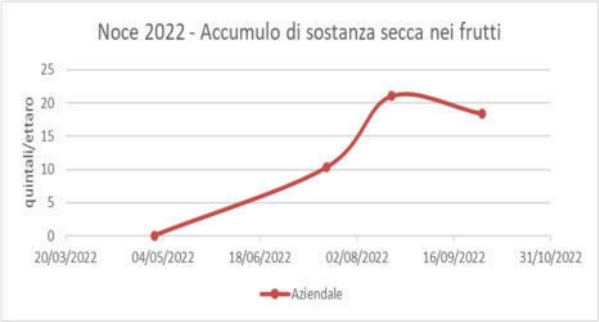


**Fig. 12a e 12b, 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio.**



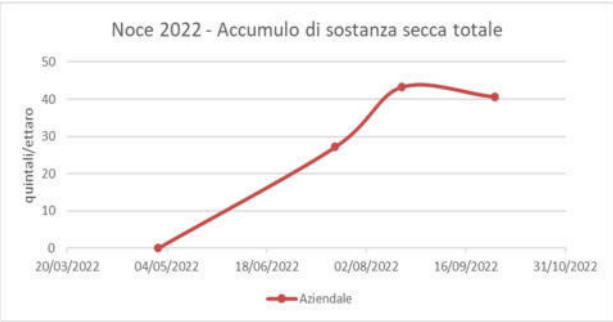




**Fig. 12e e 12f, 12g e 12h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio.**

## 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: osservando un andamento analogo all'accumulo di sostanza secca.

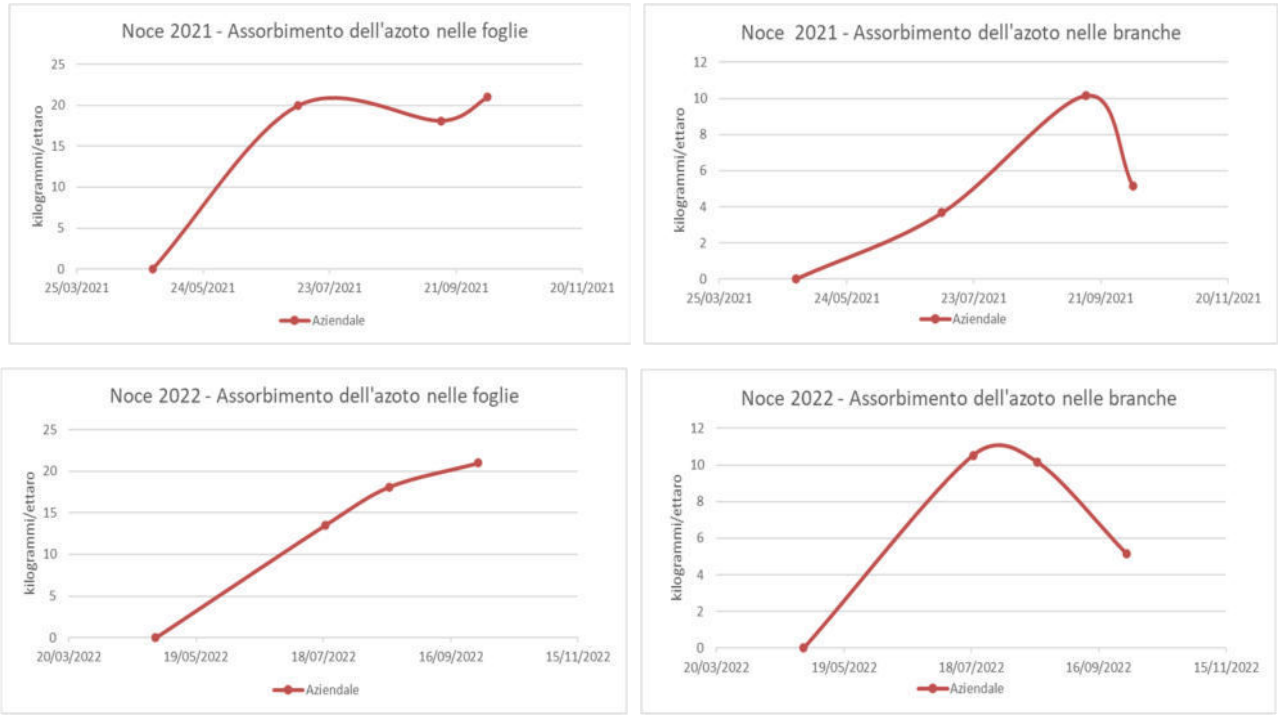



**Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio.**

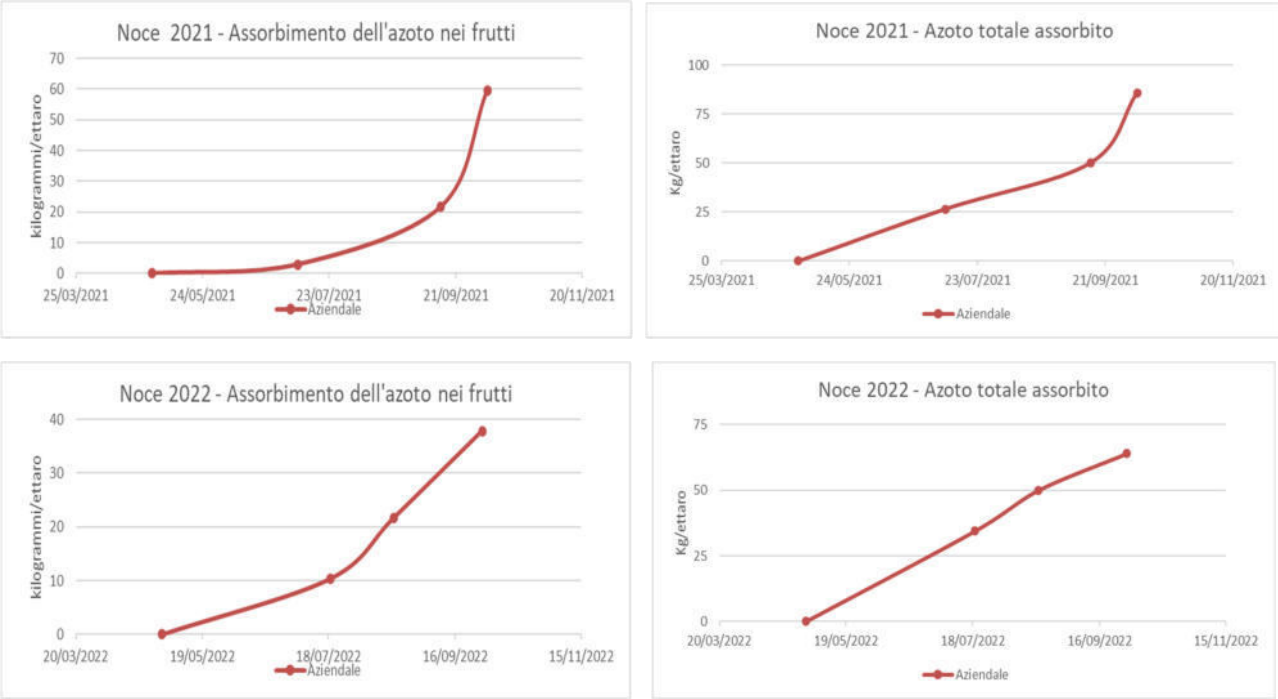
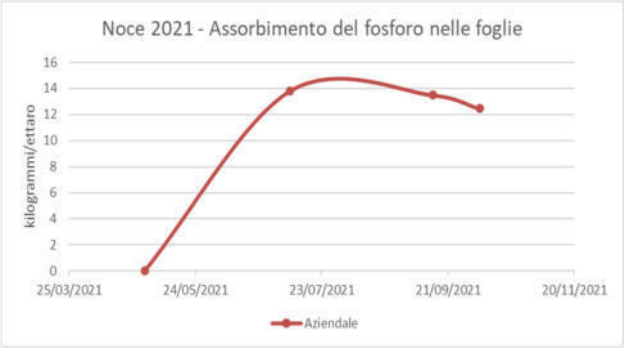
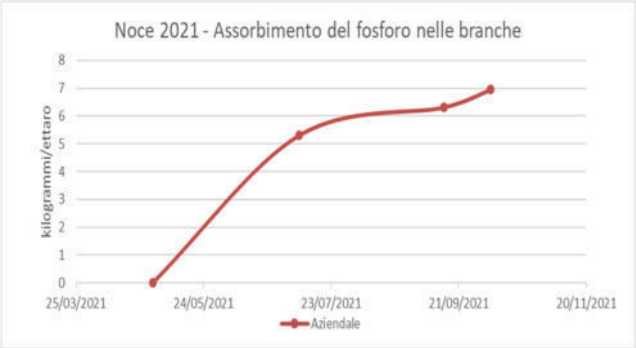


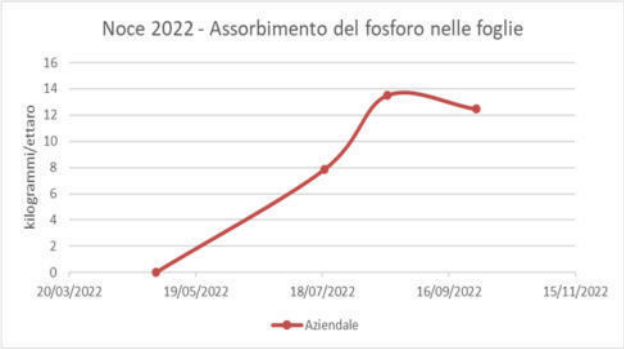

**Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel biennio.**

## 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.



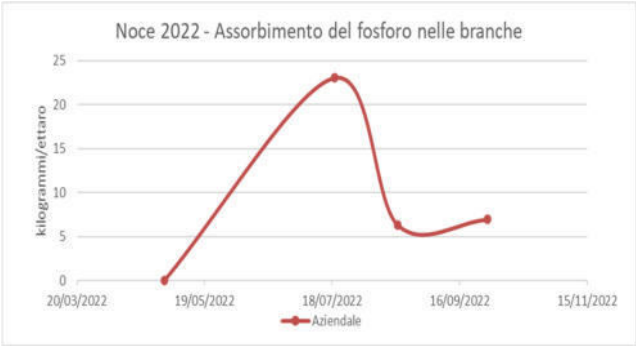
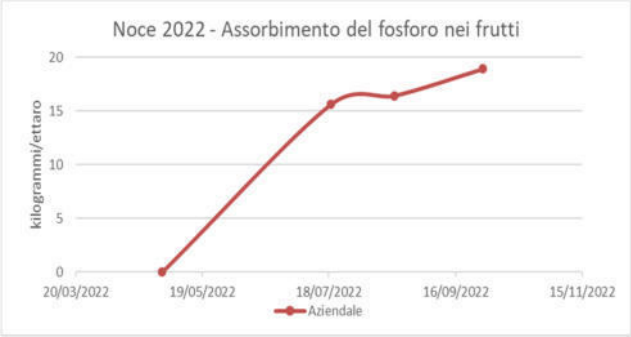




**Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio.**



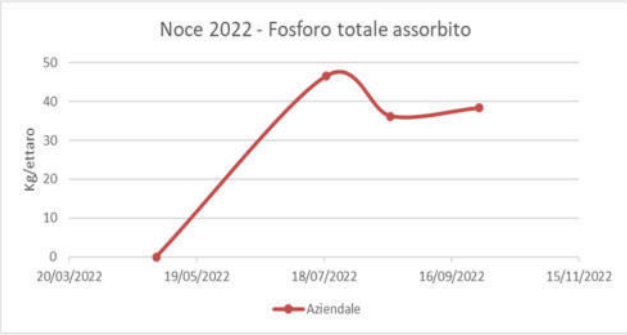




**Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio.**

## 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.

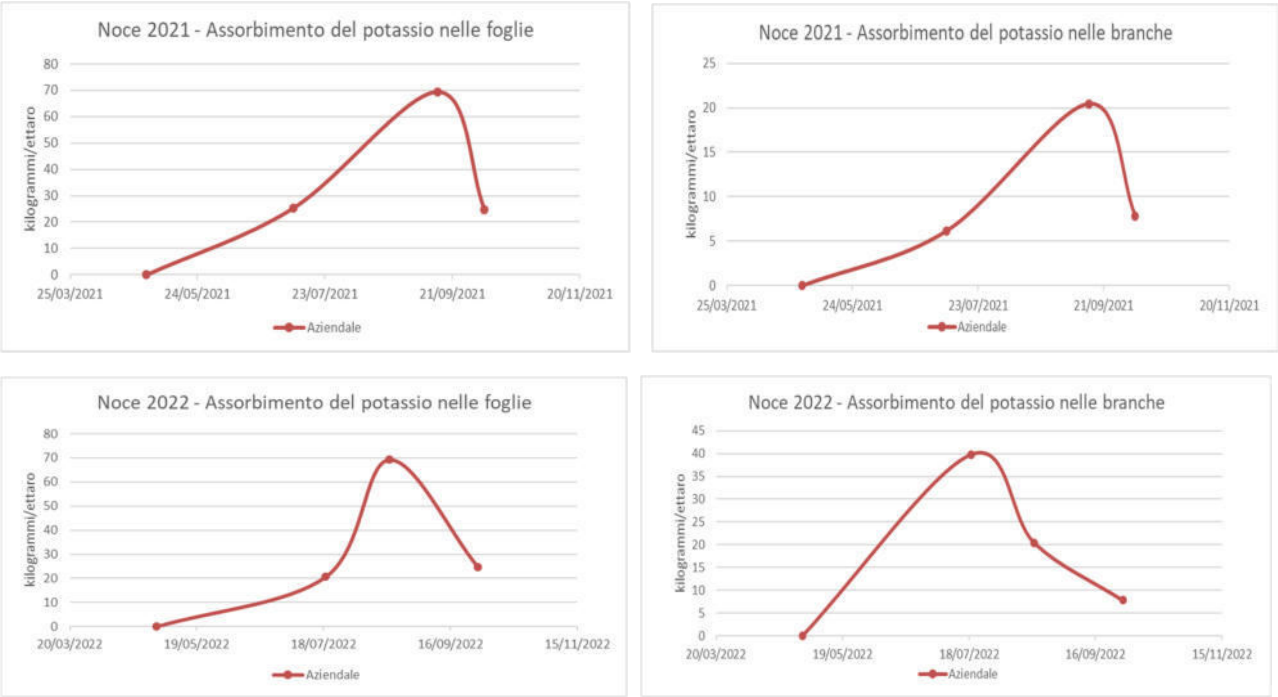



**Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio.**

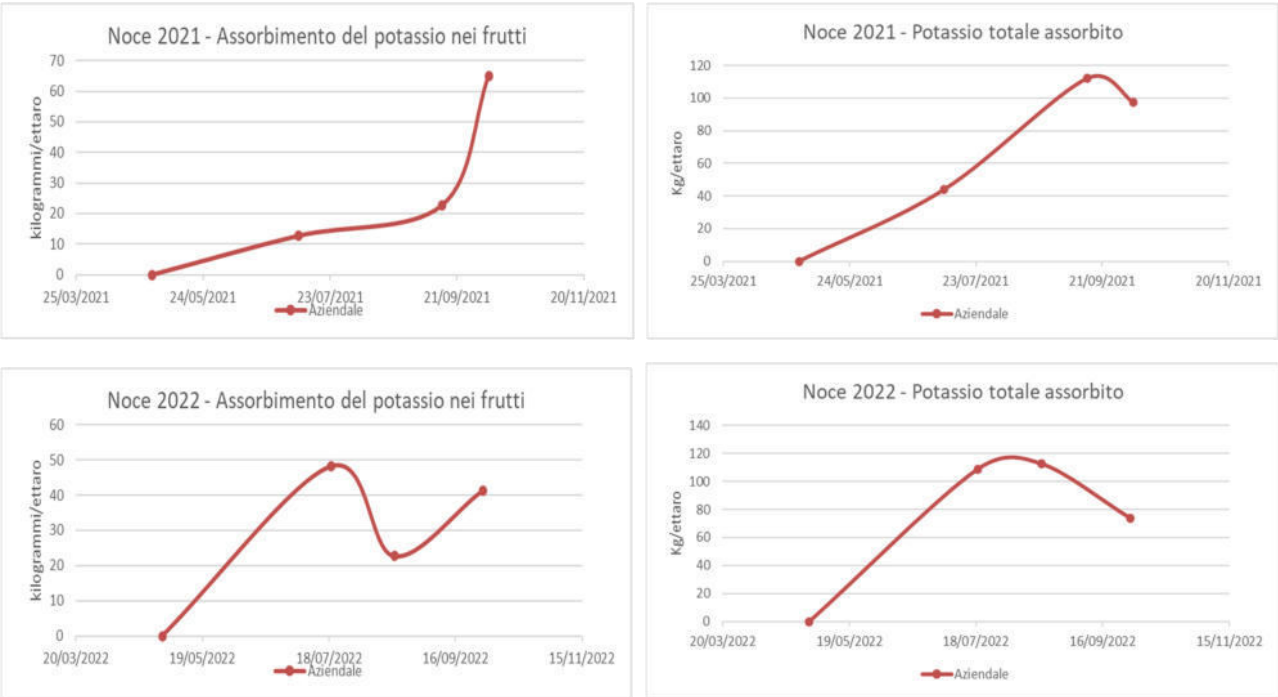
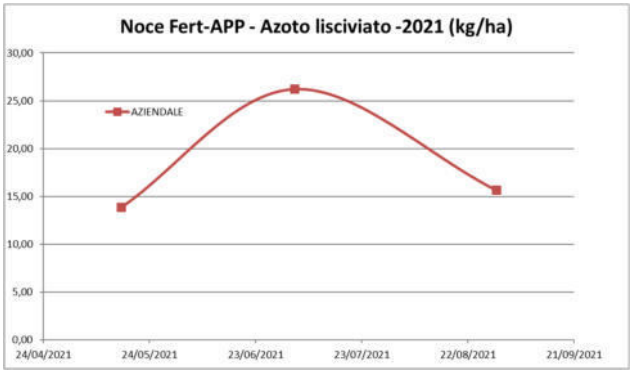
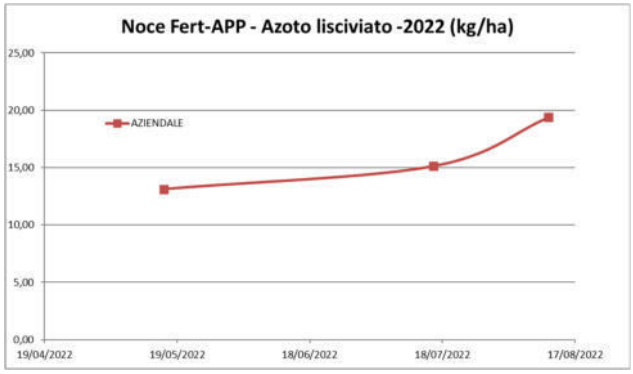



**Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio.**

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

Per la valutazione del dilavamento dei nitrati sono stati posizionati, alla profondità di circa 60 - 70 cm, oltre lo strato maggiormente esplorato dalle radici, 2 lisimetri a suzione (1 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. Nella figura seguente è riportato l'andamento del contenuto di azoto nitrico alla profondità di 60-70 cm.




**<u>Validazione delle curve di assorbimento e definizione dei nuovi parametri nutritivi</u>**

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 e sostituiti ai precedenti nell'applicativo Fert-Irrinet.

| Descrizione fenofase | Ordine | Consiglio irriguo | Somma Termica (gradi) | Kc | Stop crescita radicale | Fabbisogno N % | Intervento N Kg/h | Riserva N % | Fabbisogno P2O5 % | Intervento P2O5 Kg/h | Riserva P2O5 % | Fabbisogno K2O % | Intervento K2O Kg/h | Riserva K2O % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| riposo vegetativo | 1 | False | 0 | 0,45 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| germogliamento | 2 | False | 90 | 0,50 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura maschile | 3 | True | 163 | 0,60 | True | 0 | 0 | 0 | 40 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| fioritura femminile | 4 | True | 127 | 0,70 | True | 10 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 60 |
| indurimento del nocciolo: fase piena (> 50%) | 5 | True | 900 | 1,00 | True | 60 | 10 | 20 | 20 | 5 | 10 | 30 | 15 | 40 |
| deiescenza del mallo | 6 | True | 1360 | 1,00 | True | 30 | 10 | 30 | 10 | 5 | 10 | 50 | 15 | 50 |
| inizio raccolta | 7 | True | 400 | 0,65 | True | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 4 – Parametri definitivi ottenuti dalla validazione in campo.

## 15. 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 risultano a volte discordanti in quanto fortemente influenzati da molti fattori, non ultimo le 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 obbiettivi 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 obbiettivi 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 2020-2021, e nel 2022 per quelle colture dove non è stato possibile avviare le prove nel 2020 per via delle gelate, per tutte le colture oggetto di studio, può essere considerata soddisfacente in quanto i risultati sono stati ottenuti a partire da annate climatiche differenti, che hanno determinato differenze nei periodi di semina/trapianto/ripresa vegetativa. Le differenti dinamiche di accrescimento delle colture e di assorbimento degli elementi, riscontrate durante la prova, sono state ben gestite dal software grazie all'utilizzo dei gradi giorno come "motore" fenologico.

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5149531 - FERTIRRINET-APP- Estensione del servizio Fert-Irrinet alle principali colture di interesse fertirriguo e sviluppo di una applicazione per smartphone

ATTIVITA' SVOLTE

# Azione 3.4 – Valutazione quantitativa dell'adattamento ai cambiamenti climatici mediante studio della vulnerabilità

## 1. Introduzione e obiettivi

Il presente studio nasce dalla constatazione delle potenzialità che la fertirrigazione supportata da opportuni Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) può perseguire per un'efficiente produzione agricola, resiliente ai cambiamenti climatici. La fertirrigazione presenta notevoli vantaggi rispetto alla nutrizione delle colture di tipo tradizionale, tra questi i più riconosciuti sono (Kafkafi and Kant 2004):

1. è agevolata una distribuzione dei nutrienti ad elevata frequenza che permette di evitare eccessive fluttuazioni degli stessi nel suolo;
2. è possibile una precisa applicazione dei nutrienti secondo le esigenze della coltura;
3. i fertilizzanti vengono applicati in tutto il volume del suolo irrigato;
4. è possibile distribuire i fertilizzanti anche quando l'ingresso in campo sarebbe impossibile con metodi tradizionali (vd. suolo eccessivamente bagnato).

La fertirrigazione permette così di rendere più efficiente la nutrizione delle piante, contribuendo al raggiungimento di produzioni superiori e/o produzioni invariate con l'utilizzo di minori input (Hugh Turral, Jacob Burke, and Jean-Marc Faurès 2011). A tali benefici perseguibili in annate regolari dal punto di vista climatico, si segnala come tale pratica possa supportare gli agricoltori in annate particolarmente critiche, incrementando la resilienza della produzione agricola ai cambiamenti climatici.

Su tali presupposti si basa il presente studio che mira a condurre una valutazione quantitativa della capacità di adattamento ai cambiamenti climatici perseguibile attraverso pratiche fertirrigue supportate da Fert-Irrinet. A tale fine, è stata impostata un'analisi della vulnerabilità focalizzata sulle fasi di nutrizione delle colture, per valutare come l'utilizzo dell'applicativo Fert-Irrinet possa ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici, rispetto ad una gestione di tipo tradizionale caratterizzata da fertilizzazioni a spaglio.

Per prima cosa, nella presente azione si è proceduto con la raccolta delle informazioni e dei dati necessari per lo studio della vulnerabilità, ed in particolare per:

- caratterizzare la situazione pedoclimatica e colturale attuale;
- individuare le tendenze climatiche in atto e gli scenari di breve e medio termine;
- valutare la risposta delle due modalità di gestione nutritiva (tradizionale e fertirrigua) delle colture ai cambiamenti climatici.

Si è quindi analizzato lo stato dell'arte e descritta la metodologia di analisi che sviluppata a partire dalla letteratura sulla valutazione dei i principali fattori determinanti la vulnerabilità. Infine, verrà condotta una stima della capacità di adattamento perseguibile attraverso le pratiche fertirrigue e tradizionali per valutare come l'introduzione di Fert-Irrinet e fertirrigazione possano ridurre la vulnerabilità del settore.

### *Analisi dei trend climatici*

Al fine di valutare il contributo di Fert-Irrinet per la riduzione della vulnerabilità della produzione agricola, in questa sezione verranno analizzati gli attuali trend climatici su scala regionale. Saranno quindi prese in considerazione le diverse proiezioni future a livello nazionale e regionale ed infine valutati i potenziali impatti che i cambiamenti climatici possono avere sulla nutrizione delle colture e, con esse, sulla produzione agricola.

A livello regionale, la principale fonte di informazioni sui trend climatici in atto è l'Atlante climatico dell'Emilia-Romagna 1961-2015 (Antolini et al. 2017). Grazie a questo, è possibile confrontare il periodo 1991-2015 con il trentennio 1961-1990, selezionato come periodo climatico di riferimento, per evidenziare le variazioni nei valori medi ed estremi delle variabili di temperatura e piovosità. I primi dati che risultano evidenti nel confronto tra i due periodi, sono le variazioni regionali delle temperature medie (+1,1 °C rispetto al riferimento 1961-1990) e nelle precipitazioni totali (-22mm rispetto al riferimento 1961-1990) (Antolini et al. 2017). Sebbene questi dati siano già un segnale dei cambiamenti in atto, di maggior rilevanza per il contesto del presente studio sono alcuni indicatori sulle precipitazioni complessive stagionali; sulle temperature massime e, soprattutto, su fenomeni metereologici estremi come ondate di calore, precipitazioni intense, periodi di siccità.

Nel dettaglio, per la valutazione dei trend climatici a livello locale, sono state analizzate le variazioni di precipitazioni medie stagionali e temperature medie massime estive tra il periodo di riferimento (1961-1990) e l'ultimo periodo (1991-2015) disponibile nei database ARPAE (https://www.arpae.it/cartografia/). Le analisi sono state condotte per i cinque comuni in cui sono presenti i casi di studio del progetto. I periodi considerati sono primavera ed estate, poiché rappresentano le stagioni più rilevanti per le pratiche irrigue e fertirrigue. Osservando le variazioni nella media delle temperature massime estive, si può notare come siano stati rilevati aumenti dell'ordine di grandezza di 1 °C per tutti e cinque i comuni dove hanno sede i casi studio del progetto (Figura 1). Riflessioni analoghe sono possibili anche per i valori di precipitazione primaverili; mentre per le precipitazioni estive si segnala che per entrambe le serie storiche prese in considerazione le precipitazioni medie mensili risultano inferiori a 150mm (Figura 2), perciò, in tale periodo, la scala di misura è tale da non permettere di apprezzare eventuali variazioni. Infine, si sottolinea come nei territori considerati sia verificabile un'incrementata frequenza dei fenomeni metereologici estremi, che in maniera ancor più evidente compromettono la produzione agricola. Un'analisi approfondita di questi fenomeni verrà condotta nella sezione inerente alla metodologia del progetto, dove, attraverso il calcolo di opportuni indicatori, sarà fornito un quadro completo dei trend in atto e degli impatti che questi hanno nell'incrementare la vulnerabilità della produzione agricola.

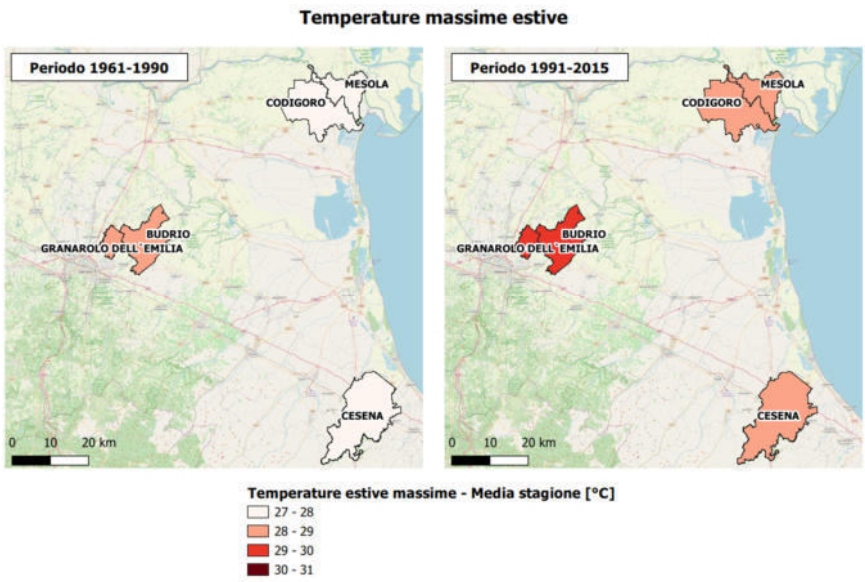



*Figura 1: Temperature massime (fonte: elaborazioni CER su dati dell'Atlante Climatico Arpae - 2015)*

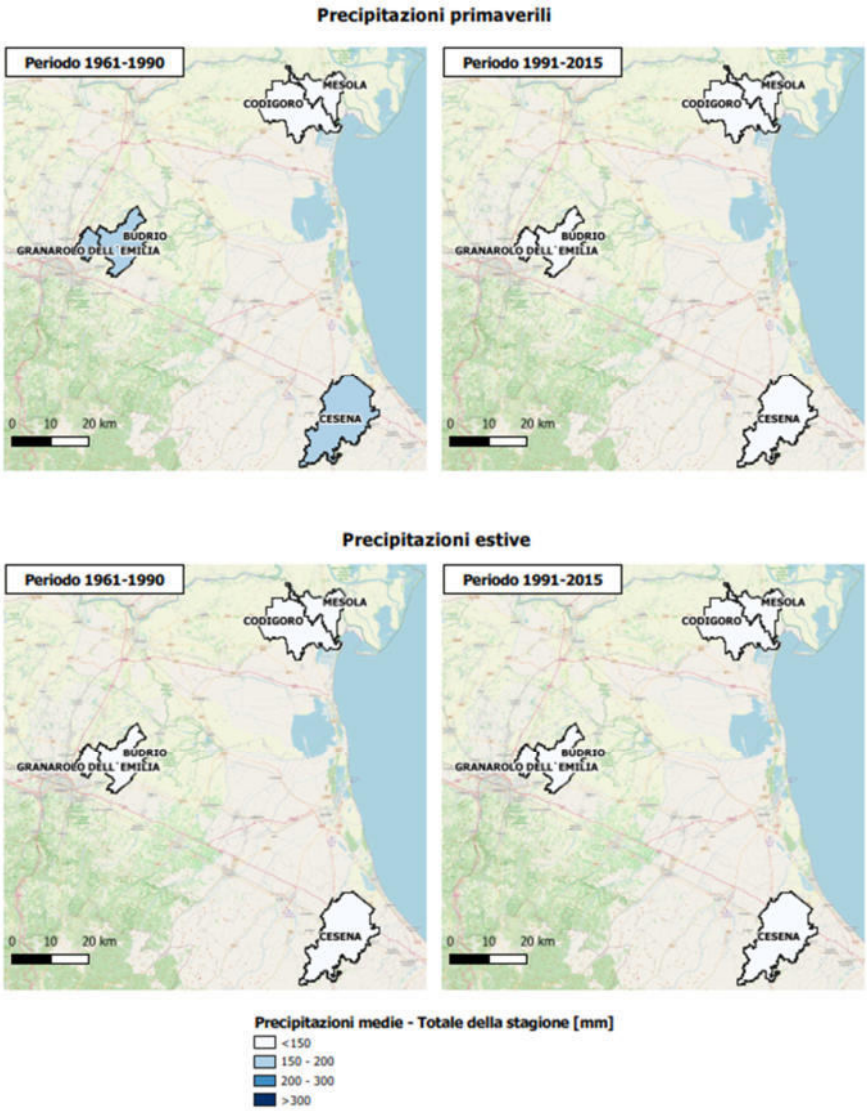



*Figura 2: Precipitazioni (fonte: elaborazioni CER su dati dell'Atlante Climatico Arpae - 2015)*

Per quanto riguarda le proiezioni future dei parametri climatici monitorati, sono disponibili pubblicazioni a livello europeo, nazionale e regionale (Calzadilla et al. 2014; Castellari and Artale 2009; Antolini et al. 2017). A tutti i livelli considerati vi è accordo nelle tendenze climatiche future e nell'evidenziare molteplici criticità nel cambiamento del clima. Tra queste, si segnala un aumento delle temperature medie e massime e, soprattutto, un'aumentata variabilità negli eventi metereologici.

A conferma delle tendenze osservate a livello regionale, nel confronto tra il trentennio di riferimento (1961-1990) con l'ultimo periodo (1991-2015), vi sono le proiezioni per il periodo 2021- 2050 (scenario A1B). Queste mostrano un aumento generalizzato delle temperature minime e massime in tutte le stagioni, con le variazioni più significative nelle temperature massime estive. Per quanto riguarda le precipitazioni, risulta invece rilevante osservare come ci sia una diminuzione in tutte le stagioni, tranne quella autunnale, dove queste sono attese aumentare (Tabella 1).

*Tabella 1: Variazioni attese di precipitazioni e temperature in Emilia-Romagna (fonte: Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna)*

| | **Variazione T. minima [°C]** | **Variazione T. massima [°C]** | **Variazione precipitazioni [%]** |
|---|---|---|---|
| **Inverno** | + 1,7 | + 1,4 | -2 |
| **Primavera** | + 1,3 | + 2,1 | -11 |
| **Estate** | + 1,8 | + 2,5 | -7 |
| **Autunno** | + 1,7 | + 1,8 | +19 |

Oltre agli elementi di temperatura massima e minima, e precipitazione, altri fenomeni estremi sono attesi ricorrere con più frequenza a livello europeo. A conferma di ciò, il Report speciale dell'IPCC (*Special Report: Global Warming of 1.5 °C*) (Allen, Dube, and Solecki 2018) evidenzia come i segnali di allarme non derivino solo dall'aumento delle temperature. Infatti, a livello globale si è osservato un aumento dei fenomeni estremi come ondate di calore, forti precipitazioni, temperature estreme e prolungati periodi di siccità; nel prossimo futuro, la frequenza di tali fenomeni è attesa in aumento. Queste condizioni costituiscono una sfida per le aziende agricole che sono chiamate a mettere in atto una serie di tecniche e strategie finalizzate alla massimizzazione della redditività aziendale, con l'obbligo di garantire allo stesso tempo una sostenibilità ambientale delle loro attività.

## *Le potenzialità della fertirrigazione*

Grazie all'introduzione della fertirrigazione supportata da Fert-Irrinet, è possibile favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici e dare risposta concreta alle aziende agricole per far fronte a tali sfide. Le potenzialità della fertirrigazione nel contribuire all'efficienza nell'uso dei fertilizzanti sono rese note da numerose pubblicazioni, tra cui il report FAO (2008) "Climate change, water and food security" (Hugh Turral et al. 2011) ne evidenzia il ruolo per favorire l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici. Di particolare interesse per comprendere le dinamiche dei cambiamenti climatici e per definire linee guida per l'adattamento sono anche la "*Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*" (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2014) e la "*Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna*" (Regione Emilia-Romagna 2019). La Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2014) ha individuato 5 assi strategici su cui intervenire. Tra questi si segnalano azioni volte a:

- "*Specificare gli strumenti da utilizzare per identificare le migliori opzioni per le azioni di adattamento, evidenziando anche i co-benefici*";

- *"Adottare un approccio integrato nella valutazione dell'adattamento";*
- *"Adottare un approccio basato sul rischio nella valutazione dell'adattamento".*

Lo studio della vulnerabilità previsto nel presente Piano risponde direttamente a tali assi strategici, fornendo i dati e le informazioni necessarie per supportare la diffusione di buone pratiche, come la fertirrigazione e l'adozione di DSS, per favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici.

## 2. Stato dell'arte

In letteratura, la quantificazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici e della vulnerabilità si basa frequentemente sulle linee guida redatte dal Gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici (IPCC). Numerosi sono gli studi che applicano tali linee guida per valutare capacità di adattamento e vulnerabilità di molteplici settori, tra cui l'agricoltura è uno dei più ricorrenti. Tuttavia, in letteratura non è riscontrabile una definizione univoca di vulnerabilità; la natura multisettoriale e la complessità degli argomenti hanno portato la comunità scientifica a sviluppare definizioni e metodologie specifiche per l'area di applicazione (agricoltura, ecologia, epidemiologia, economia, ecc.) (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2014). Per far fronte a tale complessità, nel quinto rapporto di valutazione dell'IPCC (AR5) viene adottato un quadro che identifica le diverse componenti che contribuiscono alla vulnerabilità, questo risulta in grado di conciliare le definizioni precedenti e quelle provenienti dai molteplici settori (Giordano et al. 2018). Nel report, la vulnerabilità viene definita così come segue (Calzadilla et al. 2014):

"*La propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la sensitività o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte e adattarsi*"

Da tale definizione emergono due componenti chiave che determinano la vulnerabilità: la suscettibilità al danno e la capacità di adattarsi. Questi, fattori assieme agli altri elementi che costituiscono il rischio, sono utilizzati da numerosi studi per la stima della vulnerabilità. In particolare, il framework di analisi su cui è stata sviluppata la metodologia del presente progetto, si basa su quanto proposto da Giordano et al. (2018) e GIZ & EURAC (2017). Seguendo la definizione dell'IPCC, in questi lavori la vulnerabilità è definita dalla combinazione di due elementi:

- **impatto potenziale**: definisce l'effetto negativo che i cambiamenti climatici possono avere sulle attività umane, è causato a sua volta dalla combinazione tra suscettibilità al danno ed esposizione ai fattori climatici
- **capacità di adattamento**: viene espressa come possibilità di attenuare l'impatto dei cambiamenti climatici attraverso l'adozione di opportune pratiche, modalità operative, tecnologie, ecc.

Per la stima dell'impatto potenziale, entrambi i lavori propongono l'utilizzo di opportuni indicatori, specifici per il contesto di riferimento, che nel caso del presente studio si focalizzeranno soprattutto sulle fasi di nutrizione delle colture. Viceversa, la capacità di adattamento attraverso l'adozione di Fert-Irrinet verrà valutata come suggerito da GIZ & EURAC (2017) attraverso un sistema di ponderazione degli indicatori selezionati. Il flusso logico di tale processo di valutazione della vulnerabilità è rappresentato nello schema di Figura 3, dove si nota la relazione tra capacità di adattamento e impatto potenziale nella determinazione della vulnerabilità.

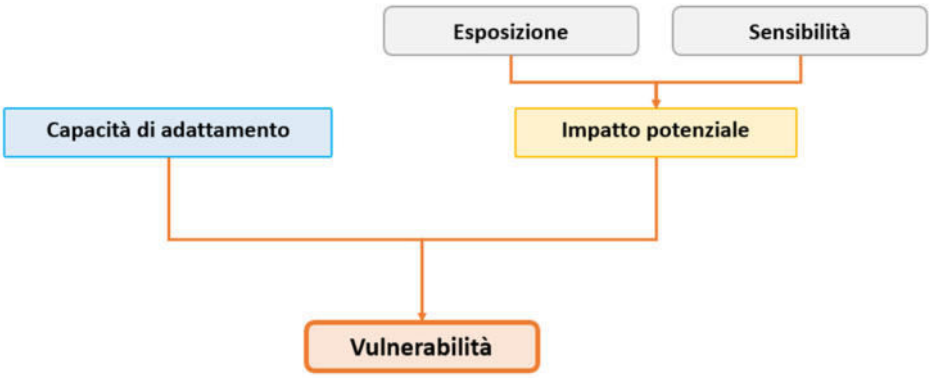



*Figura 3: Schematizzazione dei fattori che determinano la vulnerabilità* (Giordano et al. 2018; GIZ & EURAC 2017)

## 3. Metodologia

Applicando il framework concettuale descritto in letteratura, in questa sezione verrà delineata la metodologia per la stima dell'influenza dei cambiamenti climatici sull'area di studio. Nel dettaglio, verranno individuati i potenziali fattori di rischio, i relativi impatti e sarà quindi stimata la capacità di adattamento e, con essa, la vulnerabilità delle pratiche tradizionali rispetto a quelle fertirrigue.

Nella stima di esposizione e sensibilità per la determinazione dell'impatto potenziale, il presente studio riconosce come il settore agricolo sia tra quelli più soggetti ai cambiamenti del clima. Il fatto che la quasi totalità delle operazioni avvenga all'aria aperta, rende l'agricoltura completamente esposta ai fattori climatici in tutte le sue fasi, con un impatto potenziale che ha molteplici ricadute, in termini ambientali; produttivi; economici e sulle risorse (acqua; suolo; ecc.). Tuttavia, per semplificare le analisi, la stima dell'impatto potenziale è focalizzata su tre principali fattori di rischio coinvolti nelle fasi di nutrizione delle colture, ossia:

- **Inquinamento ambientale**: i cambiamenti climatici possono esacerbare fenomeni di inquinamento puntuale e diffuso. Tra questi, si segnalano i problemi di lisciviazione e di volatilizzazione dei fertilizzanti. Questi fenomeni sono tipicamente causati da: (i) concimazioni eccessive e precedenti periodi di forte piovosità nel caso di lisciviazione; o (ii) concimazioni in periodi in cui il terreno risulta secco, causando quindi la non solubilizzazione degli elementi azotati che non trattenuti nel suolo subiscono processi di volatilizzazione. La sempre più frequente alternanza di periodi estremamente piovosi con periodi di siccità prolungata non fa altro che aumentare il rischio di tali fenomeni, causando così problematiche di tipo ambientale.
- **Degradazione del suolo**: la distribuzione di fertilizzanti a spaglio richiede molteplici passaggi con il trattore sull'appezzamento, causando inevitabilmente fenomeni di calpestamento. Questi sono ininfluenti in condizioni di suolo asciutto, ma con l'aumentare dell'umidità il calpestamento risulta sempre più dannoso per la struttura del suolo stesso. Con il manifestarsi di periodi prolungati di precipitazioni intense in concomitanza con i fabbisogni nutrizionali delle colture, l'agricoltore si trova quindi a dover effettuare passaggi su terreno bagnato causando compattazione e degradazione della struttura del suolo.
- **Decrementi produttivi**: la variabilità climatica già descritta ha come effetto diretto per l'agricoltore anche quello di rendere più difficile la nutrizione delle colture e non tempestive le fertilizzazioni, aumentando così lo stress delle piante. Questo si traduce in problematiche di natura fisiologica che a loro volta rendono le colture più soggette ad attacchi da parte di patogeni (insetti e funghi) con conseguenze di tipo ambientale ed economico, per la necessità di maggiori trattamenti fitosanitari e produzioni ridotte.

Al fine di quantificare l'impatto potenziale dei cambiamenti climatici sui tre principali fattori di rischio individuati, verranno selezionati opportuni indicatori. Questi avranno come dati di base principali i valori medi ed estremi di temperatura e piovosità dell'area di interesse. La letteratura sulla valutazione della vulnerabilità esprime infatti come la valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici richieda dati aggiornati sia sulle tendenze attuali sia sui valori storici. A fianco di tali indicatori di tipo climatico, ne saranno selezionati alcuni sulle caratteristiche pedologiche dell'area di studio, per identificare meglio la suscettibilità del suolo ai rischi già identificati.

Infine, per stimare la capacità di adattamento delle due tecniche di nutrizione delle colture, verranno stimati gli impatti delle due tecniche di fertilizzazione (fertirrigazione vs concimazione a spaglio). Queste stime costituiranno inoltre un importante mezzo per verificare la bontà del sistema degli indicatori adottato per la stima della vulnerabilità e descritto nei paragrafi seguenti. Il framework concettuale derivante dalla letteratura e declinato nel contesto del presente studio è rappresentato in Figura 4, dove viene evidenziata: (i) la modalità di stima dell'impatto potenziale, attraverso indicatori, e (ii) la valutazione della capacità di adattamento, attraverso opportune misurazioni sul campo.

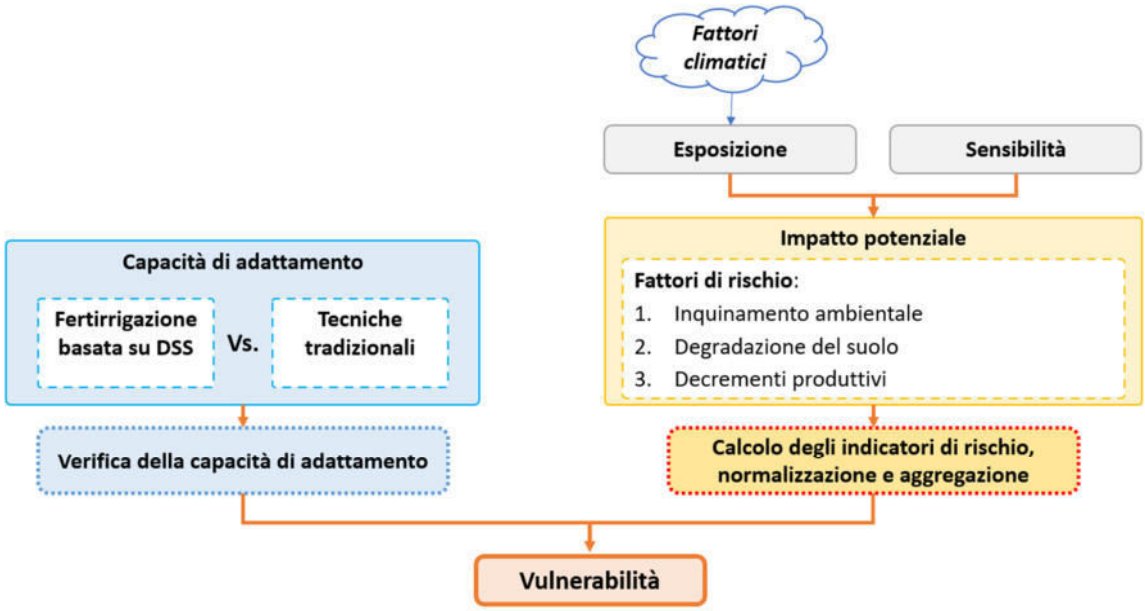



*Figura 4: Schematizzazione dei fattori analizzati per lo studio della vulnerabilità*

Per quanto riguarda l'individuazione degli indicatori sul clima per la stima dell'impatto potenziale, questi sono stati selezionati a partire dai web-tool sviluppati dall'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Per il relativo calcolo, il principale strumento utilizzato è ***ClimPACT2*** (https://climpact-sci.org/), versione 1.2.8. Questo software è stato realizzato dalla University on New South Wales e dal ARC Centre of Excellence for Climate System Science; è un *package* che lavora in ambiente R e a sua volta si basa su altri *package* tra cui il principale è RClimDEX, software sviluppato dalla World Meteorological Organization (WMO) - Commission for Climatology. Attraverso la corretta formattazione dei dati provenienti dalle stazioni meteo, con l'uso di ClimPACT2 è possibile portare avanti operazioni di controllo della qualità dei dati (outlayer; missing value; ecc.) e di calcolo di indicatori semplici e complessi, esprimibili su base mensile o annua. Nel dettaglio, ClimPACT2 richiede come input i seguenti dati:

- Precipitazione cumulata giornaliera [mm/giorno]
- Temperatura massima media mensile [°C]

- Temperatura minima media mensile [°C]

Avendo come input i dati sopracitati, ClimPACT2 permette di calcolare l'intero menù di indici selezionati dall'ETCCDI. Tali indici sono opportunamente descritti e definiti dal punto di vista computazionale nel sito di ClimPACT2 (https://climpact-sci.org/indices/). Poiché non tutti gli indici disponibili (più di 60) sono appropriati per descrivere gli impatti potenziali di interesse, è stata portata avanti una selezione degli stessi. Questa ha avuto lo scopo di identificarne un numero di indici che fosse contenuto, ma al tempo stesso sufficiente per descrivere in maniera esaustiva l'impatto potenziale dei cambiamenti climatici nell'area e nel settore di interesse. Risulta opportuno sottolineare che tali indicatori non possono rappresentare direttamente l'effetto del cambiamento del clima sulla produzione agricola, sono invece da intendersi come proxy per descrivere alcuni fenomeni particolarmente critici per la nutrizione delle colture.

Per descrivere l'impatto potenziale di un singolo fattore di rischio sono stati selezionati molteplici indicatori derivanti da misure di precipitazione, temperatura e caratteristiche del suolo.

La presenza di indicatori di origine e forma differente ha permesso una valutazione più accurata del singolo impatto, cogliendone le molteplici sfaccettature; ciò ha però richiesto un'ulteriore fase di normalizzazione degli indicatori stessi. Attraverso la normalizzazione, è stato possibile uniformare i valori degli indicatori, misurati a diverse scale e in unità differenti, in valori comparabili, slegati da unità di misura e variabili in un range da 0 a 1. In letteratura sono disponibili diversi metodi di normalizzazione, quello selezionato è denominato metodo del Min-Max, e segue la formula (OCSE 2008) (Equazione 1):

$$X_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_i}$$

*Equazione 1*

Dove, $x_i$ e $X_i$ sono rispettivamente il valore dell'indicatore *i* così come misurato ($x_i$) e dopo il processo di normalizzazione ($X_i$); $x_{min}$ e $x_{max}$ sono invece i valori di minimo e massimo per lo stesso indicatore osservati nella stazione per il periodo selezionato. Gli indicatori così normalizzati sono aggregati tra di loro e pesati per ottenere un indice globale che quantifichi l'adattamento al cambiamento climatico apportato dall'innovazione che si vuole introdurre. Come per i metodi di normalizzazione, in letteratura sono disponibili diversi metodi di aggregazione (OCSE 2008). Il metodo consigliato nel Vulnerability Sourcebook (GIZ & EURAC 2014) è il più comune e viene chiamato aggregazione aritmetica ponderata, dove i singoli indicatori già normalizzati sono moltiplicati per la relativa matrice di ponderazione, quindi sommati per determinare un indicatore composito. Tale metodologia di ponderazione comporta la così detta "*piena compensabilità*" (OCSE 2008), dove il valore di un indicatore può compensare un punteggio basso di un altro indicatore. La formula per l'aggregazione aritmetica ponderata prevede che per la stima del singolo Fattore di Rischio ($FR_n$), gli indicatori normalizzati ($X_i$) vengano moltiplicati per relativo peso ($w_i$), quindi sommati e divisi per la somma di tutti i pesi(Equazione 2):

$$FR_n = \frac{X_{i1} * w_{i1} + X_{i2} * w_{i2} + X_{i3} * w_{i3} + \cdots + X_{in} * w_{in}}{w_{i1} + w_{i2} + w_{i3} + \cdots + w_{in}} = \frac{\sum_i^n X_i * w_i}{\sum_i^n w_i}$$

*Equazione 2*

Per la determinazione della matrice di ponderazione, sono stati stimati i singoli pesi attraverso un approccio partecipativo per quantificare l'impatto del fenomeno descritto attraverso l'indicatore sulle due tecniche di fertilizzazione. Tale peso permette inoltre di quantificare la capacità di adattamento assieme alle misure di produzione e lisciviazione misurati sul campo.

Una schematizzazione delle procedure metodologiche adottate nel presente studio è proposta in Figura 5 per facilitare la comprensione dei vari step e delle loro relazioni nel flusso di lavoro.

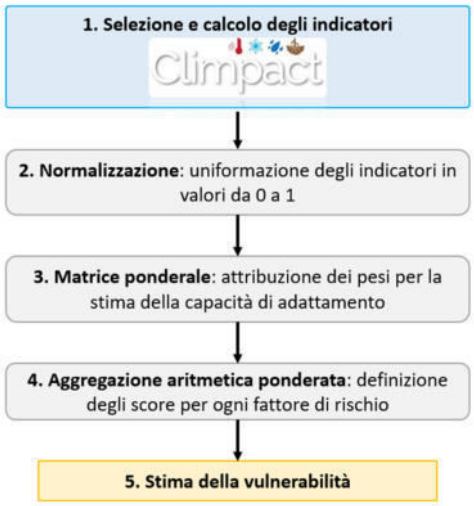



*Figura 5: Schematizzazione della metodologia di studio*

## 4. Risultati

Per l'applicazione della metodologia descritta al paragrafo precedente, sono stati raccolti i dati provenienti da tre stazioni meteo ritenute significative per le aree di studio. Queste sono collocate nei comuni di Budrio, Cesena e Codigoro. I dati sono provenienti dal dataset climatico di Arpae (https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito) che copre tutto il territorio regionale dal 1961 ad oggi. Per ulteriori informazioni sul metodo di raccolta dei dati meteo elementari si consiglia di consultare la pubblicazione di riferimento: *G. Antolini, L. Auteri, V. Pavan, F. Tomei, R. Tomozeiu, V. Marletto, 2015. A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961-2010. International Journal of Climatology 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473*

### *Caratterizzazione delle principali variabili climatiche*

Nel dettaglio, sono stati raccolti i dati meteo di temperatura massima, minima e precipitazione totale a cadenza giornaliera; le annate prese in considerazione sono quelle dal 2006 al 2020. Le singole annate presenti in file diversi sono state armonizzate e aggregate in un file unico in formato .txt, utilizzato come input per ClimPACT2 e ne sono stati individuati i valori medi e le relative varianze. I dati di sintesi dei valori rilevati presso la stazione meteo collocate nei tre comuni di Budrio, Cesena e Codigoro sono rappresentati nei boxplot di Figura 6.

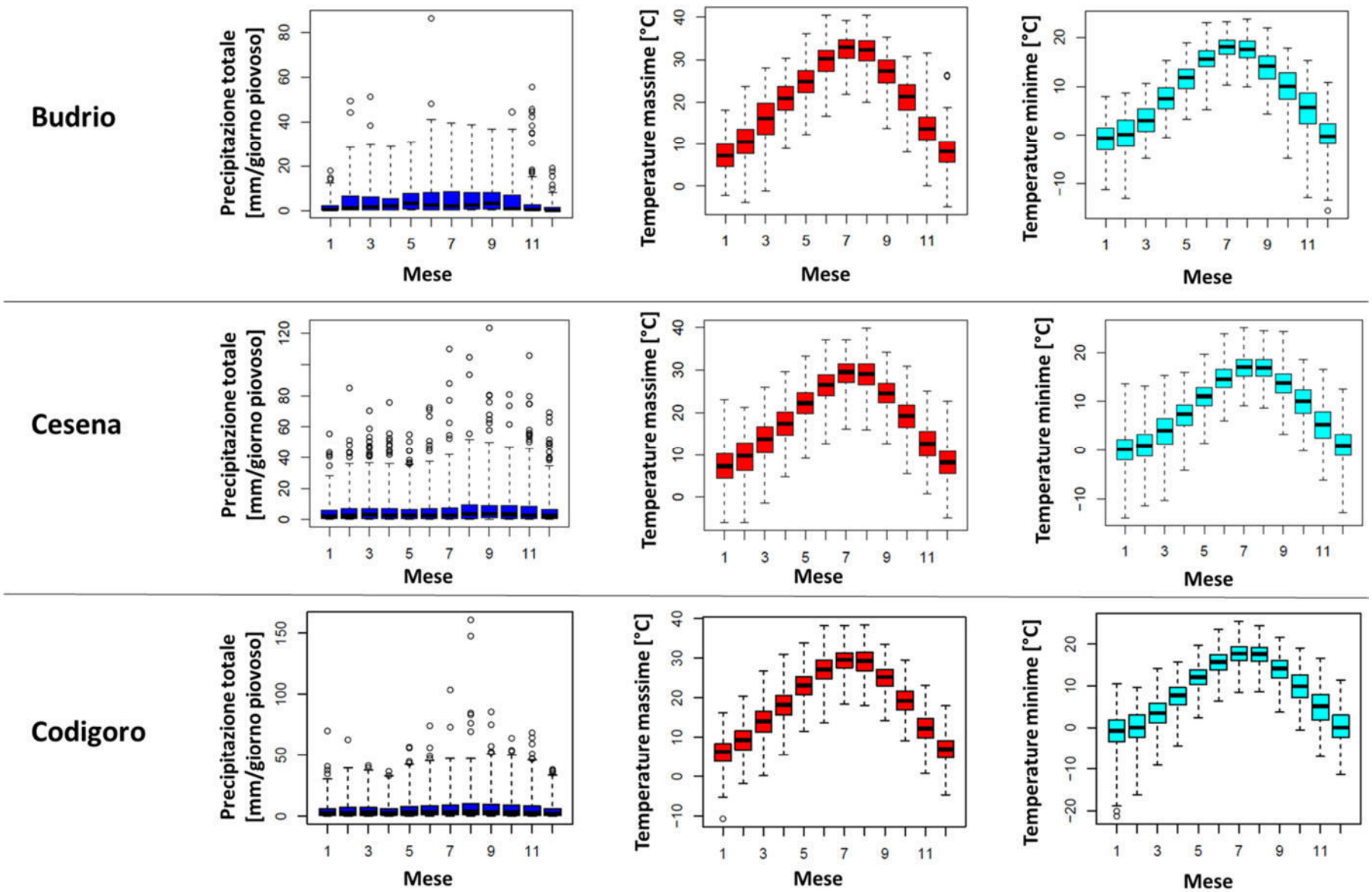



*Figura 6: Caratteristiche climatiche dell'area di Budrio. I dati si riferiscono alla media mensile dei valori misurati nelle 24h; con il simbolo "o" sono indicati gli outlier.*

### *Selezione e stima degli indicatori climatici*

A seguito del calcolo dei valori medi di temperatura e precipitazione che caratterizzano le tre stazioni selezionate, si è proceduto alla selezione degli indicatori per la descrizione di ognuno dei tre fattori di rischio individuati. La Tabella 2 riporta i risultati della selezione degli indicatori, la loro descrizione e attribuzione ai fattori di rischio. In tabella è inoltre descritto il potenziale beneficio dell'adozione di Fert-Irrinet e fertirrigazione per la riduzione dell'impatto potenziale specificato e quindi per favorire la capacità di adattamento. Per l'analisi della vulnerabilità, tale stima di tipo qualitativo risulta estremamente importante. Questa è incentrata sulla capacità delle innovazioni introdotte dal presente progetto nel favorire la capacità di adattamento dei sistemi agricoli. Seppur questo tipo di informazione si limita ad una descrizione del contributo della fertirrigazione, assieme alle misure della vulnerabilità riportate in questo paragrafo e supportate dai risultati produttivi delle colture stesse descritti nelle azioni precedenti, è possibile ottenere un quadro completo dei fenomeni in atto.

*Tabella 2: Sintesi degli elementi che contribuiscono allo studio della vulnerabilità*

| Fattori di rischio | Impatto potenziale | Indicatori di rischio | Capacità di ridurre l'impatto con la fertirrigazione |
|---|---|---|---|
| **Danno ambientale** | • Lisciviazione<br>• Volatilizzazione | • RX1day – Precipitazione massima giornaliera: valore massimo di precipitazione giornaliera<br>• R95p – Giorni molto piovosi: totale annuale delle precipitazioni > 95° percentile del periodo climatologico di riferimento<br>• R10 – Giorni con precipitazione intensa: numero di giorni l'anno con precipitazione ≥ 10mm<br>• %A – Tessitura del terreno: percentuale di argilla capace di trattenere i nutrienti nel suolo | Grazie alla distribuzione dei fertilizzanti in corrispondenza degli effettivi fabbisogni della pianta è possibile minimizzare le perdite dei nutrienti per percolazione in falda. Inoltre, la solubilizzazione del fertilizzante permette di azzerare le perdite in atmosfera per volatilizzazione (rilevante soprattutto per i fertilizzanti azotati). |
| **Degradazione del suolo** | • Compattazione<br>• Calpestamento | • CWD – Giorni piovosi consecutivi: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera ≥ 1<br>• R20 – Giorni con precipitazione molto intensa: numero di giorni l'anno con precipitazione ≥ 20mm<br>• SDII – Intensità di precipitazione giornaliera: Totale annuale di precipitazione diviso per il numero di giorni piovosi nell'anno (definiti come giorni con precipitazione ≥1.0mm)<br>• %S – Tessitura del terreno: percentuale di sabbia in grado di favorire un drenaggio rapido delle acque meteoriche<br>• %SO – Sostanza Organica: percentuale di sostanza organica in grado di favorire la ritenzione idrica del suolo e la sua struttura | Grazie alla distribuzione dei fertilizzanti tramite l'acqua irrigua, sono evitati passaggi ripetuti di trattori e macchine operatrici sul terreno, evitando così problematiche di calpestamento e compattazione dei suoli |
| **Decrementi produttivi** | • Problematiche fitosanitarie<br>• Stress fisiologici<br>• Tempestività degli interventi | • TX90P – Giorni caldi: percentuale di giorni l'anno in cui TN>90o percentile del periodo climatologico di riferimento<br>• CDD – Giorni secchi consecutivi: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1<br>• CWD – Giorni piovosi consecutivi: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera ≥ 1<br>• SPEI – Indicatore standardizzato di precipitazione ed evapotraspirazione: misura della siccità utilizzando le variabili di precipitazione ed evapotraspirazione<br>• Hwn (Tn>90) – Numero di ondate di calore: numero di ondate di calore definite come eventi in cui per almeno 3gg la temperatura minima (Tn) sia superiore al 90° percentile | Grazie al mantenimento delle condizioni nutrizionali ottimali, la fertirrigazione contribuisce ad un buon stato fisiologico, rendendo così la pianta meno suscettibile a problemi di natura fitosanitaria. Sono inoltre possibili interventi veloci e tempestivi, anche in condizioni di terreno troppo secco o troppo umido, inefficaci per la nutrizione di tipo tradizionale. |

Il calcolo degli indicatori è stato svolto per tutte e tre le stazioni considerate ed effettuando le elaborazioni con cadenza annuale. Particolare attenzione è stata posta all'analisi del trend dell'indicatore stesso. L'interpolazione lineare dei dati storici ha quindi permesso di identificare la pendenza del trend e, soprattutto, la relativa significatività. Questa è espressa attraverso il valore p (*p-value*), tale valore è comunemente usato in statistica e nella letteratura scientifica come strumento di lettura dei test statistici. Il *p-value, infatti,* esprime il livello di significatività dell'interpolazione proposta fornendo una stima di tipo probabilistico circa la differenza tra il risultato osservato e quello ipotizzato sia essa dovuta alla casualità introdotta dal campionamento, oppure effettivamente spiegabile mediante l'interpolazione calcolata. Per convenzione, a valori del *p-value* inferiori a 0,05 è possibile allora a rifiutare l'ipotesi nulla e confermare, nel caso dei grafici sotto riportati, la significatività dei trend osservati.

I risultati sono riportati nei grafici delle pagine seguenti (Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17). Tra questi si segnalano trend negativi per quanto riguarda le precipitazioni, con valori tuttavia che non risultano significativi. Contrariamente, per quanto riguarda le temperature, gli indicatori da esse derivanti mostrano risultati interessanti cont trend significativi. Tra gli aspetti che portano ad un incremento della vulnerabilità, si segnalano le ondate di calore. Qu i risulta molto critico il loro aumento netto in termini di frequenza (HWN) e durata (HWD), assieme ad un generico aumento delle temperature massime su valori superiori al 90° percentile (tx90p). è quindi possibile affermare la presenza di un trend significativo, come causa dei cambiamenti climatici, che incrementa la vulnerabilità delle produzioni agricole con danni in termini produttivi per incrementati stress fisiologici.

Per la definizione del parametro sulle ondate di calore sul quale si basano gli indicatori sopracitati, i calcoli utilizzati sono basati sulla pubblicazione di Perkins e Alexander (2013) e Nairn e Fawcett (2013). Queste definizioni si basano sul 90° percentile di temperatura massima giornaliera (TX) per il periodo storico considerato; si manifesta quindi un'ondata di calore ogni qual volta per tre o più giorni consecutivi la temperatura massima giornaliera supera il 90° percentile (TX > 90° percentile di TX) giornaliera designato Tn90, sul 90° percentile di TX (temperatura giornaliera massima) designato Tx90 e sull'EHF (vedere D.3 di seguito). Il periodo di calcolo delle ondate di calore nell'emisfero settentrionale va da maggio a settembre di ogni anno.

Infine, risulta interessante osservare il trend dell'indice gddGrow10C. Questo esprime la somma annua dei gradi giorno, considerando come soglia i 10°C. In altre parole si è proceduto a sommare ila temperatura media giornaliera per ogni anno, qualora questa superasse i 10°C. Tale indicatore risulta molto importante per la fisiologia delle piante, fornendo una proxy di quella che è la durata della stagione vegetativa . Il trend positivo e significativo misurato per tutte e tre le stazioni esprime un generale aumento della stagione vegetativa delle colture. Tale fattore può essere considera to positivo per le aree di studio e per molte delle più comuni colture irrigue, ciò risulta quindi a ridurre la vulnerabilità delle produzioni agricole. Il fattore non è tuttavia sempre possibile considerarlo favorevole, in quanto, come evidenziato nel capitolo successivo, rischia di esporre le colture a ritorni di freddo, stress fisiologici ed espone i patogeni (principalmente insetti e funghi) ad una maggior danno.

## CDD – Consecutive Dry Days

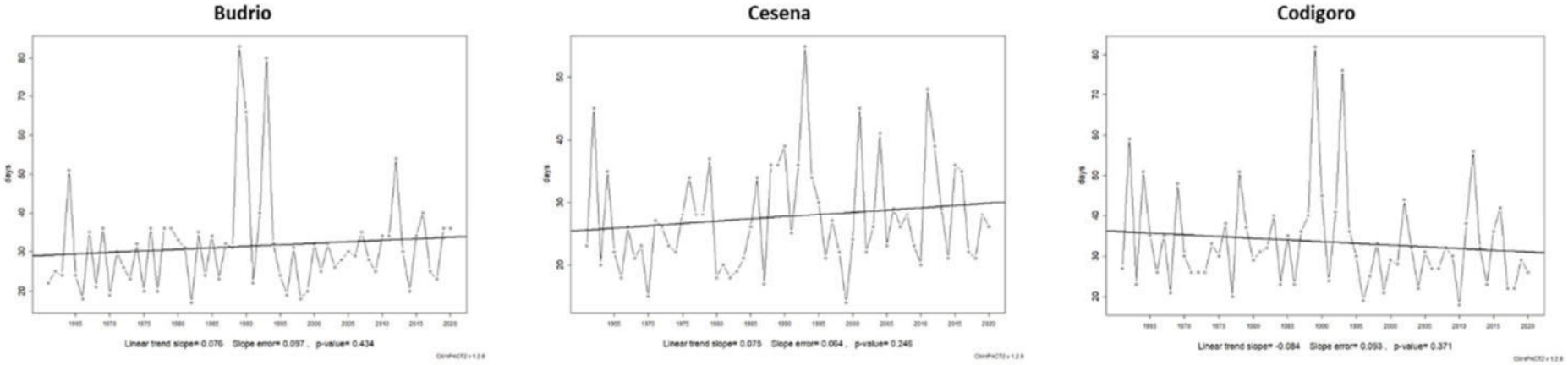



*Figura 7: CDD*

## CWD – Maximum number of Consecutive Wet Days

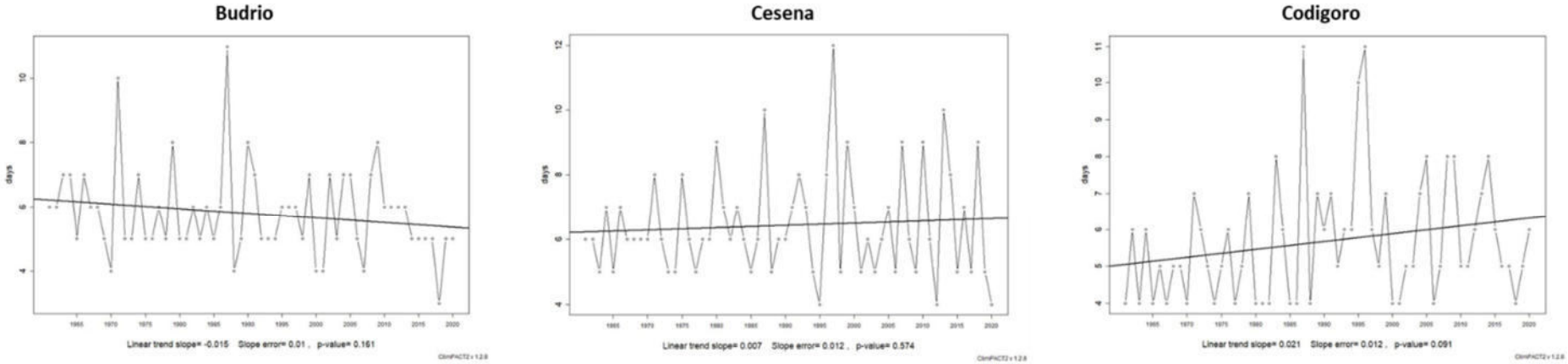



*Figura 8:CWD*

## R95p: Annual sum of daily precipitation > 95th percentile

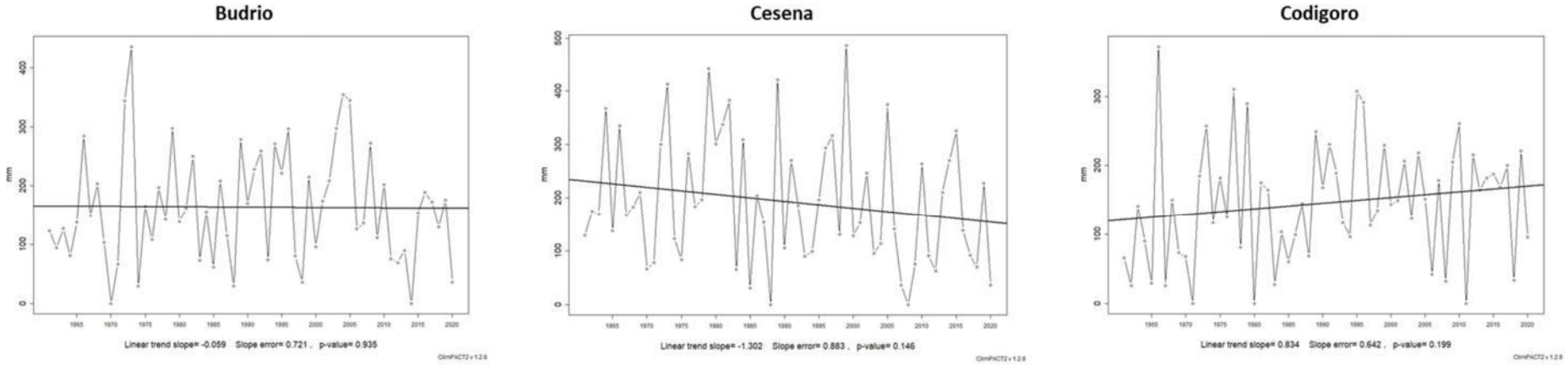



*Figura 9: R95p*

## Rx1day: Maximum annual 1-day precipitation total

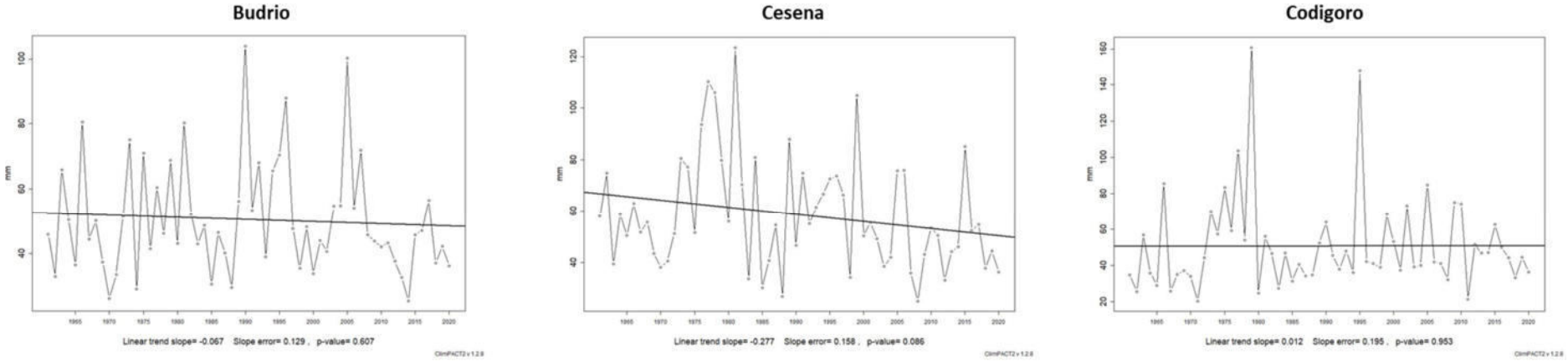



*Figura 10: Rx1day*

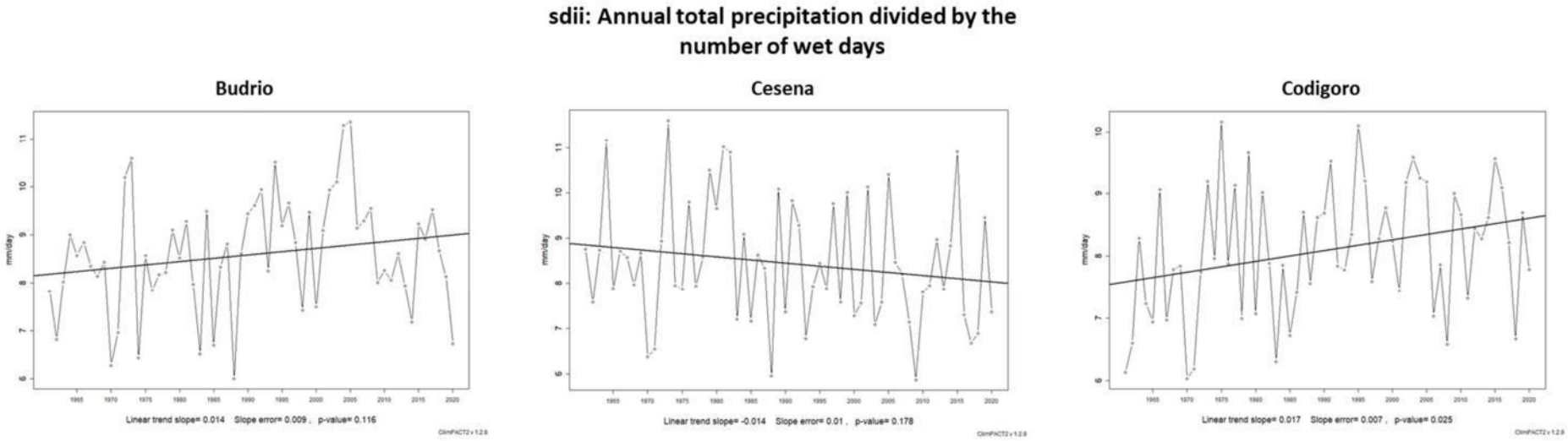



*Figura 11: sdii*

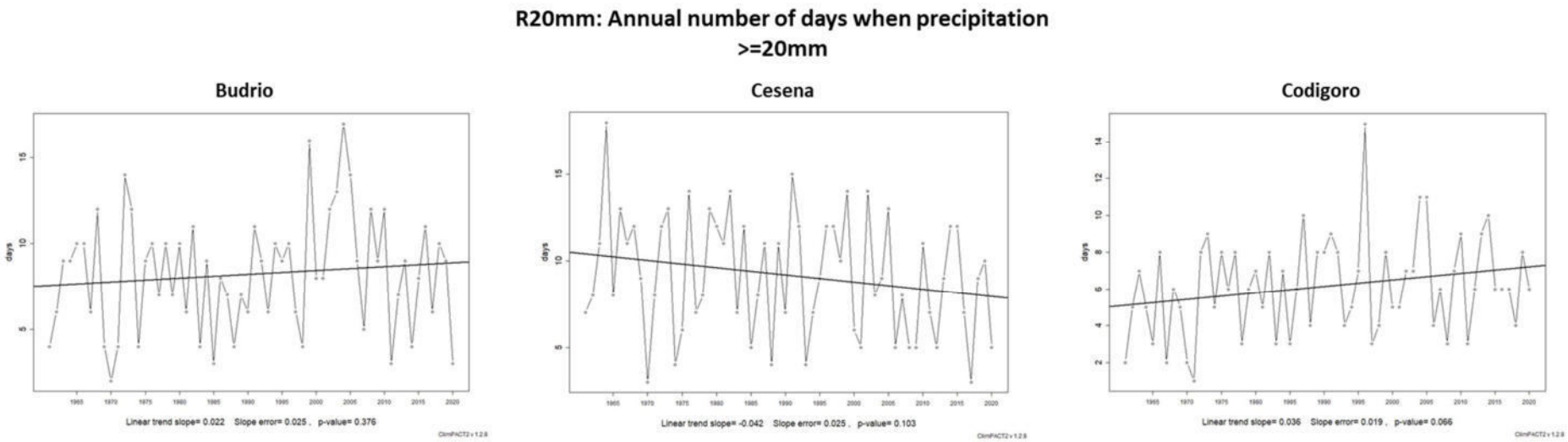



*Figura 12: R20mm*

**R10mm: Annual number of days when precipitation >=10mm**

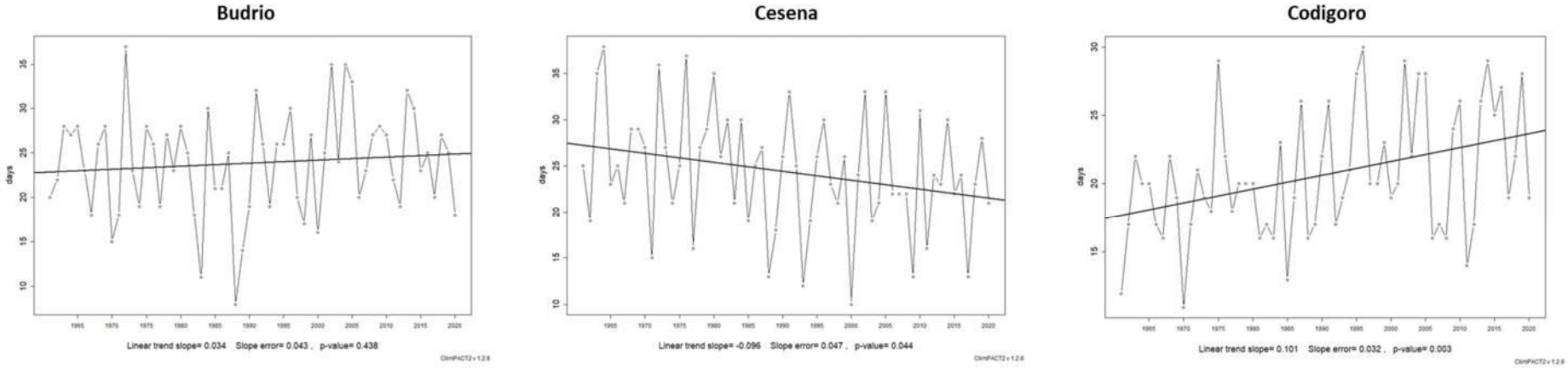



*Figura 13: R10mm*

**Tx90p: Annual percentage of days when TX >90th percentile**

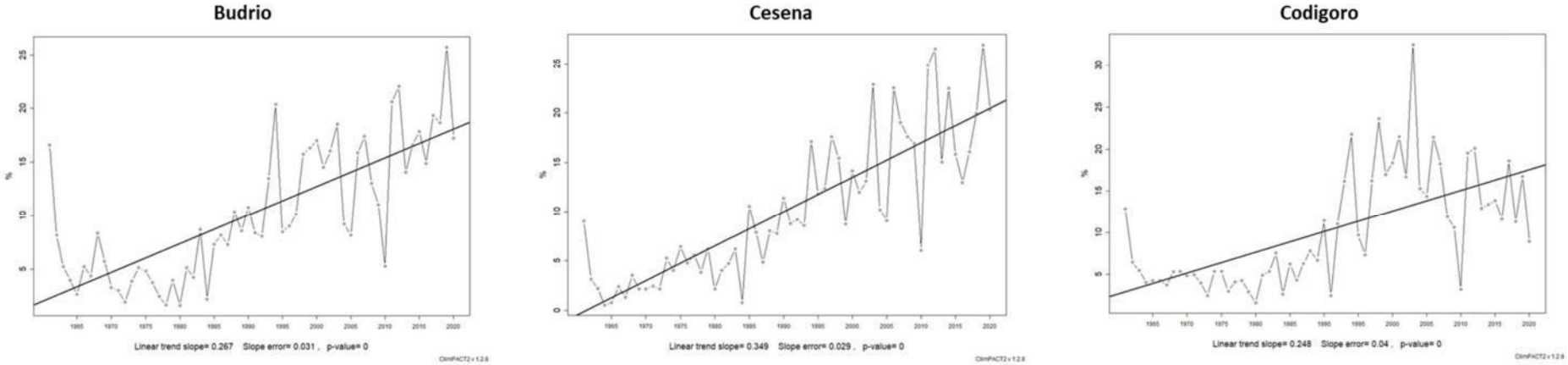



*Figura 14: Tx90p - Trend significativo*

## HWN – Number of Heatwaves

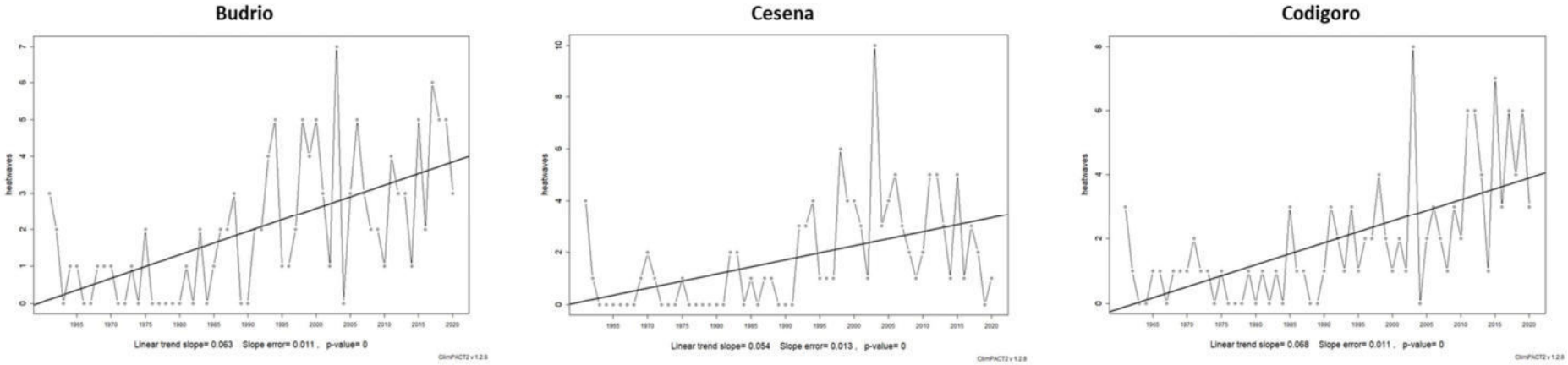



*Figura 15: HWN - Trend significativo*

## HWD: Heatwave Duration (length of the longest heatwave event)

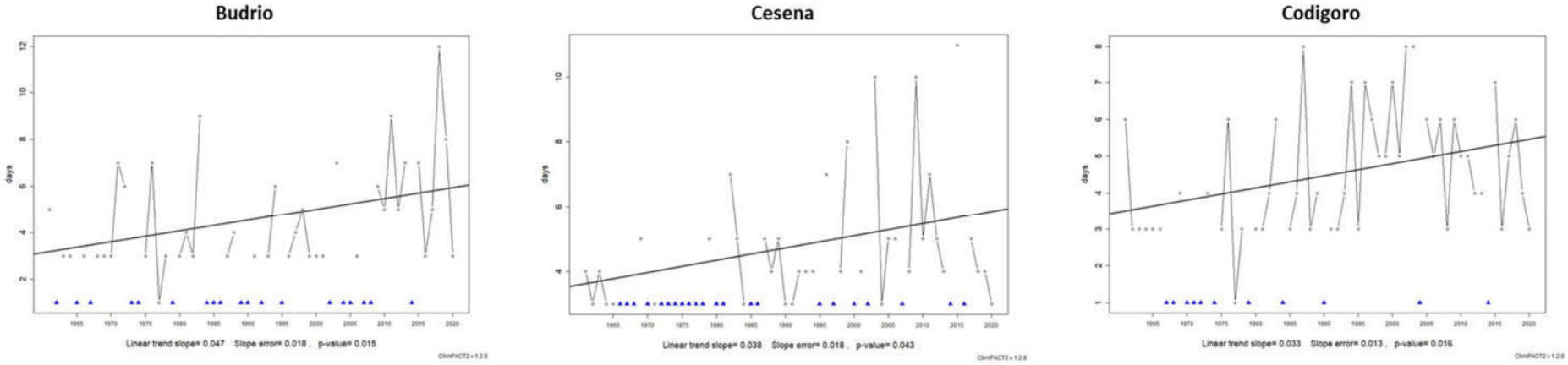



*Figura 16: HWD - Trend significativo*

## gddgrow10: Growing Degree Days over 10°C

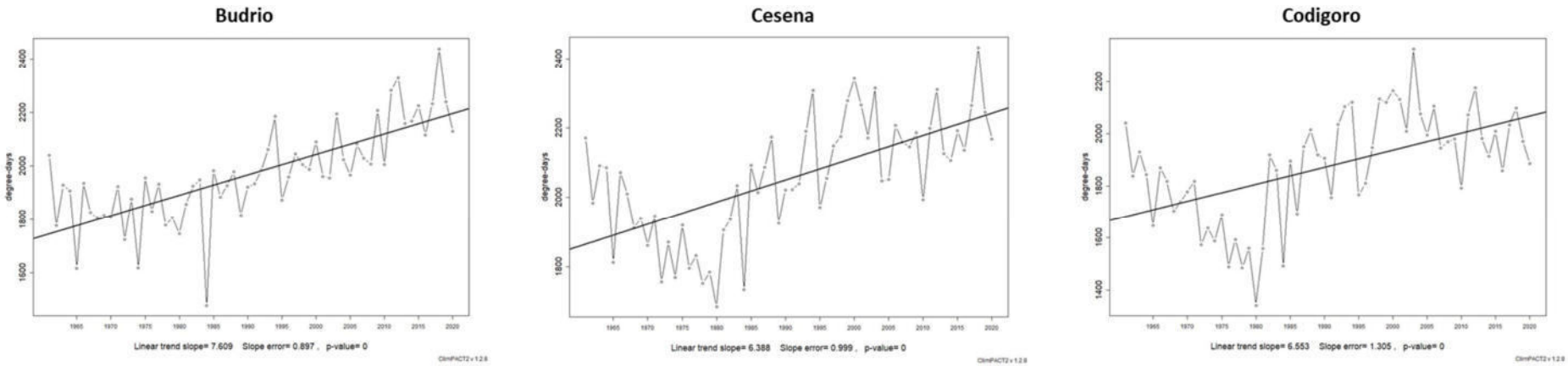



*Figura 17: gddgrow - Trend significativo*

## 5. Attribuzione dei pesi agli indicatori e analisi della vulnerabilità

Per definire la vulnerabilità delle aree di studio, gli indicatori climatici e pedologici identificati, sono stati aggregati e pesati secondo la metodologia descritta. Per quanto riguarda gli indicatori climatici, si è scelto di selezionare solo quelli il cui trend temporale risultasse significativo. Questa scelta è motivata dalla necessità di individuare fattori che influenzano la vulnerabilità e che fossero ascrivibili ai cambiamenti climatici in atto. A tale fine, nel processo di ponderazione è stato incluso il valore della pendenza della linea di tendenza, e non il valore assoluto di tale indicatore espresso come media nel periodo di riferimento. Questa scelta ha permesso di valutare il cambiamento in atto, evitando che la differenza storica nei microclimi locali possa indurre ad errori nell'analisi sulla vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Per quanto riguarda gli indicatori pedologici, questi sono stati valutati in termini di percentuale, così come espresso dalle analisi del suolo raccolte nell'arco del progetto. I risultati sintetici derivanti dalla raccolta e calcolo degli indicatori sono riportati nella Tabella 3.

| *Indicatore* | *Valore* | **Acqua Campus melo *Budrio*** | **Martorano fragola *Cesena*** | **Guidi noce *Codigoro*** |
|---|---|---|---|---|
| **gddgrow10** | trend | 7.609 | 6.388 | 6.553 |
| **HWD** | trend | 0.047 | 0.038 | 0.033 |
| **HWN** | trend | 0.063 | 0.054 | 0.068 |
| **Tx90p** | trend | 0.267 | 0.349 | 0.248 |
| **%A** | % | 20.5 | 43.6 | 28.0 |
| **%S** | % | 37.6 | 4.8 | 21.0 |
| **%SO** | % | 1.6 | 1.6 | 1.7 |

*Tabella 3: Indicatori calcolati*

I singoli indicatori sono stati normalizzati seguendo la formula descritta nell'Equazione 1, così da ottenere un valore adimensionale compreso tra 0 e 1 per tutti gli indicatori (Tabella 4)

| *Indicatore* | *Valore* | **Acqua Campus melo *Budrio*** | **Martorano fragola *Cesena*** | **Guidi noce *Codigoro*** |
|---|---|---|---|---|
| **gddgrow10** | trend | 1.00 | - | 0.16 |
| **HWD** | trend | 1.00 | 0.56 | - |
| **HWN** | trend | 0.93 | - | 1.00 |
| **Tx90p** | trend | 0.23 | 1.00 | - |
| **%A** | valore % | - | 1.00 | 0.48 |
| **%S** | valore % | 1.00 | - | 0.98 |
| **%SO** | valore % | 0.50 | - | 1.00 |

*Tabella 4: Indicatori normalizzati*

Ha quindi avuto luogo la consultazione con tre esperti del settore per identificare e descrivere l'impatto di ogni fattore di rischio, quindi assegnarne un peso. Il peso proposto ai tre esperti varia tra -5 e +5. Questo ha permesso di catturare gli effetti positivi e negativi di ogni fattore di rischio (Tabella 5).

| | | **Pesi** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Indicatore* | | ***Esperto 1*** | | ***Esperto 2*** | | ***Esperto 3*** | | ***Media*** |
| **gddgrow10** | - | 1.00 | | 0 | | 4.00 | | **1.00** |
| **HWD** | - | 4.00 | - | 5.00 | - | 5.00 | - | **4.67** |
| **HWN** | - | 3.00 | - | 2.00 | - | 4.00 | - | **3.00** |
| **Tx90p** | - | 3.00 | - | 2.00 | - | 2.00 | - | **2.33** |
| **%A** | - | 2.00 | - | 3.00 | | 1.00 | - | **1.33** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **%S** | - | 1.00 | - | 2.00 | **0.33** |
| **%SO** | | 5.00 | 4.00 | 5.00 | **4.67** |

*Tabella 5: Attribuzione dei pesi per ogni indicatore*

Infine, grazie ai pesi è stato quindi possibile stimare il fattore di rischio specifico per ogni area studio. Questo è stato calcolato utilizzando l'Equazione 2 e riportato nella Tabella 6

| *Indicatore* | *Valore* | **Acqua Campus melo *Budrio*** | **Martorano fragola *Cesena*** | **Guidi noce *Codigoro*** |
|---|---|---|---|---|
| **gddgrow10** | trend | - 1.00 | - | 4.00 |
| **HWD** | trend | 18.67 | 23.33 | 23.33 |
| **HWN** | trend | 9.00 | 6.00 | 12.00 |
| **Tx90p** | trend | 7.00 | 4.67 | 4.67 |
| **%A** | valore % | 2.67 | 4.00 | - 1.33 |
| **%S** | valore % | - 0.33 | - | 0.67 |
| **%SO** | valore % | 23.33 | 18.67 | 23.33 |
| **Fattore di Rischio** | | **- 11.13** | **- 10.63** | **- 12.50** |

*Tabella 6: Calcolo del fattore di rischio*

## 6. Discussione e conclusioni

Il presente studio ha analizzato le potenzialità della fertirrigazione supportata da Fert-irrinet per un'efficiente produzione agricola, resiliente ai cambiamenti climatici. Nella prima fase del presente studio sono stati analizzati i trend climatici in atto e le proiezioni future per l'area d'interesse del progetto. Le principali criticità causate dai cambiamenti climatici sono relative all'aumento delle temperature, riduzione delle precipitazioni nel periodo primaverile-estivo (nel quale i fabbisogni delle colture sono massimi) e, soprattutto, aumento della frequenza dei fenomeni estremi di temperatura e precipitazione. Grazie ad una prima analisi di tipo qualitativo è stato possibile identificare i principali fattori di rischio che coinvolgono le produzioni agricole nell'ambito del progetto. Questi sono stati identificati in tre categorie: danno ambientale, degradazione del suolo, decrementi produttivi. Su tali fattori di rischio agisce la fertirrigazione supportata da Fert-App mitigandoli. È stato quindi identificato l'impatto potenziale di ogni fattore di rischio, ad esso associato un menù di indicatori che permettessero di identificarlo. Infine, per ogni fattore di rischio si è proceduto all'identificazione del ruolo che la fertirrigazione e le innovazioni del progetto possono avere nel favorire la capacità di adattamento presso le aziende considerate, diminuendo in questo modo la vulnerabilità del settore ai cambiamenti climatici.

Si è quindi proceduto all'analisi quantitativa, attraverso il calcolo dei dati Arpae per il periodo 1960-2020. Per ogni singolo indicatore, si è proceduto all'analisi del trend lineare e del relativo livello di significatività. Per quanto riguarda gli indicatori legati alle precipitazioni, tra questi non si è trovato nessun trend significativo. Tra le possibili cause è possibile segnalare la maggior complessità di questa classe di indicatori legati alle precipitazioni, rispetto a quelli di temperatura. Viceversa, risultati interessanti e significativi sono osservabili per le temperature ed in particolare per gli indicatori che descrivono il fenomeno delle ondate di calore estive, con aumenti significativi sia in termini di durata che intensità.

Su tali indicatori, assieme a quelli di natura pedologica, si è focalizzata l'analisi di vulnerabilità. I risultati pesati grazie alla consultazione di tre esperti hanno permesso di valutare l'impatto dell'indicatore stesso sull'attività agricola. A valle di questo processo è stato quindi possibile ottenere un fattore di rischio per ogni area di studio, identificando come maggiormente vulnerabile l'area di Codigoro. Su tale rischio quantificato, intervengono, mitigandolo, le attività e le innovazioni proposte dal presente progetto. La marcata variabilità climatica nel periodo estivo influenza, in maniera significativa sullo stato fisiologico delle colture. A tale proposito il ruolo della fertirrigazione è chiave nel mitigare tali fattori di rischio riducendo quindi la

vulnerabilità stimata delle tre aree. Questo è vero soprattutto nelle aree maggiormente interessate dai cambiamenti climatici e per le colture più sensibili a stress fisiologici come le orticole e frutticole.

## 7. Bibliografia


Allen, Myles R., Opha Pauline Dube, and William Solecki. 2018. *IPCC SPECIAL REPORT: GLOBAL WARMING OF 1.5 º - Summary for Policymakers*.

Antolini, Gabriele, Pavan Valentina, Rodica Tomozeiu, and Vittorio Marletto. 2017. *Atlante Climatico Dell'Emilia-Romagna 1961-2015*.

Calzadilla, Alvaro, Tingju Zhu, Katrin Rehdanz, Richard S. J. Tol, and Claudia Ringler. 2014. "Climate Change and Agriculture: Impacts and Adaptation Options in South Africa." *Water Resources and Economics* 5:24–48. doi: 10.1016/j.wre.2014.03.001.

Castellari, S., and V. Artale. 2009. *I Cambiamenti Climatici in Italia: Evidenze, Vulnerabilità e Impatti*. Bononia University Press.

Giordano, F., L. Barbieri, T. Freixo Santos, L. Bono, A. Ballarin Denti, M. Lapi, L. Cozzi, M. Pregnolato, S. Oliveri, S. Marras, D. Maragno, F. Magni, F. Musco, G. Satta, A. Congiu, and F. Arras. 2018. *LINEE GUIDA, PRINCIPI E PROCEDURE STANDARDIZZATE PER L'ANALISI CLIMATICA E LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ A LIVELLO REGIONALE E LOCALE*.

GIZ & EURAC. 2014. *The Vulnerability Sourcebook – Concept and Guidelines for Standardised Vulnerability Assessments*.

GIZ & EURAC. 2017. *Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on How to Apply the Vulnerability Sourcebook's Approach with the New IPCC AR5 Concept of Climate Risk*.

Hugh Turral, Jacob Burke, and Jean-Marc Faurès. 2011. *Climate Change, Water and Food Security*. Rome.

Kafkafi, U., and S. Kant. 2004. "Fertigation." Pp. 1–9 in *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Vol. 4. Elsevier Inc.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2014. *Strategia Nazionale Di Adattamento Ai Cambiamenti Climatici*.

OCSE. 2008. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and UserGuide*.

Regione Emilia-Romagna. 2019. *Strategia Di Mitigazione e Adattamento per i Cambiamenti Climatici Della Regione Emilia-Romagna*.

G. Antolini, L. Auteri, V. Pavan, F. Tomei, R. Tomozeiu, V. Marletto, 2015. *A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna*, Italy, during 1961-2010. International Journal of Climatology 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473

Perkins S E and Alexander L V 2013 *On the Measurement of heatwaves* J. Clim. 26 4500–17 Online: http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1

Nairn J R and Fawcett R G 2013 *Defining heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia* (Centre for Australian Weather and Climate Research)