

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 fattori, 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 possono 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): $N_d = N_{tot.} * N_{ff\%} * GDD_d / GDD_{ff}$

Dove:

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

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

- N_{sd} = il contenuto del nutriente nel suolo;
- N_d è il fabbisogno giornaliero del nutriente;
- 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).

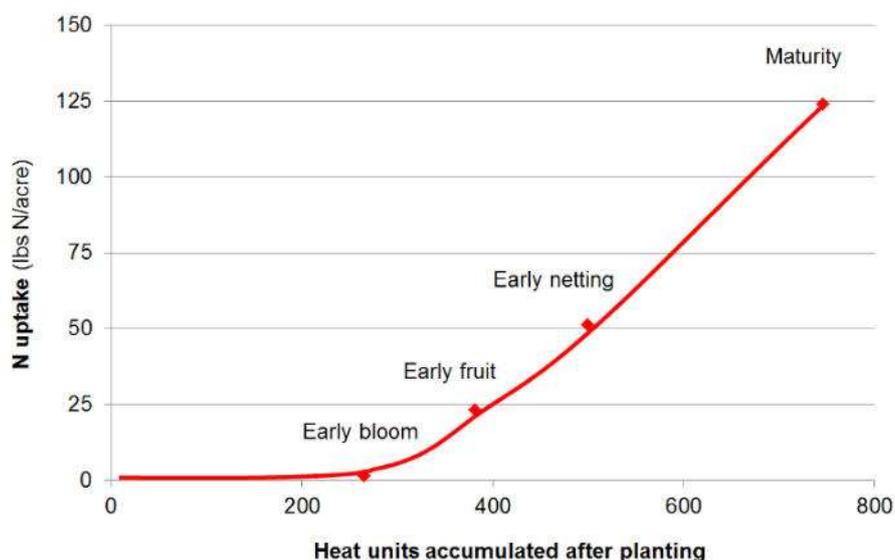


Grafico 1 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Melone. (Soto-Ortiz, 2008)

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

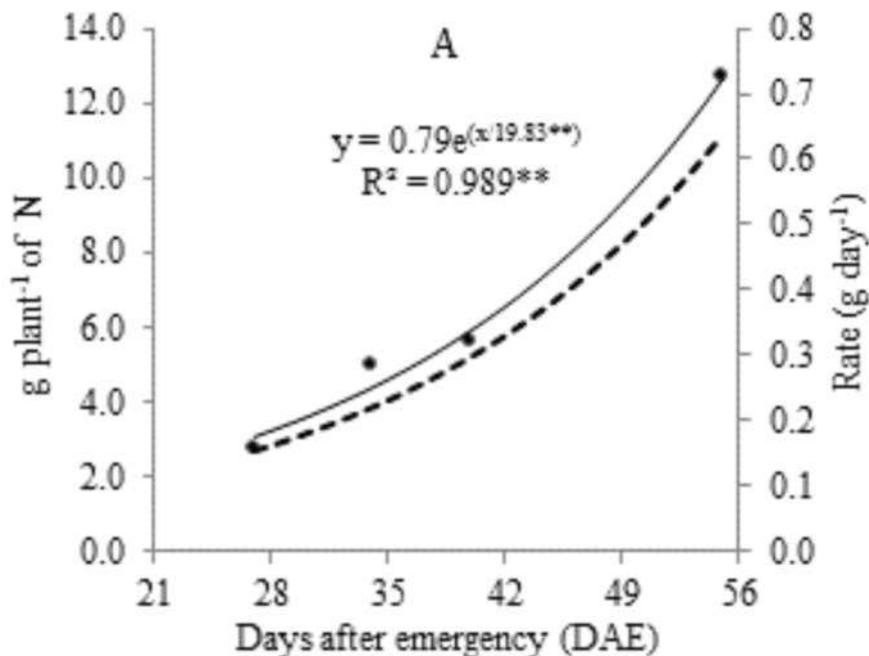
COCOMERO

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 K₂O, 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 resa 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).

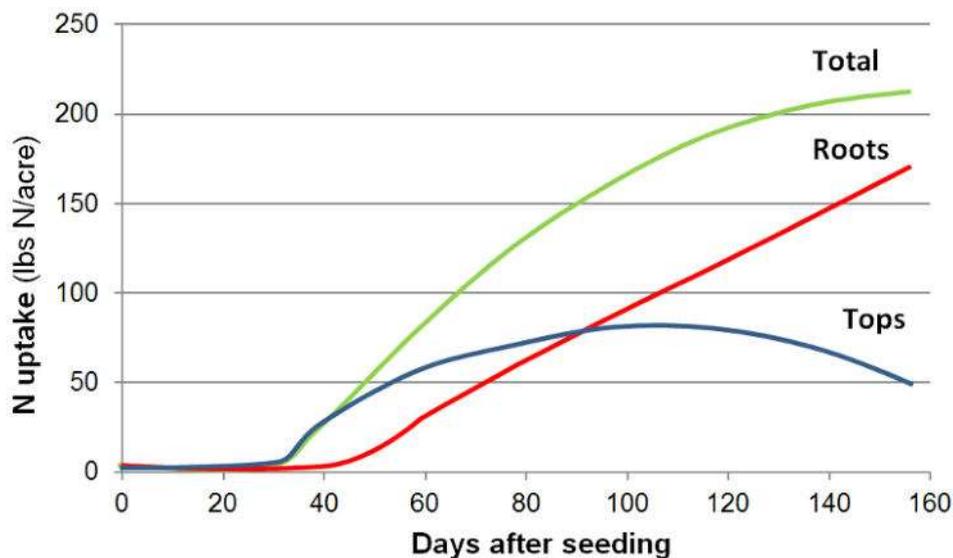


Grafico 3– Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Carota. (Westerveld et al., 2006a)

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 costante 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.

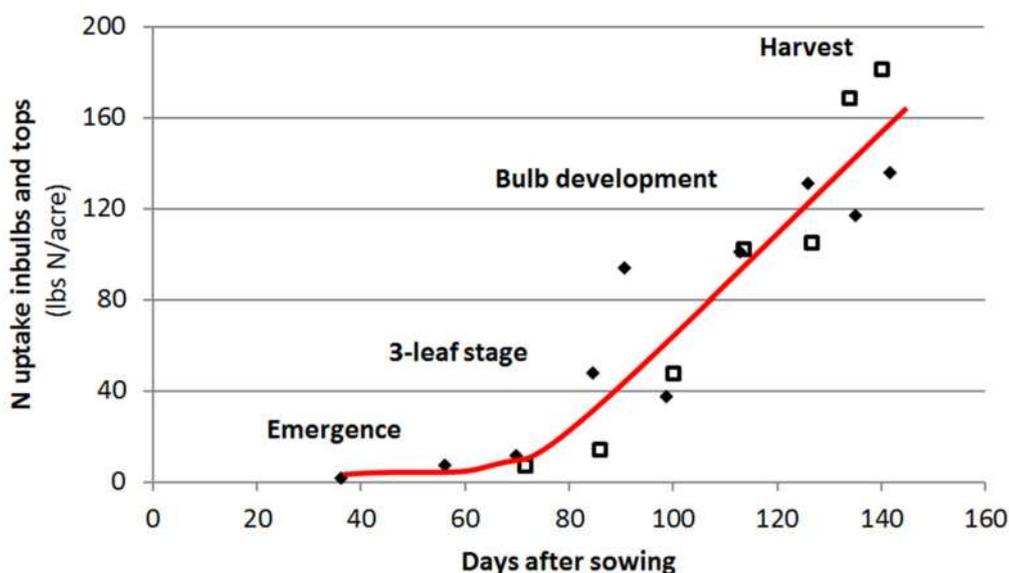


Grafico 4 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Cipolla. (Biscaro et al., 2014)

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).

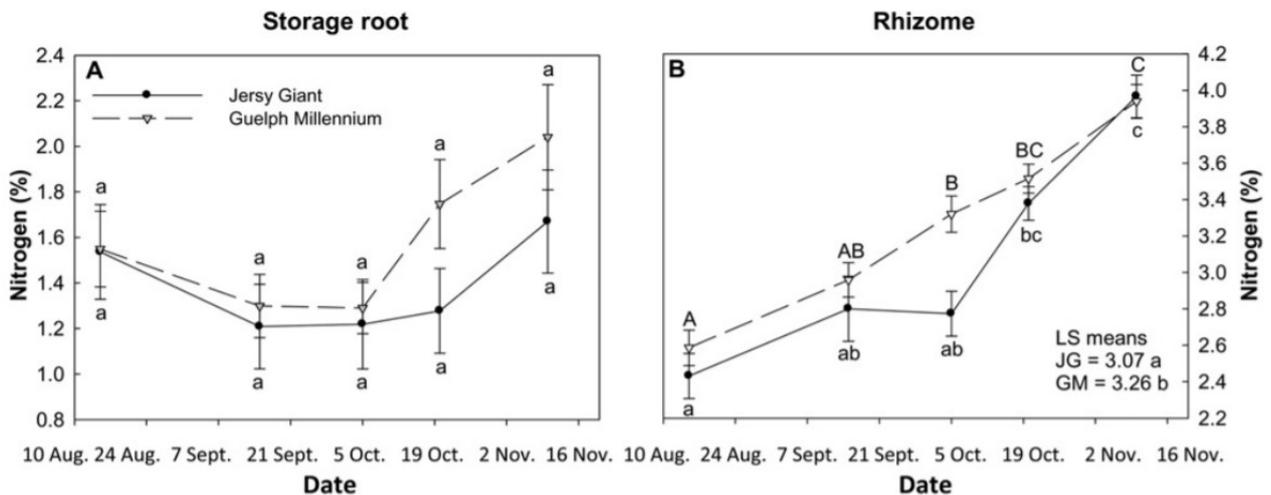


Grafico 5 – Curve di assorbimento dell'azoto nella coltura dell'Asparago. (Landry, et al., 2012).

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'allocatione verso i frutti fino alla maturazione (Zanotelli et al., 2014).

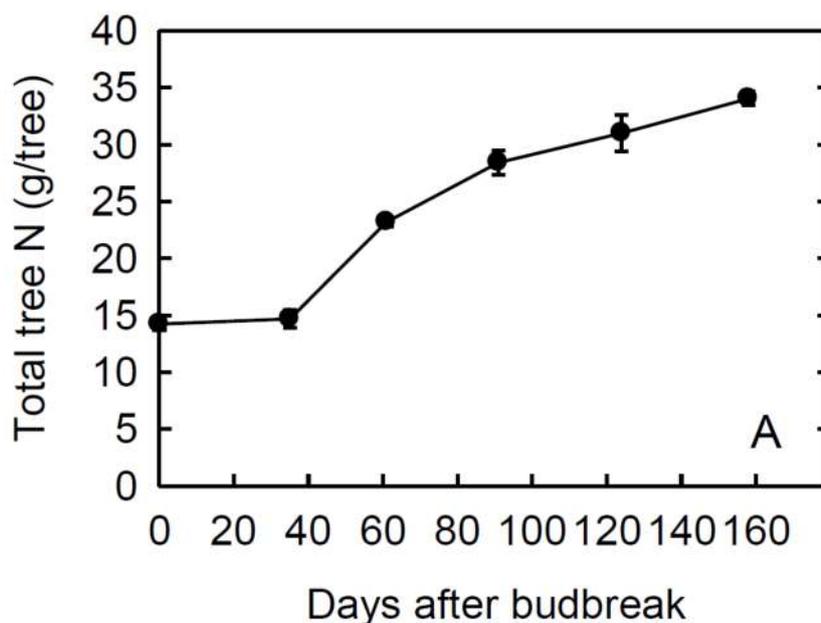


Grafico 6 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Melo. (Cheng et al., 2009)

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 fosfatice 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 redistribuzione 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).

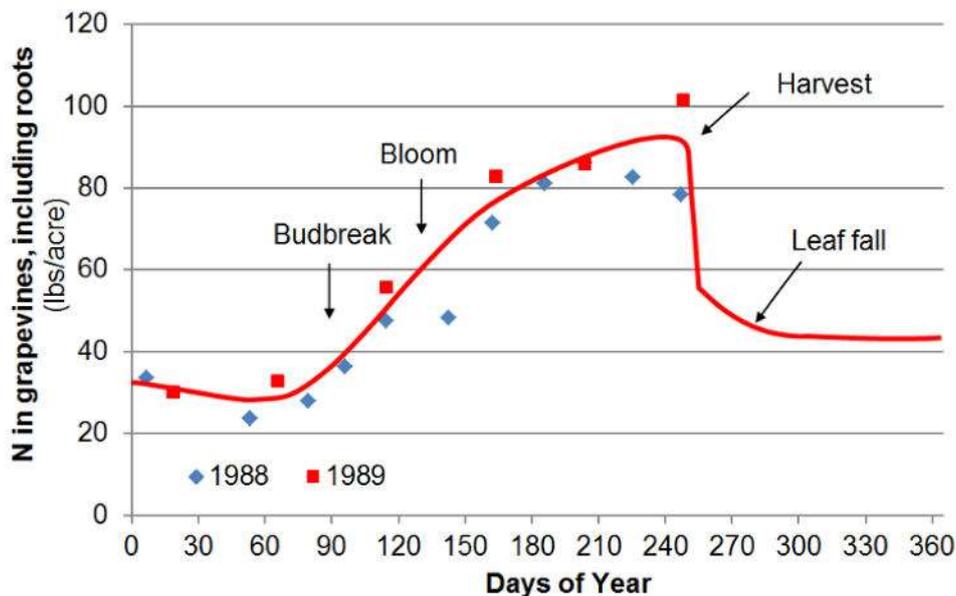


Grafico 7 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura della Vite. (Peacock et al., 1991a)

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
invasatura: 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).

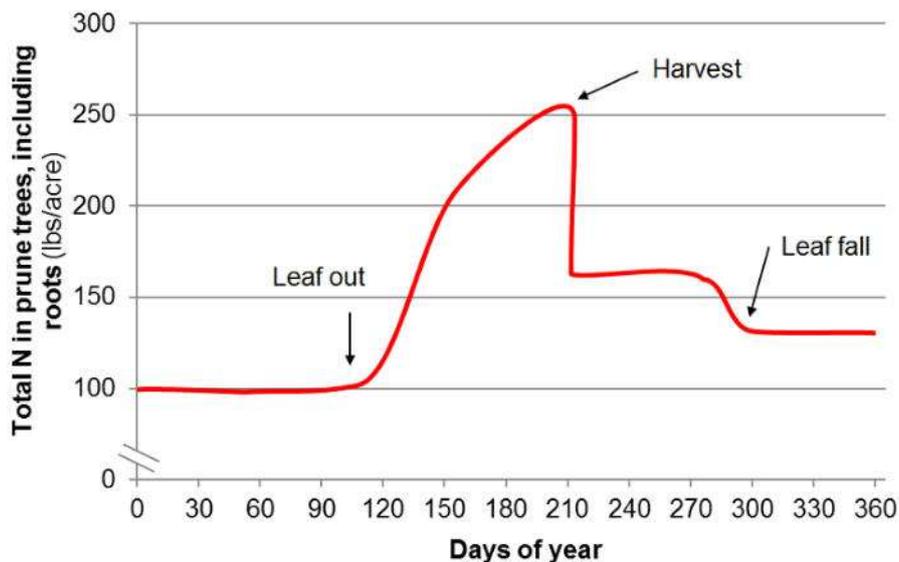


Grafico 8 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Susino. (Weinbaum et al., 1978)

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
floritura: 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 nocciolo, 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 ridurre 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).

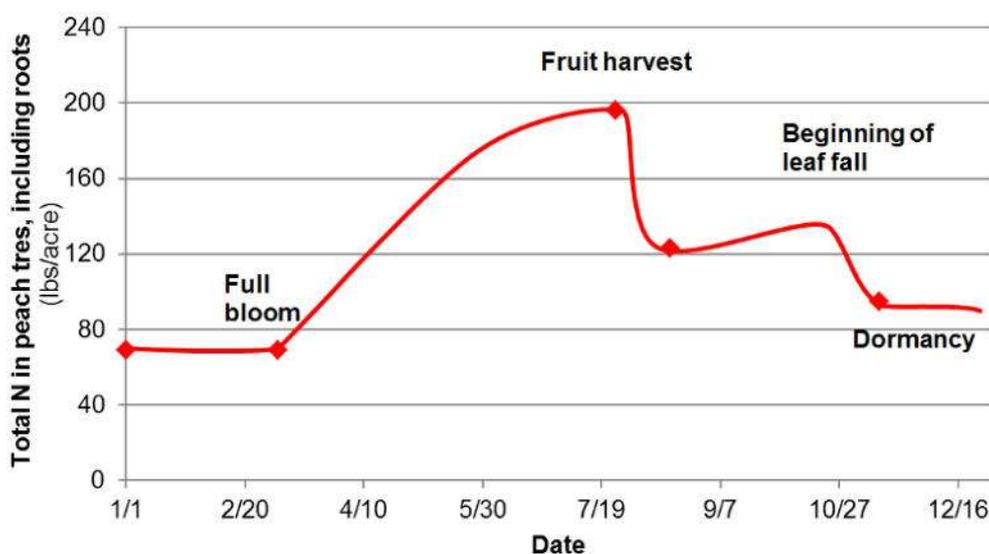


Grafico 9 – Curva di assorbimento dell'azoto in Pesche e Nettarine. (Muñoz et al., 1993)

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).

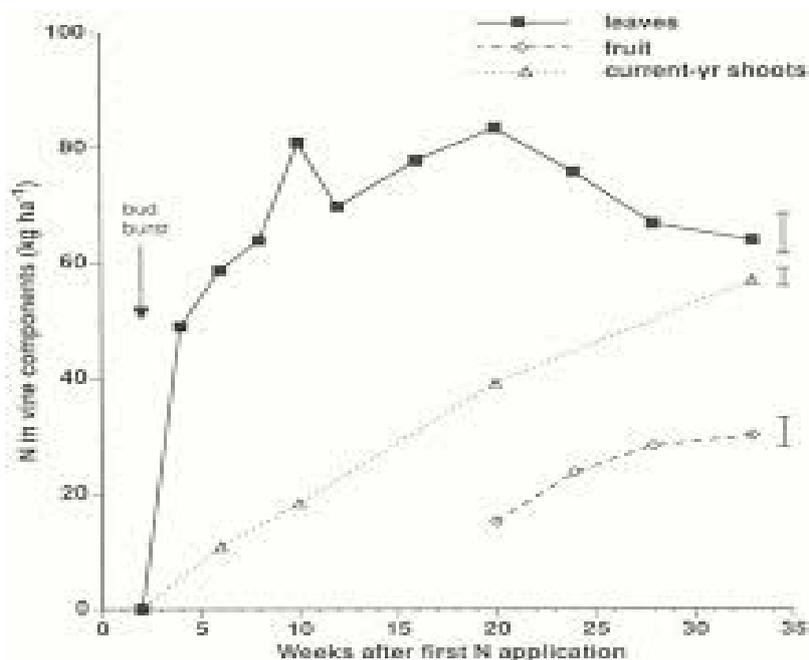


Grafico 10 – Curva di assorbimento dell'azoto nell'Actinidia. (Ledgard et al., 1992b)

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 esigenze 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 (Nielsen 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.

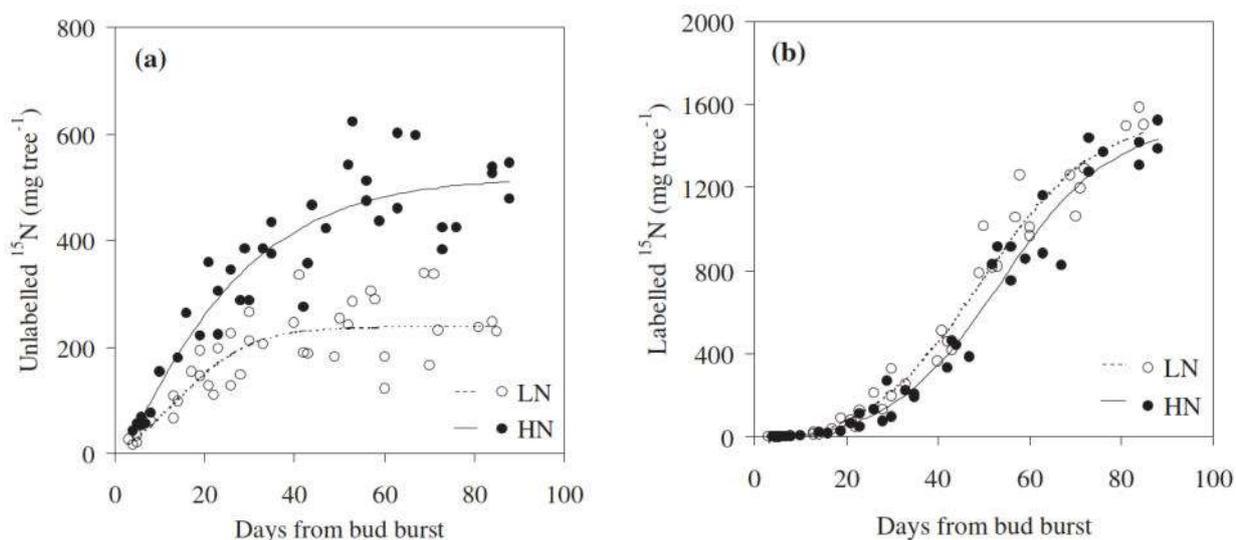


Grafico 11 – Curva di assorbimento (a) rimobilizzazione (b) dell'azoto nel Ciliegio. (Grassi et al., 2002).

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
invaiaitura: 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.

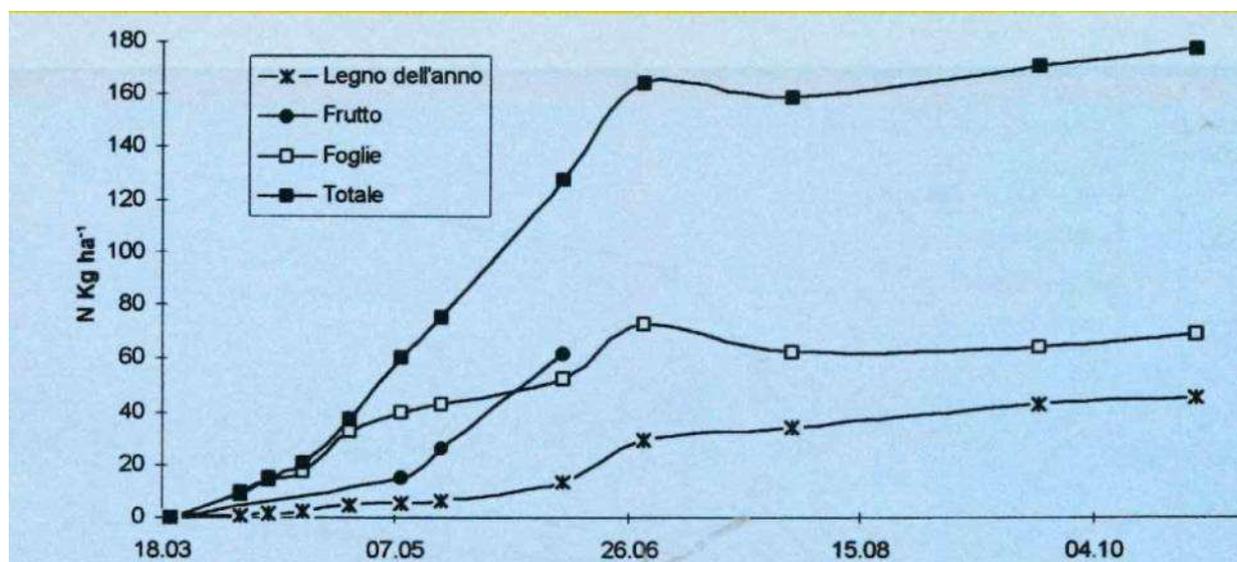


Grafico 12 – Curva di assorbimento dell'azoto nell'Albicocco. (Xiloyannis et al., 1997)

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
scamicatura: 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.

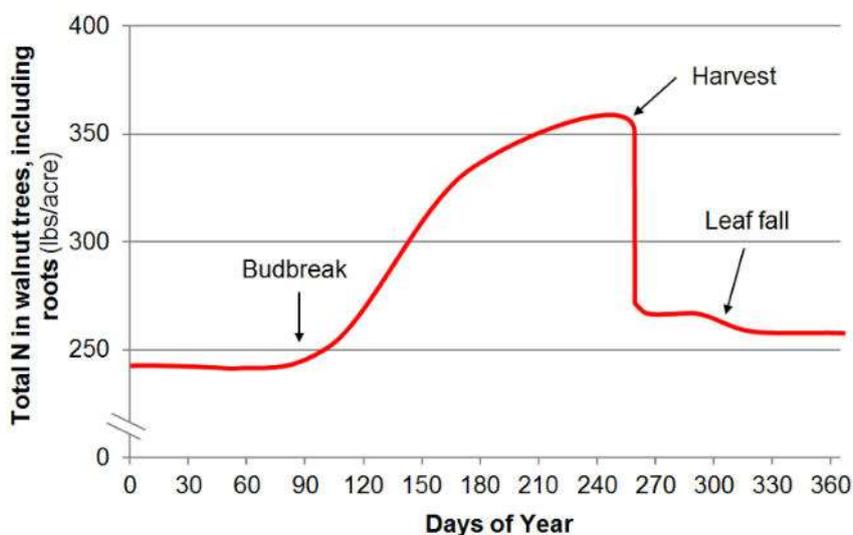


Grafico 13 – Curva di assorbimento dell'azoto nella coltura del Noce. (Anderson et al., 2006)

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), raggiunge 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.

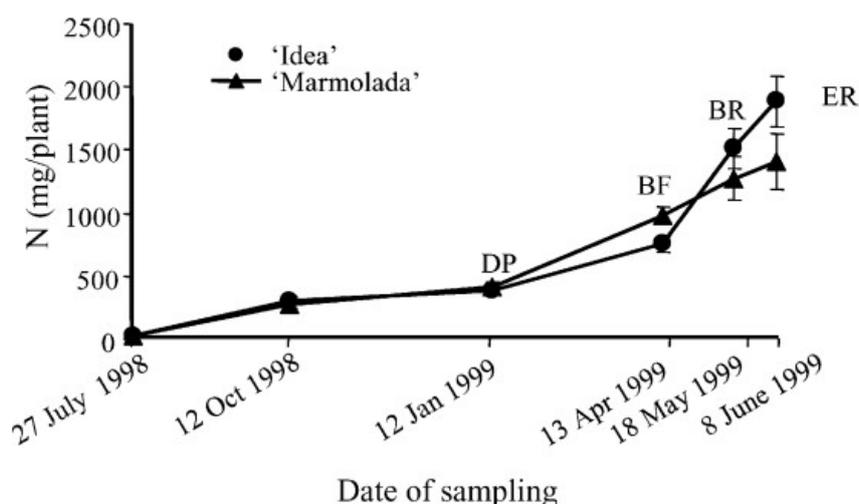


Grafico 13 – Curva di assorbimento dell'azoto nella Fragola. (Tagliavini et al., 2005)

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., Hirschfeld, 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., Abadía, J., Abadía, 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 Agricultural 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 Hort.* 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 ¹⁵N-labelled nitrogen fertilizer applied to kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) vines: II. Temporal changes in ¹⁵N 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., Lanztko, 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., Hirschfeld, 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., Hirschfeld, 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 Horticulturae*, 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 Biotechnology*, 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 ratios 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

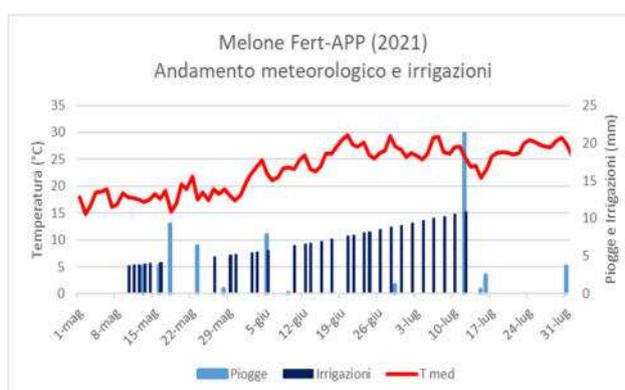
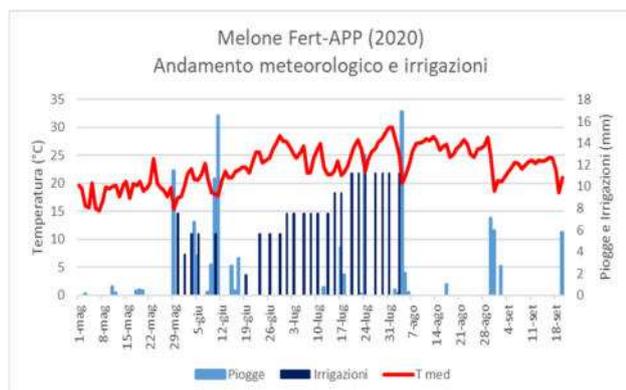
Per la coltura del Melone sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA), in un unico appezzamento di circa 500 m² suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all’impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 80 m², 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-limoso, 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 risultato essere per entrambi gli anni di 148 kg/ha di N, 68 kg/ha di P₂O₅ e 44 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image shows two screenshots from the Fert-Irrinet application. The left screenshot, titled 'Appezzamento 121188 - Melone Tesi Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO', displays various soil chemical parameters such as Azoto Totale (1,1), Fosforo ppm (2,99), and Rapporto C/N (8,54). The right screenshot, titled 'Appezzamento 3 - Melone Tesi Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management settings including 'Tipo di coltura' (MELONE FINCCAMATO), 'Ciclo' (Unica), and 'Data inizio ciclo della fase semina/trapianto' (28/05/2020).

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.

Tesi	Fondo			Fertirrigazione		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

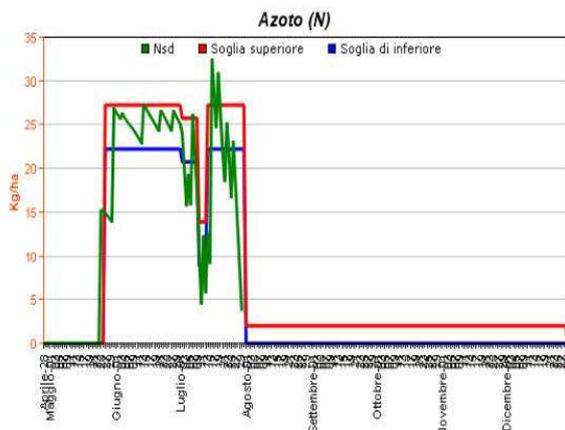
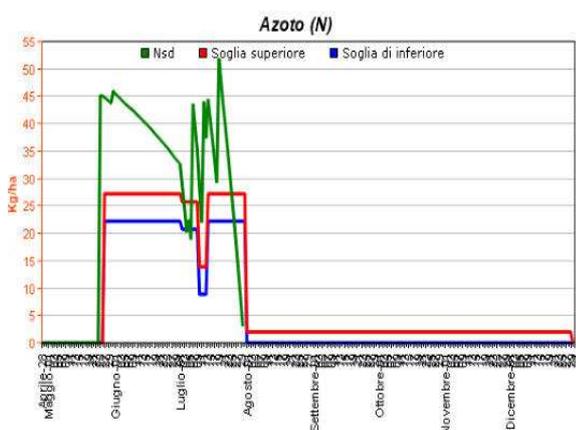
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
15/07/2021	34,2	0	0	0,6	8,0	0,0	0,0
05/07/2021	34,2	0	0	1,1	15,0	0,0	0,0
24/06/2021	34,2	0	0	1,1	15,0	0,0	0,0
14/06/2021	13	0	46	3,0	16,4	0,0	58,0
14/06/2021	34,2	0	0	0,3	3,6	0,0	0,0
04/06/2021	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.

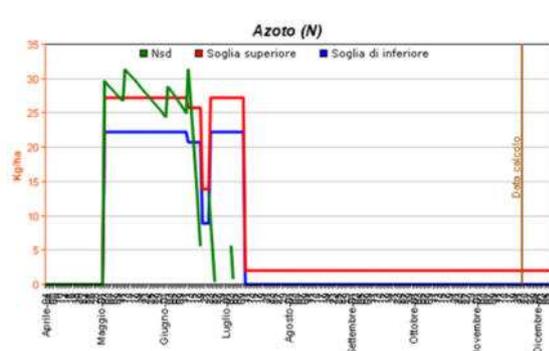
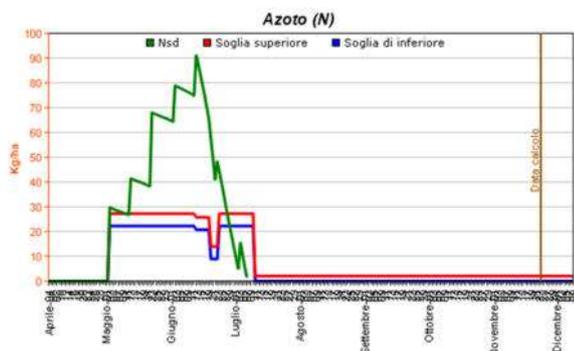
Descrizione fenofase	Ordine	Consiglio irriguo	Somma Termica (gradi)	Kc	Stop crescita radicale	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/h	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/h	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/h	Riserva K2O %
pre-emergenza	1	False	0	0,40	False	0	0	0	0	60	0	0	70	0
semina/trapianto	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 m² 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.

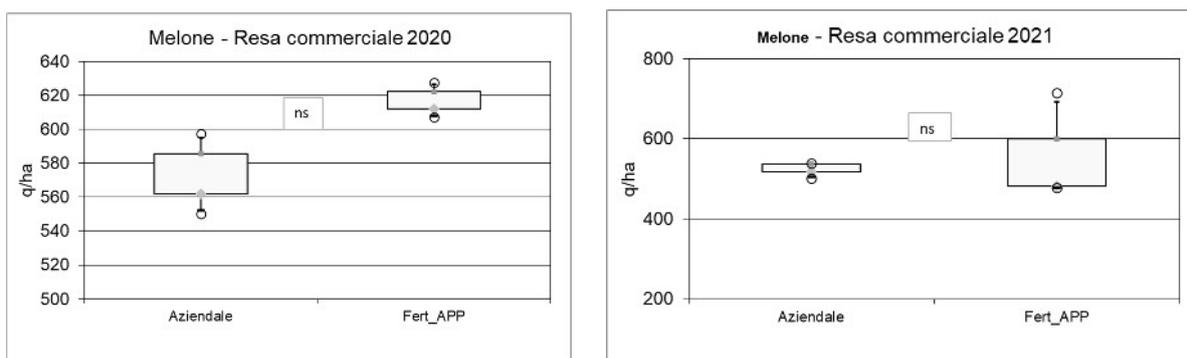


Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.

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.

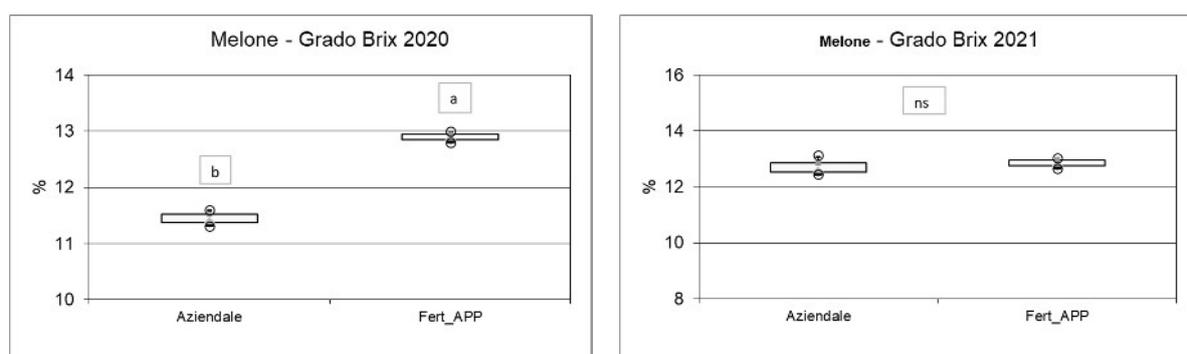


Fig. 5 – Differenti gradi Brix osservati nel 2020 e nel 2021.

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.

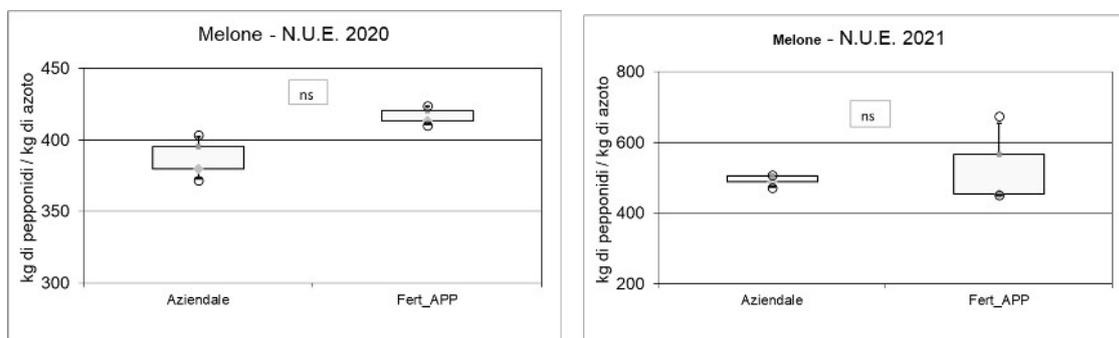


Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.

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.

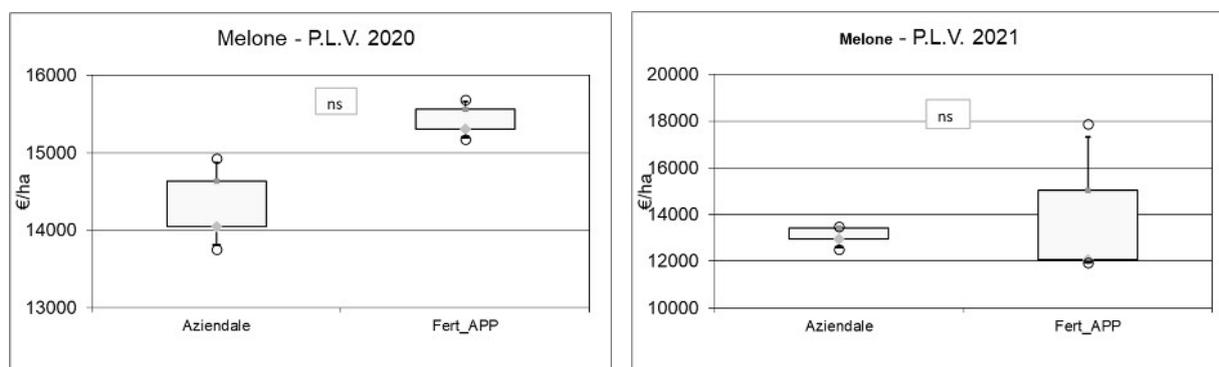


Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.

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.

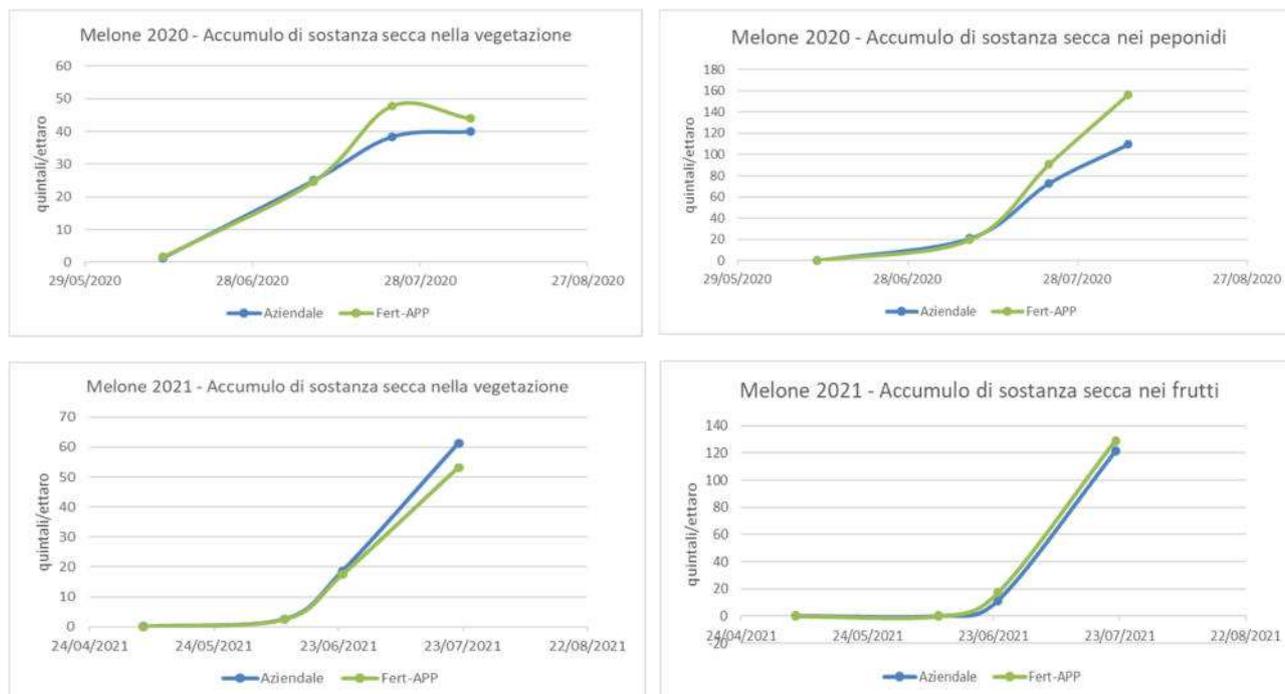
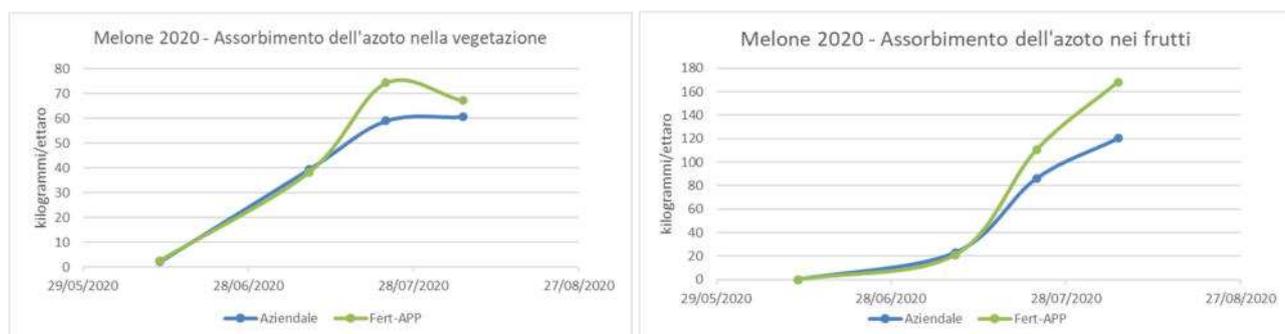


Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.

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.



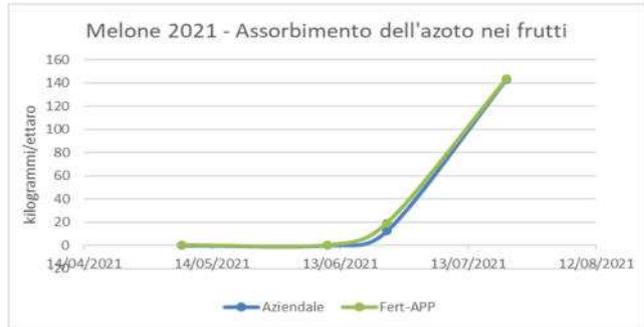
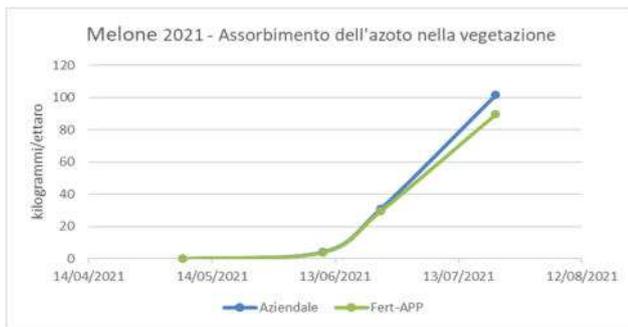


Fig. 9a, 9b, 9c e 9d – Dinamica dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

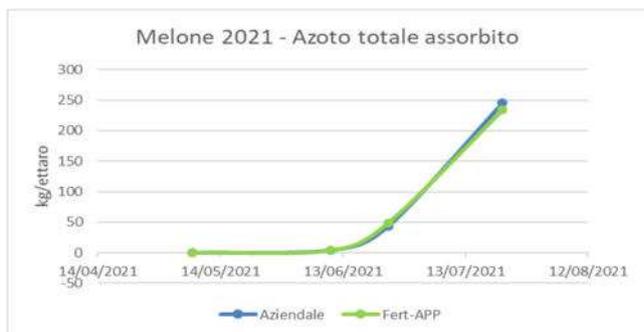


Fig. 10a e 10b – Dinamica complessiva dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.

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 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.

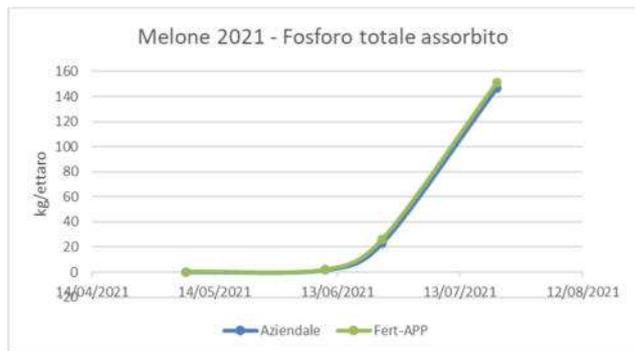
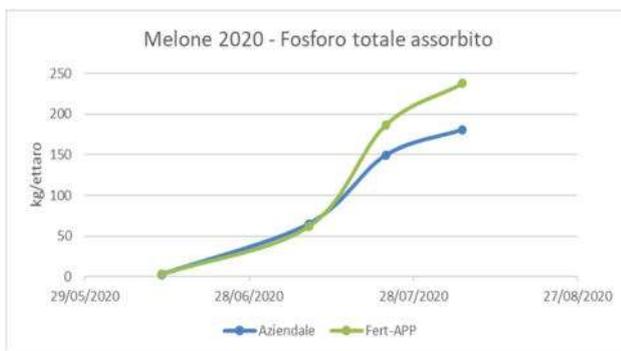


Fig. 12a e 12b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio 2020-2021.

Curve di assorbimento del potassio

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.

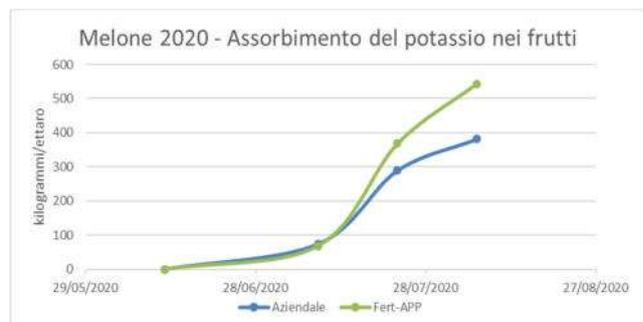
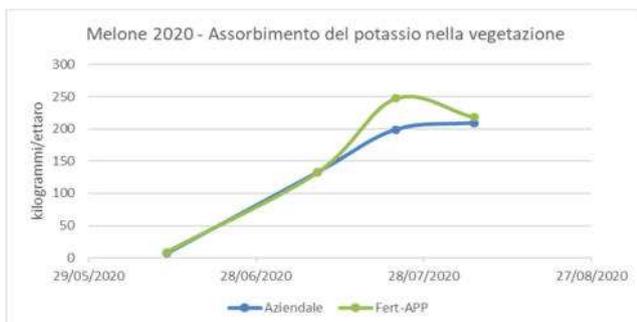




Fig. 13a 13b, 13c e 13d – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

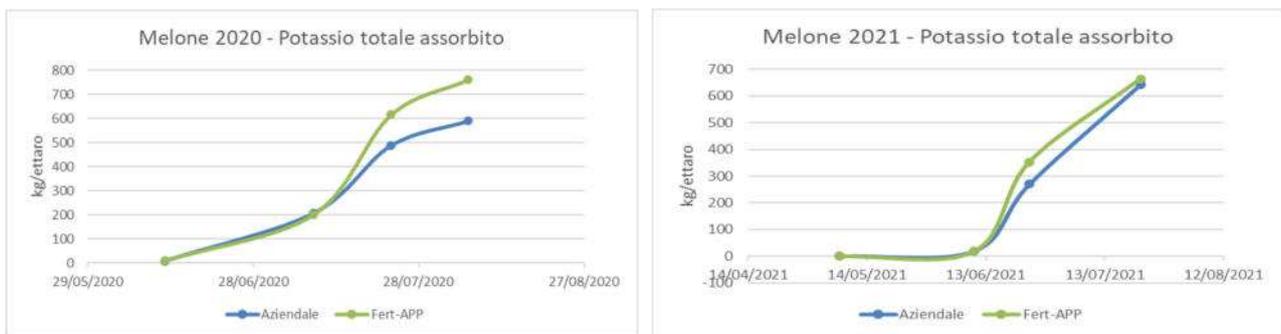


Fig. 14a e 14b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del potassio ottenuta nel biennio 2020-2021.

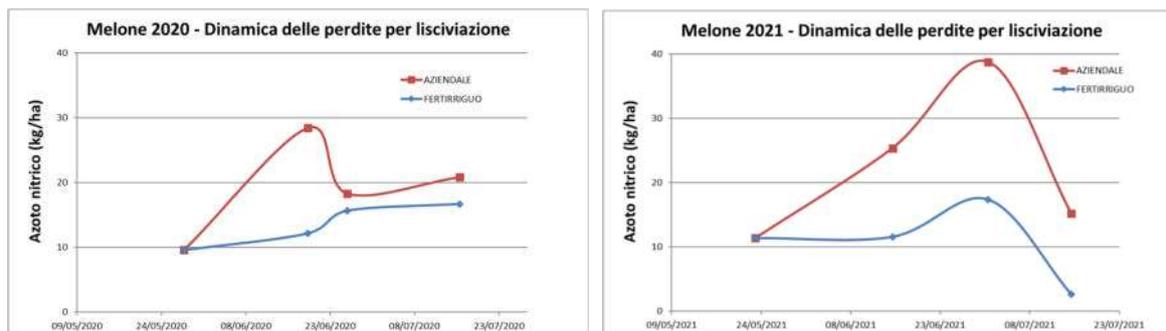
Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

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

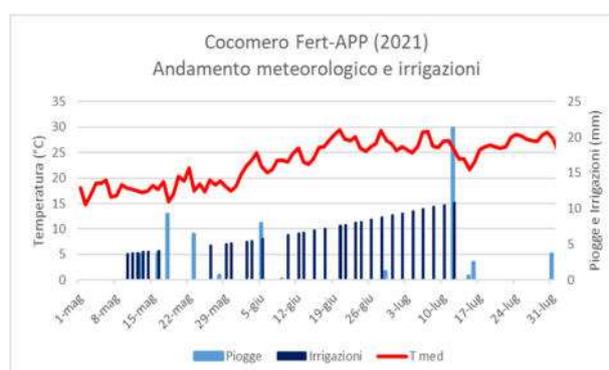
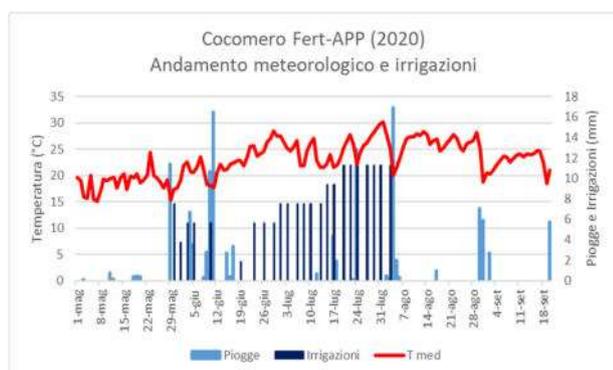
Per la coltura del Cocomero sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA), in un unico appezzamento di circa 500 m² suddiviso in sei parcelle: due strategie replicato tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all’impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 80 m², 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-limoso, 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 risultato essere per entrambi gli anni di 106 kg/ha di N, 72 kg/ha di P₂O₅ e 38 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate 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.

Tesi	Fondo			Fertirrigazione		
	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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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	14,1	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
07/07/2020	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	1,3	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	0,5	1,5	2,6	0,0
05/06/2020	34,2	0	0	0,2	2,1	0,0	0,0
01/06/2020	12	61	0	1,3	6,4	41,8	0,0
01/06/2020	34,2	0	0	0,5	3,6	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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

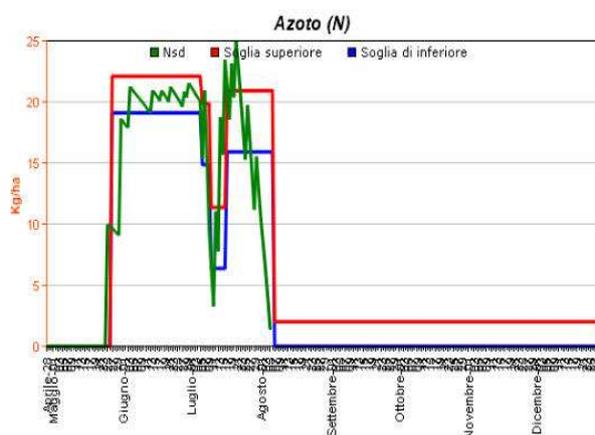
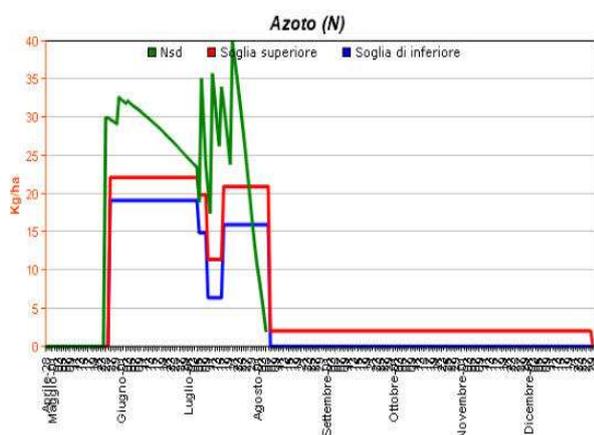
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
15/07/2021	34,2	0	0	0,7	10,0	0,0	0,0
05/07/2021	34,2	0	0	0,7	10,0	0,0	0,0
24/06/2021	34,2	0	0	0,8	11,0	0,0	0,0
14/06/2021	13	0	46	2,3	12,4	0,0	44,0
14/06/2021	34,2	0	0	0,2	2,6	0,0	0,0
04/06/2021	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.

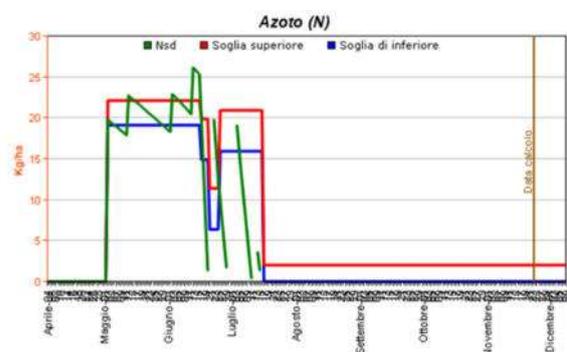
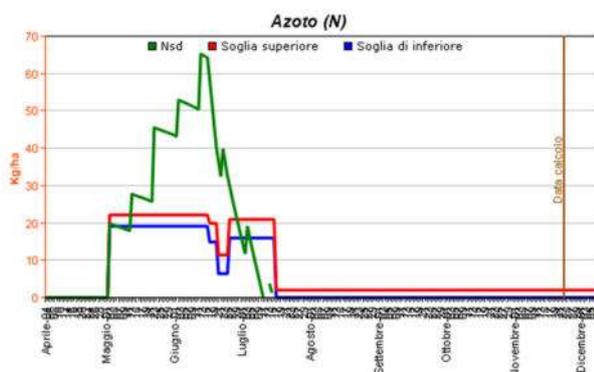
Descrizione fenofase	Ordine	Consiglio irriguo	Somma Termica (gradi)	Kc	Stop crescita radicale	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/h	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/h	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/h	Riserva K2O %
pre-emergenza	1	False	0	0,40	False	0	0	0	0	60	0	0	70	0
semina/trapianto	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 m² 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.

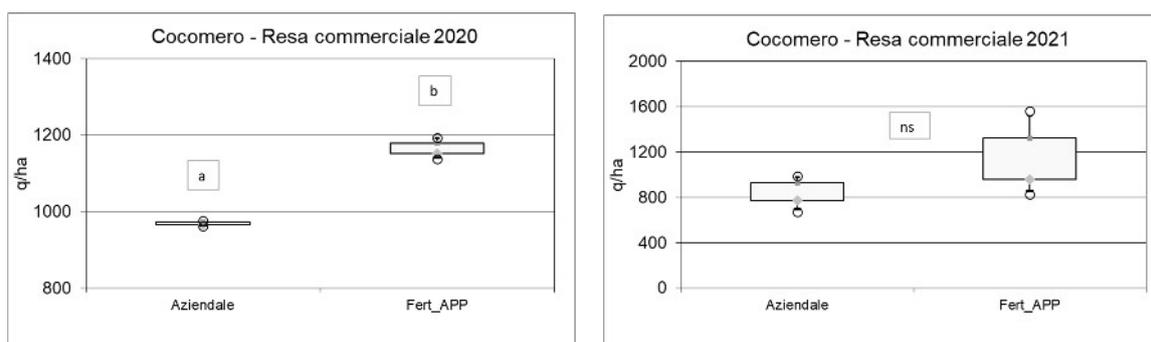


Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.

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.

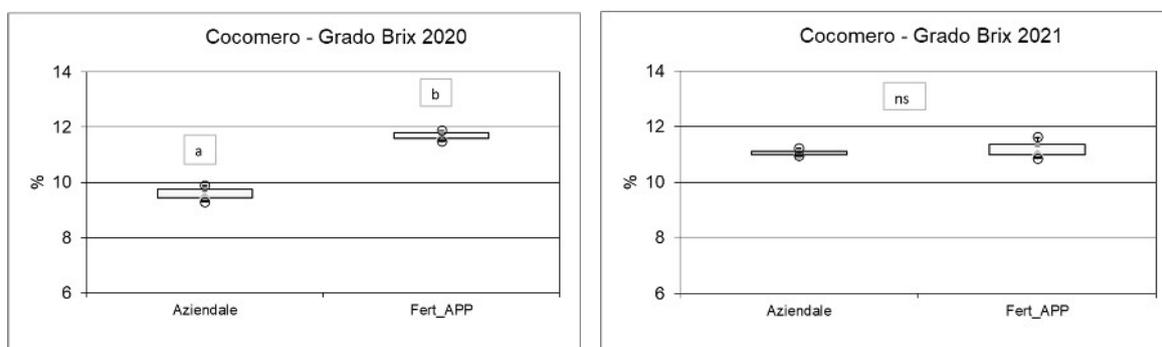


Fig. 5 – Differenti gradi Brix osservati nel 2020 e nel 2021.

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.

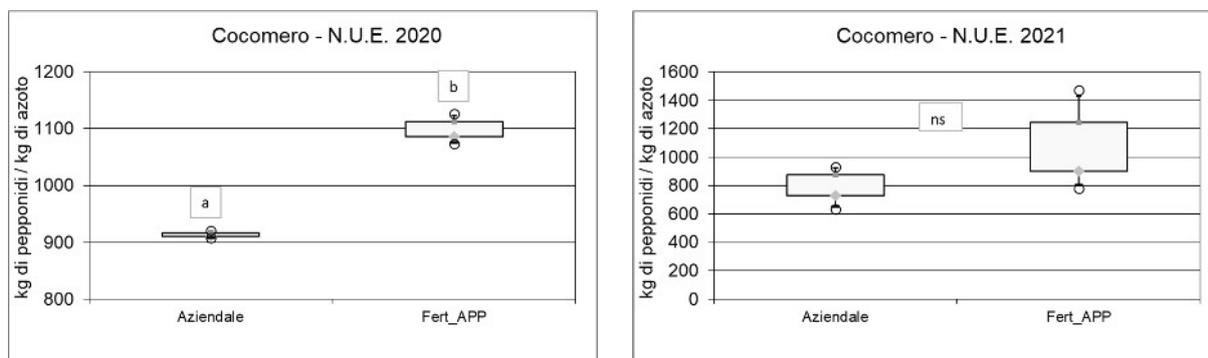


Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.

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.

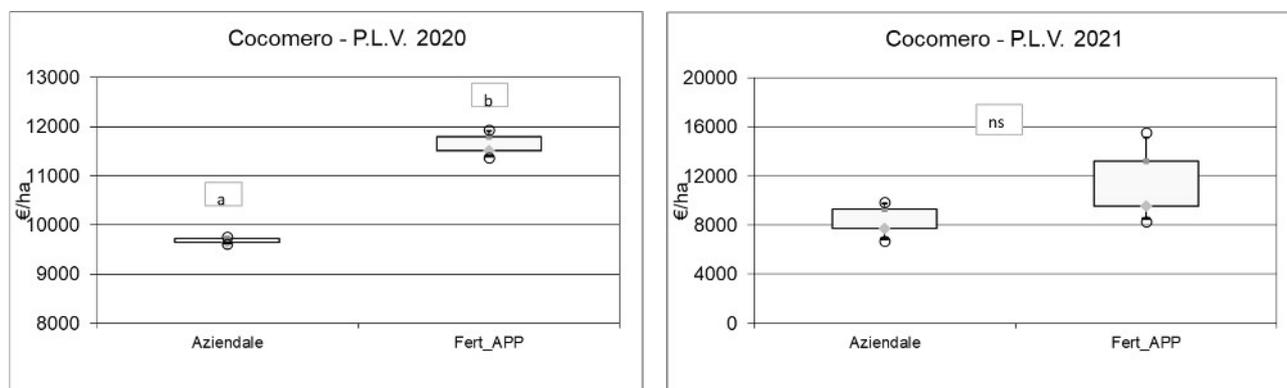


Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.

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.

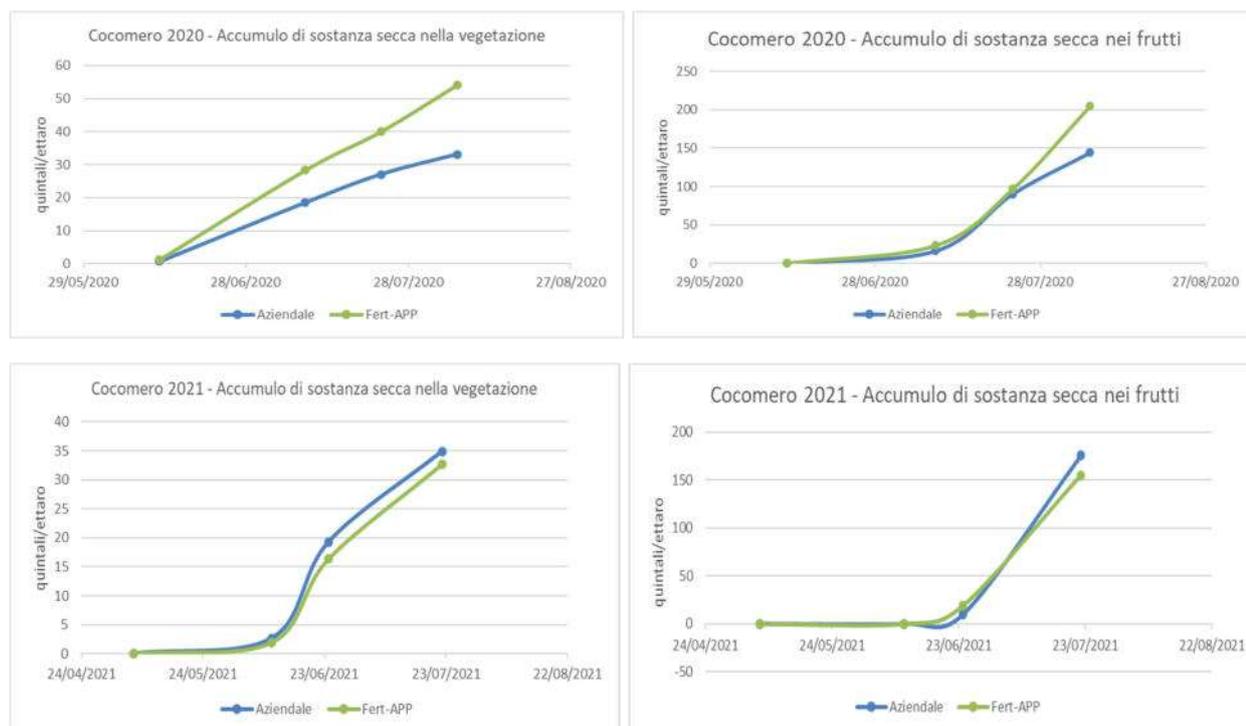
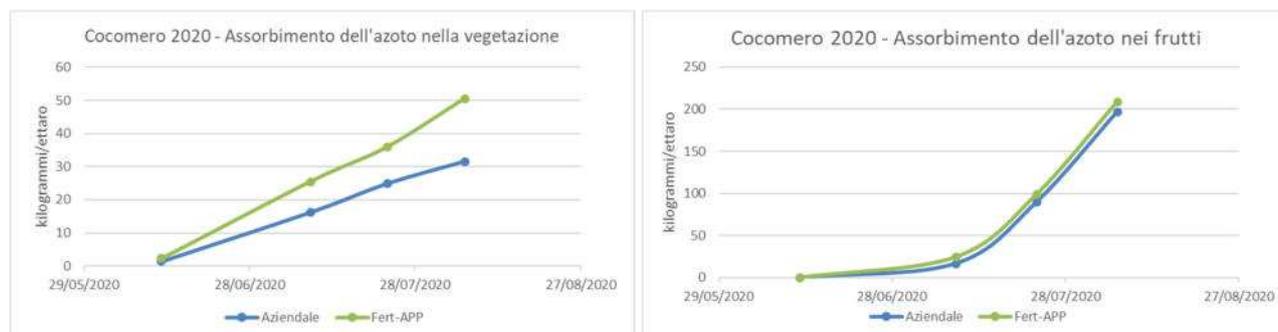


Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.

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.



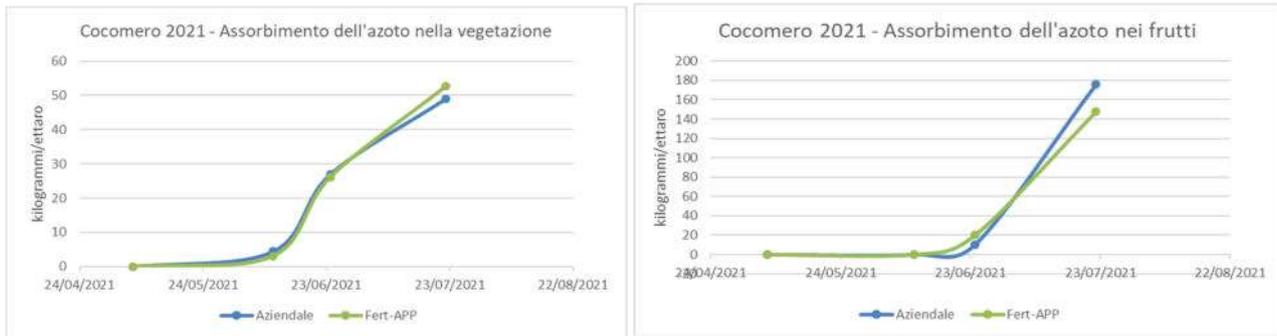


Fig. 9a 9b 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.

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.

Curve di assorbimento del fosforo

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.

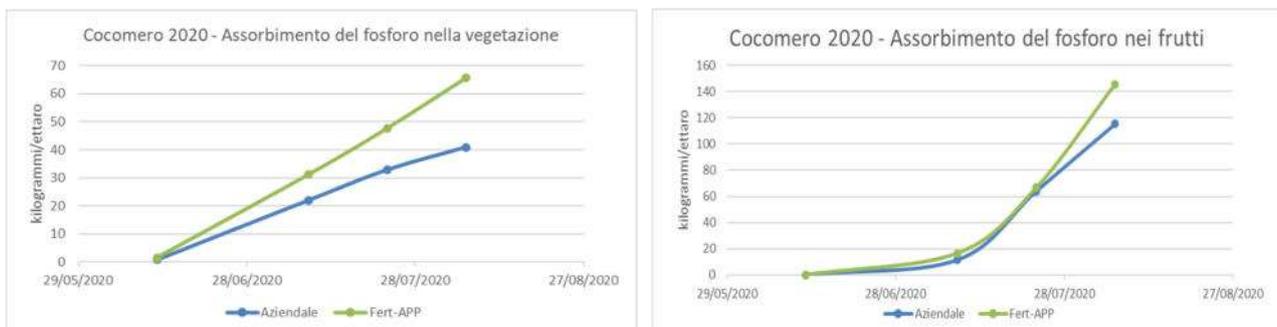




Fig. 11a, 11b, 11c e 11d – Dinamica dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.

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.

Curve di assorbimento del potassio

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.

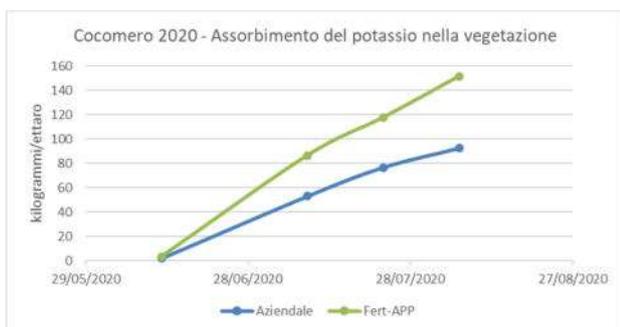




Fig. 13a, 13b, 13c e 13d – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.

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.

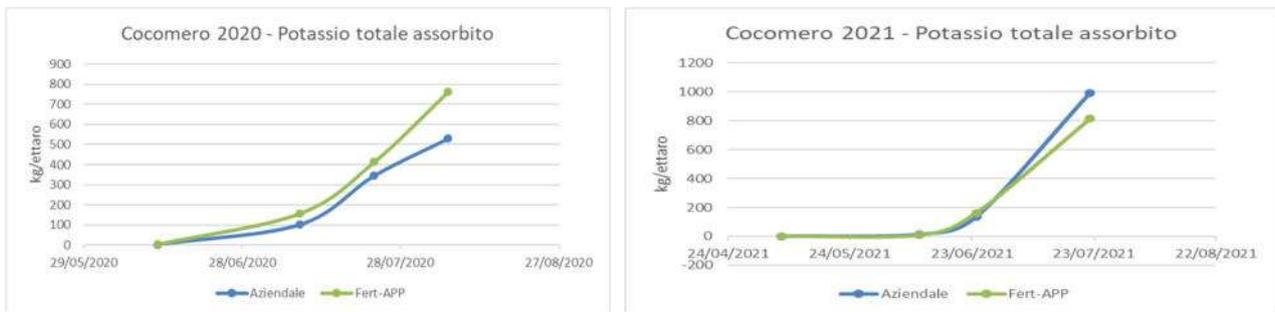


Fig. 14a e 14b – Dinamica complessiva dell’assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.

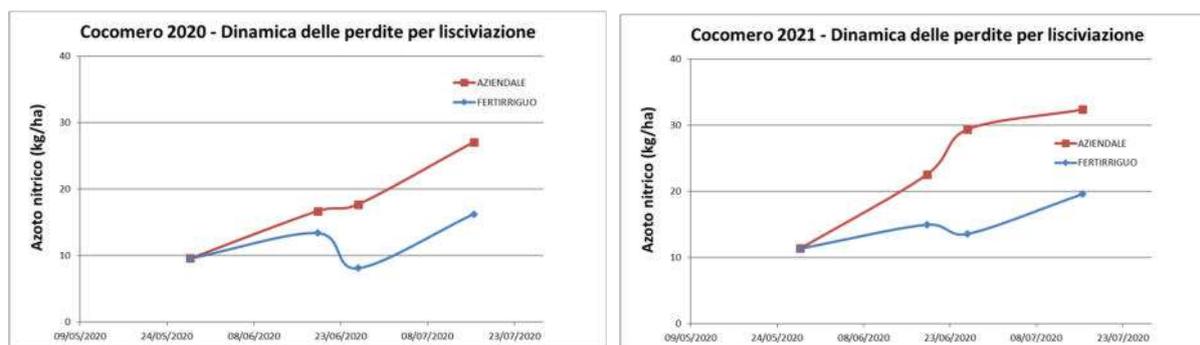
Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

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
allegazione: 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

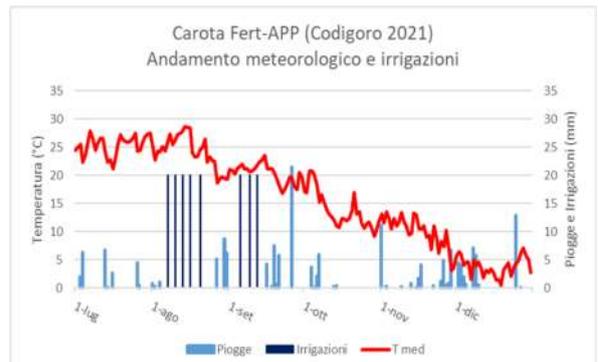
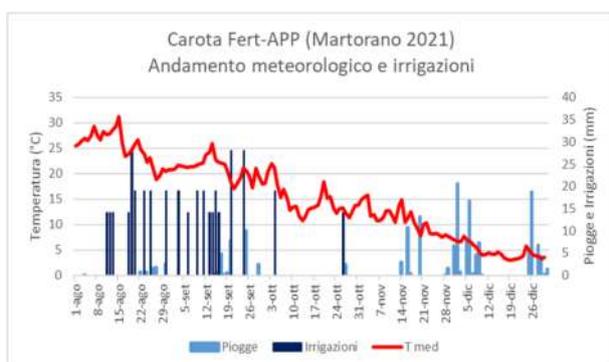
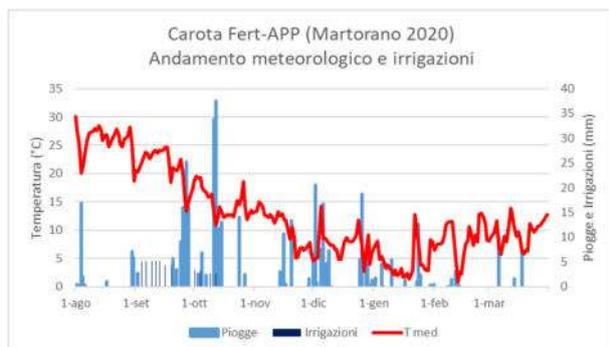
Per la coltura della Carota, sono state condotte prove sia presso i campi sperimentali di Martorano 5 (ASTRA) che presso l'Azienda agricola Benassi. Per quest'ultima non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita in regime biologico. Le prove sono state 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 culturale, 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 risultato essere per entrambi gli anni di e 159,8 kg/ha di N, 112,6 kg/ha di P₂O₅ e 145,6 kg/ha di K₂O per Martorano5 e, per il sito di Codigoro, di 157 kg/ha di N, 80 kg/ha di P₂O₅ e 300 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

Appezzamento 122305 - Carota Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg:

Potassio ppm K2O:

Fosforo ppm P2O5:

Sostanza organica %:

Rapporto C/N:

Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto.

Magnesio ppm:

Capacità di scambio cationico:

Calcare totale %:

Calcare attivo %:

pH:

Disponibilità di ossigeno:

Utilizzazione:

% di azoto fissazione:

Appezzamento in Zona vulnerabile:

Appezzamento 6 - Carota Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE

Tipo di coltura: CAROTA ESTIVA

Ciclo:

Descrizione:

Data inizio ciclo della fase semina/trapianto:

Data di raccolta:

Cultura protetta:

Cultura creata il: 10/11/2020 11:52:34

Dati della coltura per la fertilizzazione

Finalità produttiva:

Fase ciclo culturale:

Tipo fertilizzante organico:

Frequenza fertilizzante organico:

Fertilizzatori organiche alle colture in precessione in N (kg/ha):

Rese t/ha:

Tipologia culturale precedente:

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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

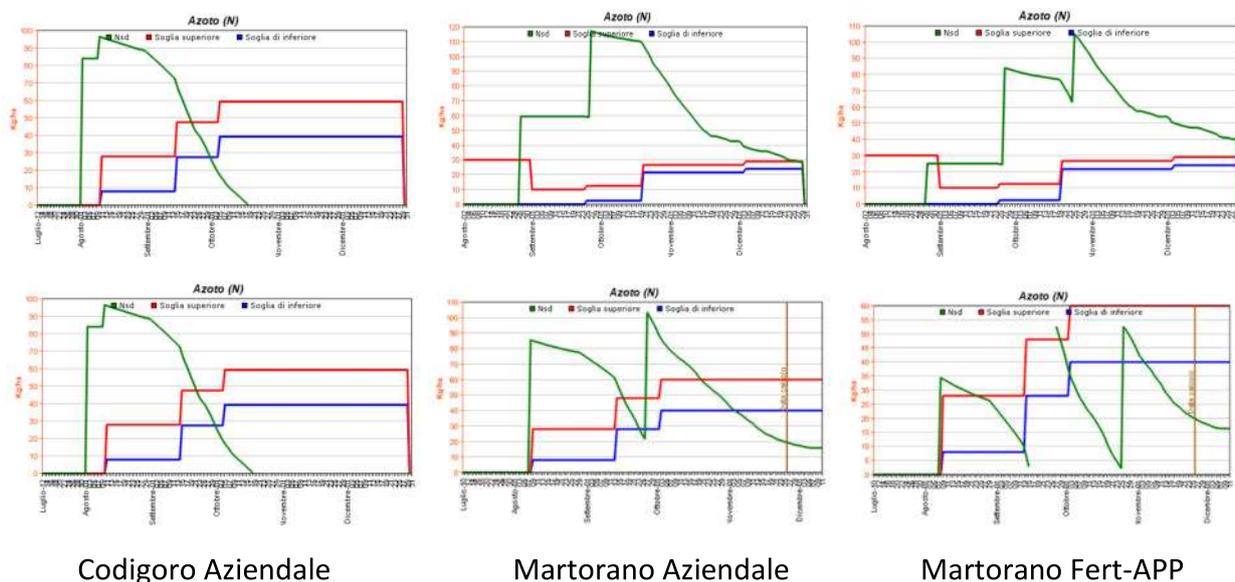
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
27/10/2021	13	0	46	1,3	24,1	0,0	85,4
27/10/2021	34,2	0	0	0,6	27,4	0,0	0,0
28/09/2021	34,2	0	0	1,5	73,3	0,0	0,0
28/09/2021	13	0	46	0,7	12,1	0,0	42,7
09/08/2021	0	46	0	2,2	0,0	142,9	0,0
09/08/2021	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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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:



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

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 m² 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.

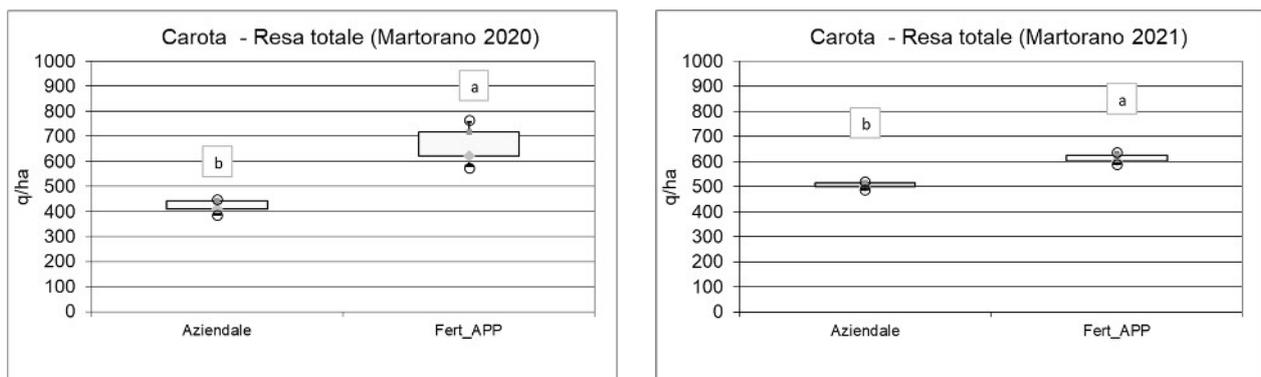


Fig. 4 – Rese totali ottenute nel 2020 e nel 2021.

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:

- 6^a foglia vera;
- Fittone > 20 cm;
- 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, ripartito in biomassa vegetale e fittoni.

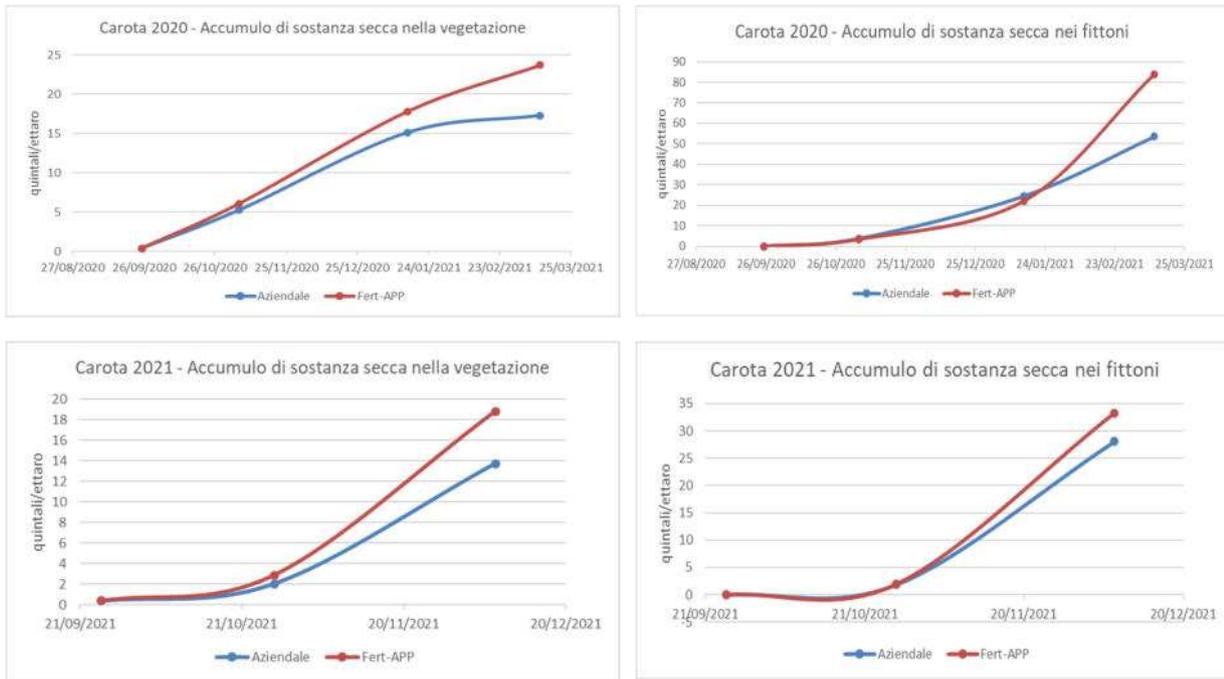


Fig. 5a, 5b, 5c e 5d – Dinamica dell’accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.

Curve di assorbimento dell’azoto

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

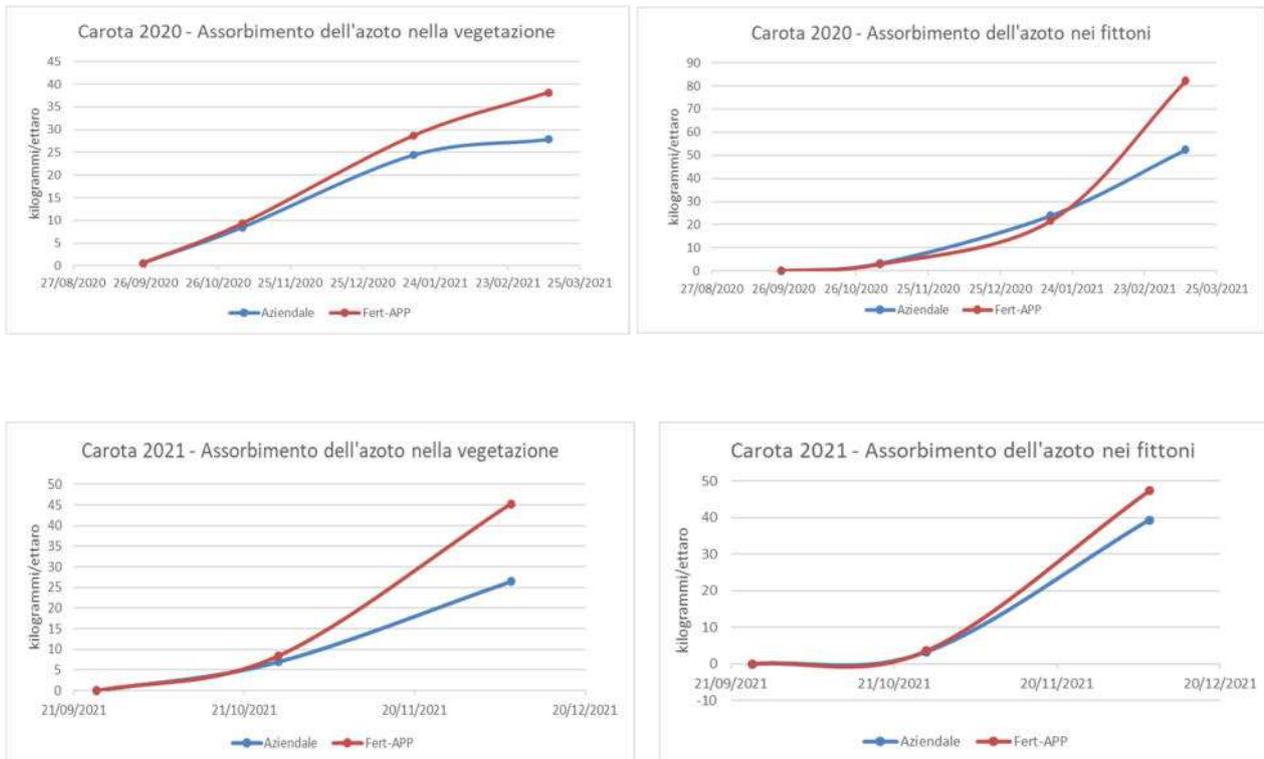


Fig. 6a 6b, 6c e 6d – Dinamica dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio di prova.

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.

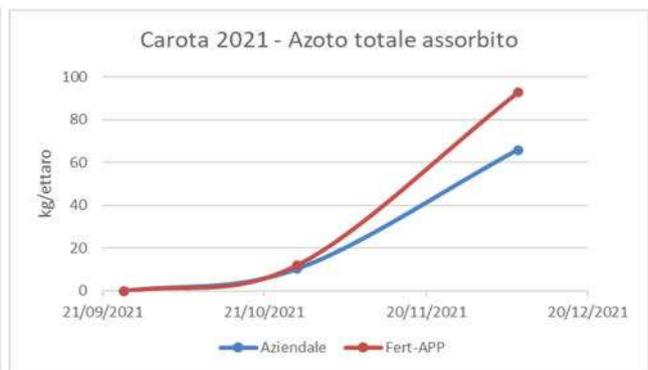
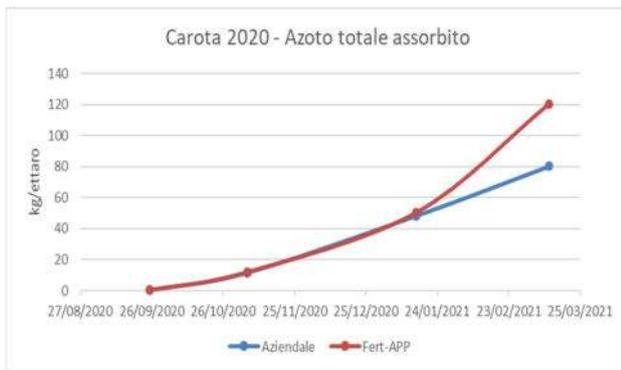


Fig. 7a e 7b – Dinamica complessiva dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio di prova.

Curve di assorbimento del fosforo

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.

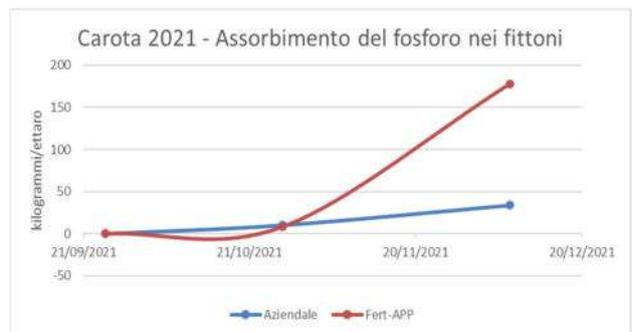
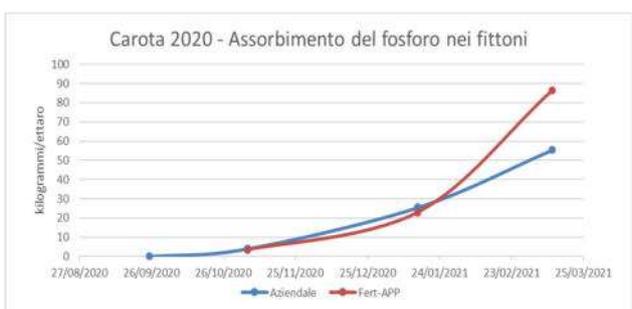


Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell’accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.



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.

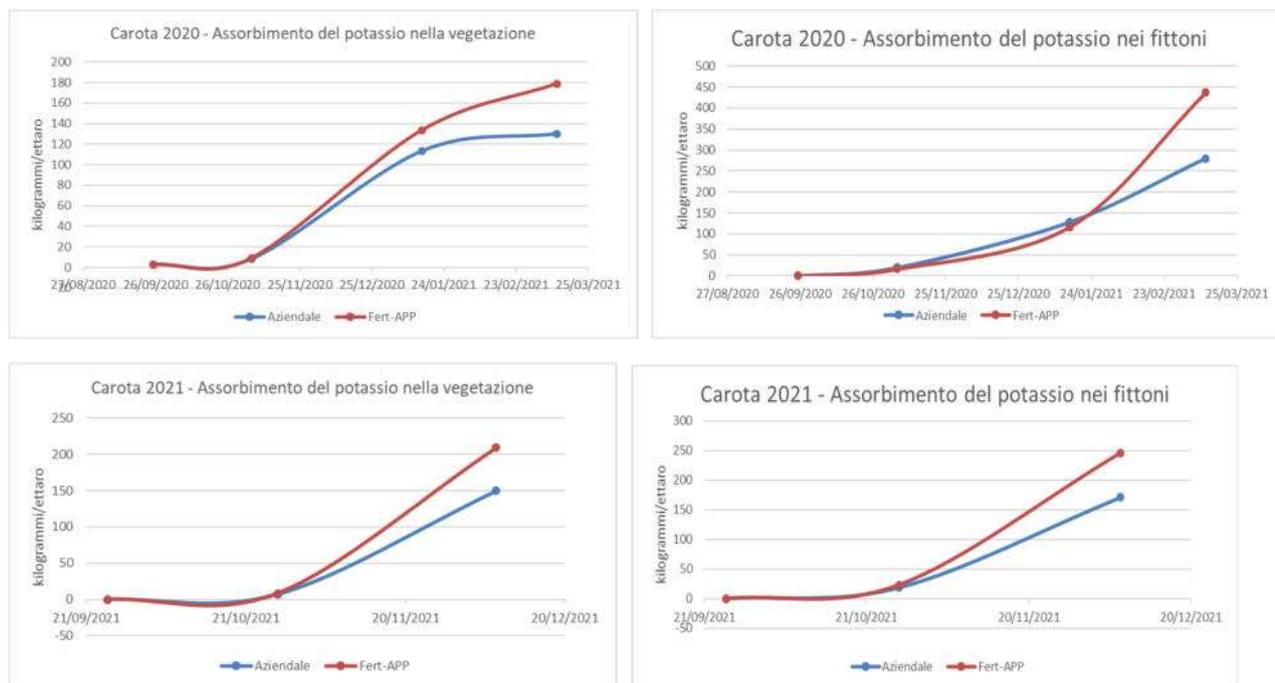


Fig. 10a 10b, 10c e 10d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.

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

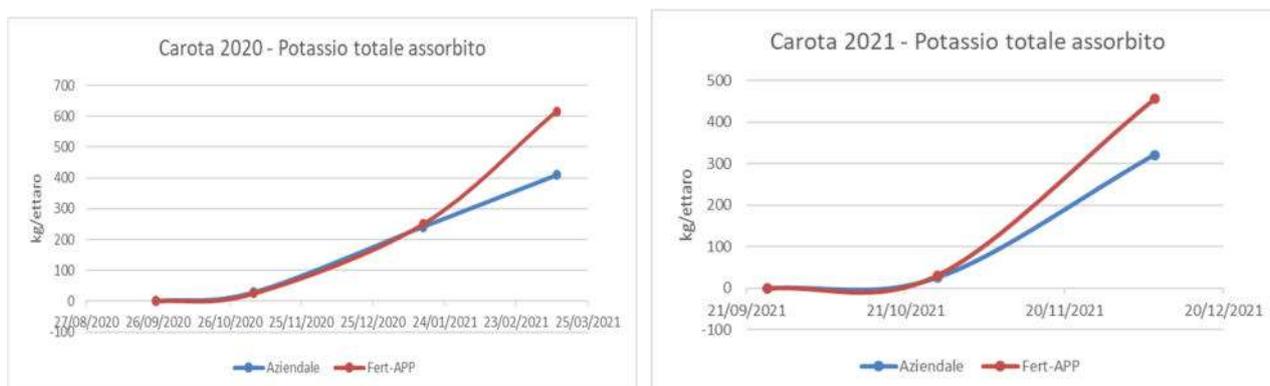


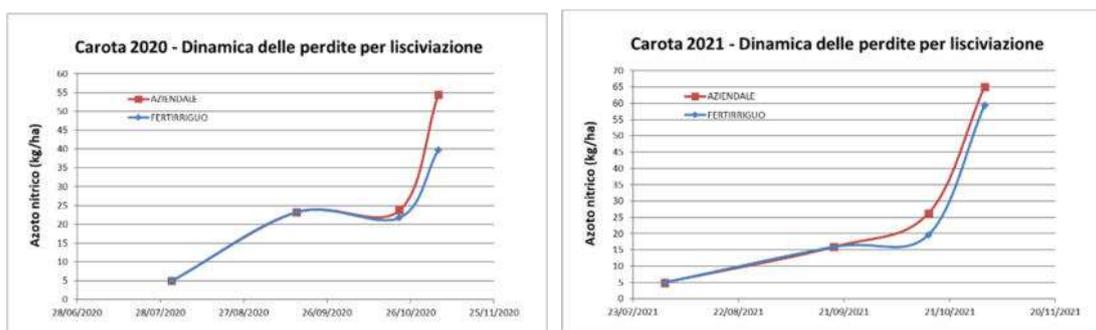
Fig. 11 – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.

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

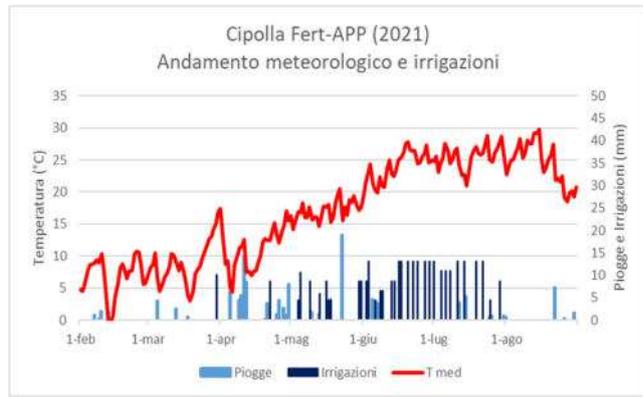
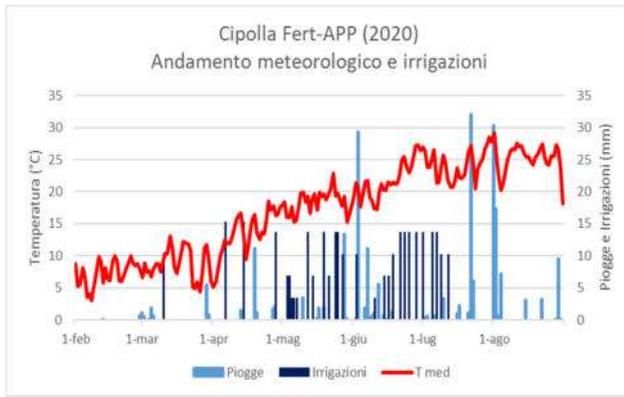
Per la coltura della Cipolla sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata presso l'Azienda Agricola sperimentale "Marsili" del CER, in un unico appezzamento di circa 2000 m² suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito alla semina della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 300 m², 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 culturale, 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 risultato 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 schermate dell'applicativo.

Appezzamento 120399 - Cipolla Fert-App > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg:

Potassio ppm [K2O]:

Fosforo ppm [P2O5]:

Sostanza organica %:

Rapporto C/N: Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto

Magnesio ppm:

Capacità di scambio cationico:

Calcare totale %:

Calcare attivo %:

pH:

Disponibilità di ossigeno:

Ubicazione:

% di azoto fissazione:

Appezzamento in Zona vulnerabile:

Appezzamento 30 - Cipolla Fert-App > MODIFICA CULTURA CORRENTE

Tipo di coltura:

Ciclo:

Descrizione:

Data inizio ciclo della fase semina/trapianto:

Data di raccolta:

Cultura protetta:

Cultura creata il: 31/03/2020 09:49:01

Dati della coltura per la fertilizzazione

Finalità produttiva:

Fase ciclo culturale:

Tipo fertilizzante organico:

Frequenza fertilizzante organico:

Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha):

Resa t/ha:

Tipologia culturale precedente:

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.

Tesi	Fondo			Fertirrigazione		
	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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

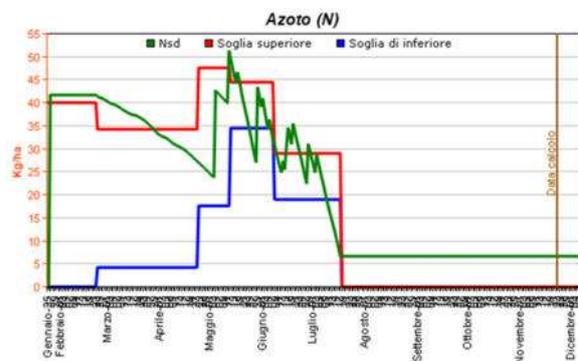
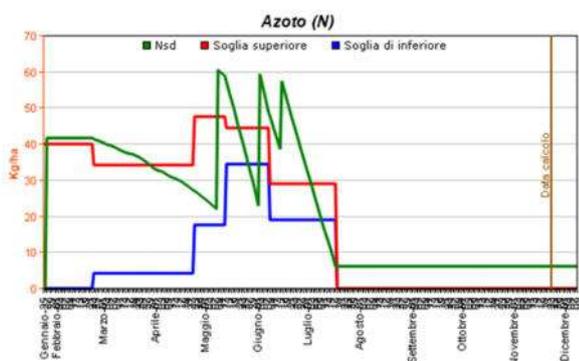
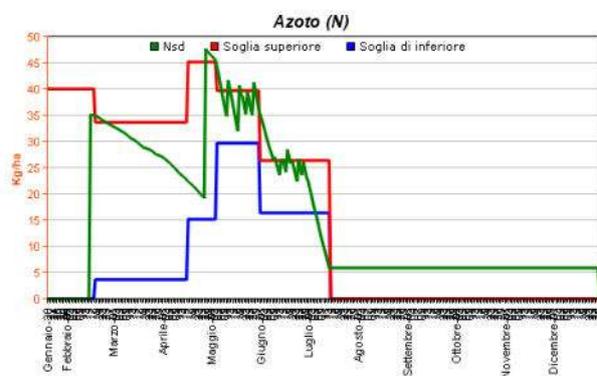
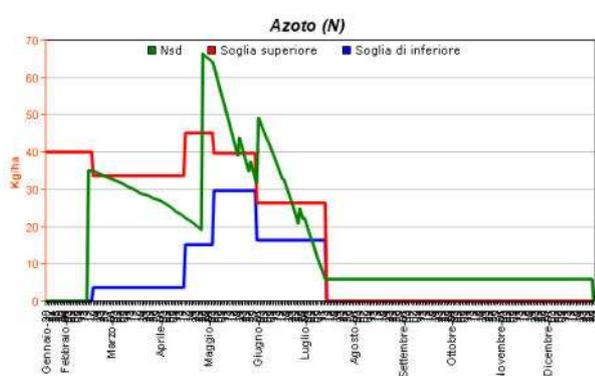
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
17/06/2021	34,2	0	0	10,0	20,4	0,0	0,0
04/06/2021	13	0	46	50,0	38,7	0,0	136,9
10/05/2021	13	0	46	50,0	38,7	0,0	136,9
28/01/2021	2,8	3	2	250,0	41,7	44,6	29,8

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 m² 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.

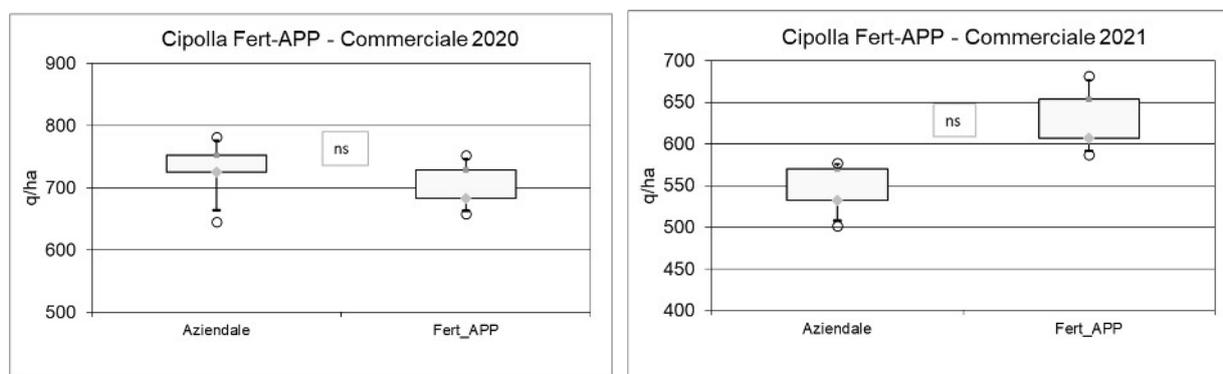


Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel 2020 e nel 2021.

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 “sottomisura” 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.

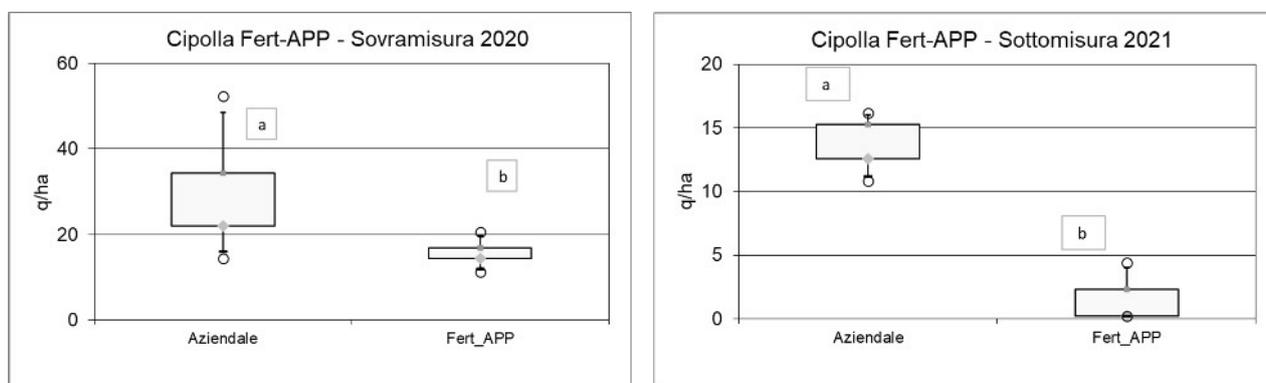


Fig. 5 – Differenti quantitativi di prodotto sovramisura osservati nel 2020.

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.

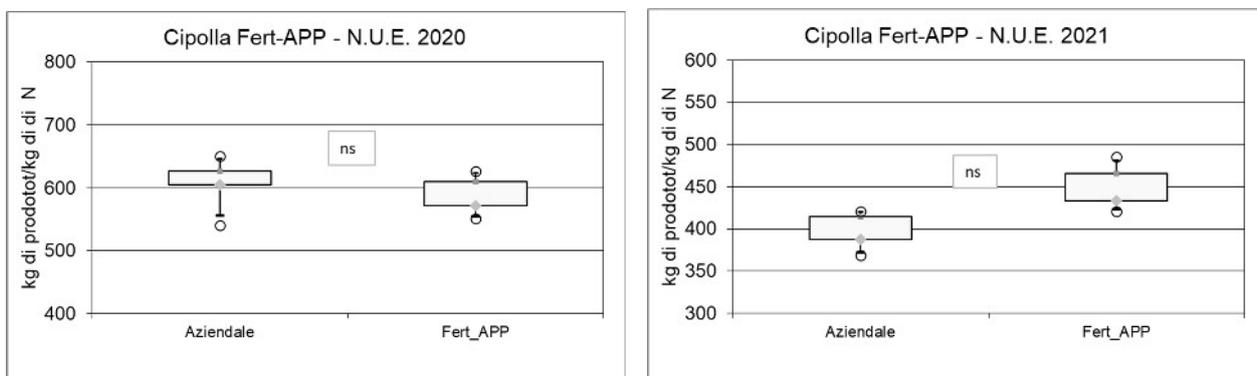


Fig. 6 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel 2020 e nel 2021.

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.

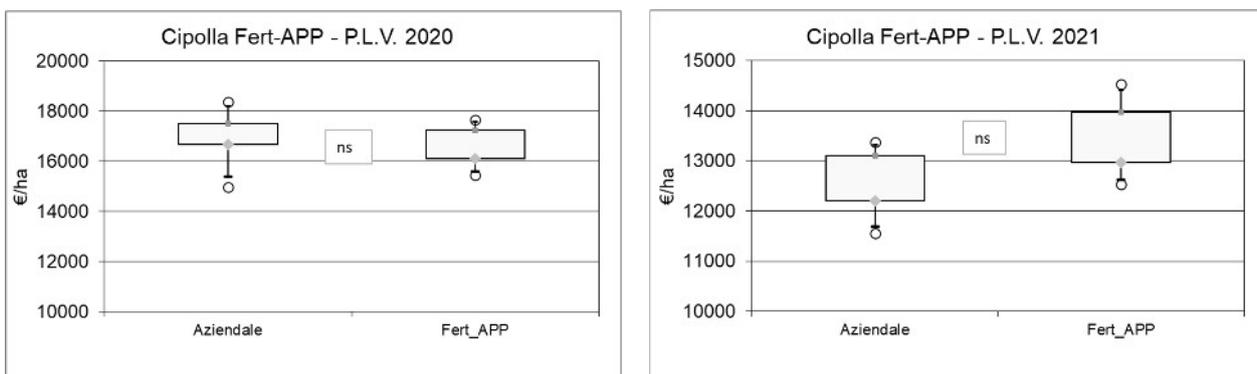


Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel 2020 e nel 2021.

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.

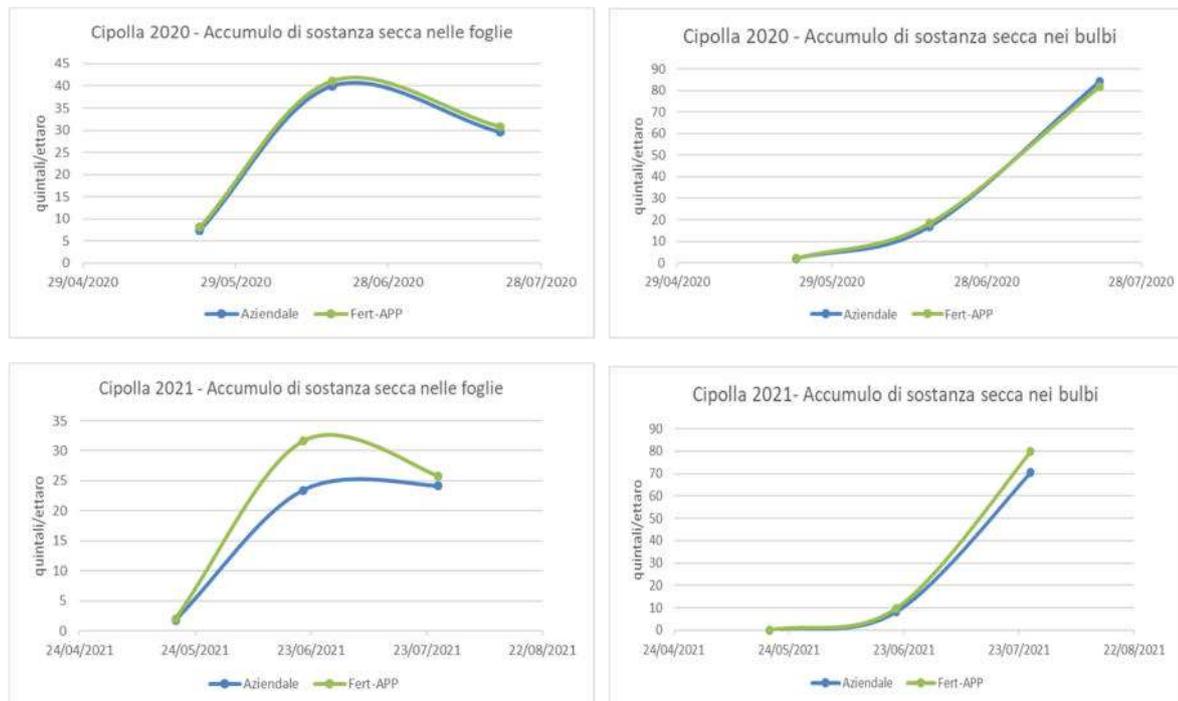


Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.

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.

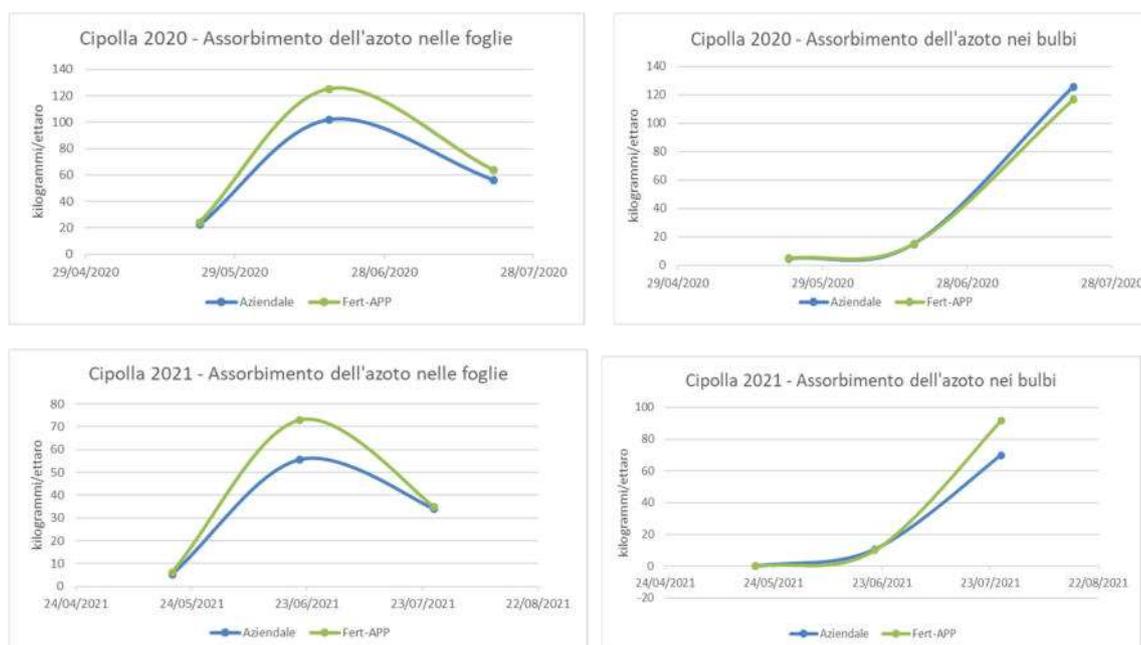


Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto ottenuta nel biennio di prova.

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.

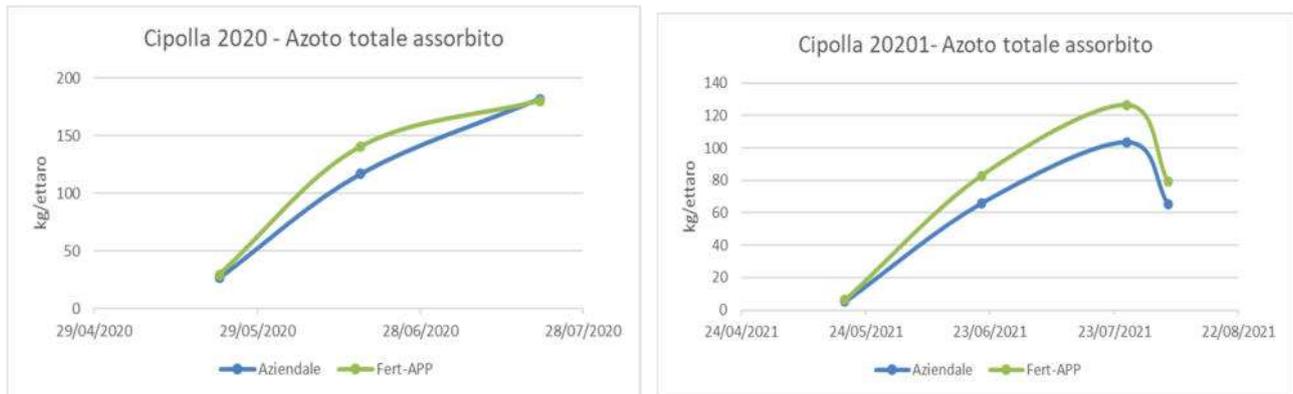


Fig. 10 – Dinamica complessiva dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio di prova.

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

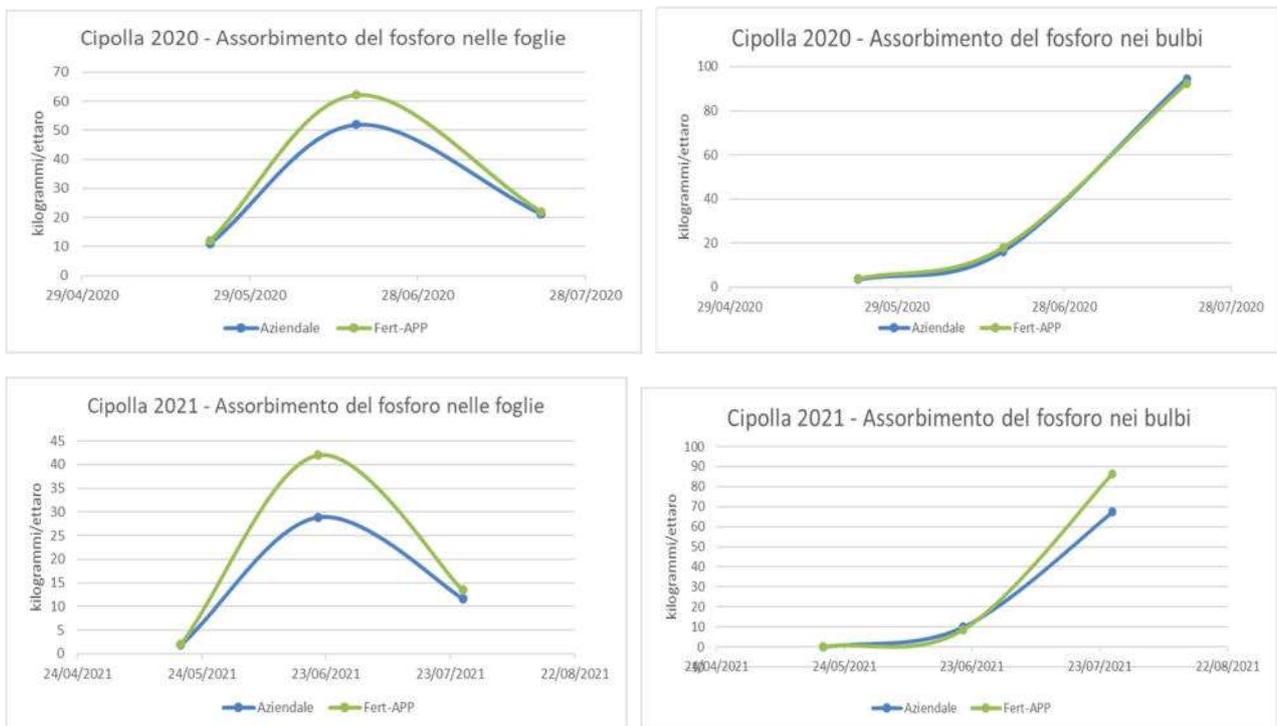


Fig. 11a e 11b – Dinamica dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.

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.

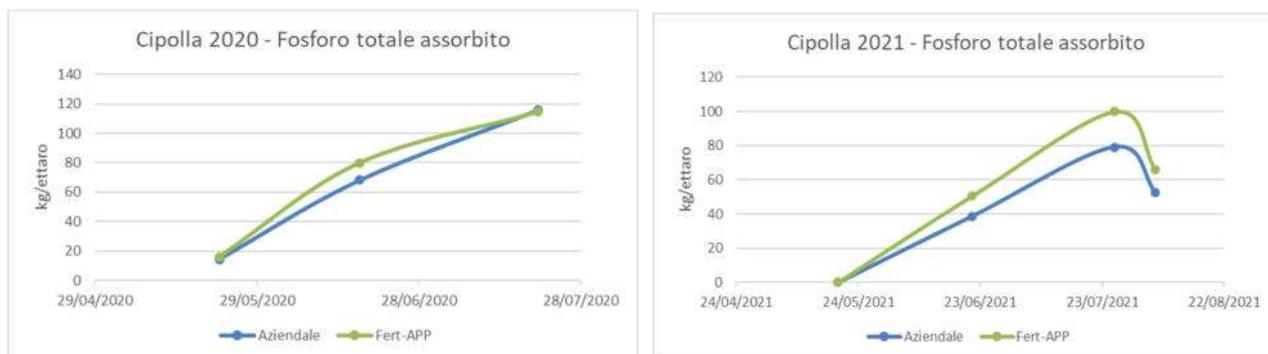


Fig. 12 – Dinamica complessiva dell’assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio di prova.

Curve di assorbimento del potassio

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.

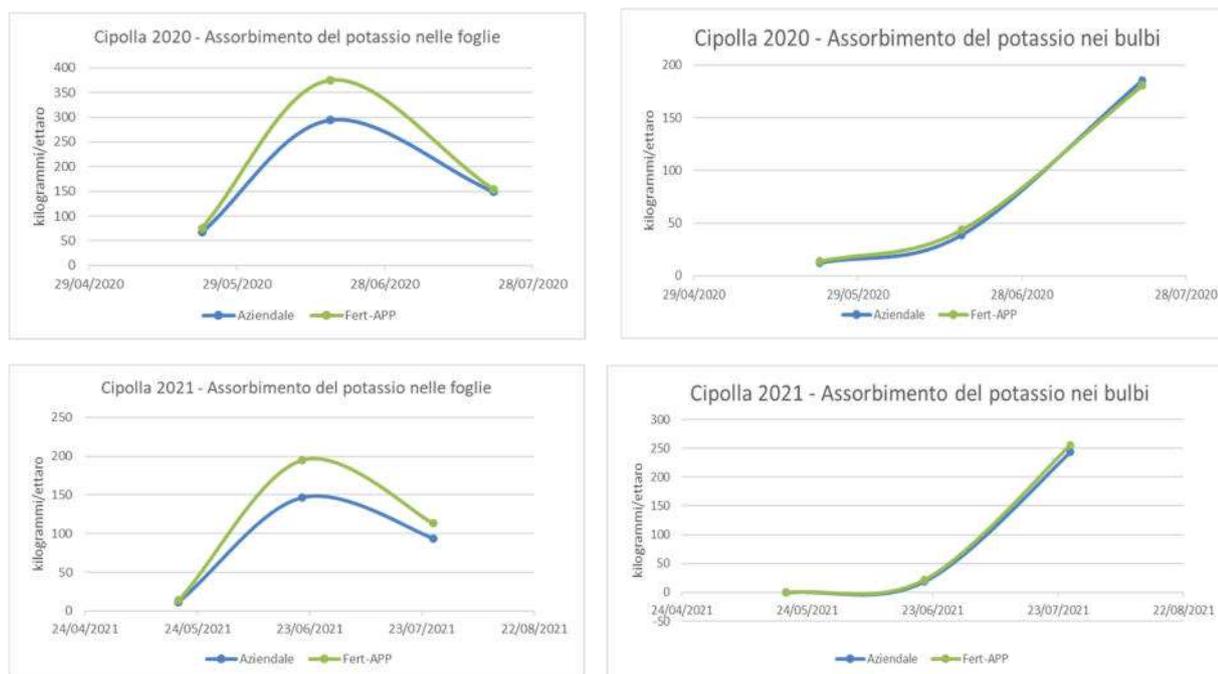


Fig. 13a e 13b – Dinamica dell’assorbimento del potassio ottenuta nel biennio di prova.

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.

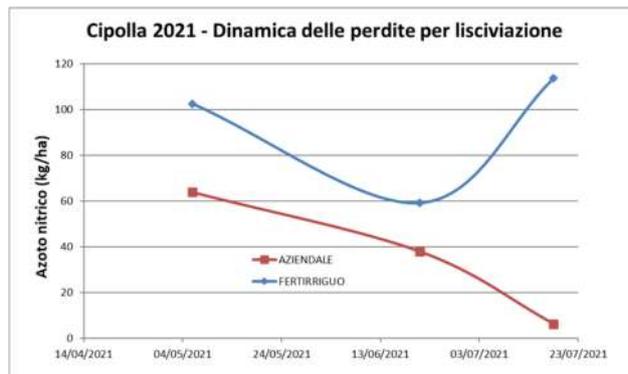
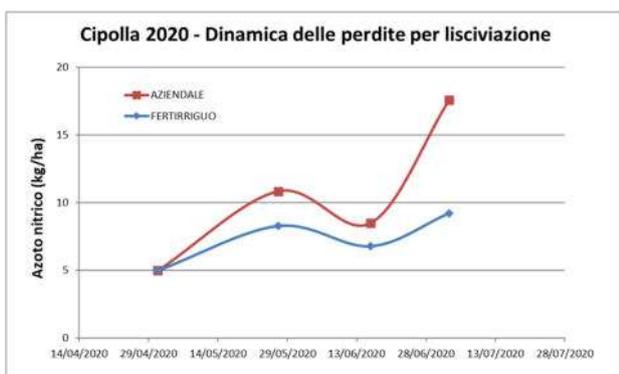
Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

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

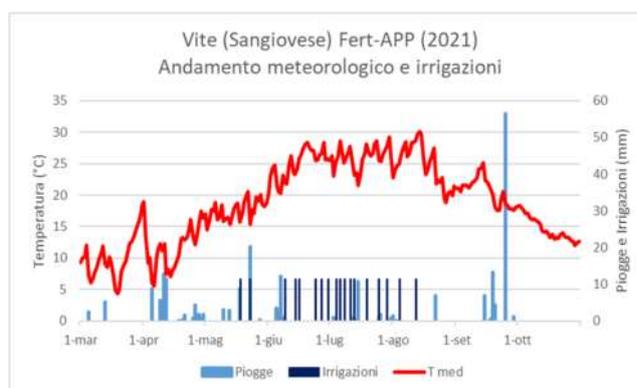
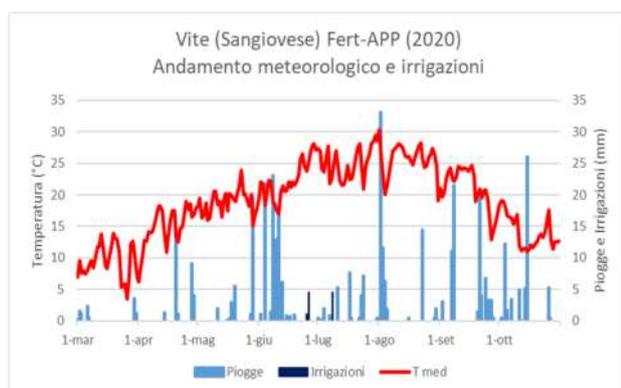
Per la coltura della vite da vino sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata all'interno di un vigneto sperimentale di circa 3000 m² situato presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università 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 risultato essere per entrambi gli anni di 40 kg/ha di N, 15 kg/ha di P₂O₅ e 20 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

Fig. 2a - Parametri chimici del suolo (sx)

Appezamento 121209 - Vite Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg: 0,8

Potassio ppm (K₂O): 235,52 **Converti**

Fosforo ppm (P₂O₅): 114,58 **Converti**

Sostanza organica %: 1,9

Rapporto C/N: 13,77

Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto

Magnesio ppm: 396

Capacità di scambio cationico: 12,5

Calcare totale %: 2

Calcare attivo %: 1

Ph: 6,5

Disponibilità di ossigeno: Buona

Ubicazione: Pianura isolata

% di azoto fissazione: 0

Appezamento in Zona vulnerabile:

Salva

Carica valori chimici presenti nell'intorno dell'appezzamento

Fig. 2b - Parametri della coltura (dx)

Appezamento 1 - Vite Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE

Tipo di coltura: VITE

Ciclo: Annuale

Descrizione: Vite Aziendale

Data inizio ciclo della fase rigonfiamento gemme: fase piena: 02/03/2020

Data di raccolta: 30/09/2020

Distanza sulla fila m: 1

Distanza tra le file m: 2,8

Condizione interfilare: Inerbito

Vigore portainnesto: Debole

Anno di impianto: 2019

Forma di Allevamento: Qualunque

Cultura protetta:

Cultura creata il: 24/06/2020 17:38:17

Dati della coltura per la fertilizzazione

Finalità produttiva: Vinificazione (pianura)

Fase ciclo colturale: l'anno alle

Tipo fertilizzante organico: Ammendante

Frequenza fertilizzante organico: saltuario

Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha): 100

Rese t/ha: 20

Tipologia colturale precedente: Non definita

Salva

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.

Tesi	Copertura tradizionale			Fertirrigazione		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

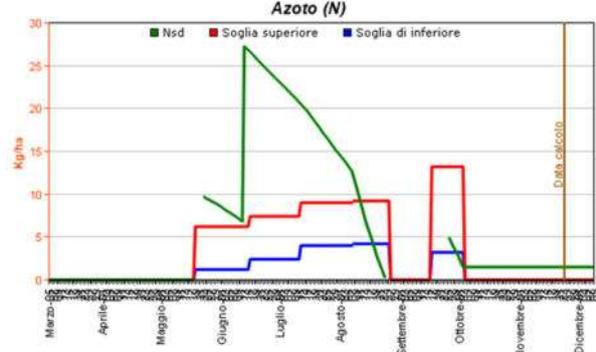
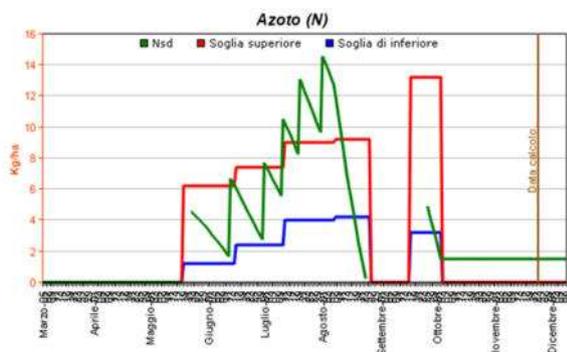
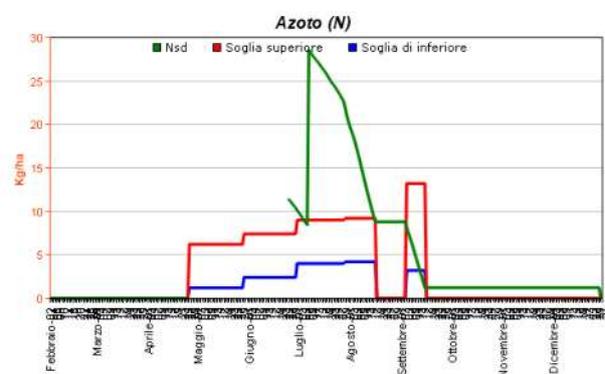
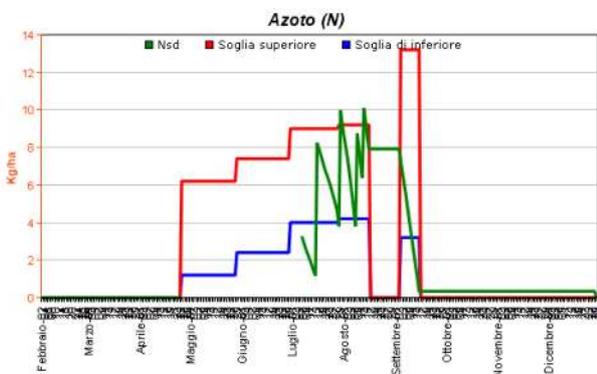
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
27/09/2021	34,2	0	0	2,3	10,3	0,0	0,0
14/06/2021	13	0	46	1,7	2,9	0,0	10,3
14/06/2021	34,2	0	0	4,0	17,7	0,0	0,0
24/05/2021	13	0	46	1,7	2,9	0,0	10,3
24/05/2021	34,2	0	0	1,7	7,4	0,0	0,0
01/04/2021	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.

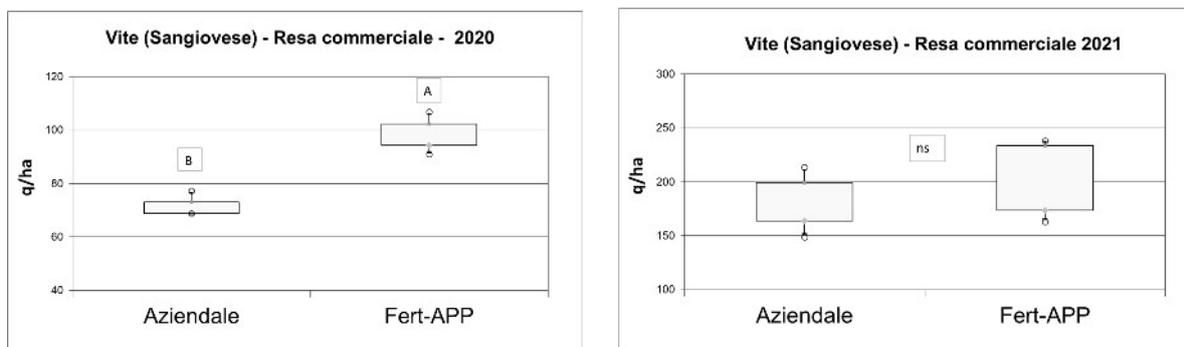


Fig. 8 – Rese commerciali ottenute nel biennio 2020-2021.

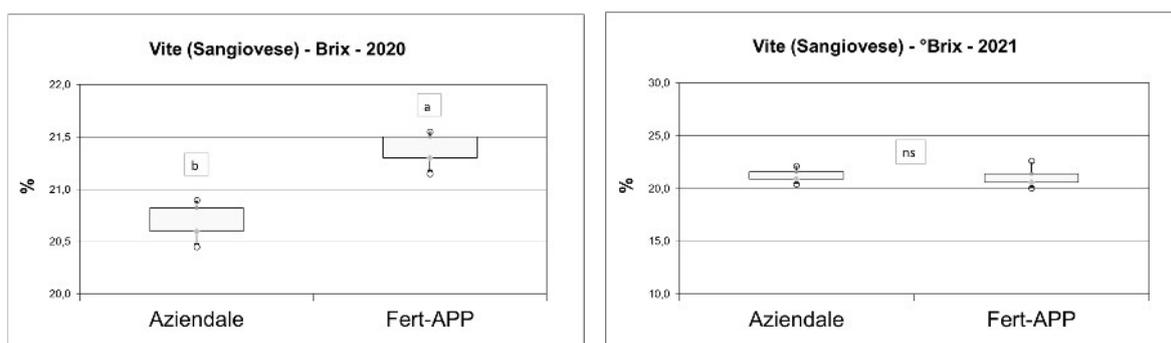


Fig. 9 – Qualità dell'uva ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

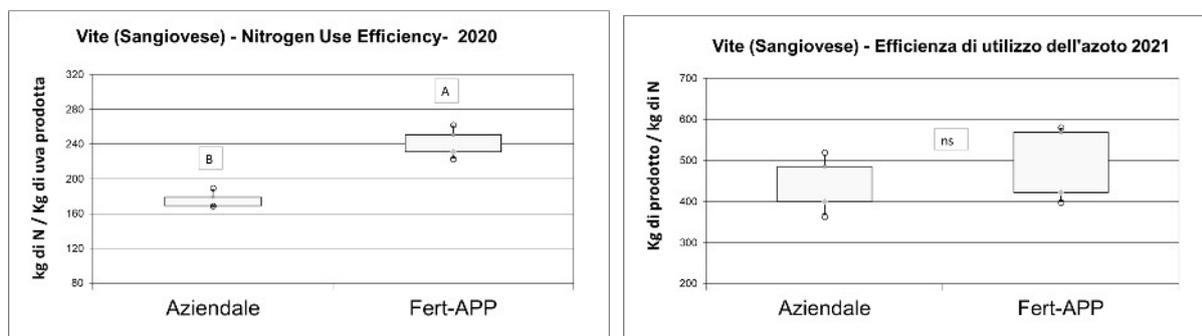


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

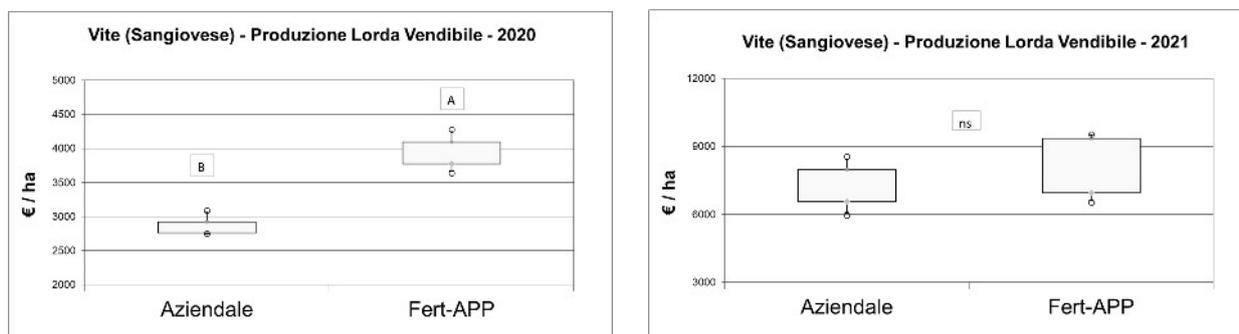


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio 2020-2021.

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.

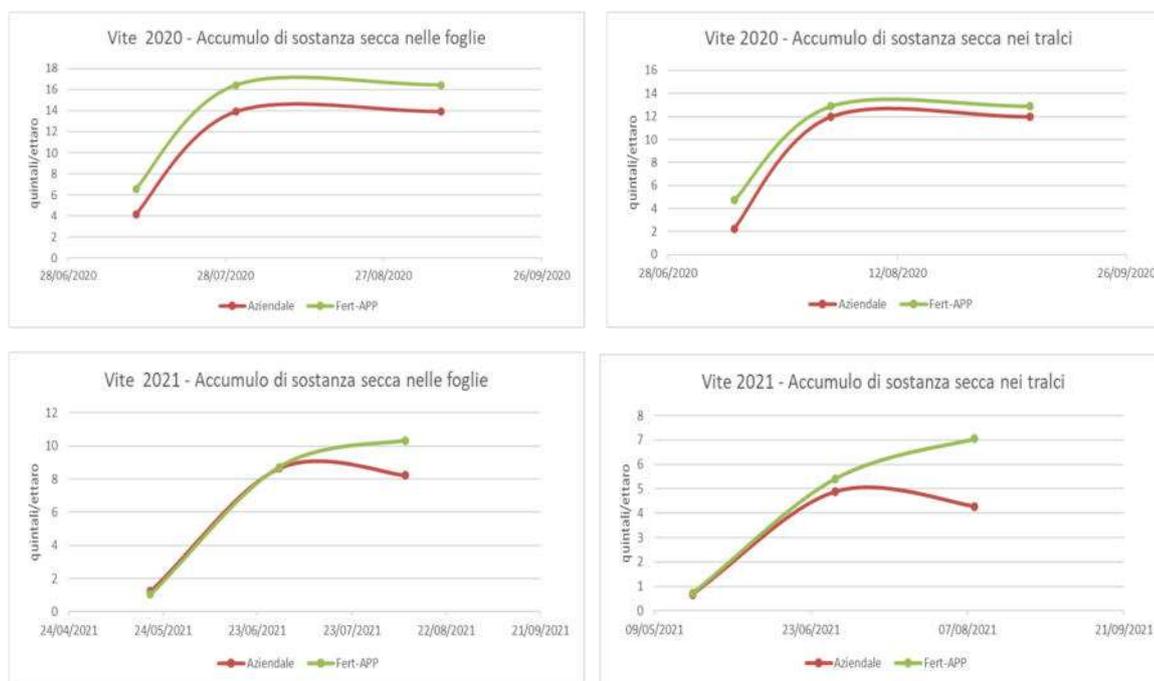


Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

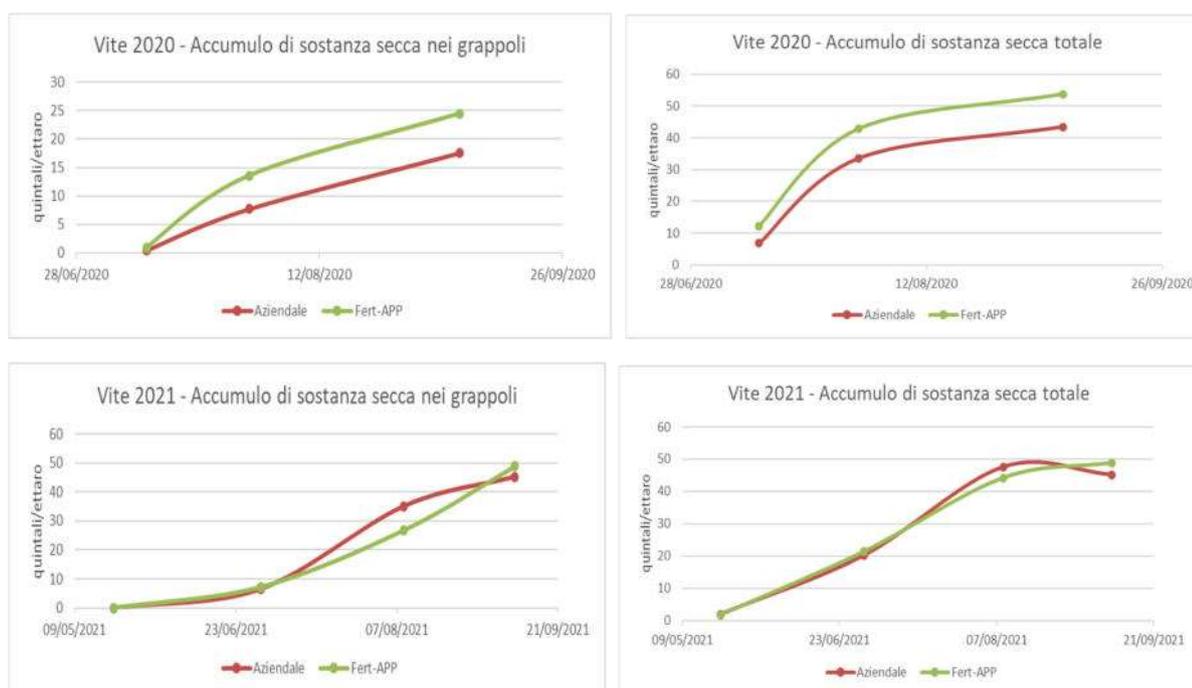


Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

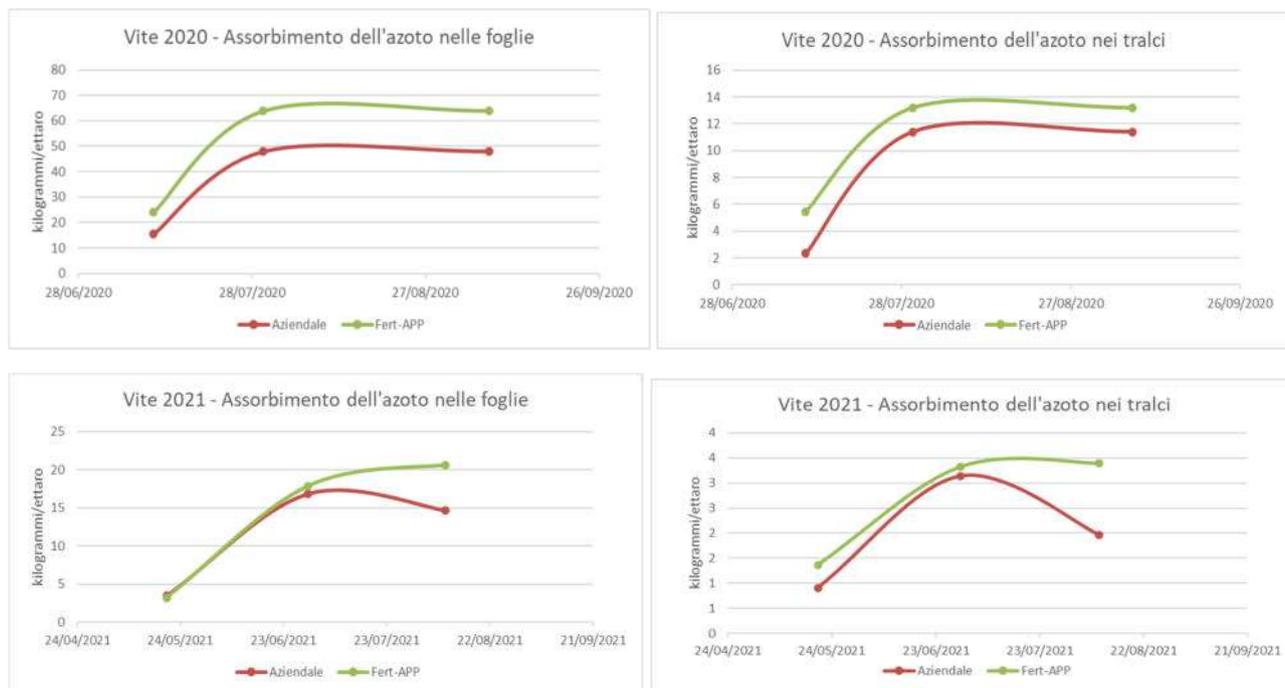


Fig. 13a e 13b, 13 c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

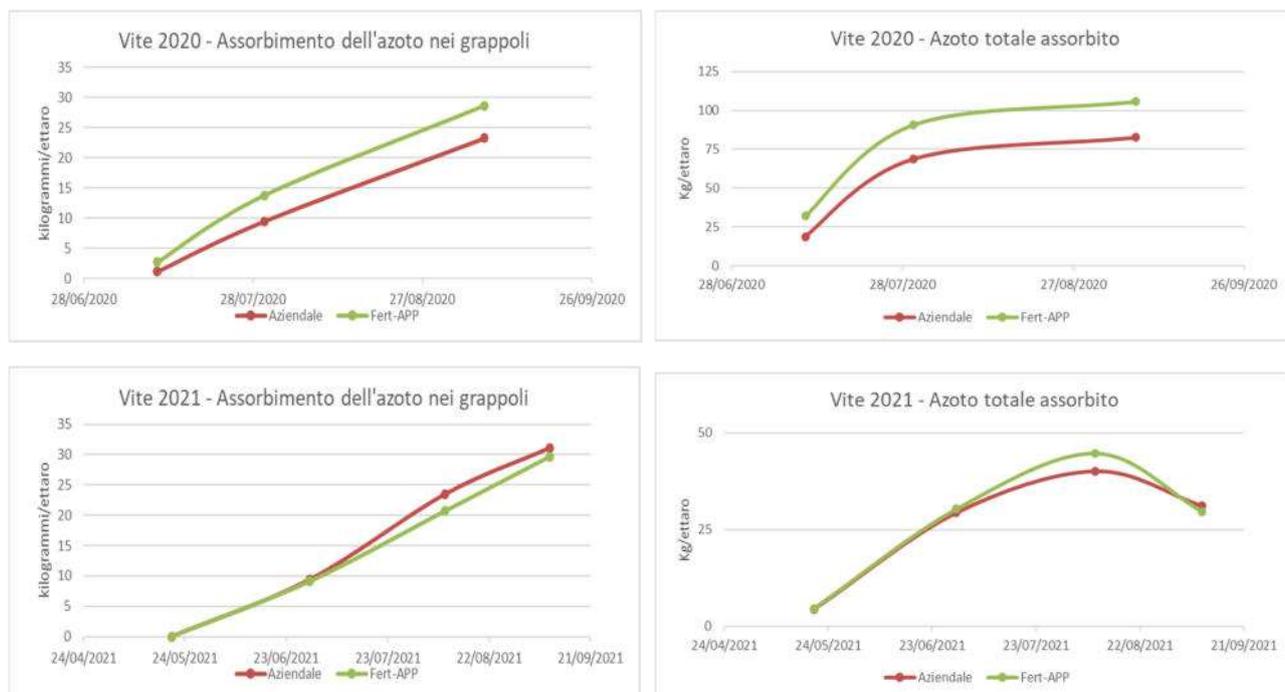


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

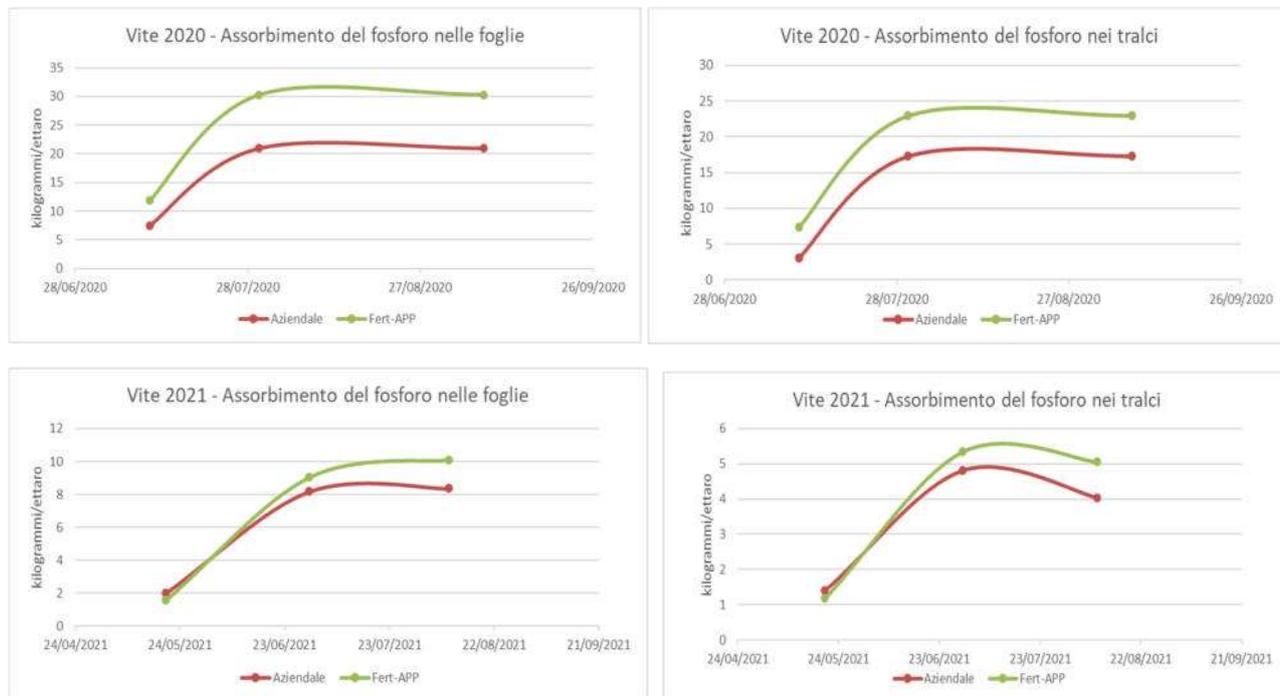


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

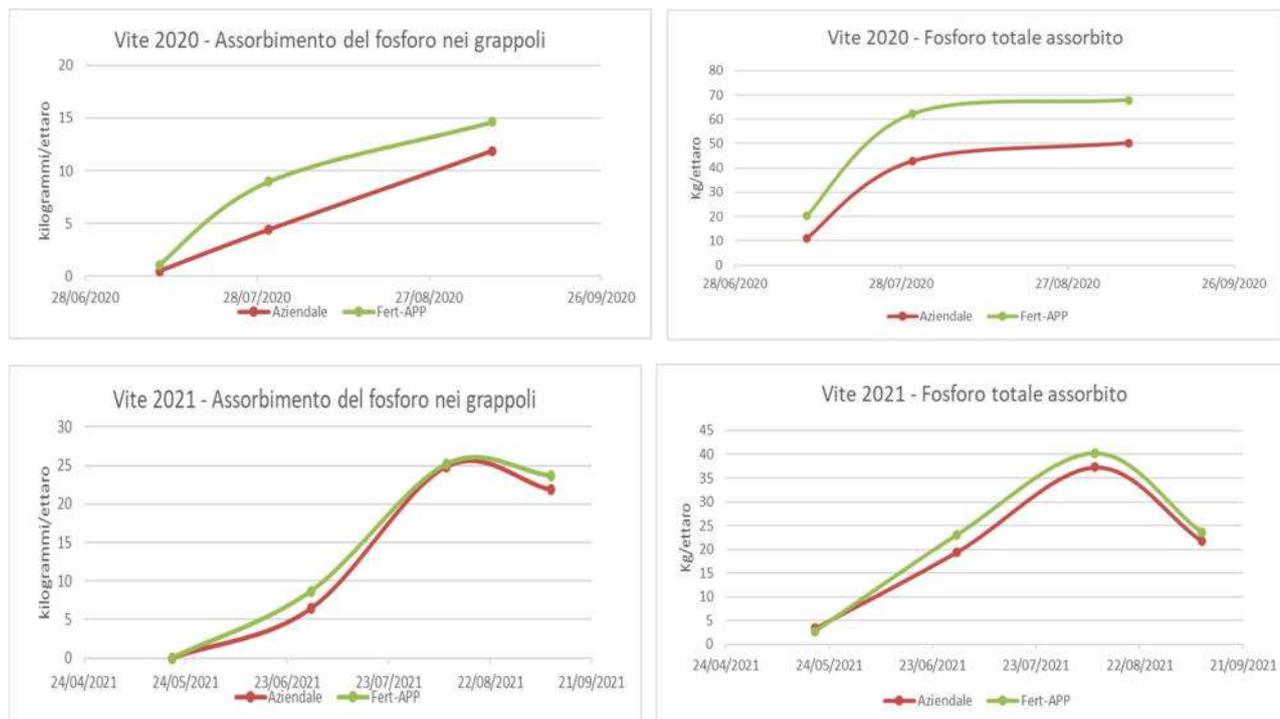


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

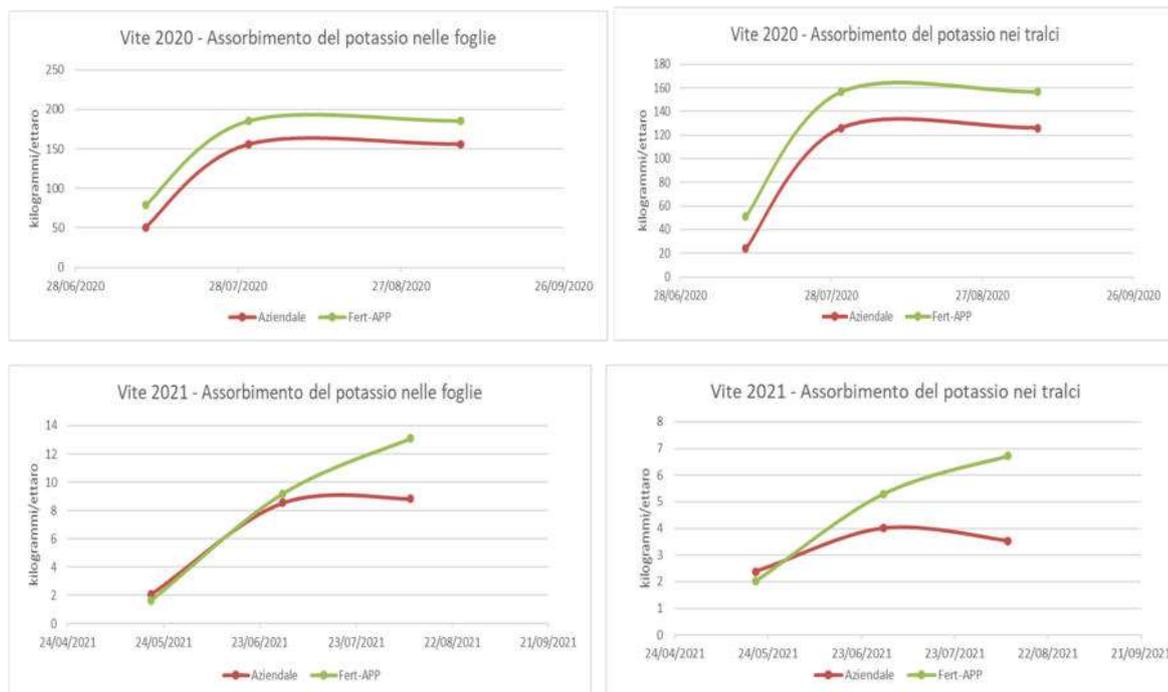


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

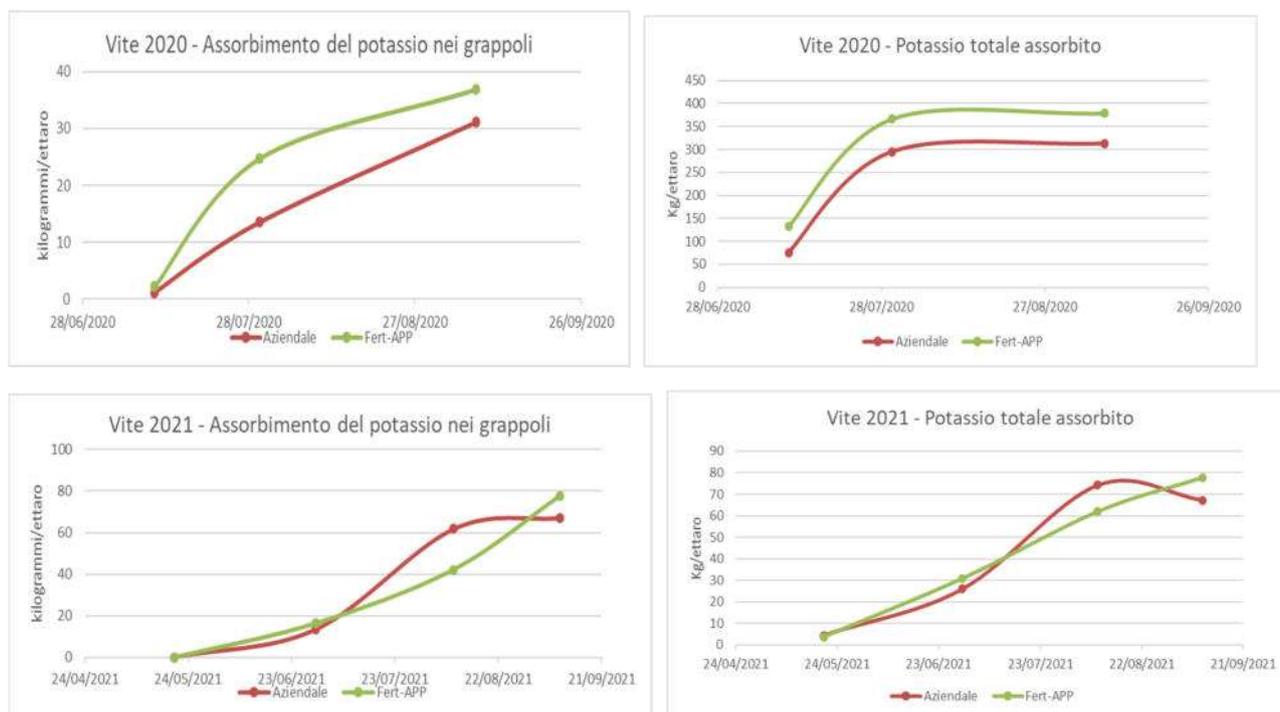


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

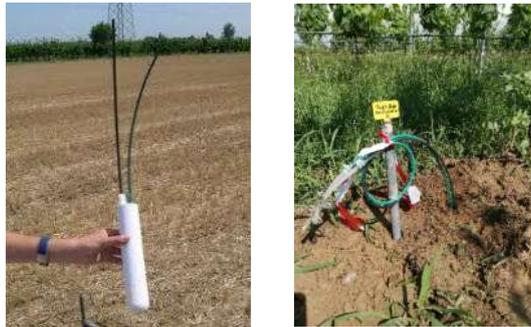
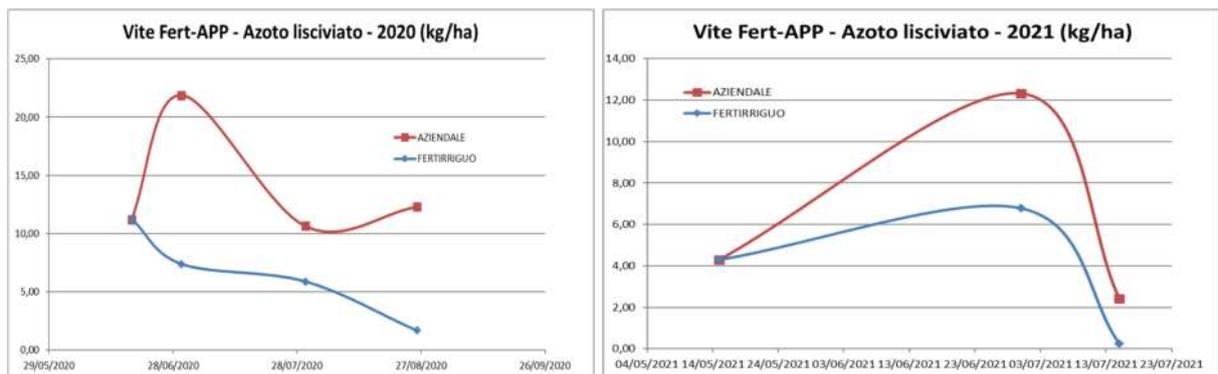


Fig. 16 – Lisimetro a suzione: conformazione (sx) e suo utilizzo in campo (dx).

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
invaiaura: 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

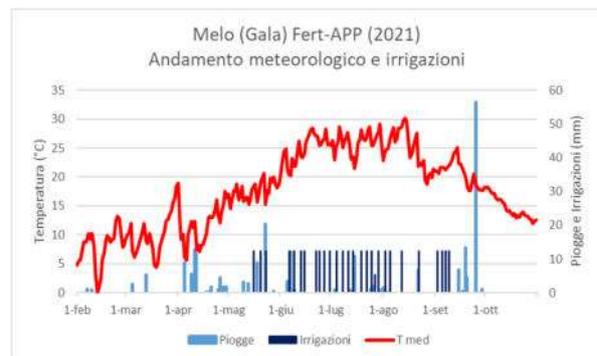
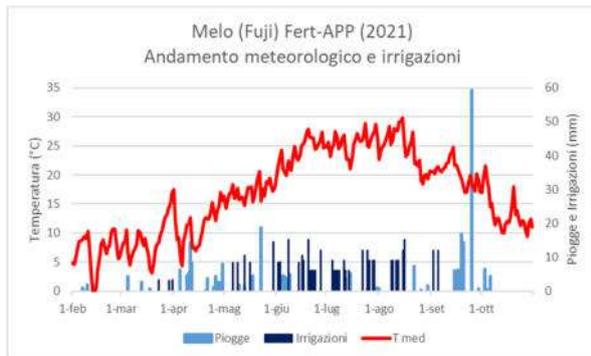
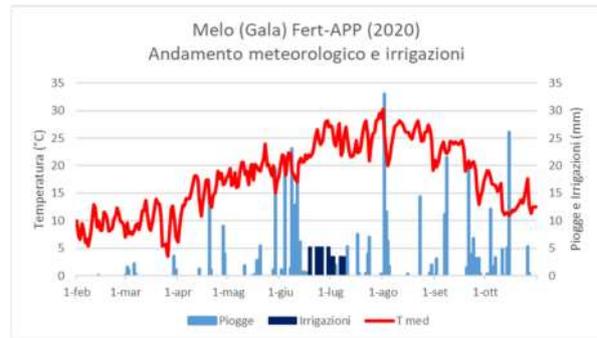
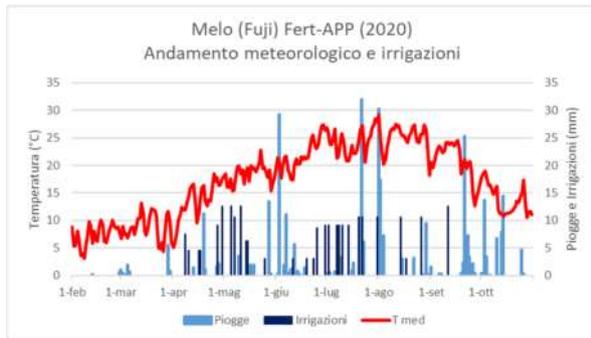
Per la coltura del melo sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata replicata per due cultivar: Fuji e Gala, impiantate rispettivamente nel 2014 e nel 2019, effettuando prove all'interno di due differenti frutteti sperimentali di circa 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 risultato essere rispettivamente di 62/40 kg/ha di N, 18/15 kg/ha di P₂O₅ e 98/20 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

Appezamento 120400 - Melo Fert-App > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg	<input type="text" value="1,2"/>	
Potassio ppm	<input type="text" value="167"/>	<input type="button" value="Converti"/>
Fosforo ppm	<input type="text" value="48"/>	<input type="button" value="Converti"/>
Sostanza organica %	<input type="text" value="1,7"/>	
Rapporto C/N	<input type="text" value="8,22"/>	
	Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto	
Magnesio ppm	<input type="text" value="160"/>	
Capacità di scambio cationico	<input type="text" value="14,57"/>	
Calcare totale %	<input type="text" value="15,4"/>	
Calcare attivo %	<input type="text" value="9,6"/>	
Ph	<input type="text" value="7,9"/>	
Disponibilità di ossigeno	<input type="text" value="Moderata"/>	
Ubicazione	<input type="text" value="Pianura isolata"/>	
% di azoto fissazione	<input type="text" value="0"/>	
Appezamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>	

Appezamento 121215 - Melo Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg	<input type="text" value="0,8"/>	
Potassio ppm	<input type="text" value="195,5"/>	<input type="button" value="Converti"/>
Fosforo ppm	<input type="text" value="50"/>	<input type="button" value="Converti"/>
Sostanza organica %	<input type="text" value="1,9"/>	
Rapporto C/N	<input type="text" value="13,77"/>	
	Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto	
Magnesio ppm	<input type="text" value="396"/>	
Capacità di scambio cationico	<input type="text" value="12,5"/>	
Calcare totale %	<input type="text" value="2"/>	
Calcare attivo %	<input type="text" value="1"/>	
Ph	<input type="text" value="6,5"/>	
Disponibilità di ossigeno	<input type="text" value="Moderata"/>	
Ubicazione	<input type="text" value="Pianura isolata"/>	
% di azoto fissazione	<input type="text" value="0"/>	
Appezamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>	

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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

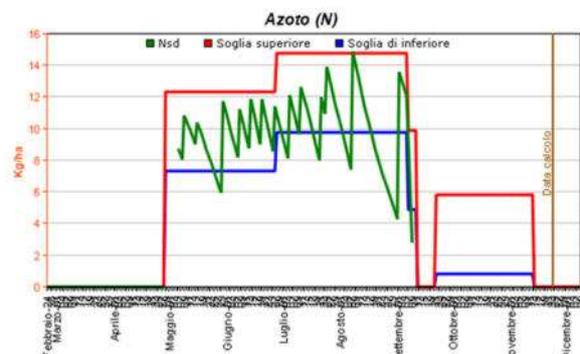
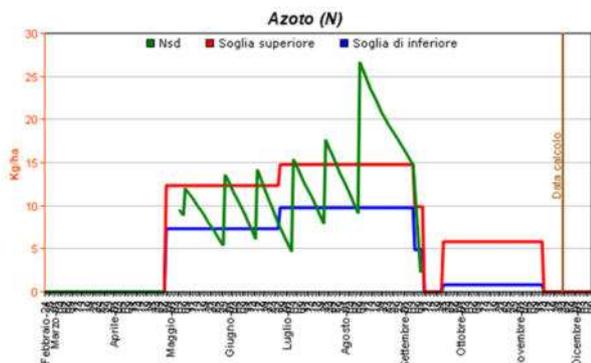
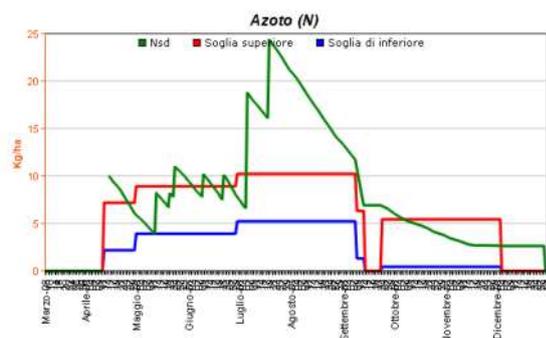
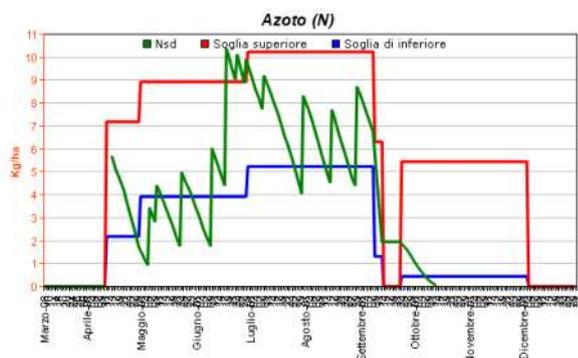
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
10/08/2021	34,2	0	0	0,4	18,0	0,0	0,0
23/07/2021	13	0	46	0,6	10,3	0,0	36,3
06/07/2021	34,2	0	0	0,3	11,3	0,0	0,0
17/06/2021	13	0	46	0,5	8,6	0,0	30,3
31/05/2021	13	0	46	0,5	8,6	0,0	30,3
10/05/2021	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.

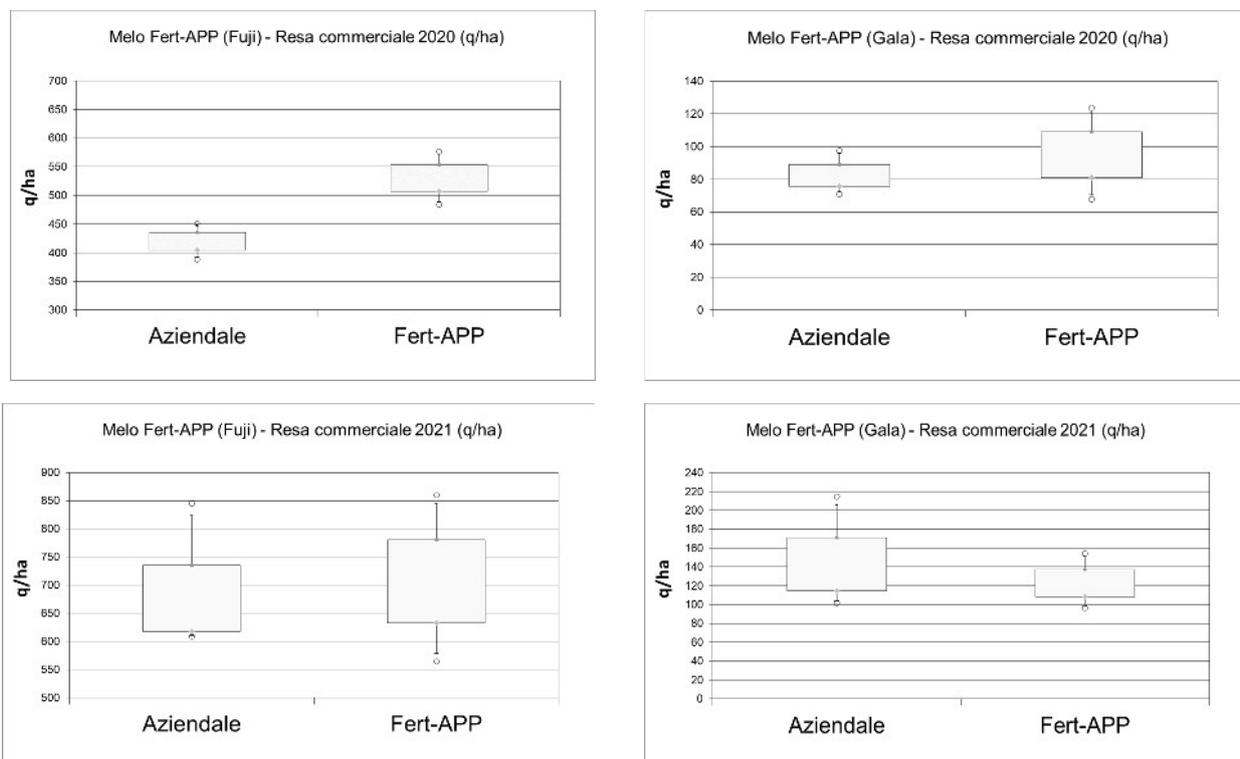


Fig. 8a e 8b – Rese commerciali Fuji (sx) e Gala (dx) ottenute nel biennio 2020-2021.

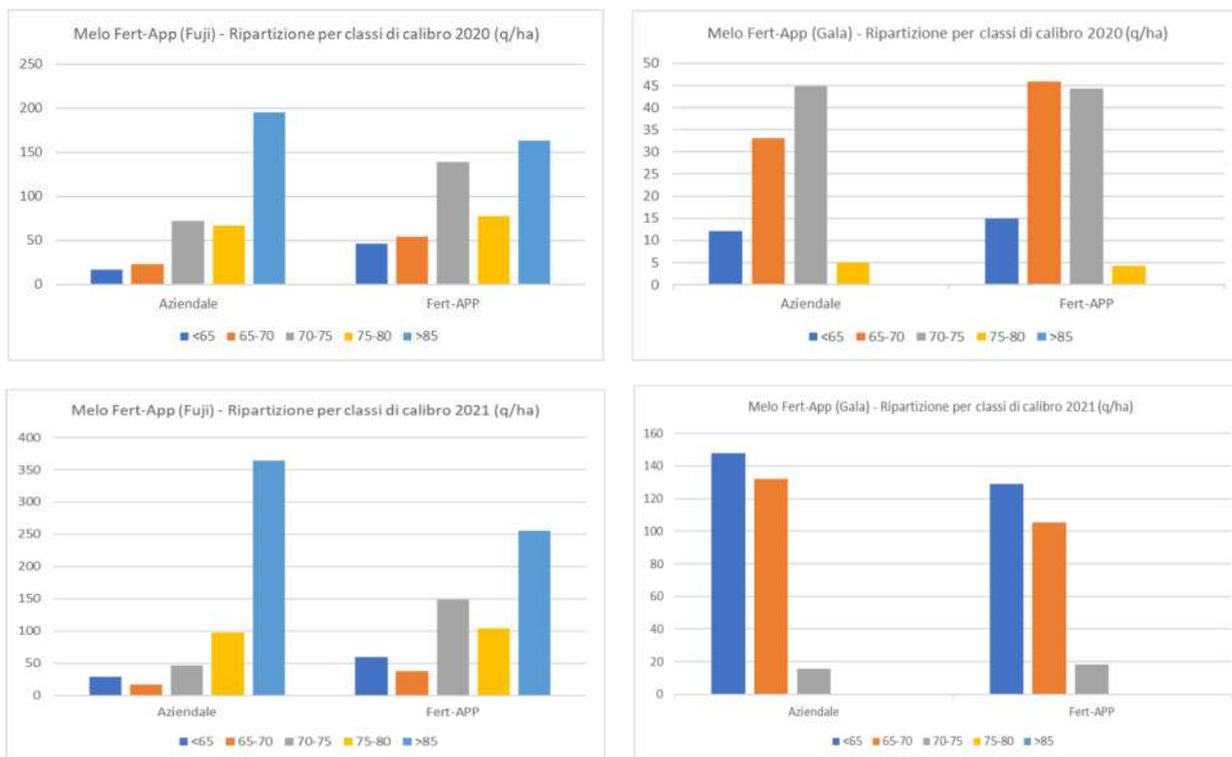


Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro Fuji (sx) e Gala (dx) ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

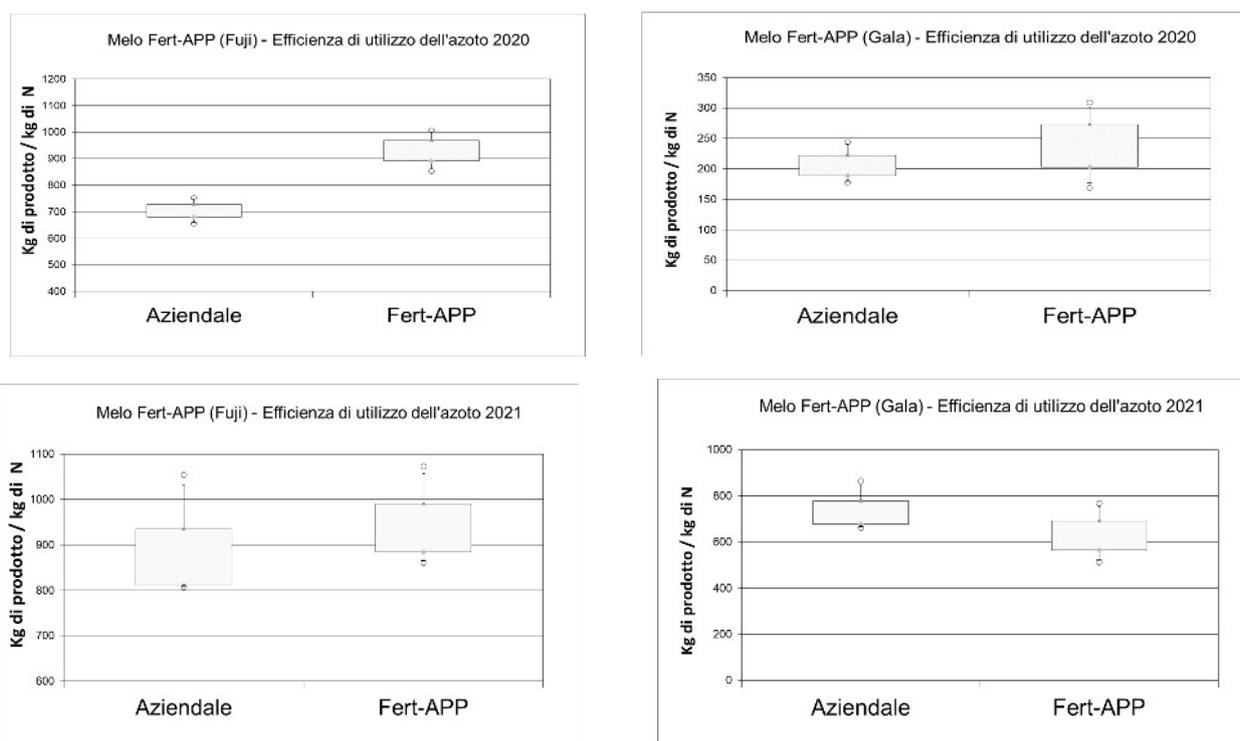


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto Fuji (sx) e Gala (dx) ottenuta nel biennio 2020-2021.

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

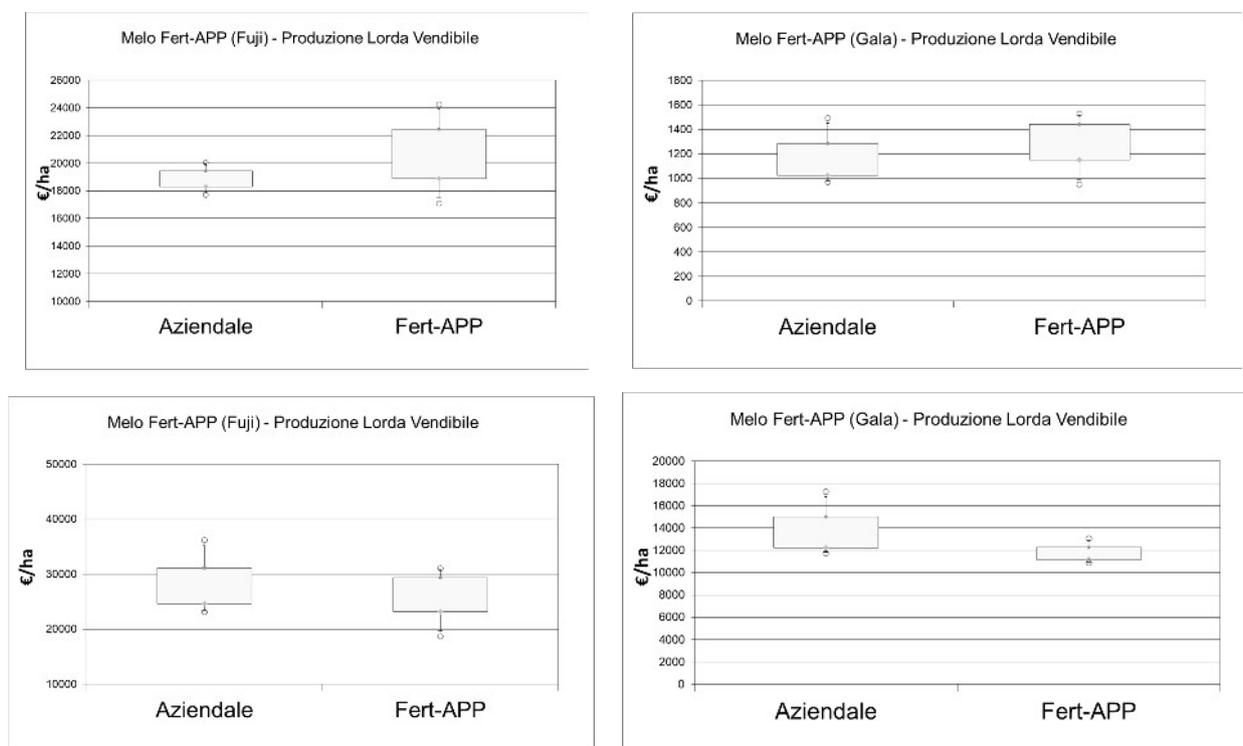


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili Fuji (sx) e Gala (dx) ottenute nel biennio 2020-2021.

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.

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.

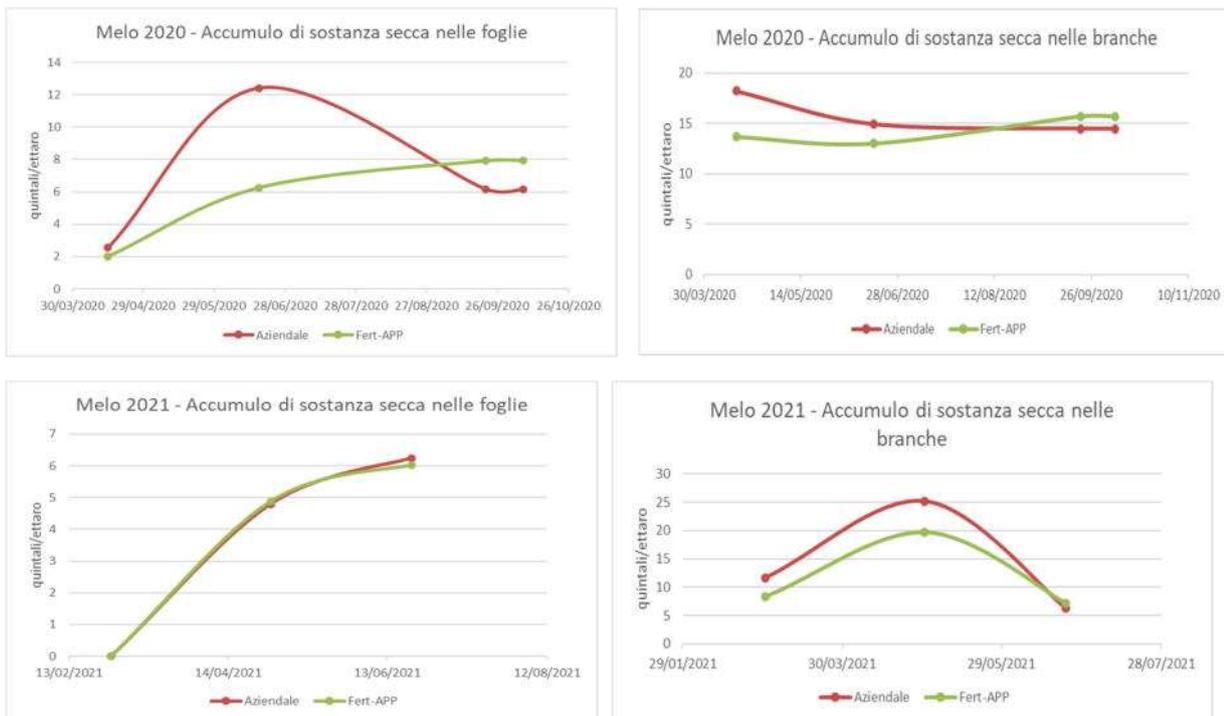


Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell’accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

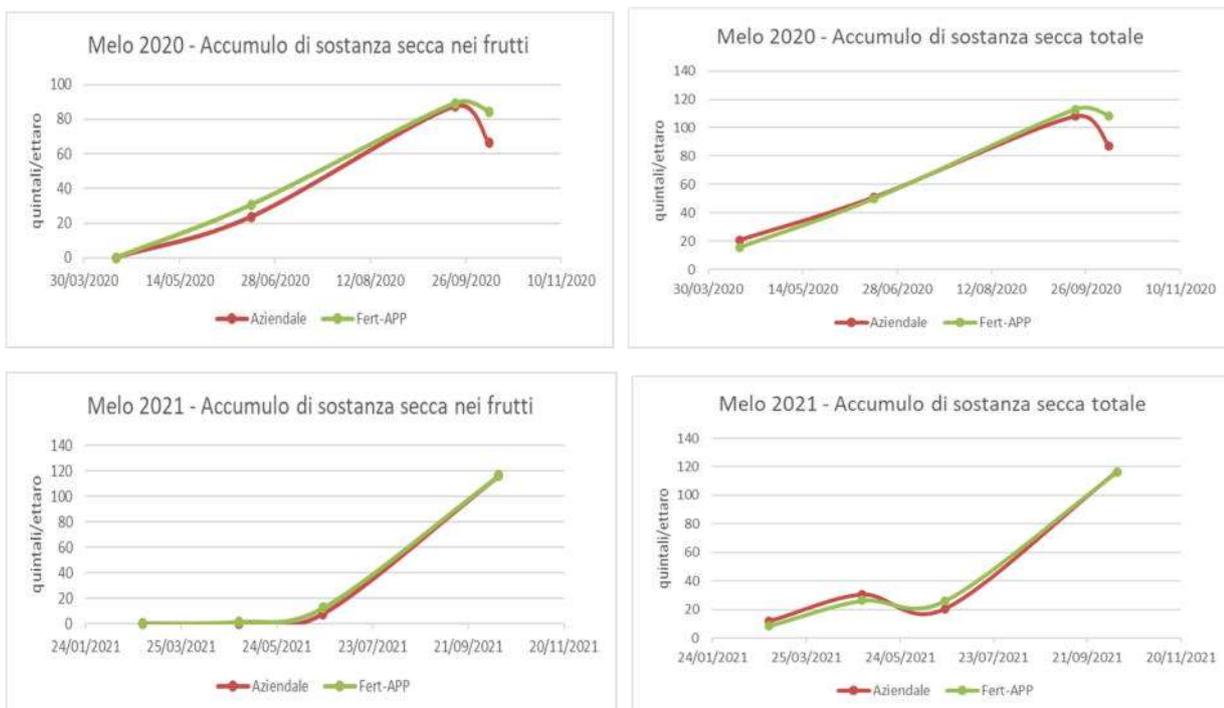


Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell’accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

Curve di assorbimento dell'azoto

Nei grafici seguenti sono riportate le curve relative all'assorbimento di azoto (kg/ha), ripartito in foglie, 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.

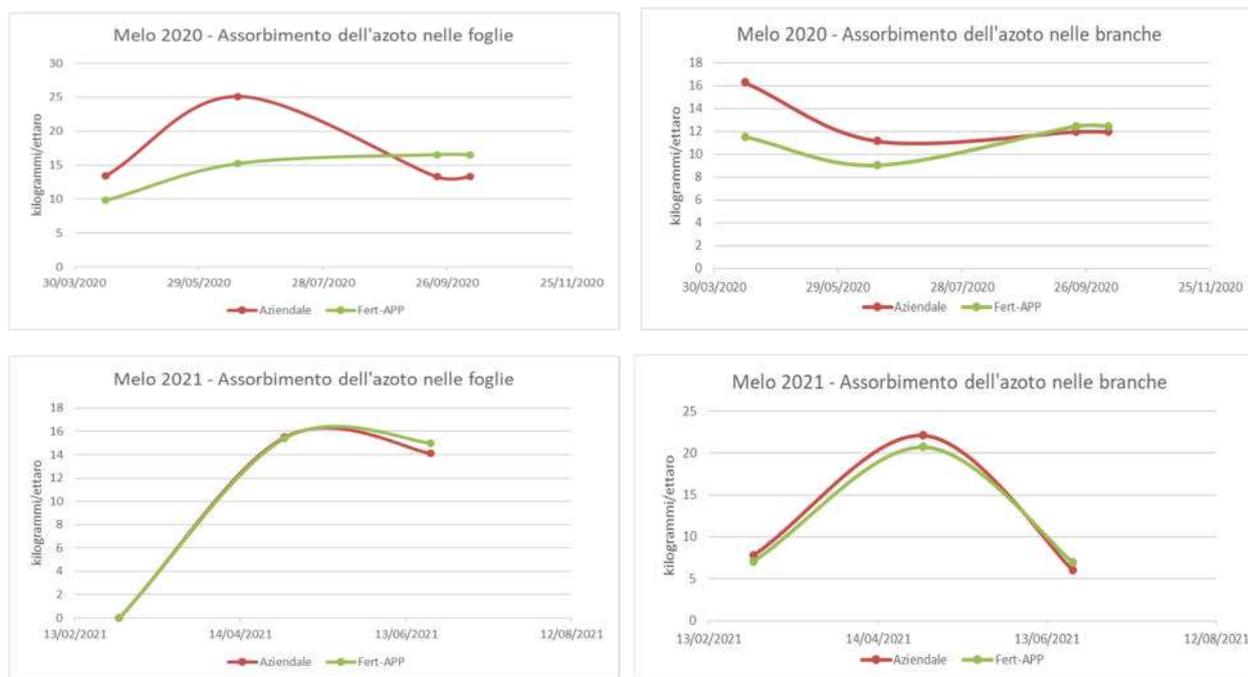


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

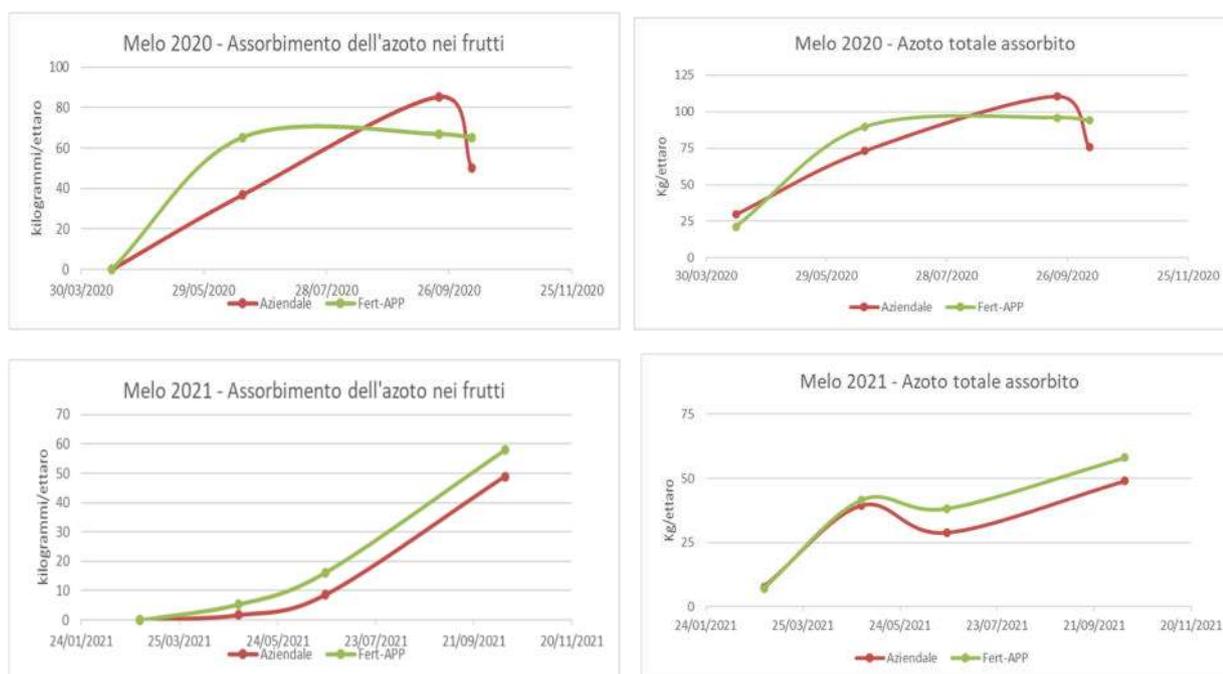


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

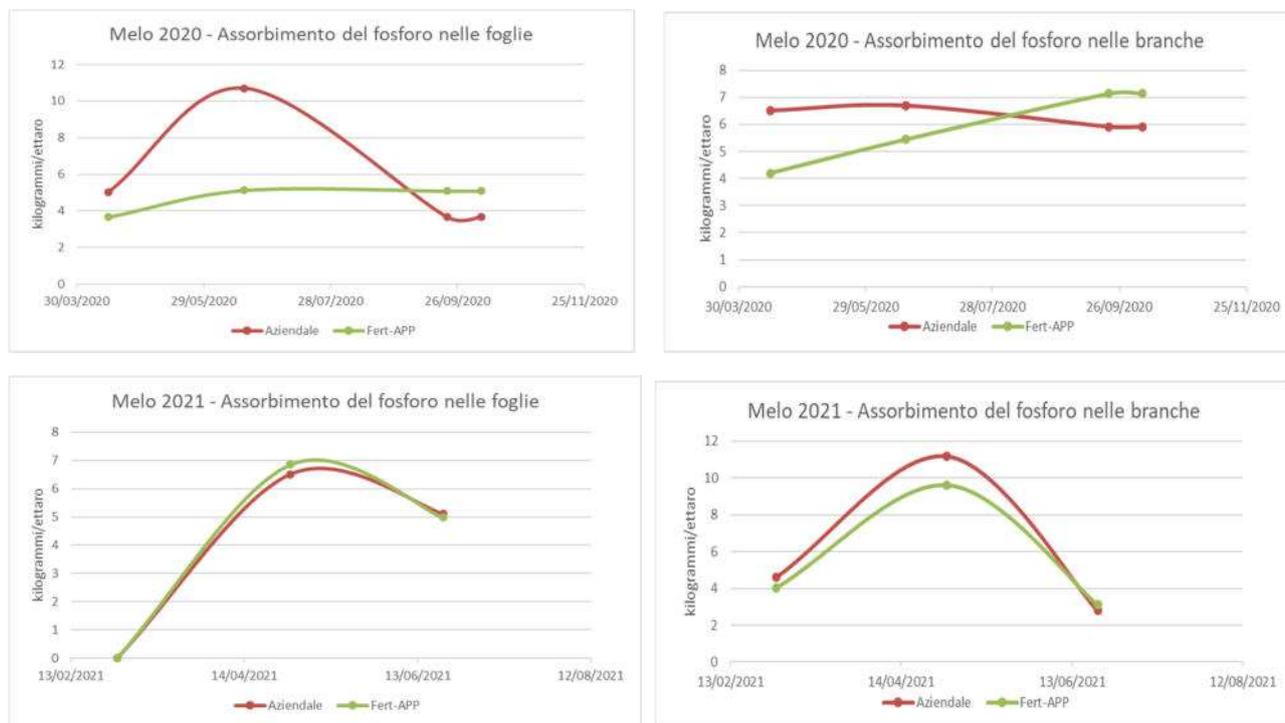


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.



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.

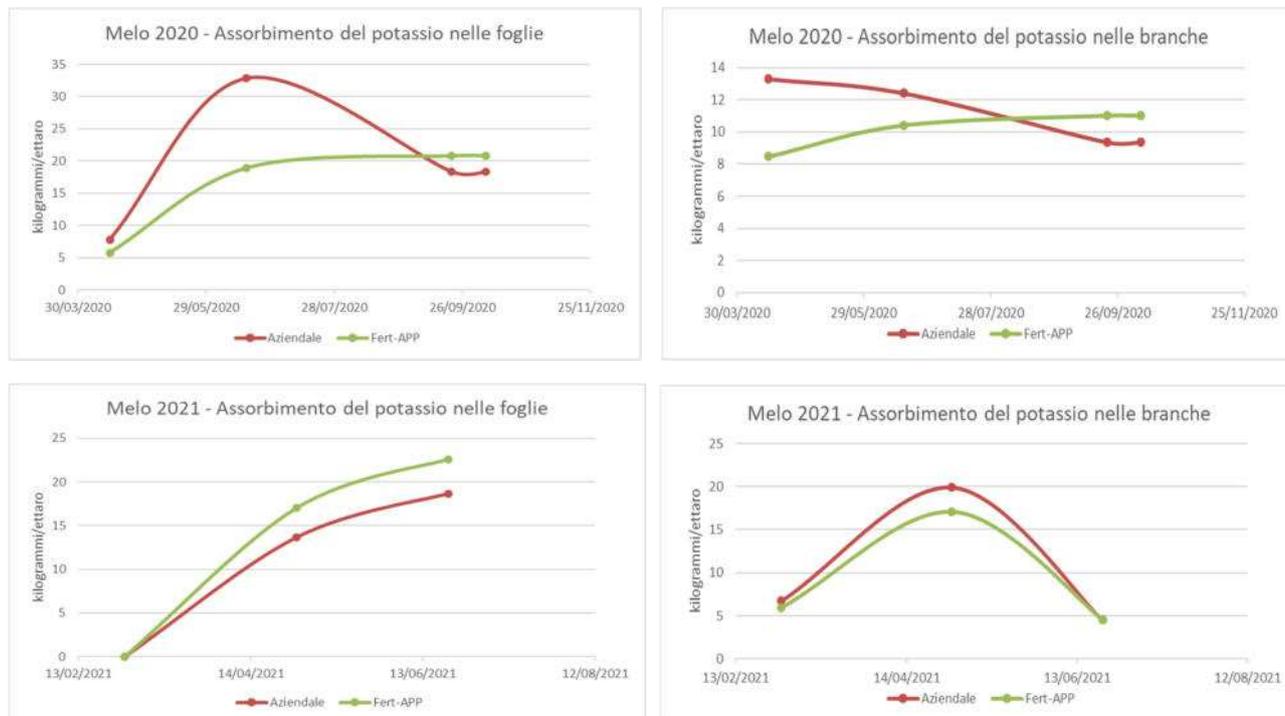


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

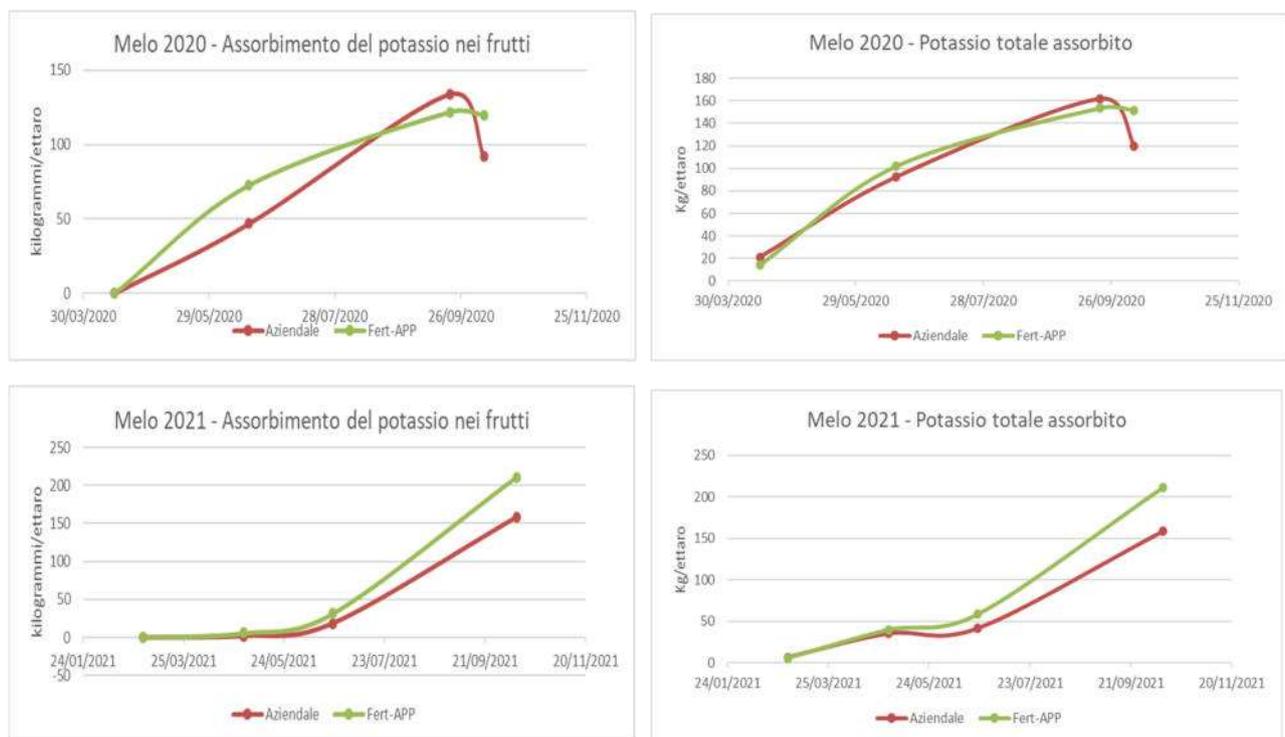


Fig. 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel 2020.

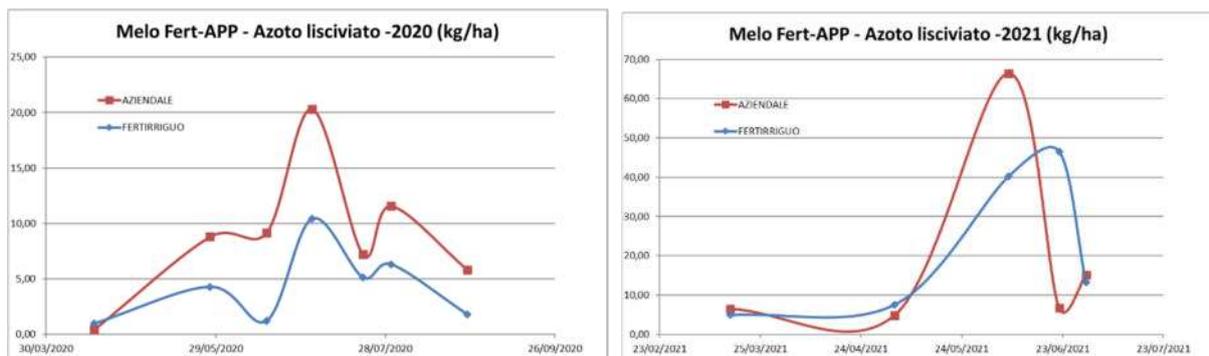
Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

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 (Dori)

Descrizione del lavoro svolto nel biennio 2020-2021

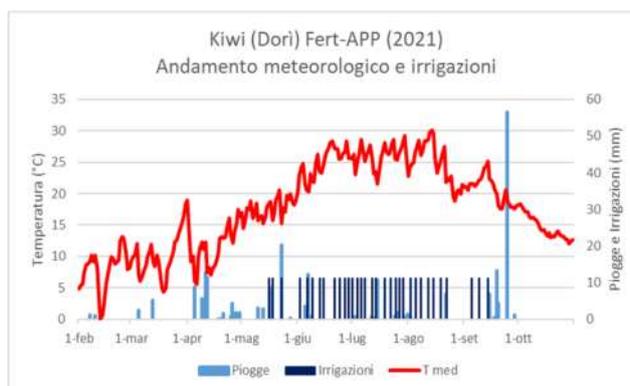
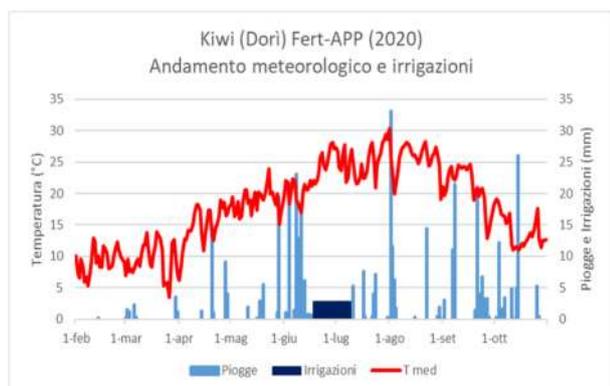
Per la coltura dell'actinidia sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata all'interno di un actinidieto sperimentale di circa 900 m² situato presso il Centro Didattico Sperimentale di Cadriano di proprietà dell'Università 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 risultato essere per entrambi gli anni di 48 kg/ha di N, 16 kg/ha di P₂O₅ e 79 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image shows two screenshots from the Fert-Irrinet application. The left screenshot, titled 'Appezamento 121213 - Kiwi Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO', displays various soil parameters with input fields and values. The right screenshot, titled 'Appezamento 3 - Kiwi Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management settings for 'ACTINIDIA'.

Left Screenshot (Soil Data):

- Azoto Totale g/kg: 1,2
- Potassio ppm (K₂O): 219,26 (Converti)
- Fosforo ppm (P₂O₅): 75,21 (Converti)
- Sostanza organica %: 1,2
- Rapporto C/N: 5,8 (Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto)
- Magnesio ppm: 125
- Capacità di scambio cationico: 22,04
- Calcare totale %: 1
- Calcare attivo %: 0,7
- Ph: 7,6
- Disponibilità di ossigeno: Moderata
- Ubicazione: Pianura limitrofa a zone urbanizzate
- % di azoto fissazione: 0
- Appezamento in Zona vulnerabile:

Right Screenshot (Crop Management):

- Tipo di coltura: ACTINIDIA
- Ciclo: Unico
- Descrizione: Kiwi Aziendale
- Data inizio ciclo della fase gemme ingrossate: fase piena (D-30W): 29/03/2021
- Data di raccolta: 15/09/2021
- Distanza sulla fila m: 3
- Distanza tra le file m: 4,5
- Condizione interfilare: Inerbito
- Vigore portainnesto: Medio
- Anno di impianto: 2014
- Forma di Allevamento: Qualunque
- Cultura protetta:
- Cultura creata il: 04/03/2021 15:06:25

Bottom Section (Crop Data for Fertilization):

- Finalità produttiva: Produzione
- Fase ciclo colturale: Piena produzione
- Tipo fertilizzante organico: Nessuno
- Frequenza fertilizzante organico: saltuato
- Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (q/ha): 0
- Riesi t/ha: 38
- Tipologia colturale precedente: Non definita

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.

Tesi	Copertura tradizionale			Fertirrigazione		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

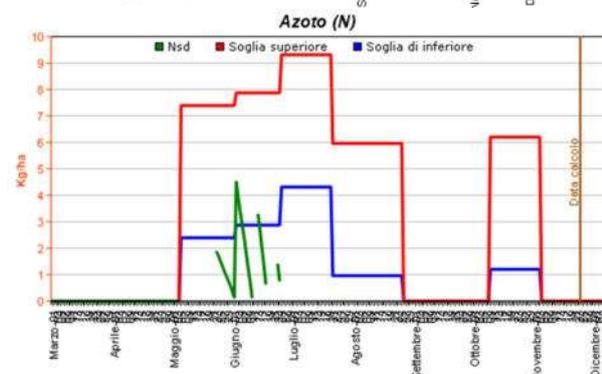
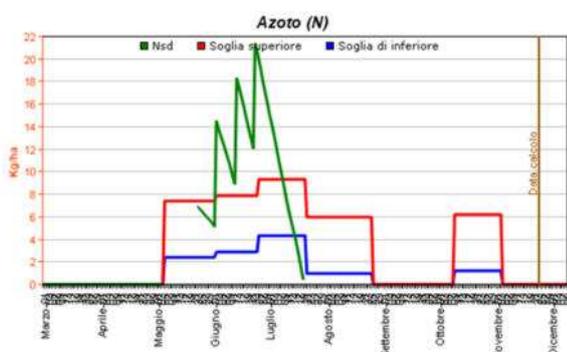
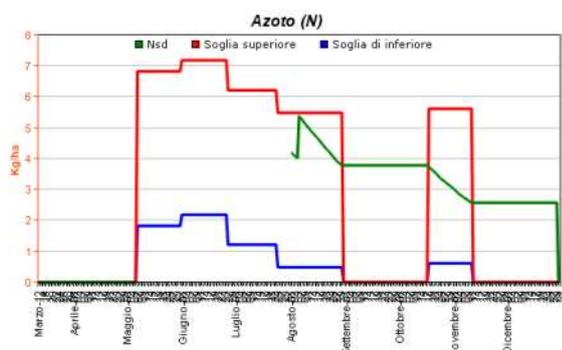
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
24/06/2021	13	0	46	2,9	8,5	0,0	30,0
24/06/2021	34,2	0	0	0,2	1,5	0,0	0,0
14/06/2021	13	0	46	2,0	5,7	0,0	20,0
14/06/2021	34,2	0	0	0,6	4,3	0,0	0,0
03/06/2021	13	0	46	1,0	2,8	0,0	10,0
03/06/2021	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 mostrato differenze statisticamente significative tra i trattamenti.

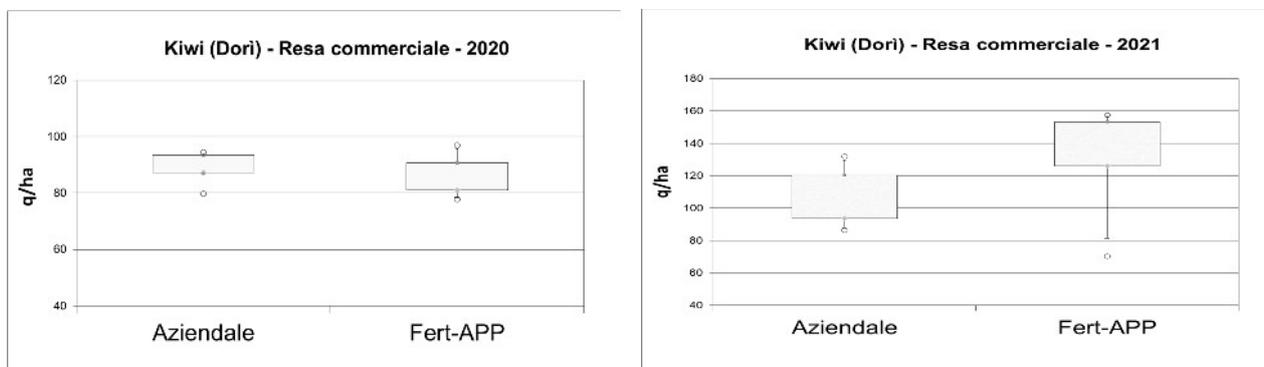


Fig. 8 – Rese commerciali ottenute nel biennio 2020-2021.

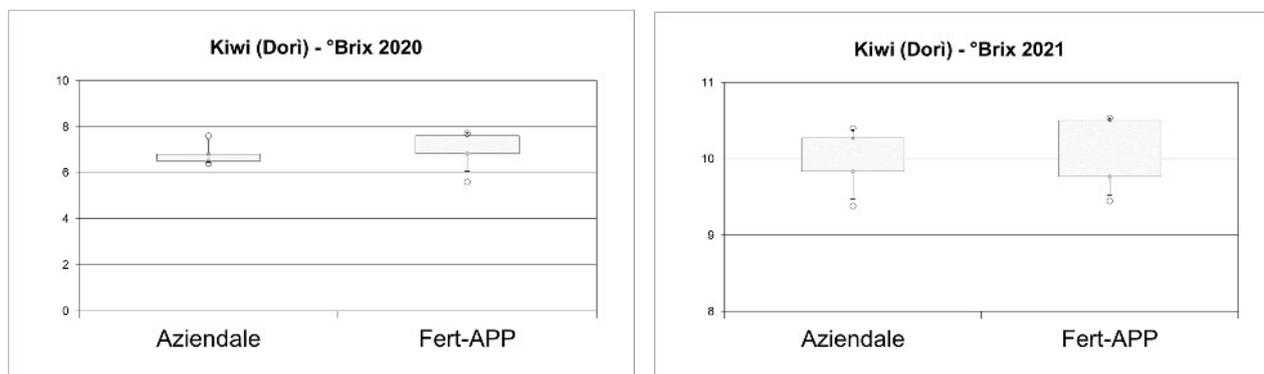


Fig. 9 – Qualità dei kiwi ottenuta nel biennio 2020-2021.

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.

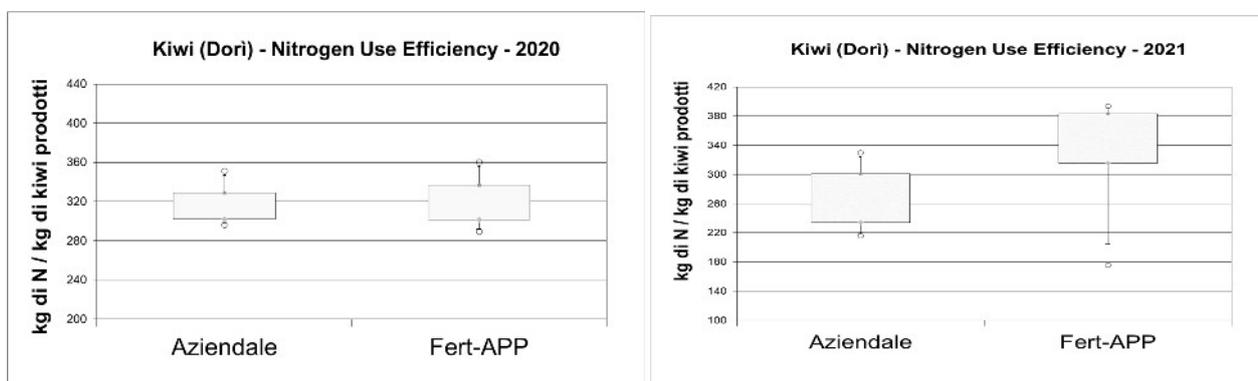


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuta nel biennio 2020-2021.

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

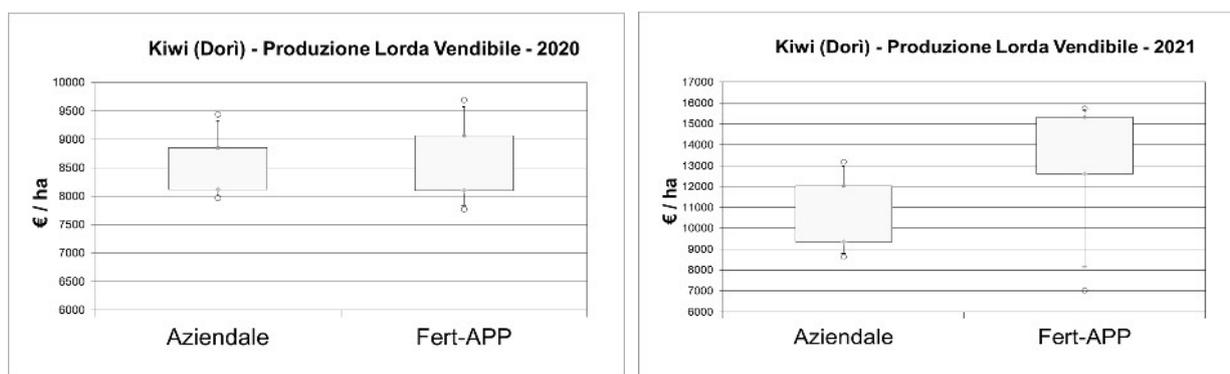


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio 2020-2021.

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.

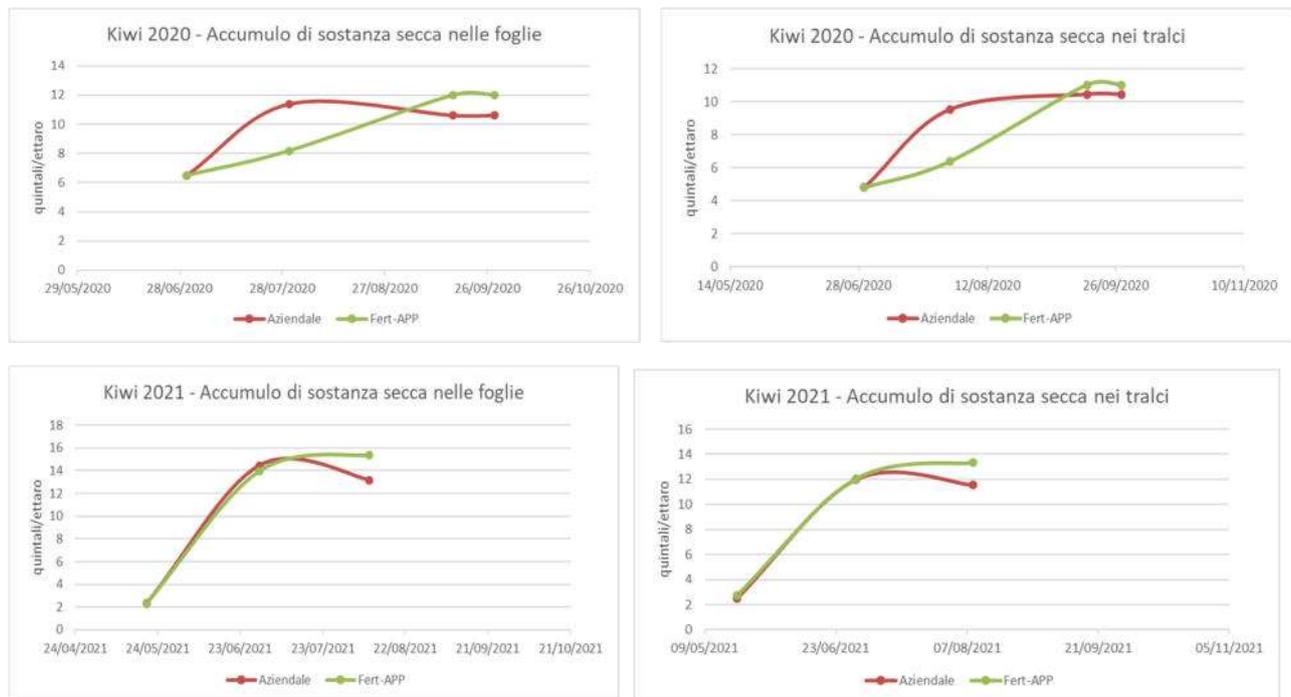


Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

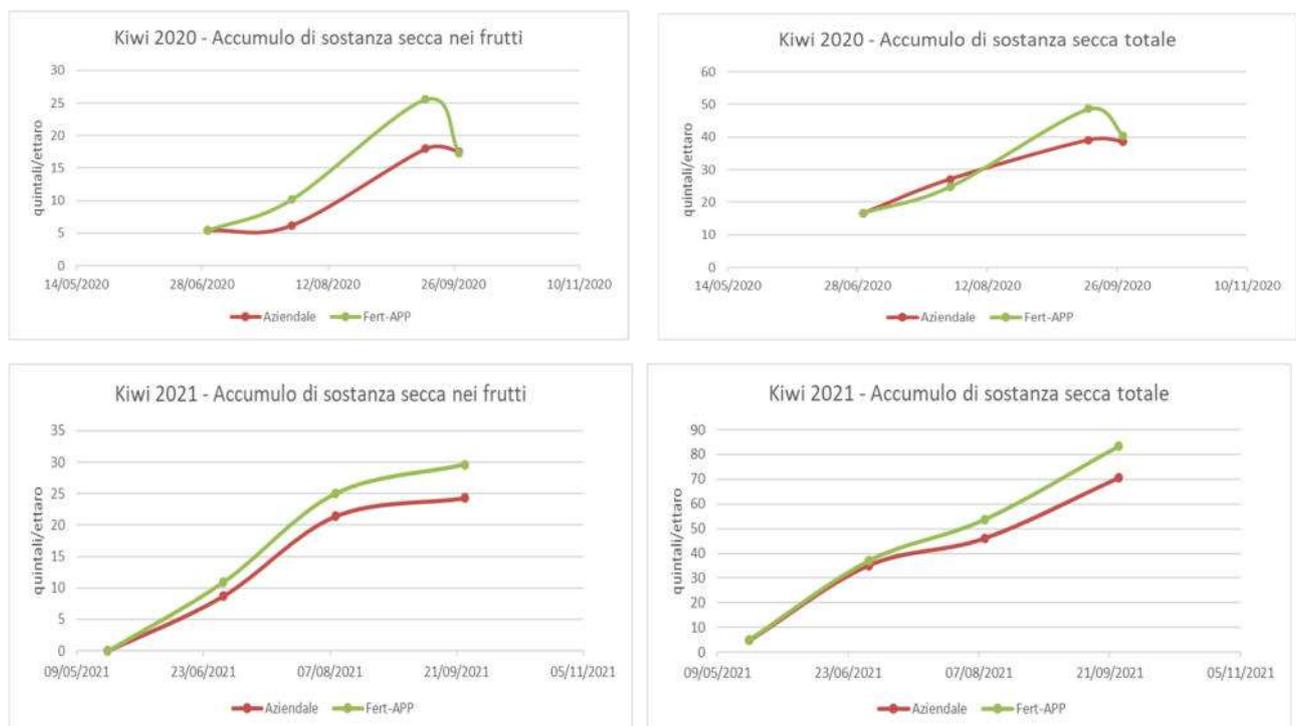


Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

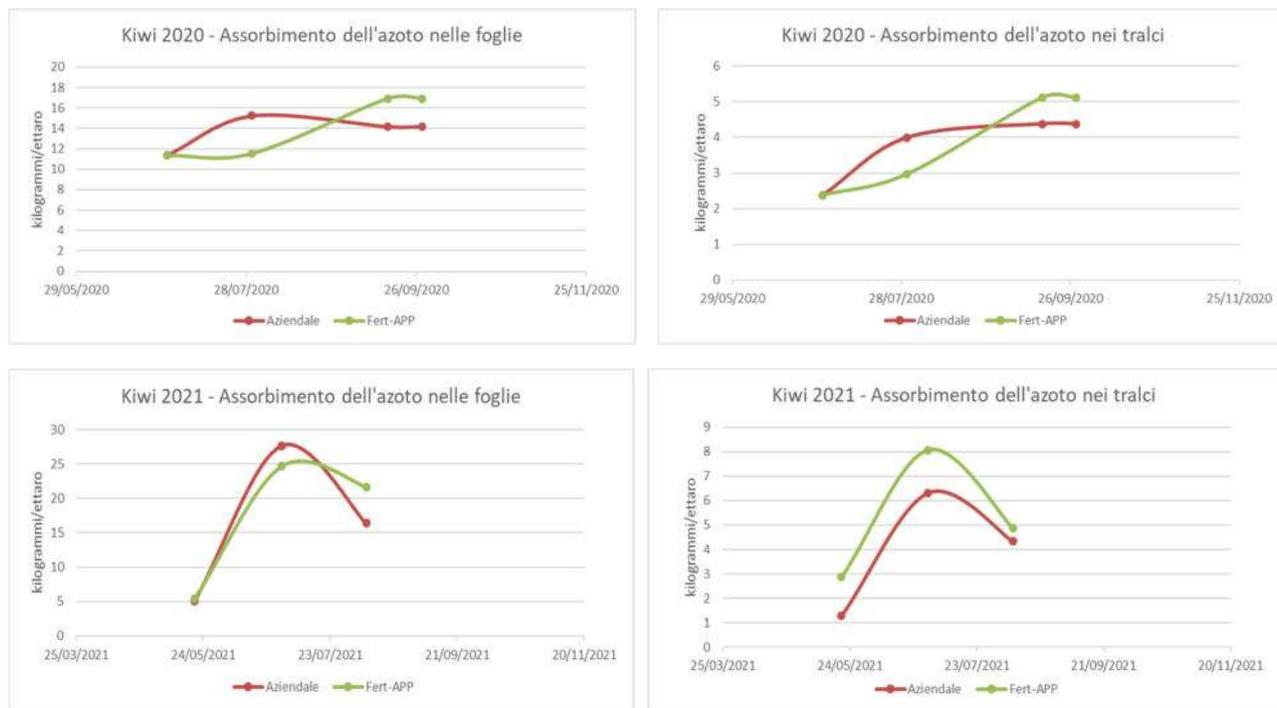


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.



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.

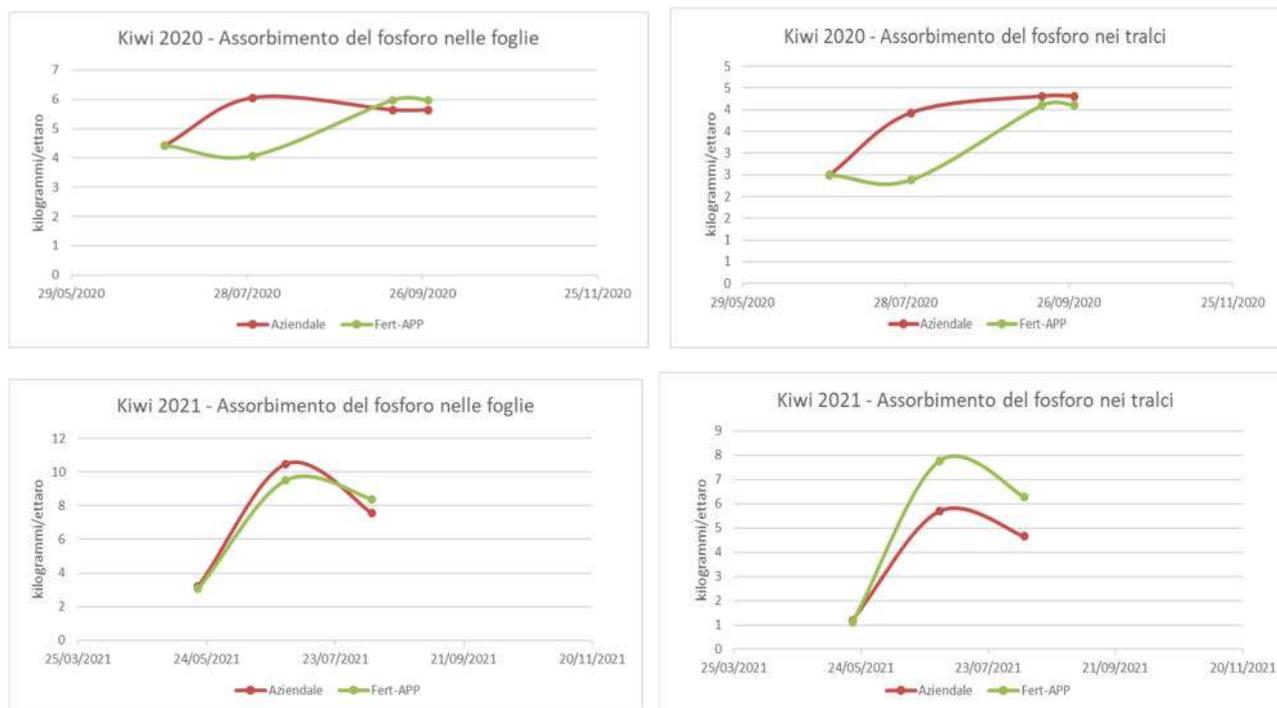


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

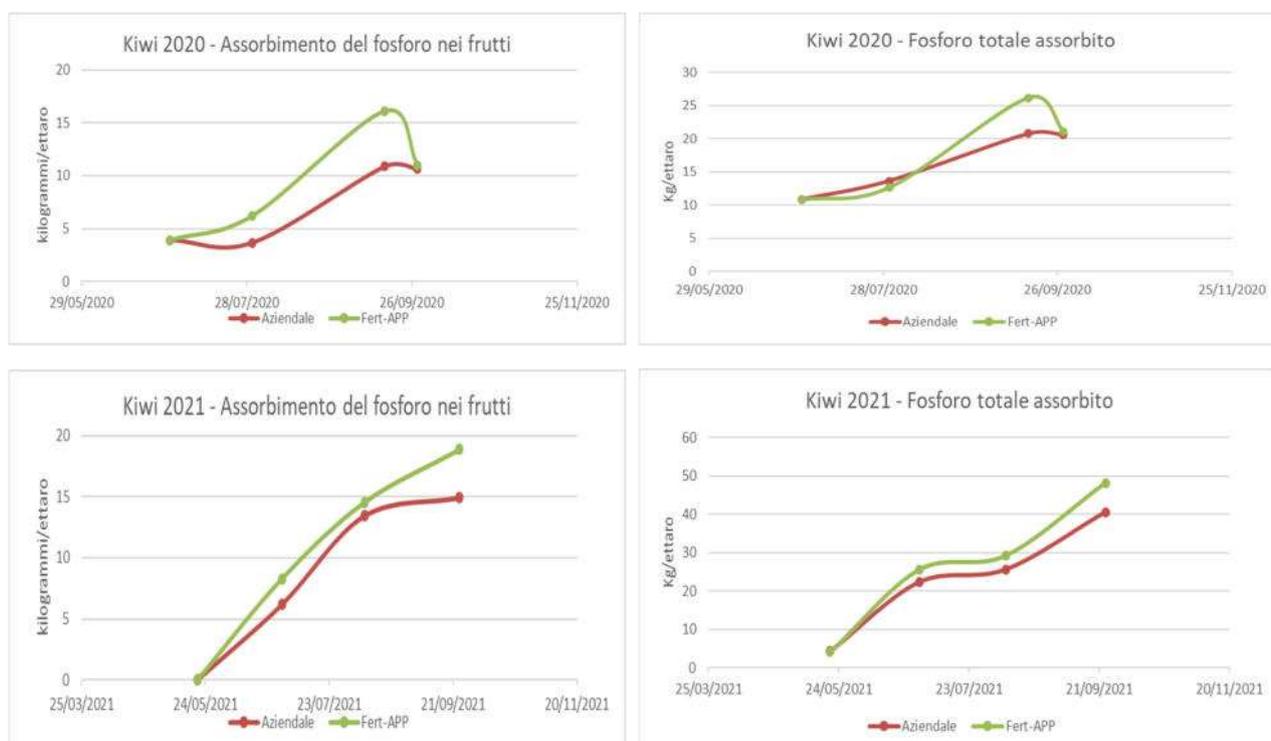


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

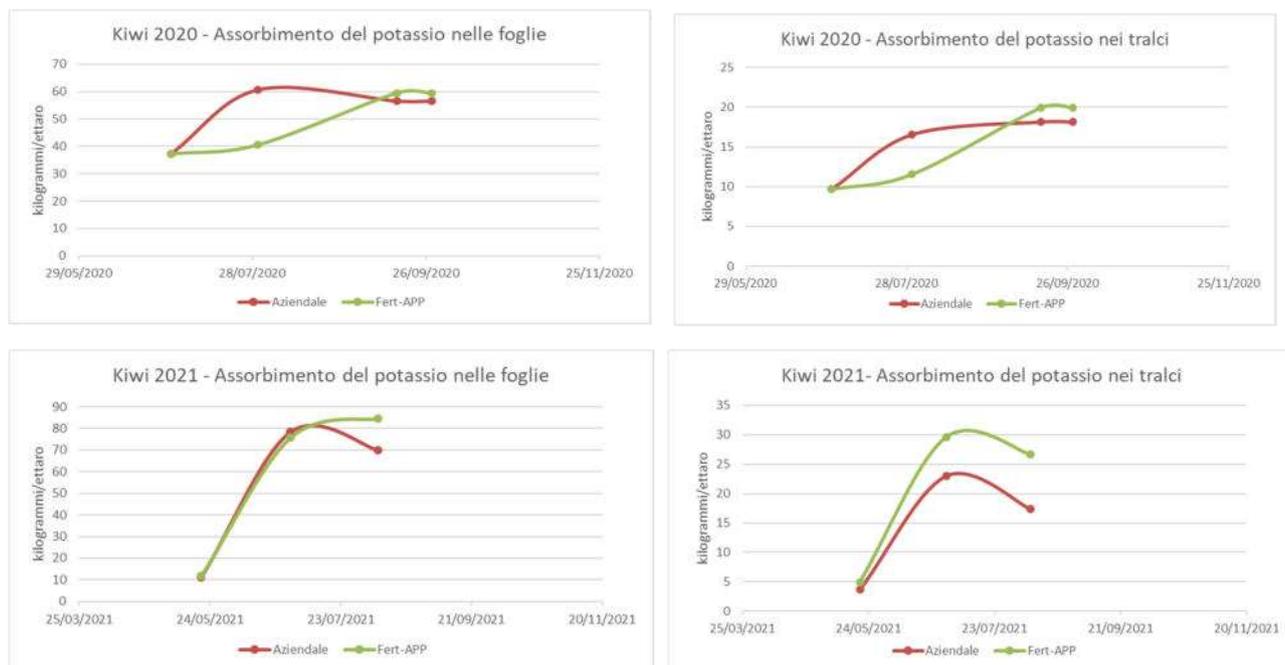


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e tralci) ottenuta nel biennio di prova.

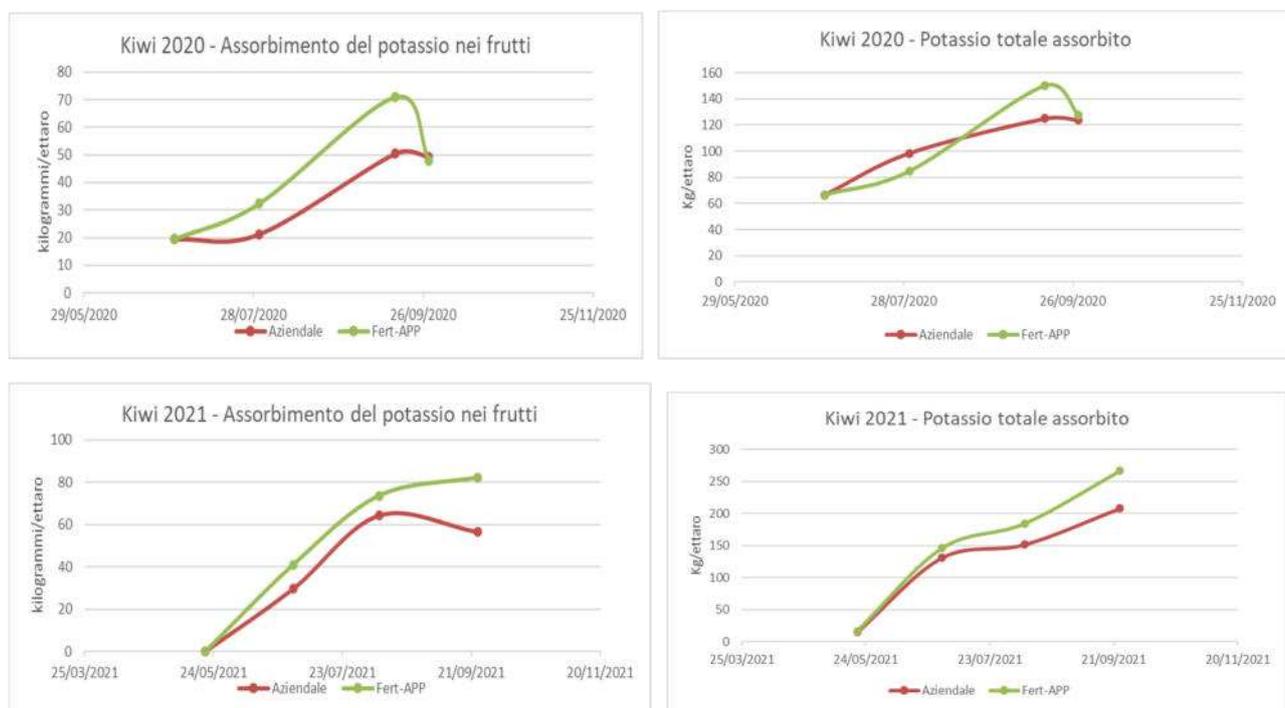
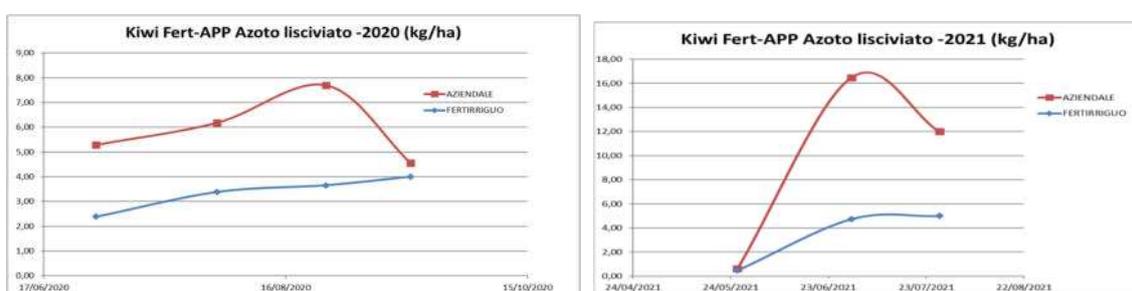


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.



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	0,40	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

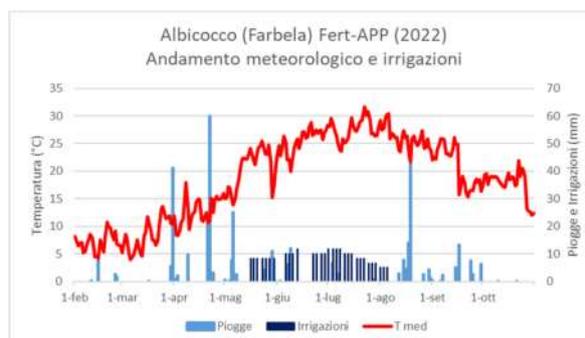
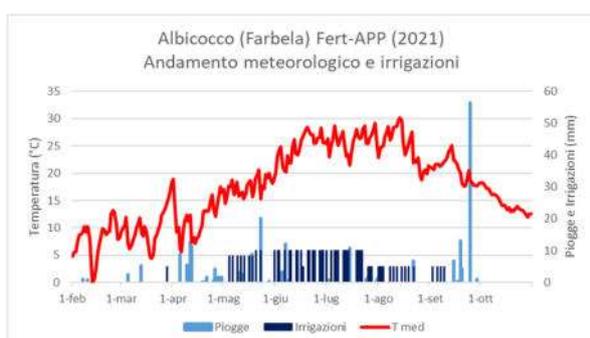
Per la coltura dell'albicocco sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata replicata per due cultivar: Farbela e Lady Cot, impiantate nel 2017, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentali di circa 2000 m² situato presso il 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 risultato essere di 41 kg/ha di N, 20 kg/ha di P₂O₅ e 83 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image contains two screenshots of the Fert-Irrinet application interface. The left screenshot, titled 'Appezamento 124395 - Albicocco Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO', displays a list of soil chemical parameters with input fields and values. The right screenshot, titled 'Appezamento 10 - Albicocco Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management parameters and a sub-section for 'Dati della coltura per la fertilizzazione'.

Parametro	Valore
Azoto Totale g/kg	0,8
Potassio ppm (K ₂ O)	195,5
Fosforo ppm (P ₂ O ₅)	72
Sostanza organica %	1,9
Rapporto C/N	13,77
Magnesio ppm	396
Capacità di scambio cationico	12,5
Calcare totale %	2
Calcare attivo %	1
pH	6,5
Disponibilità di ossigeno	Moderata
Ubicazione	Pianura isolata
% di azoto fissazione	0
Appezamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>

Parametro	Valore
Tipo di coltura	ALBICOCCO TARDIVO
Ciclo	Unico
Descrizione	Albicocco Aziendale
Data inizio ciclo della fase fioritura: fase piena (> 50%)	15/03/2021
Data di raccolta	22/07/2021
Distanza sulla fila m	1,25
Distanza tra le file m	4
Condizione interfilare	Inerbito
Vigore portainnesto	Medio
Anno di impianto	2017
Forma di Allevamento	Qualunque
Coltura protetta	<input type="checkbox"/>
Coltura creata il	08/03/2021 12:40:51

Parametro	Valore
Finalità produttiva	- Seleziona -
Fase ciclo colturale	In produzione
Tipo fertilizzante organico	Nessuno
Frequenza fertilizzante organico	altuario
Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha)	0
Resa t/ha	10
Tipologia colturale precedente	Non definita

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'algorithmo 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
03/09/2021	34,2	0	0	0,5	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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

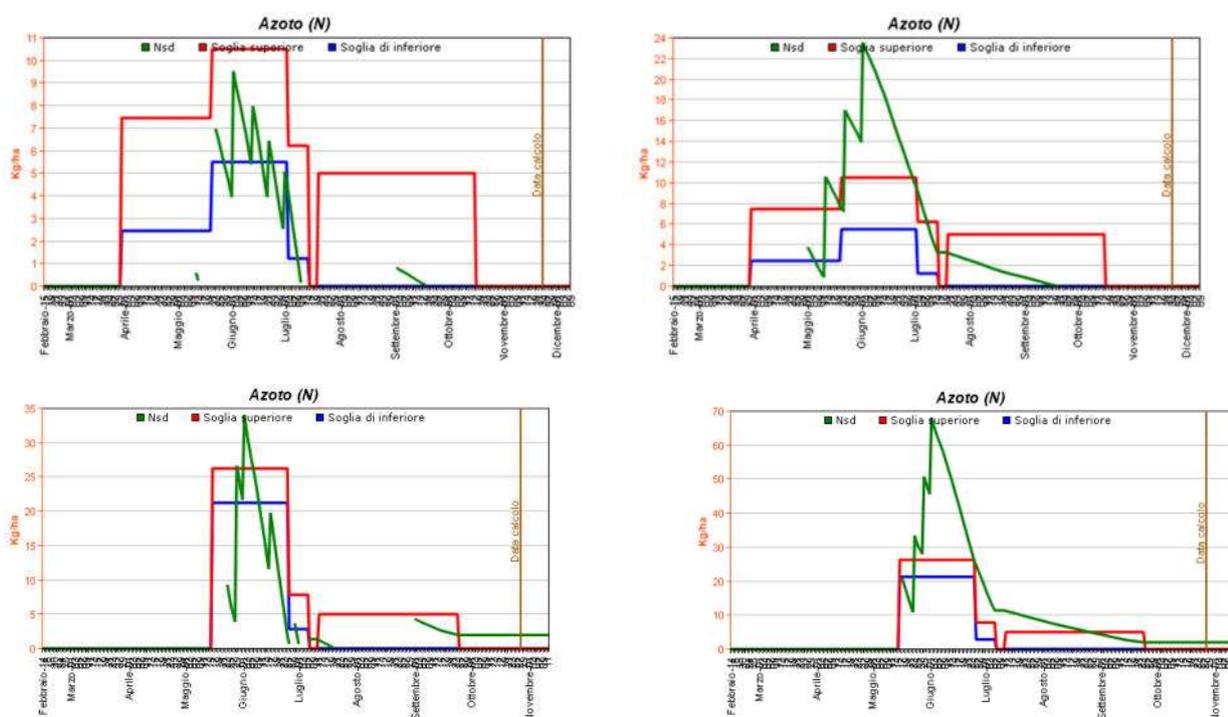
Tabelle 2a e 2b – Frazionamento della tesi Fert-APP (sx) e di quella Aziendale (dx).

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.

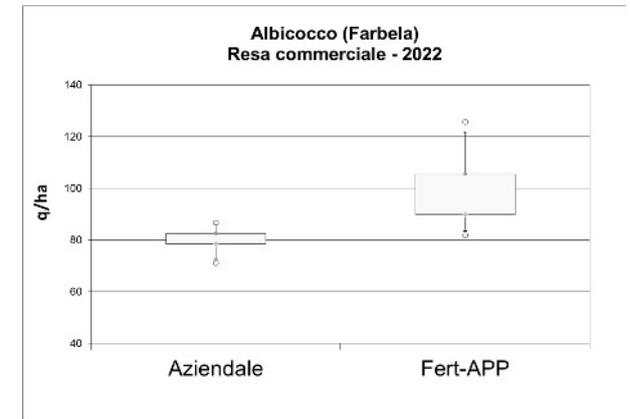
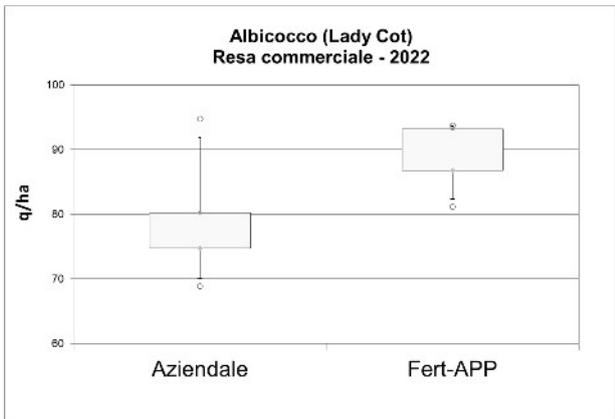
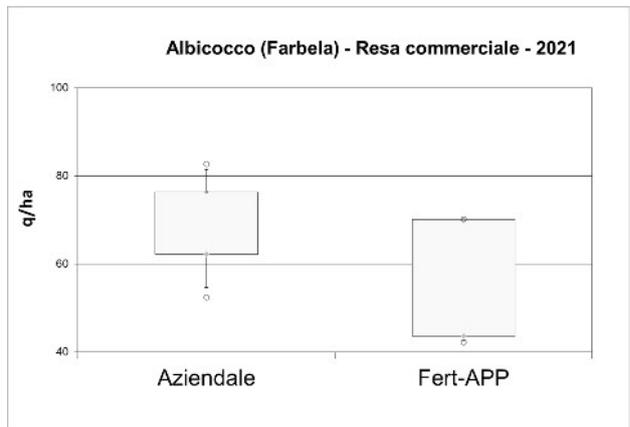
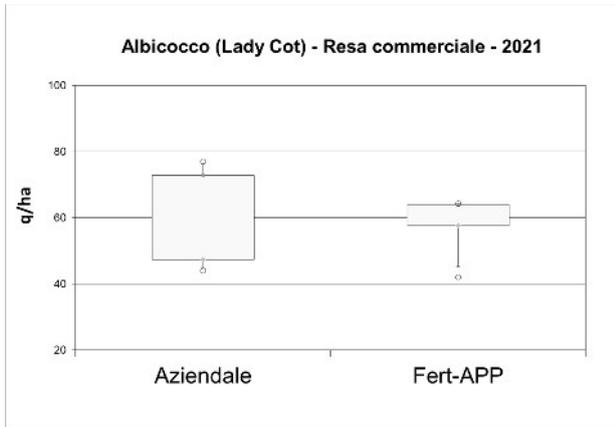


Fig. 8a e 8b, 8c e 8d – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova.



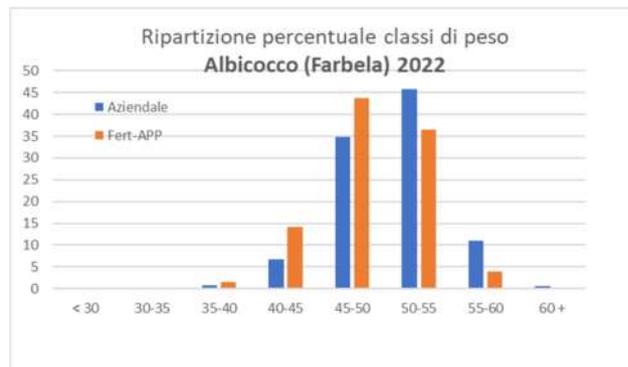


Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Ripartizione in classi di calibro Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2021-2022.

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.

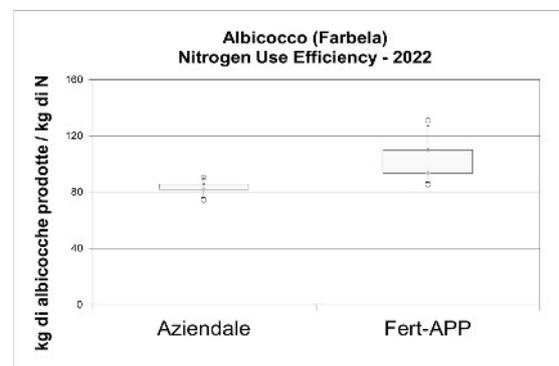
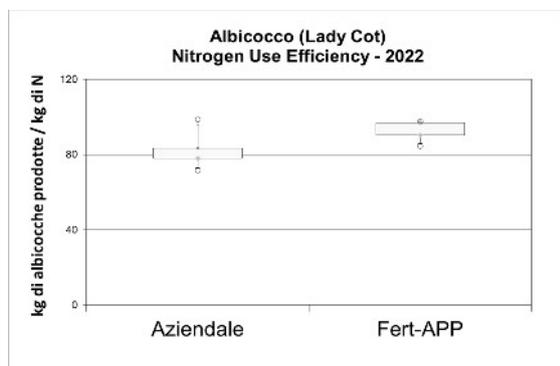
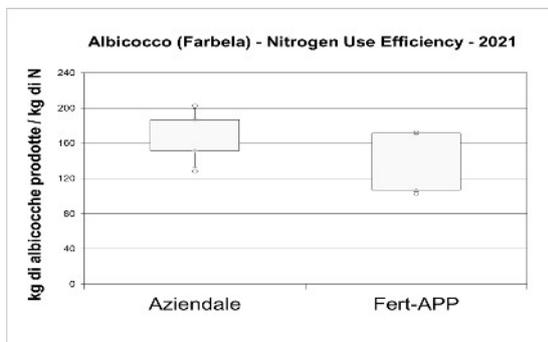
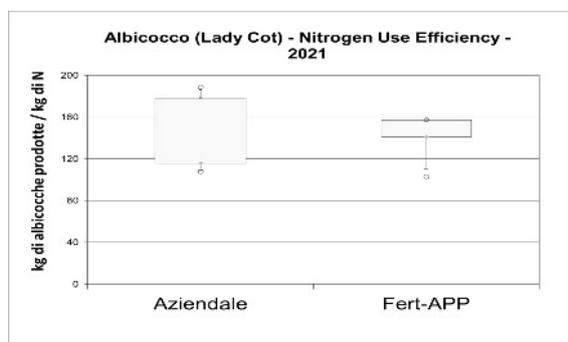


Fig. 10a e 10b, 10c e 10d – Efficienza di utilizzo dell'azoto Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2021-2022.

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

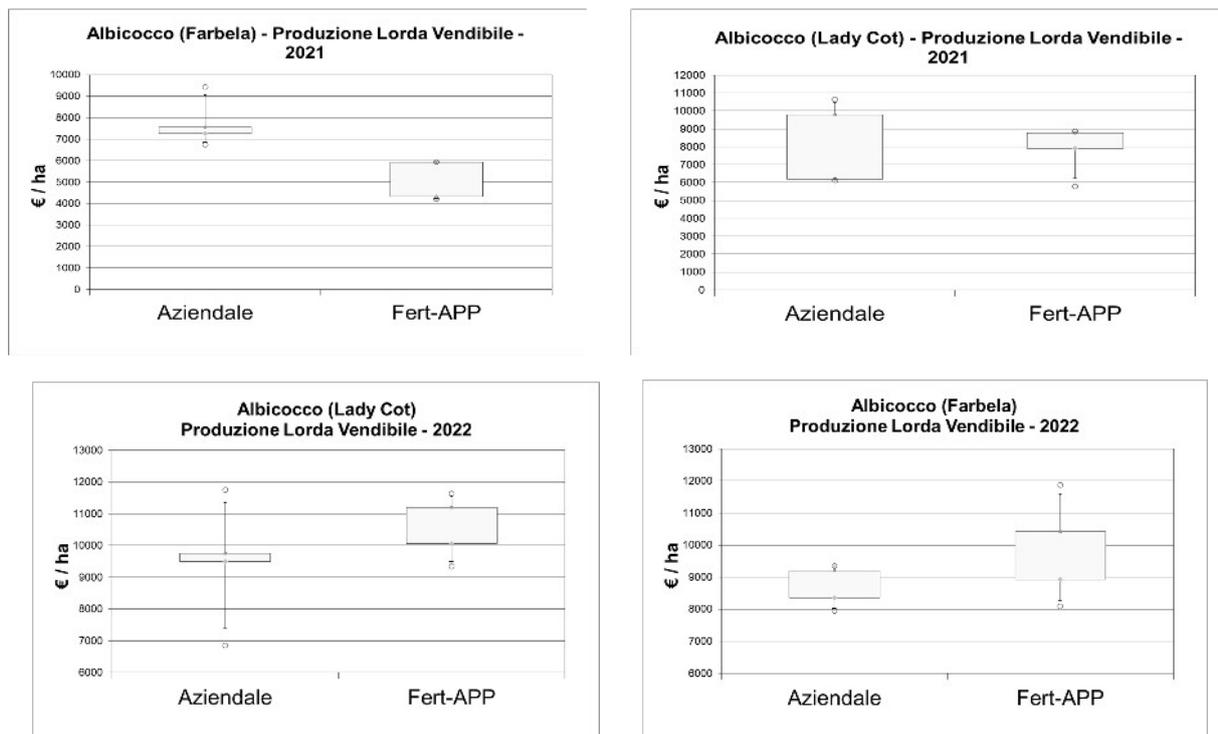


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili Farbela (sx) e Lady Cot (dx) ottenute nel 2020-2021.

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

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, nel biennio di prova.

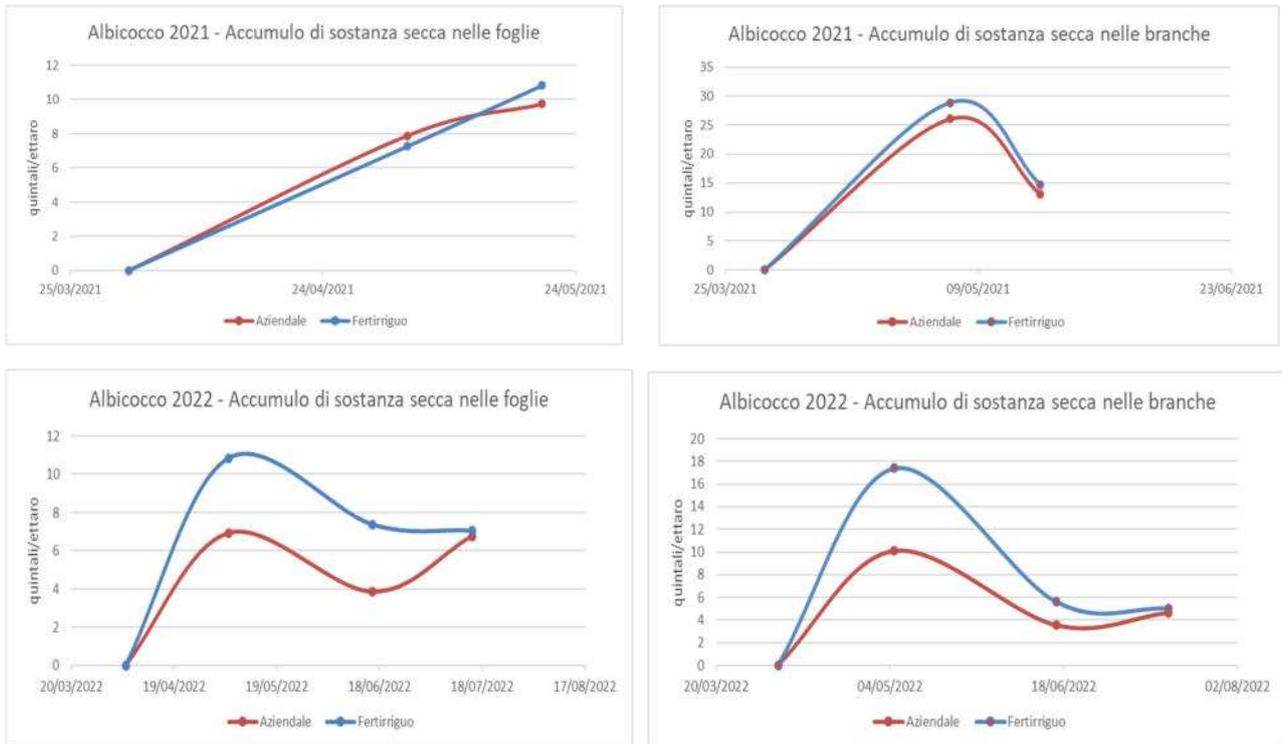


Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell’accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

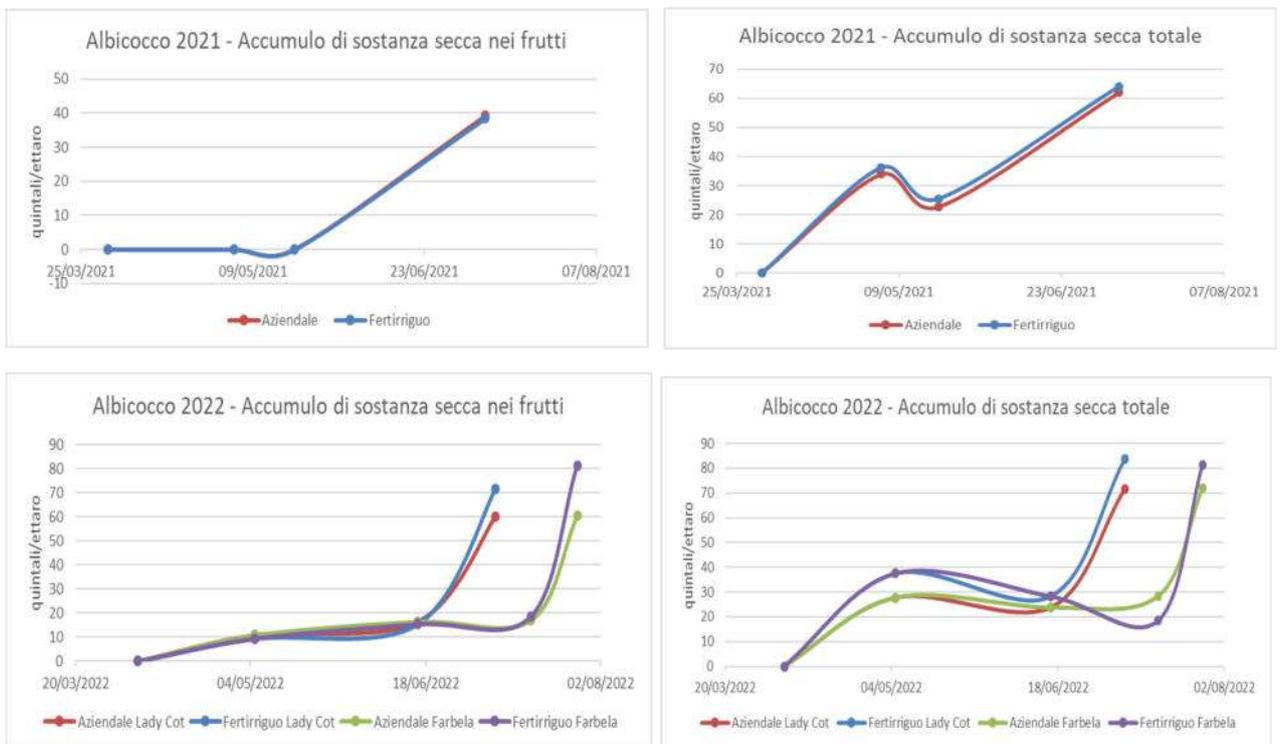


Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell’accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

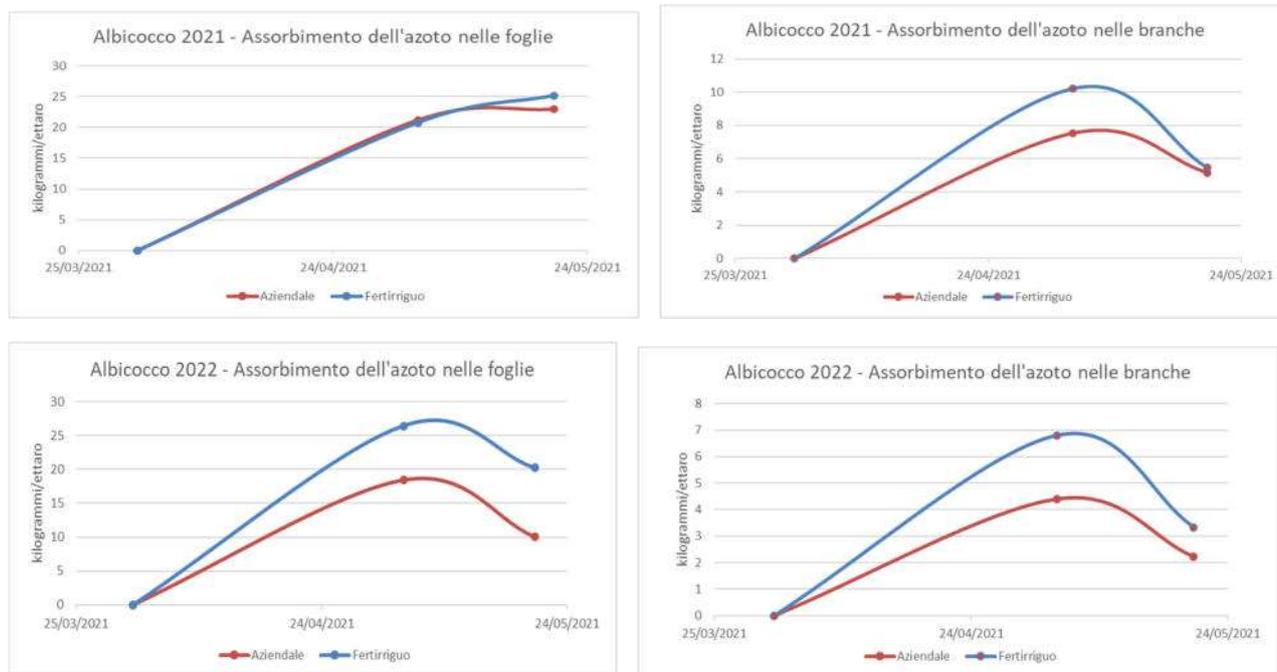


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

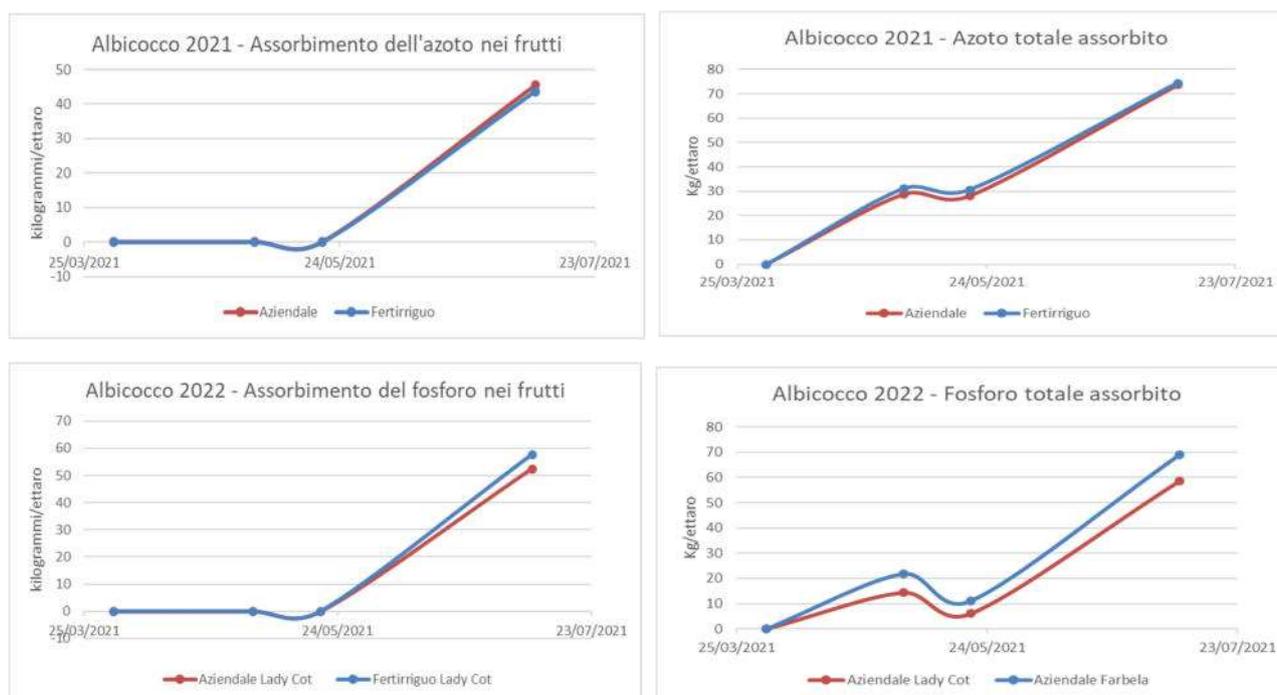


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

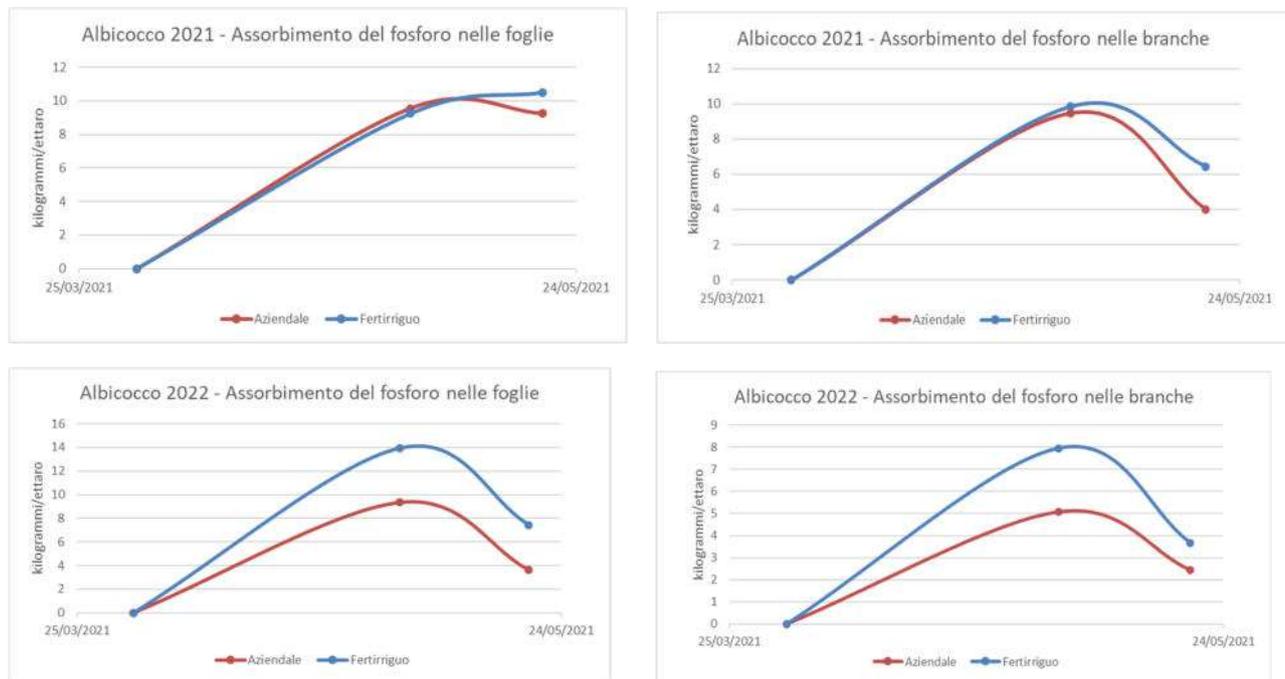


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

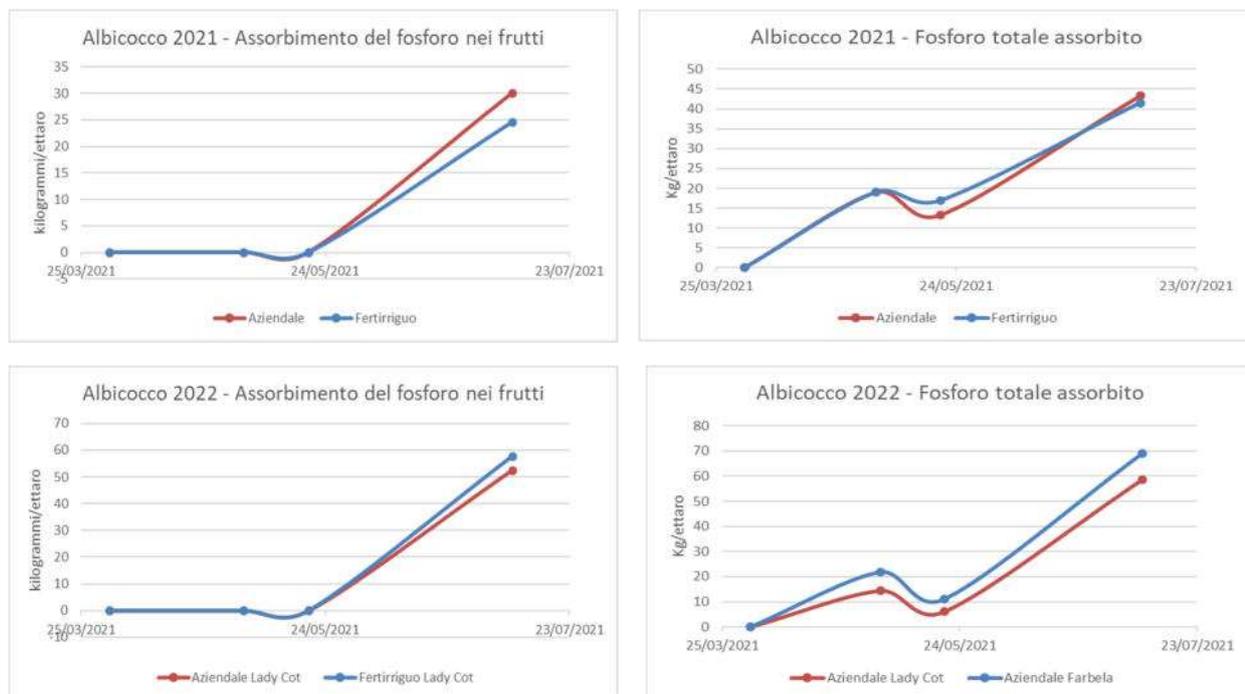


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel 2020.

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.

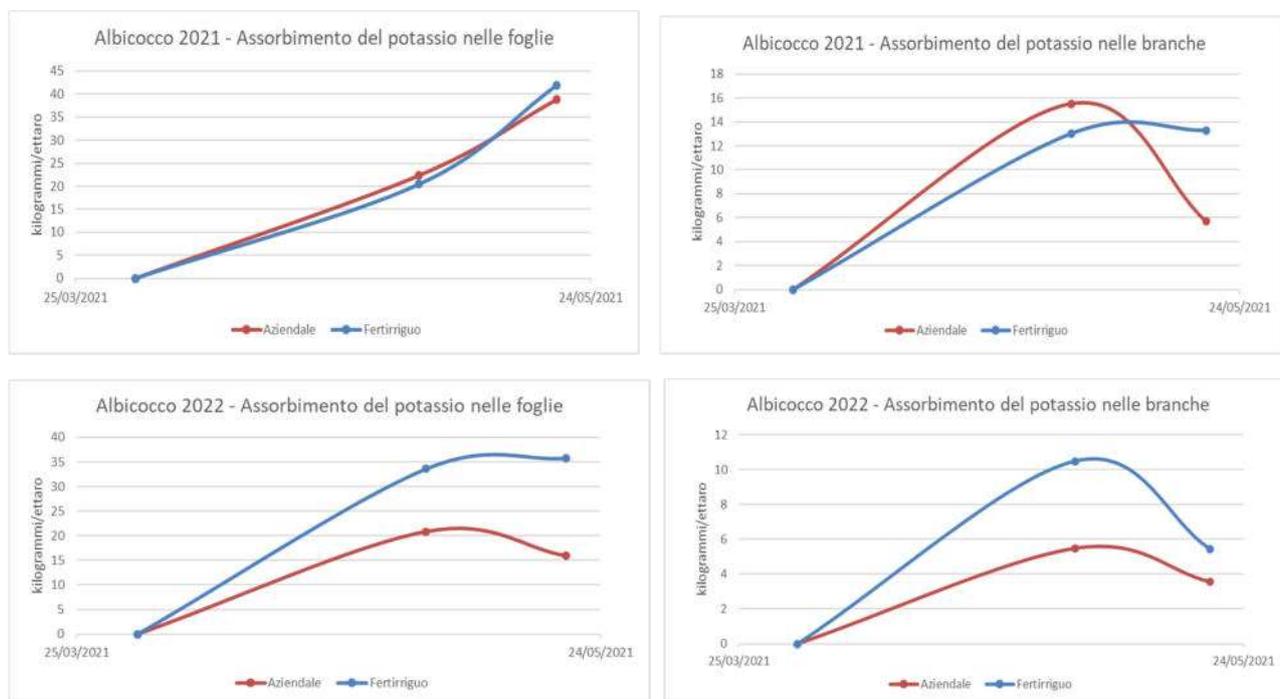


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

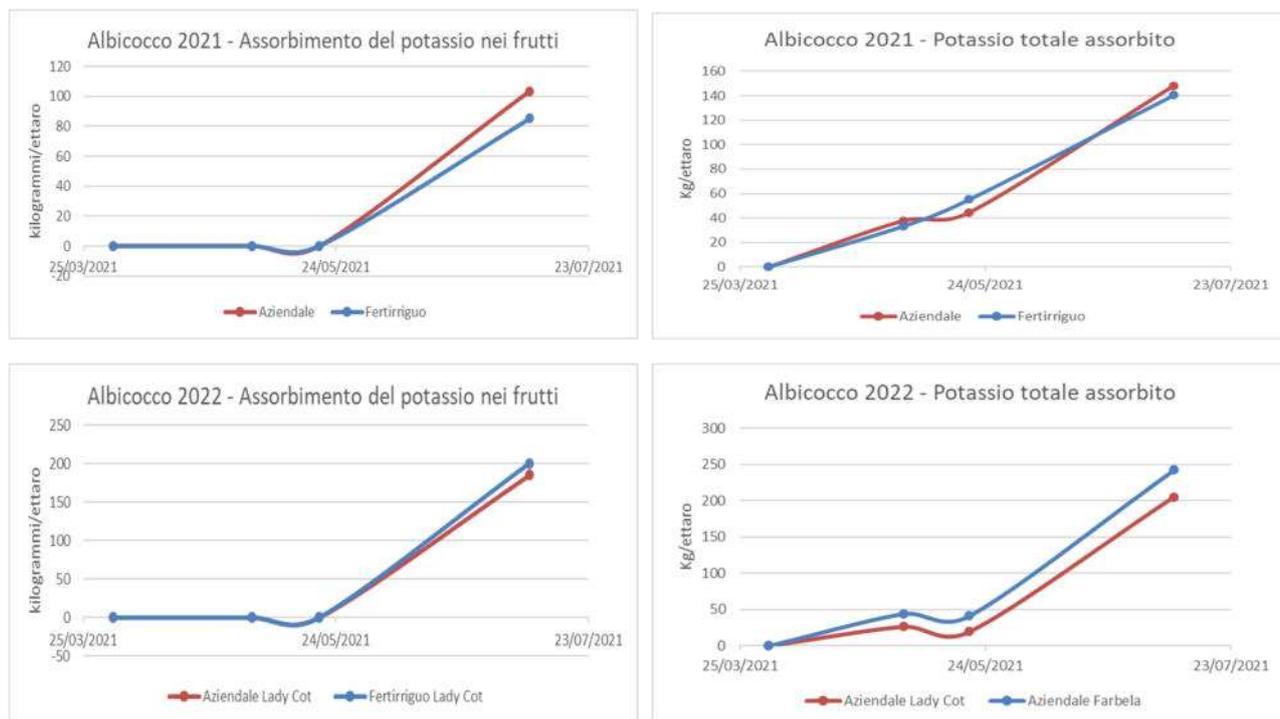
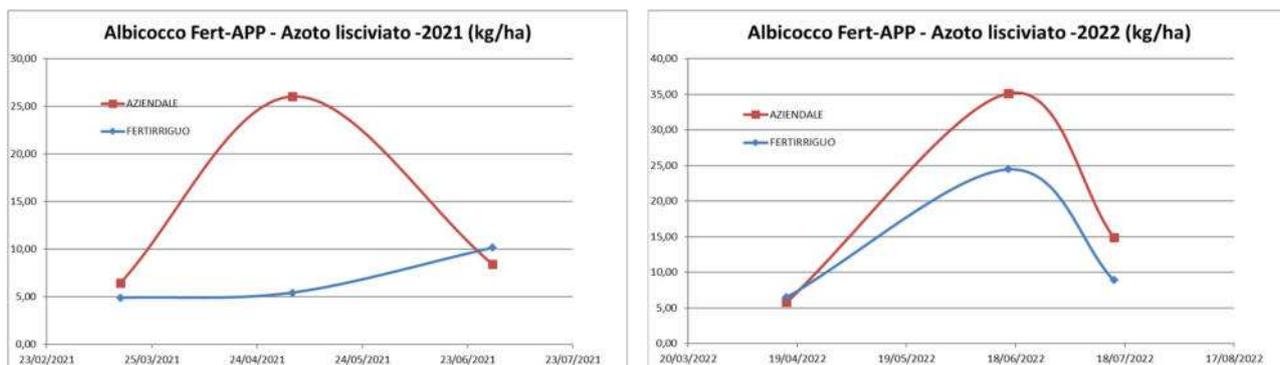


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.



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	80	0	0	0
fioritura: fase piena (> 50%)	2	True	131	0,50	True	0	0	0	0	20	50	0	0	0
scamicatura: 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 2ª 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

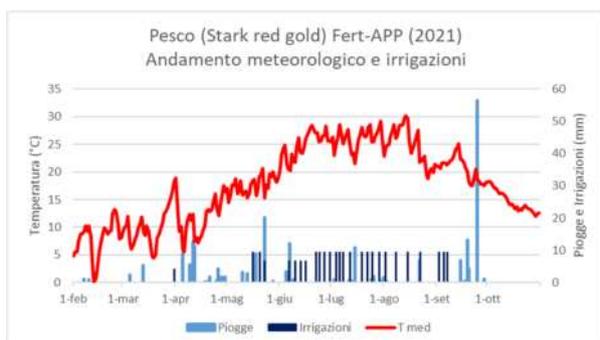
Per la coltura del pesco sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata eseguita sulla cultivar Stark Red Gold, impiantata nel 2011, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentale di circa 4000 m² situato presso l'azienda agricola 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 risultato essere nel 2021 di 17 kg/ha di N, 5 kg/ha di P₂O₅ e 39 kg/ha di K₂O e nel 2022 di 75,4 kg/ha di N, 11,3 kg/ha di P₂O₅ e 126 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image contains two screenshots of the Fert-Irrinet application interface. The left screenshot, titled "Appezamento 124398 - Pesco Fert-APP > DATI CHIMICI DEL SUOLO", displays a list of soil chemical parameters with input fields and values. The right screenshot, titled "Appezamento 10 - Pesco Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE", shows crop management settings including cultivation type, cycle, and various agronomic parameters.

Parametro	Valore
Azoto Totale g/kg	1,6
Potassio ppm (K ₂ O)	230,7
Fosforo ppm (P ₂ O ₅)	75
Sostanza organica %	2,3
Rapporto C/N	8,34
Magnesio ppm	339
Capacità di scambio cationico	27,2
Calcare totale %	8,5
Calcare attivo %	2,5
pH	7,9
Disponibilità di ossigeno	Moderata
Ubicazione	Pianura isolata
% di azoto fissazione	0

Parametro	Valore
Tipo di coltura	PESCO tardivo
Ciclo	Annuale
Descrizione	Pesco Aziendale
Data inizio ciclo della fase fioritura: fase piena (> 50%)	14/03/2021
Data di raccolta	09/08/2021
Distanza sulla fila m	4
Distanza tra le file m	3
Condizione interfilari	Inerbite
Vigore portinnesto	Molto vigoroso
Anno di impianto	2011
Forma di Allevamento	Qualunque
Cultura protetta	<input type="checkbox"/>
Cultura creata il	23/02/2021 15:25:29

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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

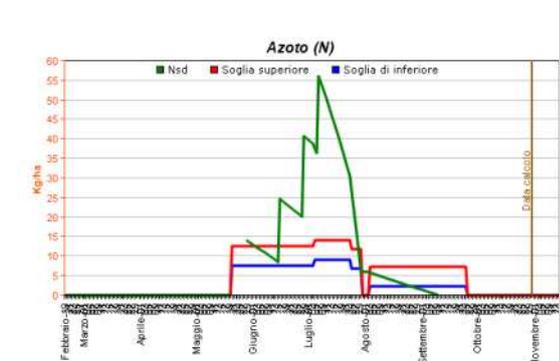
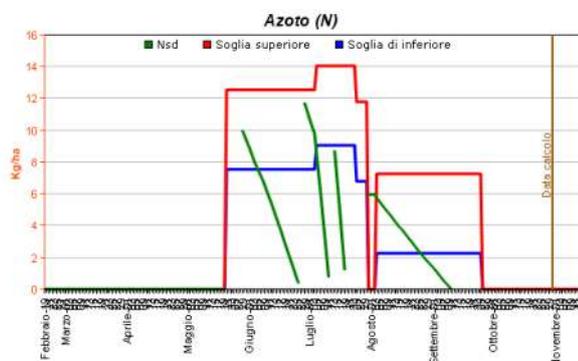
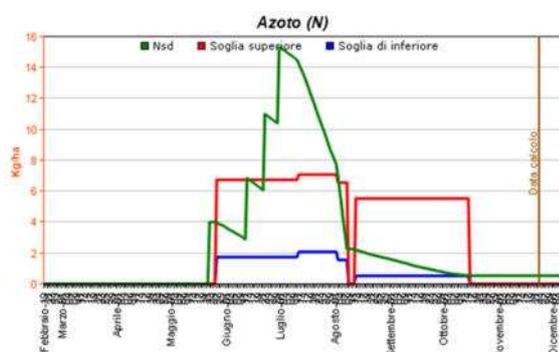
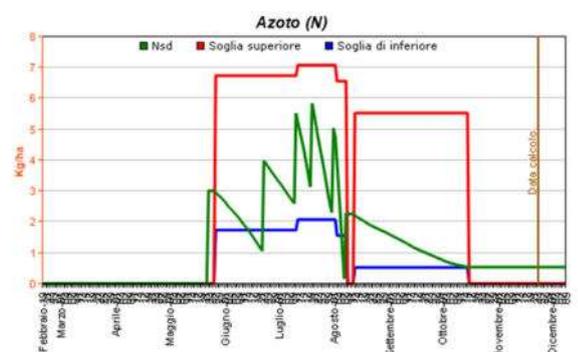
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
08/07/2022	13	0	46	5,9	12,7	0,0	45,0
08/07/2022	34,2	0	0	1,5	8,3	0,0	0,0
30/06/2022	13	0	46	5,9	12,7	0,0	45,0
30/06/2022	34,2	0	0	1,5	8,3	0,0	0,0
17/06/2022	13	0	46	3,9	8,5	0,0	30,0
17/06/2022	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.

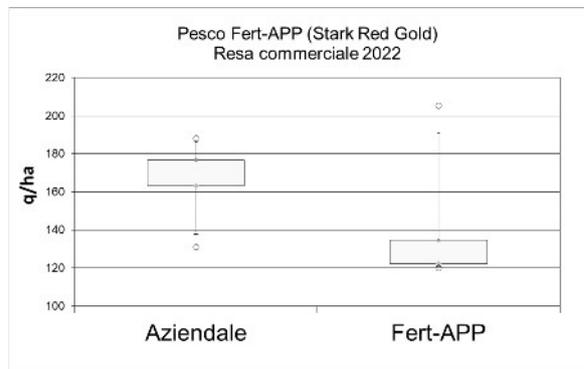
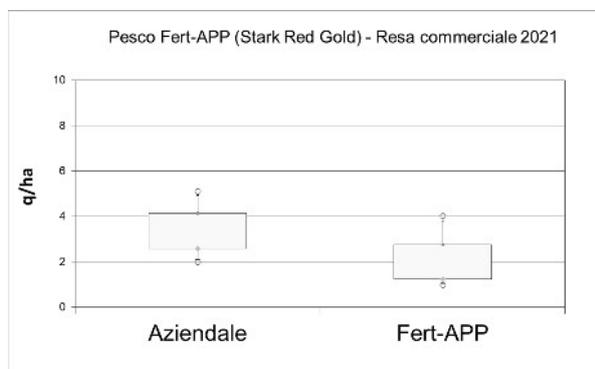


Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).

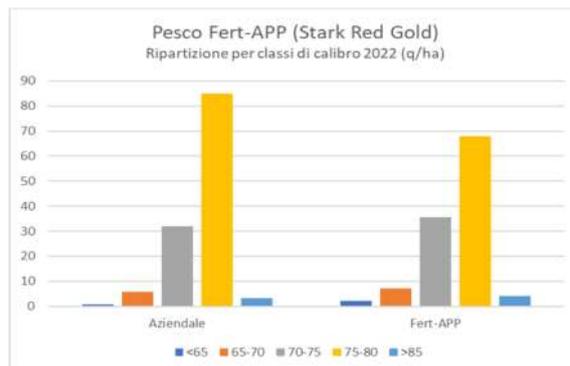
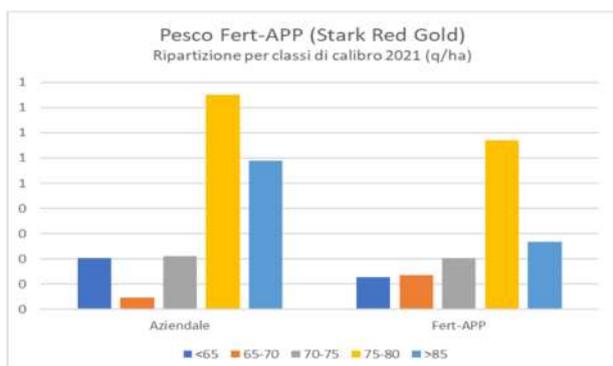


Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2021 (sx) e 2022 (dx).

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.

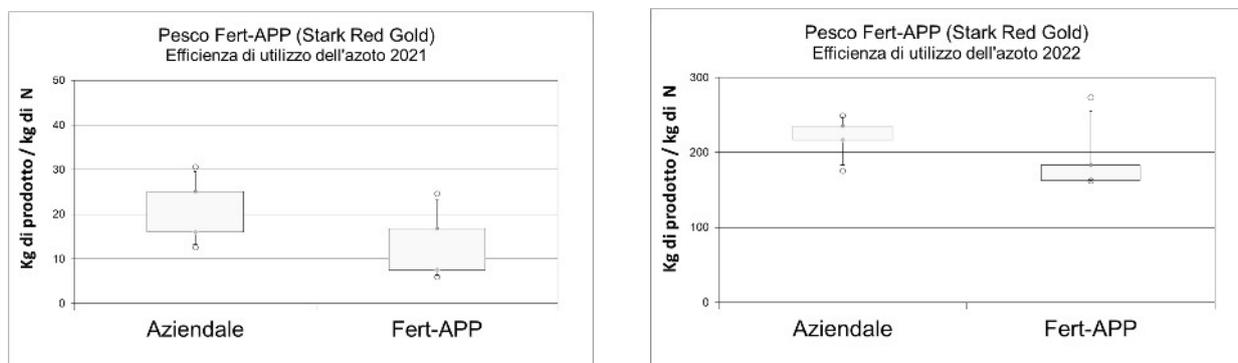


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).

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

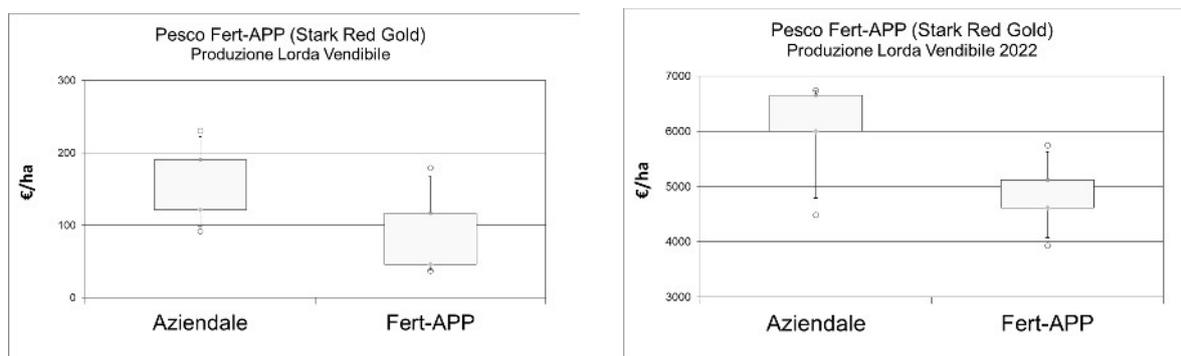


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).

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.

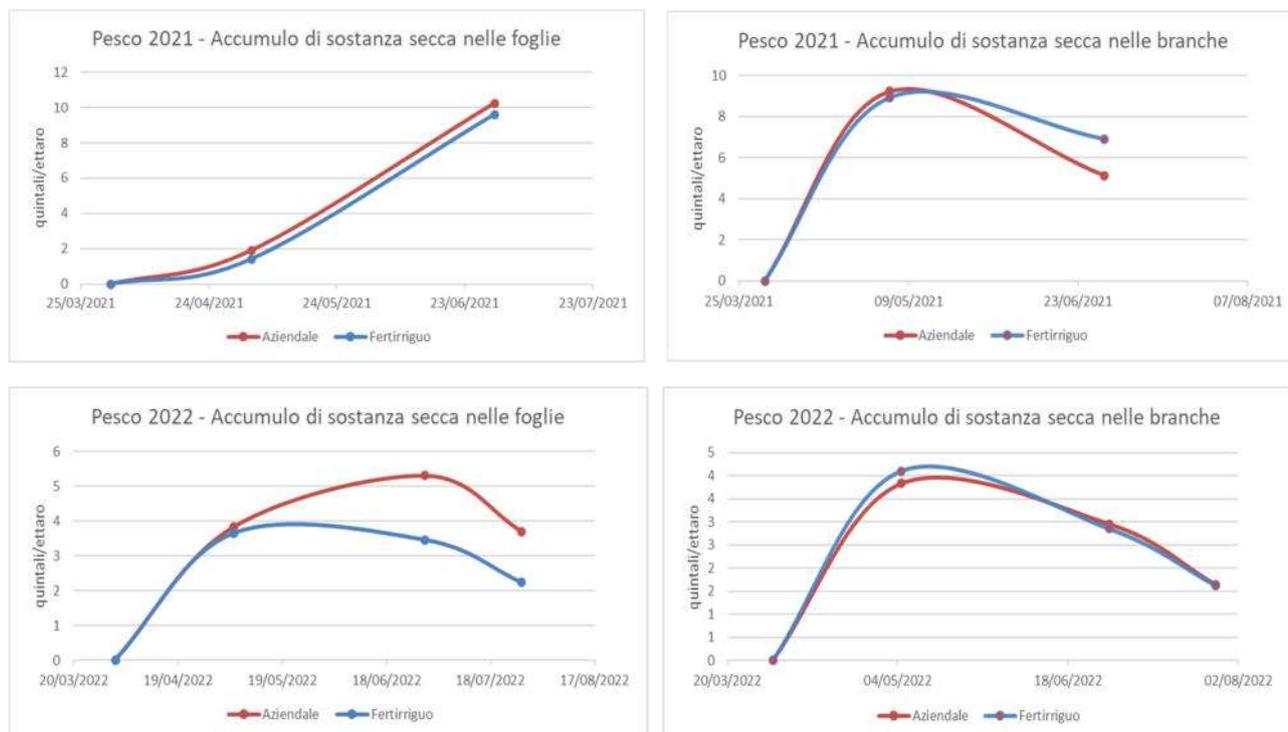


Fig. 12a, b,c, e d– Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

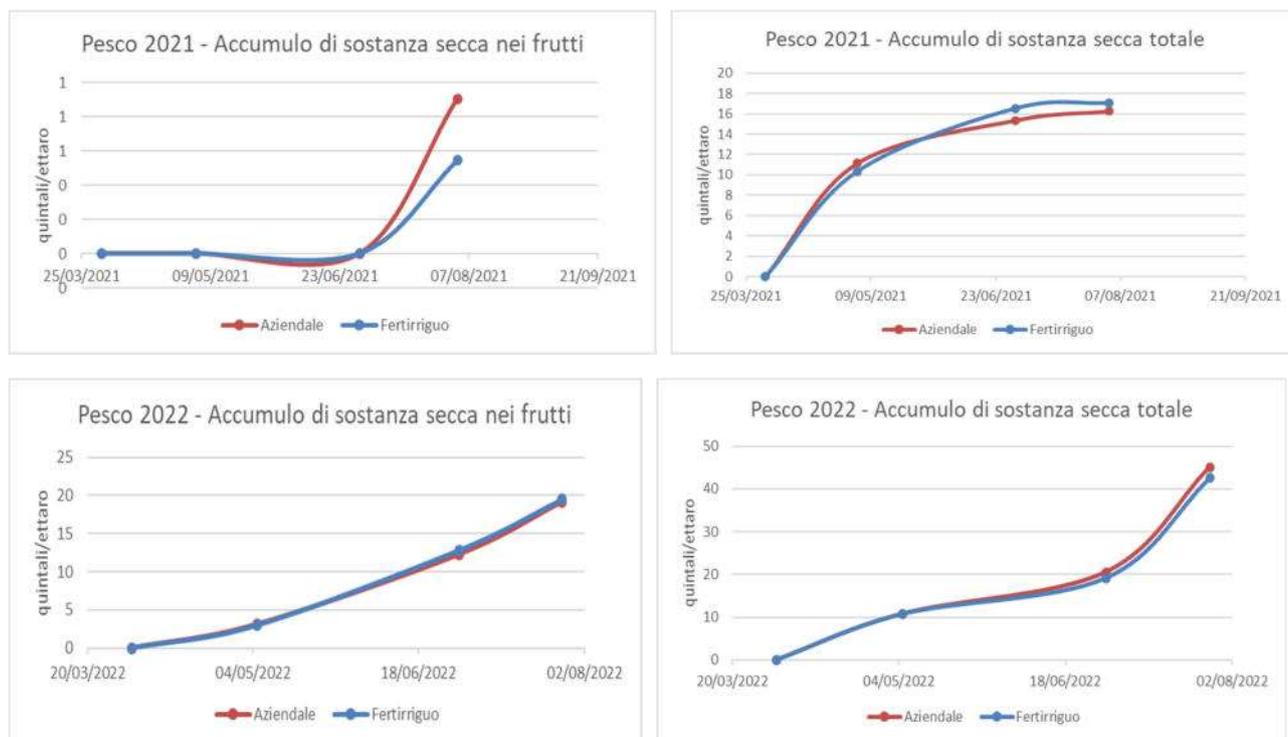


Fig. 12e, f, g, e h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

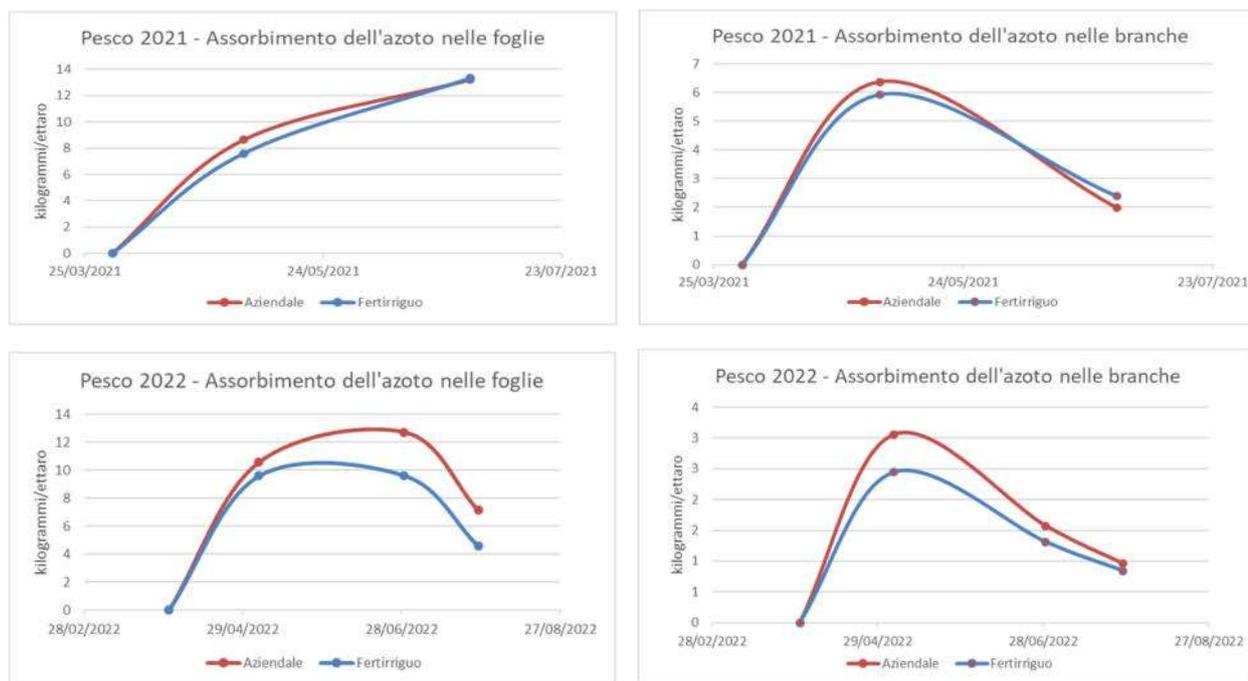


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

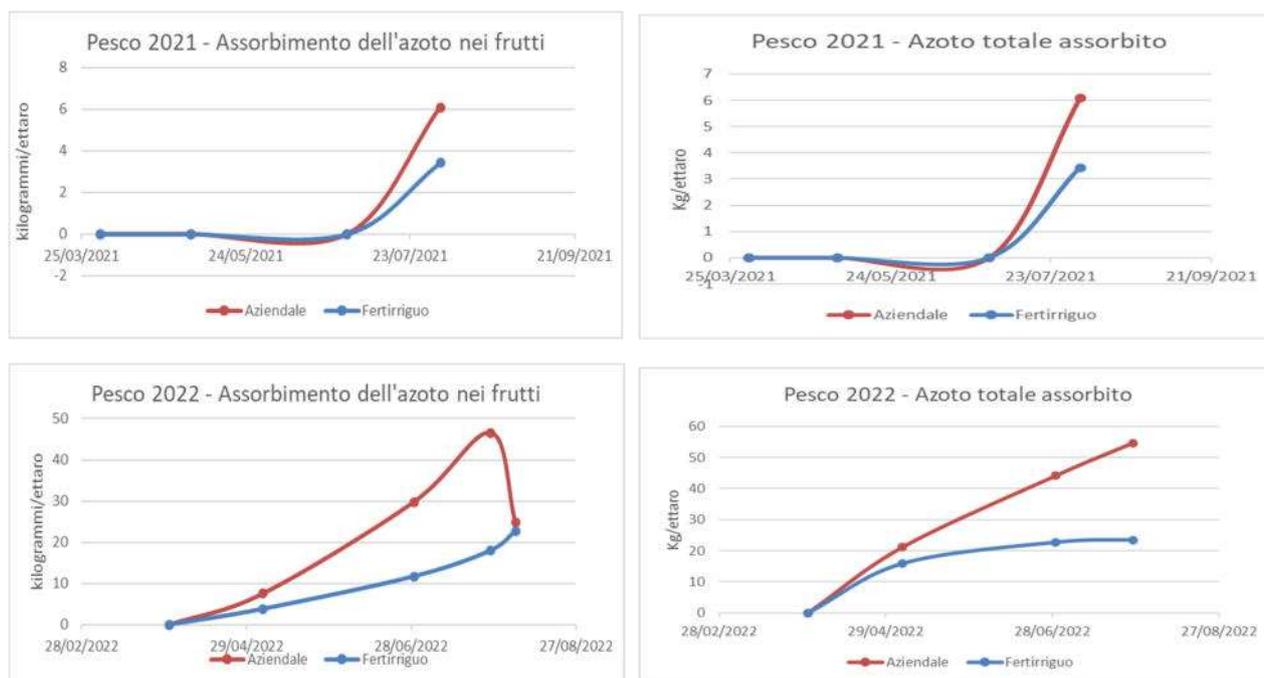


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel 2020.

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.

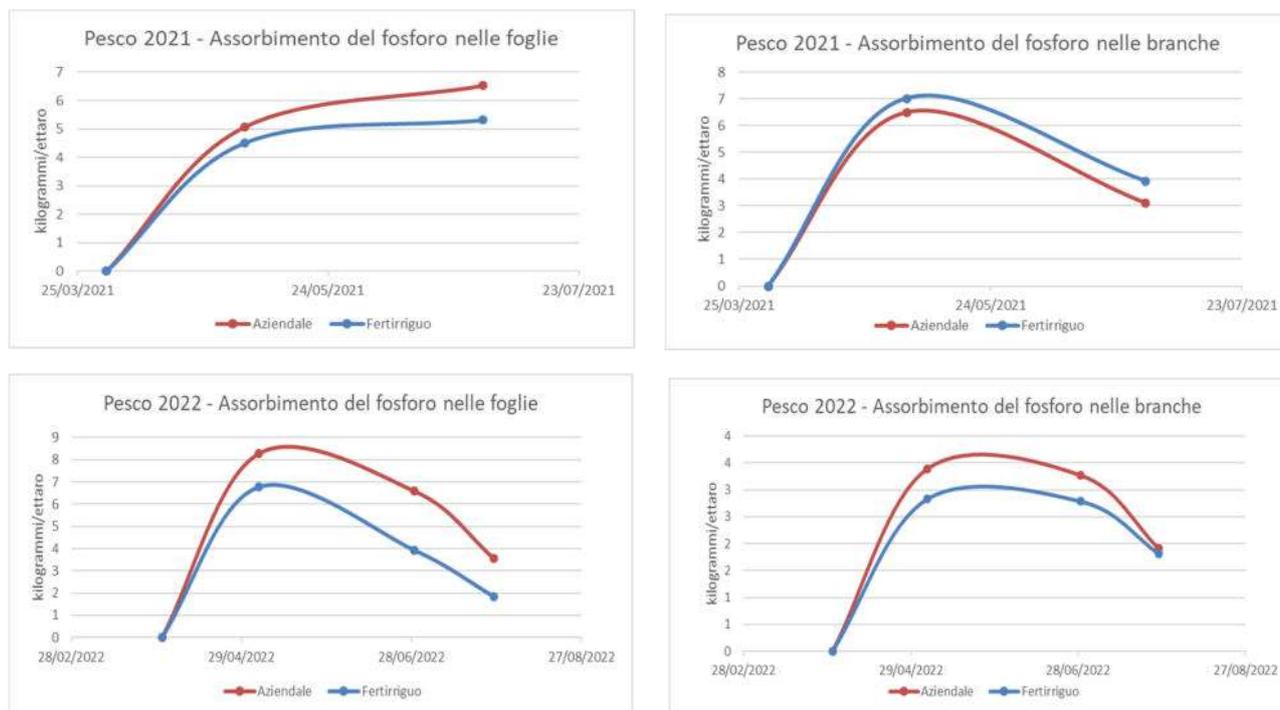


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

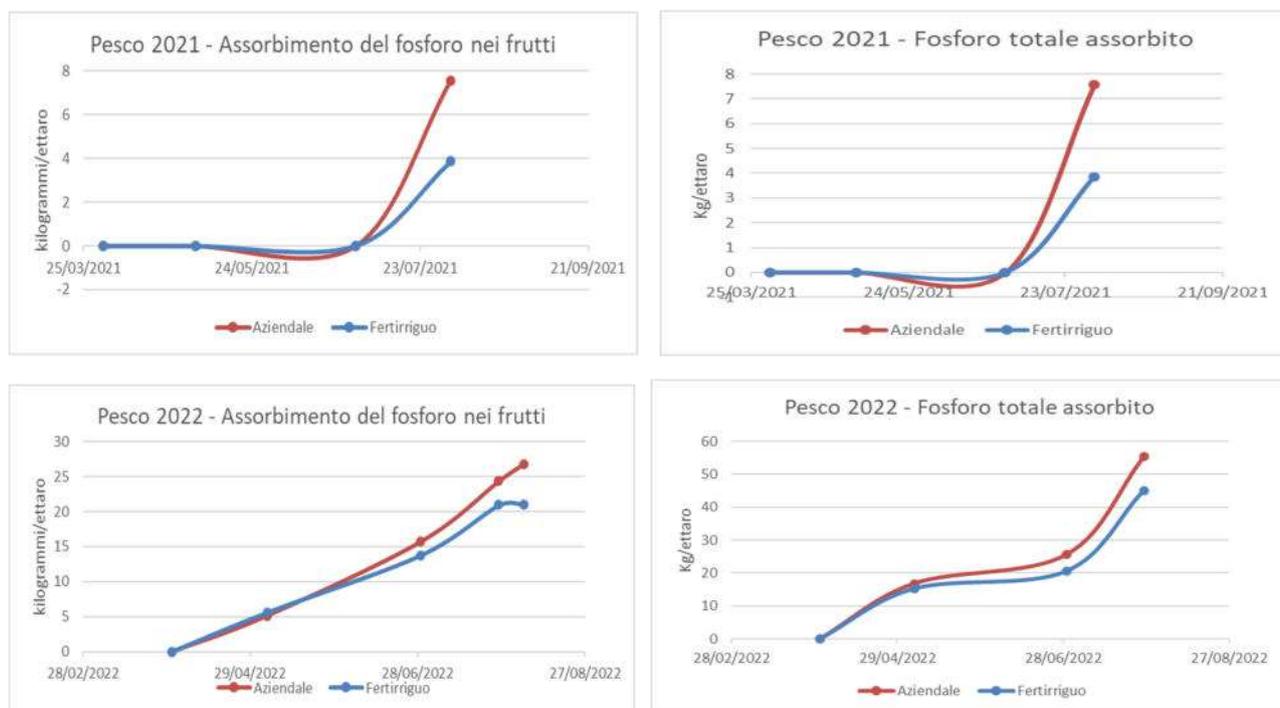


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

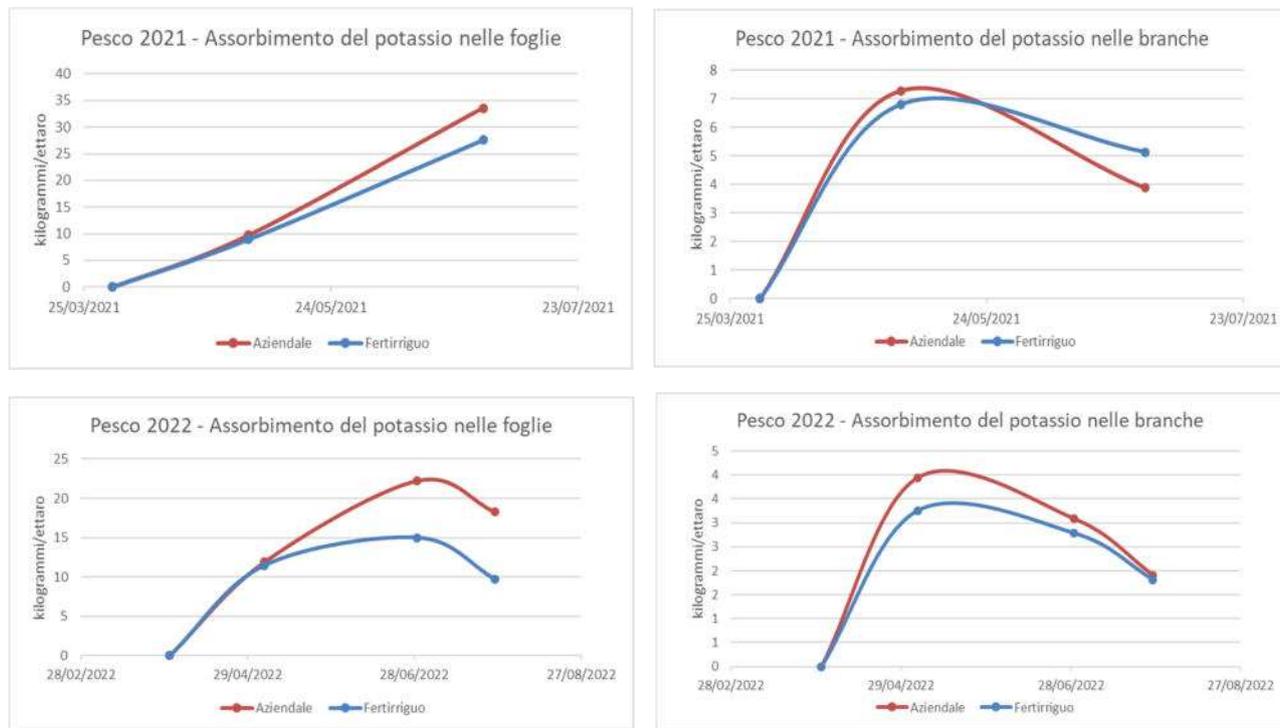


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

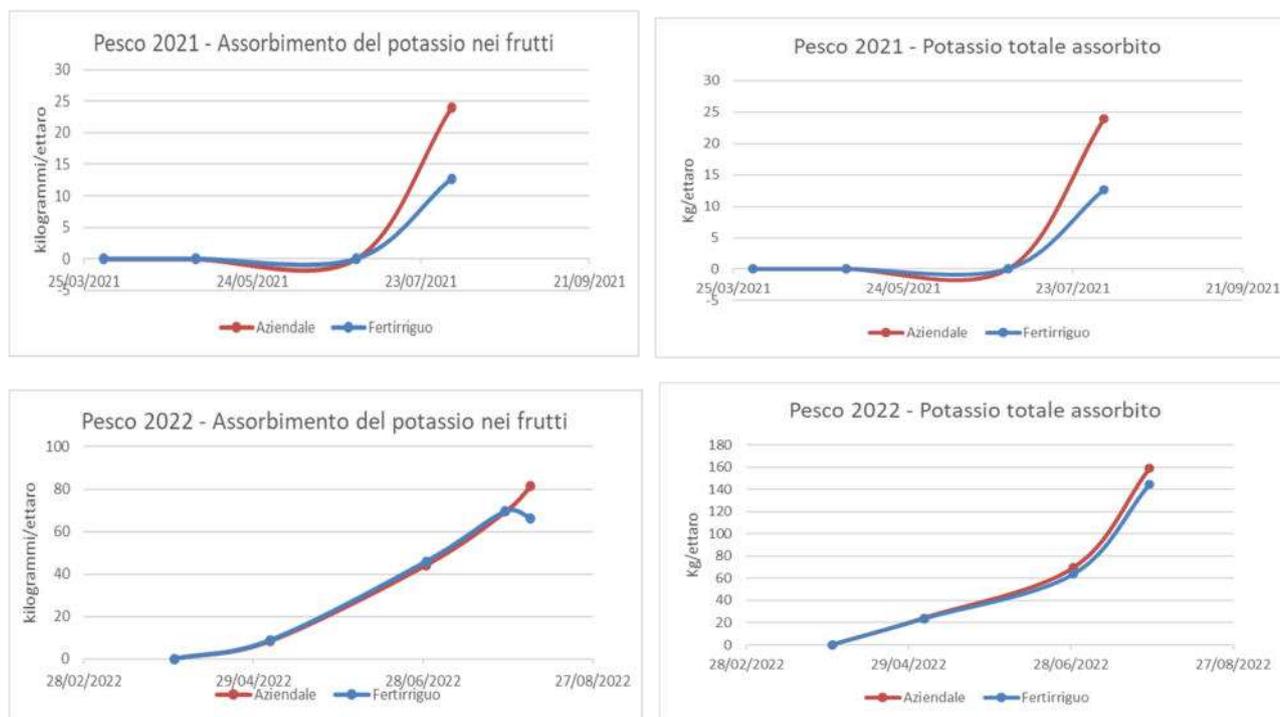
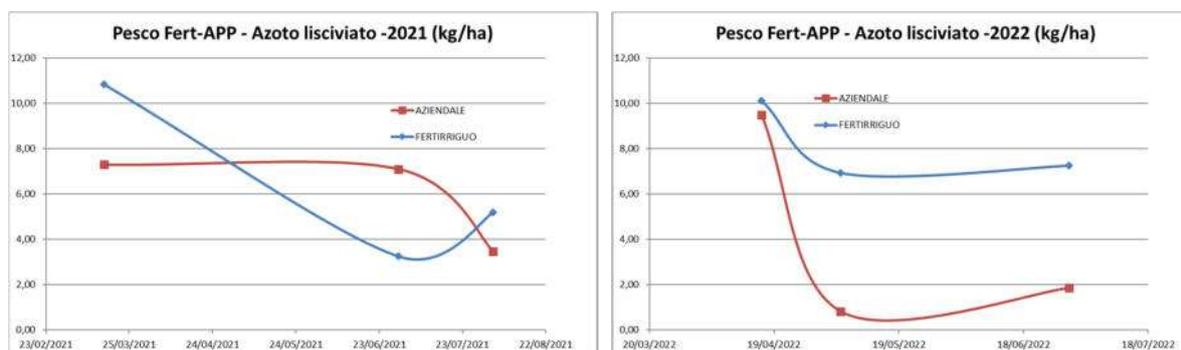


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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. 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	30	0	0	0	0
fioritura: fase piena (> 50%)	2	True	135	0,50	True	0	0	0	0	30	100	0	0	0
scamicatura: 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

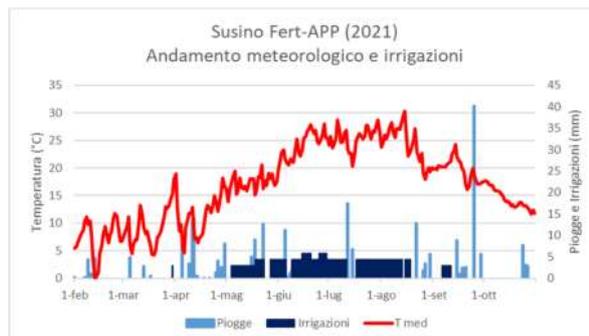
Per la coltura del susino non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita secondo la prassi aziendale. La prova è stata eseguita sulla cultivar Stanley, impiantata nel 2009, effettuando prove all'interno di un frutteto di circa 6000 m2 situato presso 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 risultato essere rispettivamente di 175 kg/ha di N, 40 kg/ha di P₂O₅ e 206 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image displays two screenshots of the Fert-Irrinet application interface, both titled "Appezamento 2 - Susino > MODIFICA CULTURA CORRENTE".

Fig. 2a (Left Screenshot): Shows general cultural parameters. Fields include: Tipo di coltura (SUSINO), Ciclo (Unico), Descrizione (Susino), Data inizio ciclo della fase fioritura: fase piena (> 50%) (29/03/2021), Data di raccolta (16/08/2021), Distanza sulla fila m (2,5), Distanza tra le file m (3,5), Condizione interfilare (Inerbito), Vigore portinnesto (Vigoreo), Anno di impianto (2009), Forma di Allevamento (Qualunque), Coltura protetta (checkbox), and Cultura creata il (23/03/2021 14:21:03). A section titled "Dati della coltura per la fertilizzazione" includes: Finalità produttiva (Produzione), Fase ciclo colturale (In produzione), Tipo fertilizzante organico (Nessuno), Frequenza fertilizzante organico (Saltuario), Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha) (0), Resa t/ha (40), and Tipologia colturale precedente (Non definita). A "Salva" button is at the bottom.

Fig. 2b (Right Screenshot): Shows soil chemical parameters. Fields include: Tipo di coltura (SUSINO), Ciclo (Unico), Descrizione (Susino), Data inizio ciclo della fase fioritura: fase piena (> 50%) (29/03/2021), Data di raccolta (16/08/2021), Distanza sulla fila m (2,5), Distanza tra le file m (3,5), Condizione interfilare (Inerbito), Vigore portinnesto (Vigoreo), Anno di impianto (2009), Forma di Allevamento (Qualunque), Coltura protetta (checkbox), and Cultura creata il (23/03/2021 14:21:03). A section titled "Dati della coltura per la fertilizzazione" includes: Finalità produttiva (Produzione), Fase ciclo colturale (In produzione), Tipo fertilizzante organico (Nessuno), Frequenza fertilizzante organico (Saltuario), Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha) (0), Resa t/ha (40), and Tipologia colturale precedente (Non definita). A "Salva" button is at the bottom.

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							
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

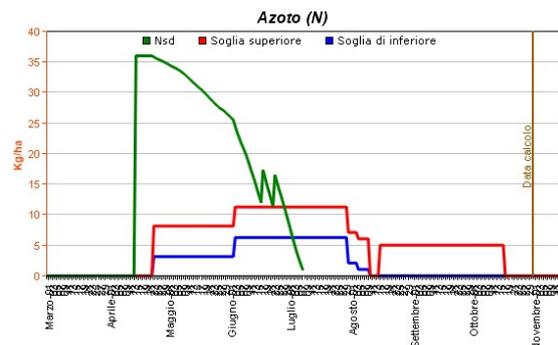
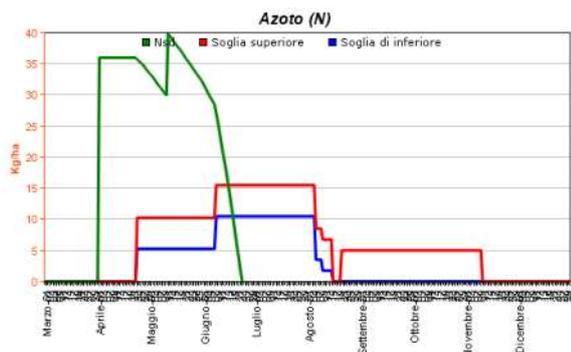
Data	Titolo N	Titolo P2O5	Titolo K2O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P2O5 kg/ha	Dose K2O kg/ha
16/07/2021	13	0	46	50,0	6,5	0,0	23,0
28/06/2021	6,5	0	0	10,0	0,7	0,0	0,0
12/05/2021	13	0	46	25,0	3,3	0,0	11,5
12/05/2021	17	0	44	25,0	4,3	0,0	11,0
12/05/2021	11	0	0	25,0	2,8	0,0	0,0
02/04/2021	12	11	18	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
scamicatura: 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.

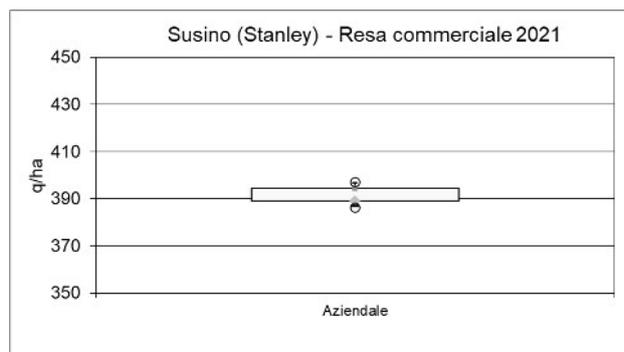
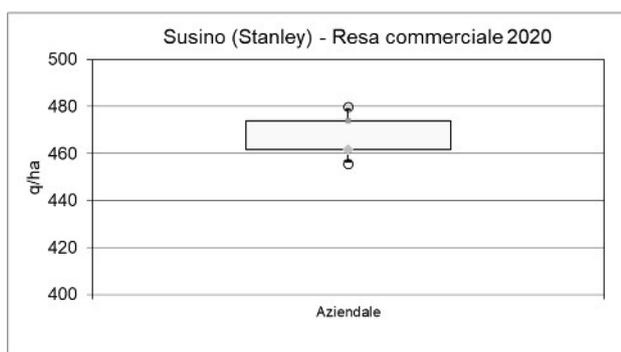


Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2020 (sx) e 2021 (dx).

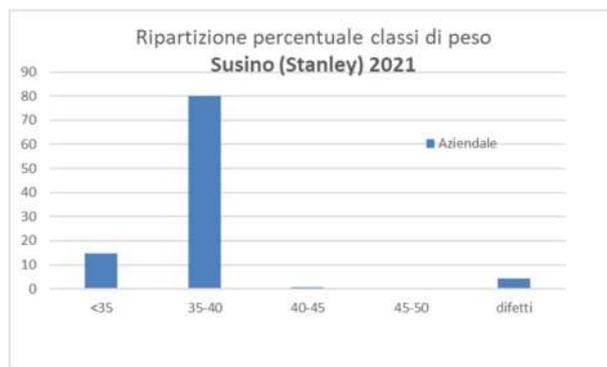
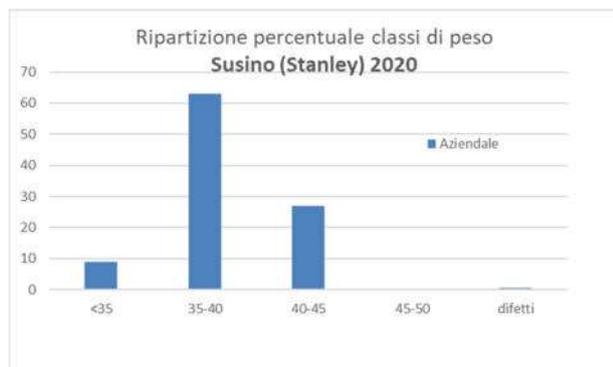


Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2020 (sx) e 2021 (dx).

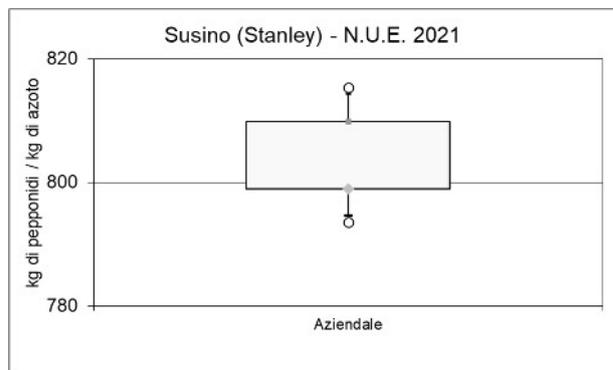
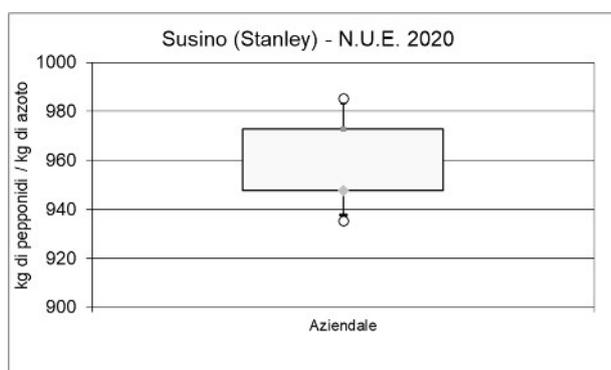


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell'azoto 2020 (sx) e 2021 (dx).

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

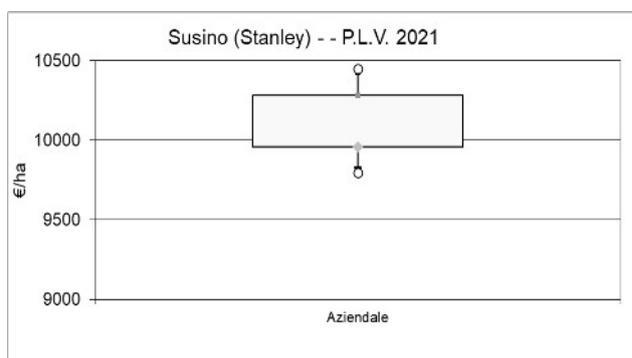
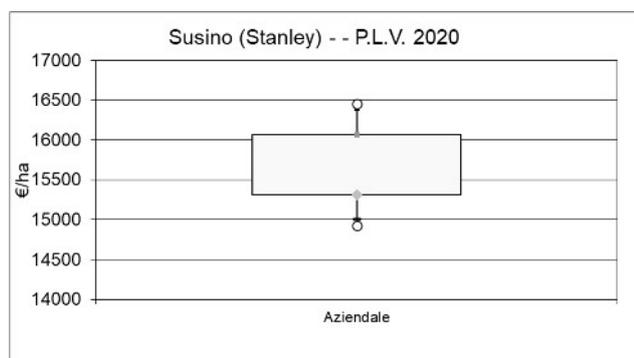


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2020 (sx) e 2021 (dx).

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.

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.

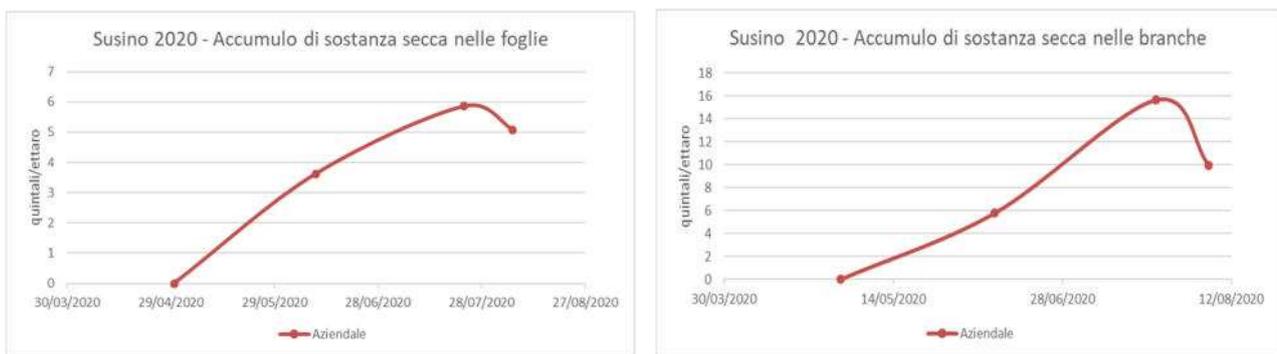


Fig. 12a e 12b – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

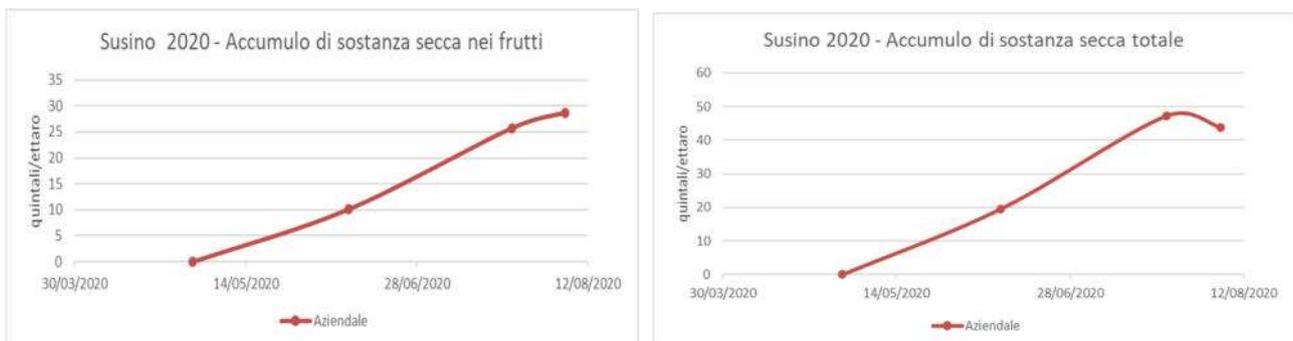


Fig. 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

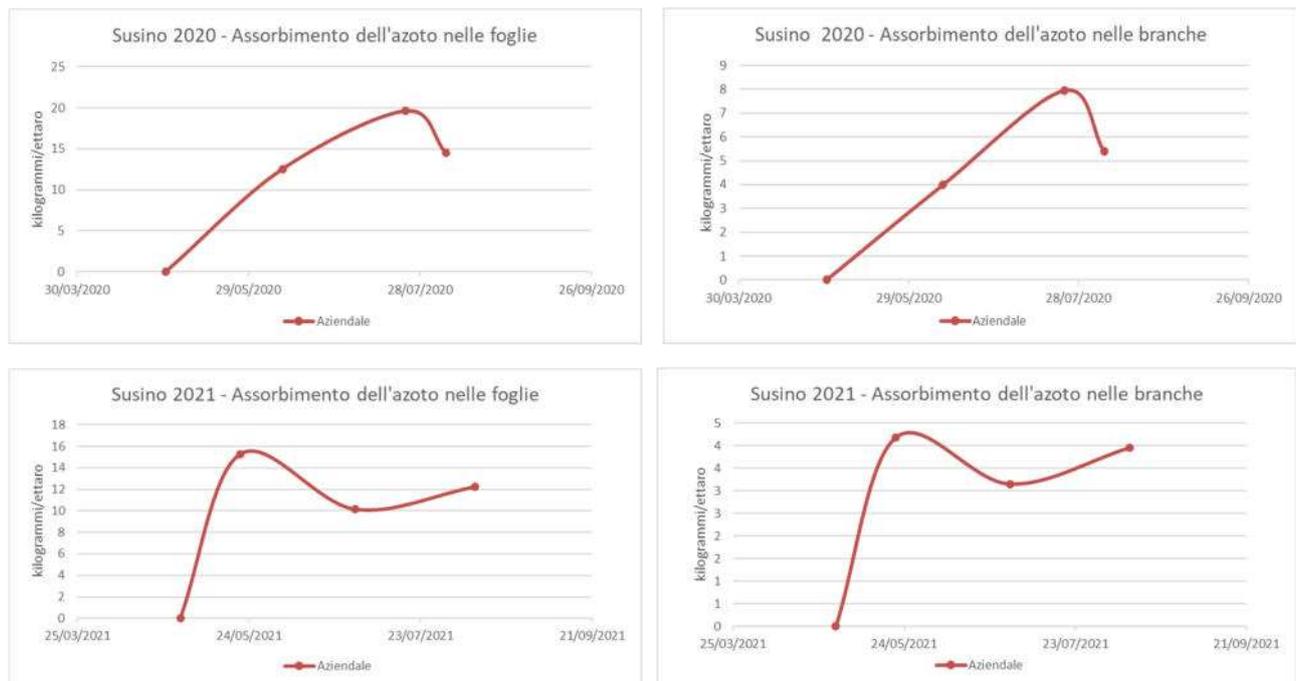


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

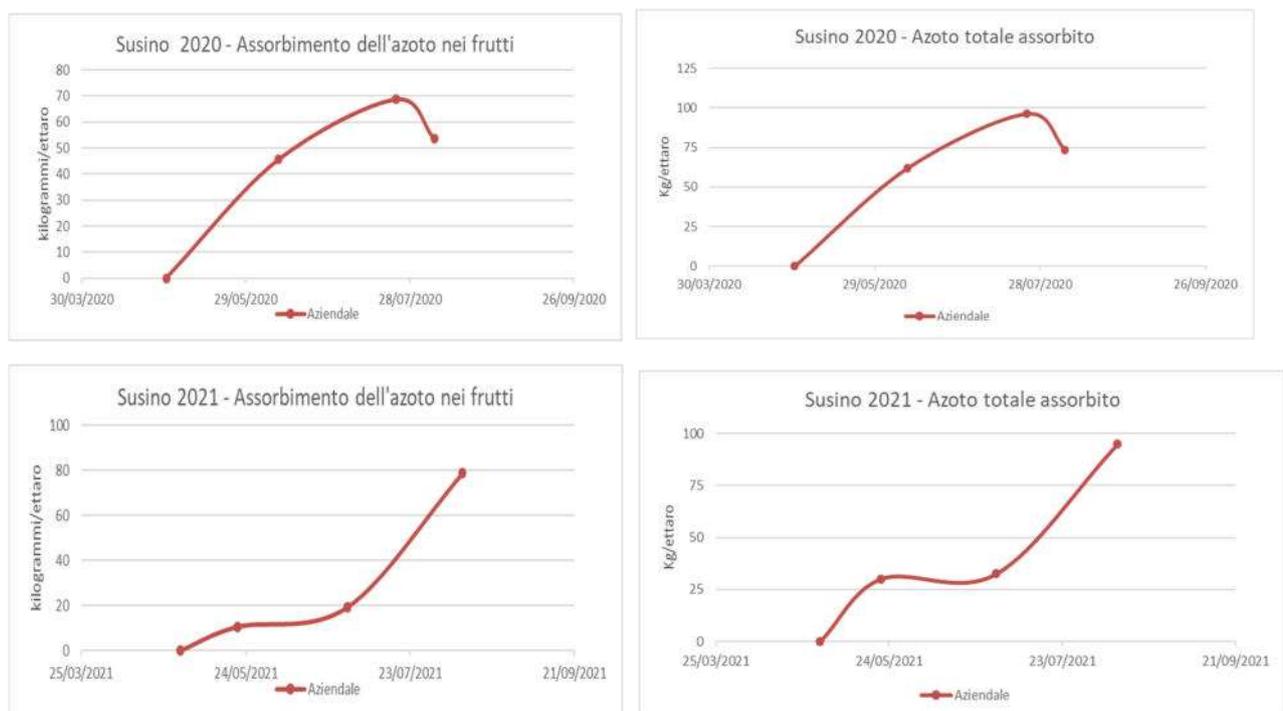


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

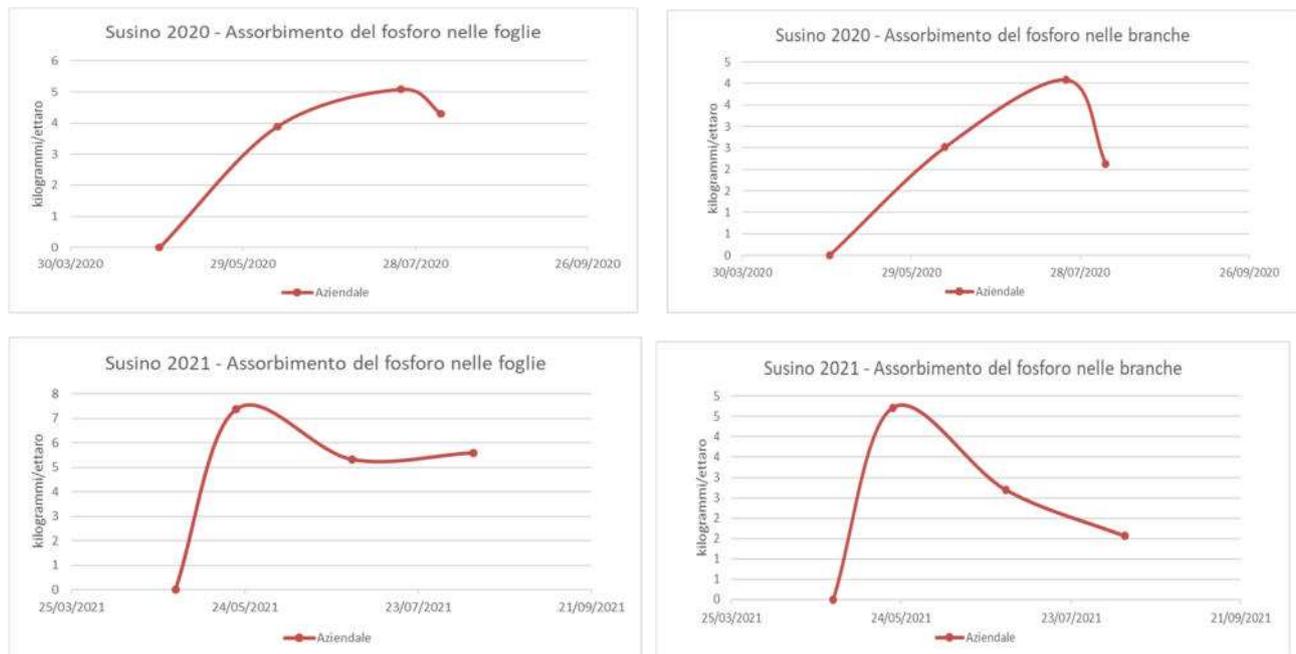


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

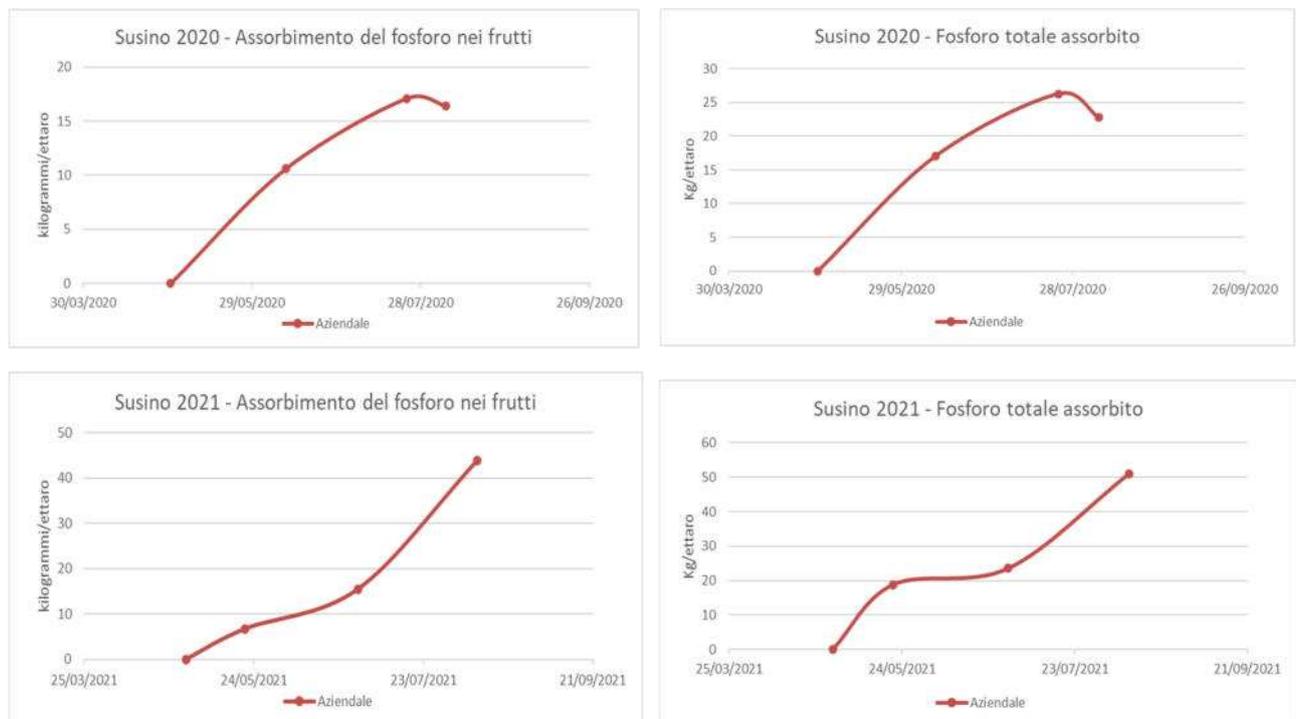


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

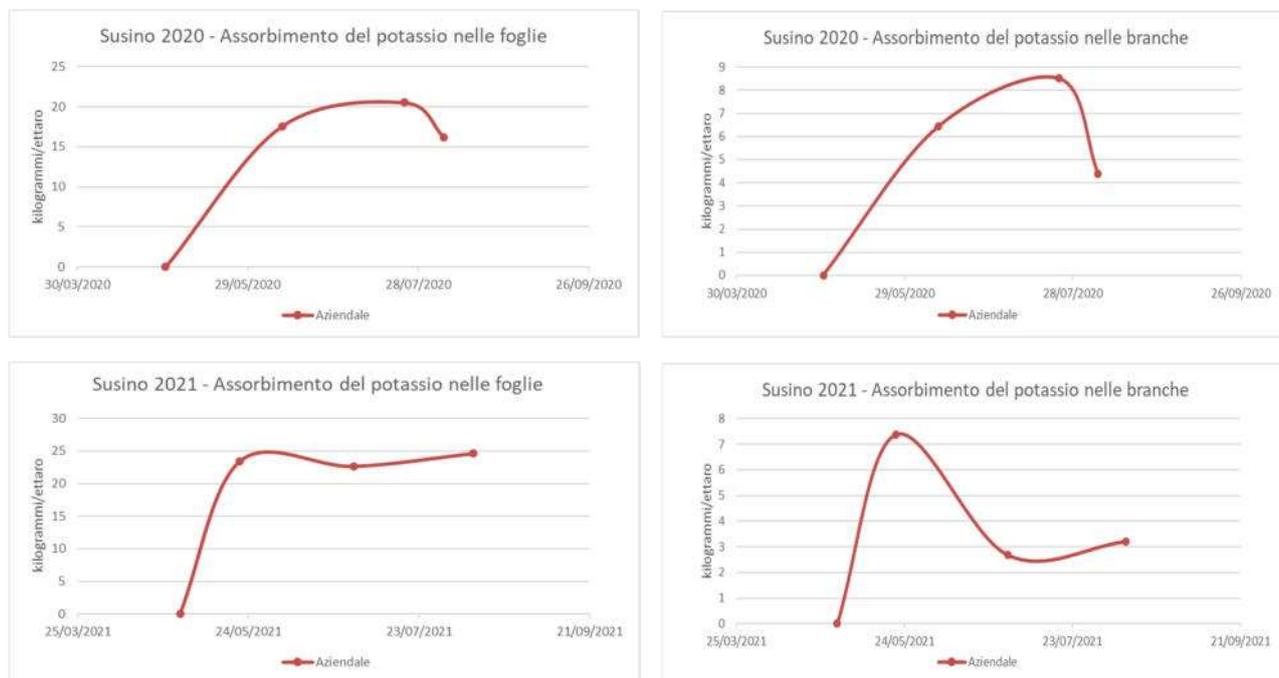


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

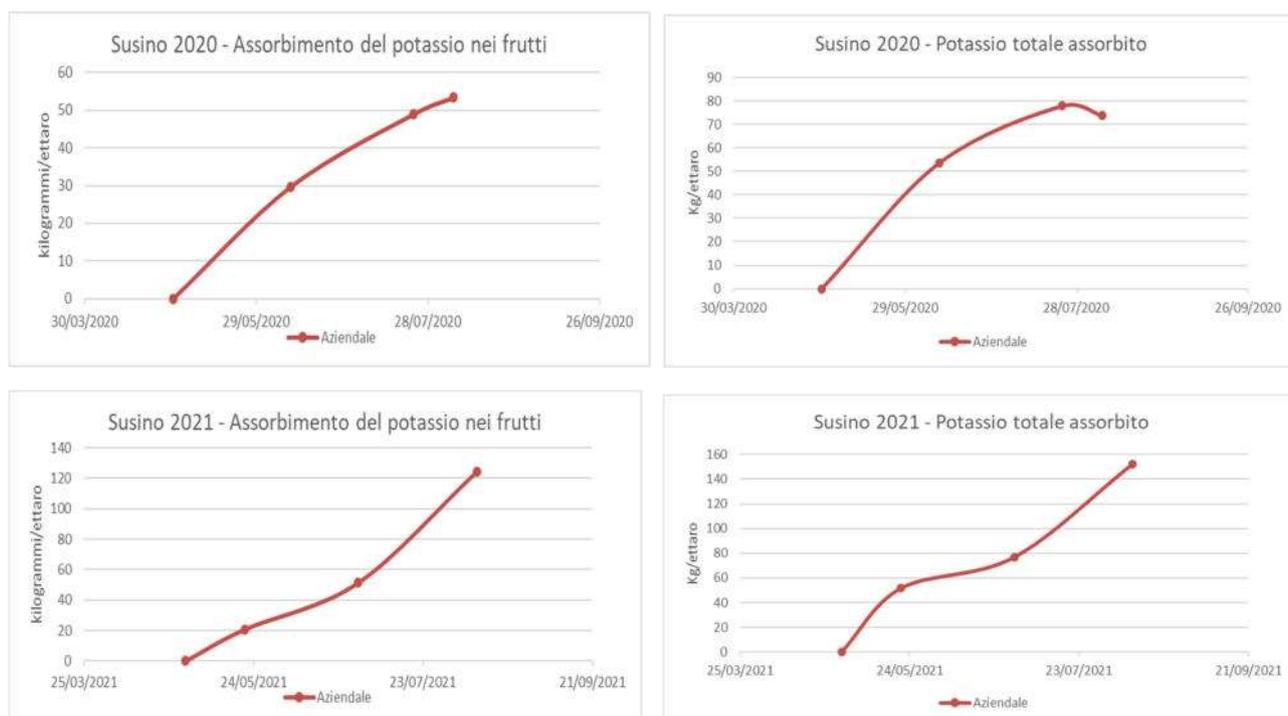
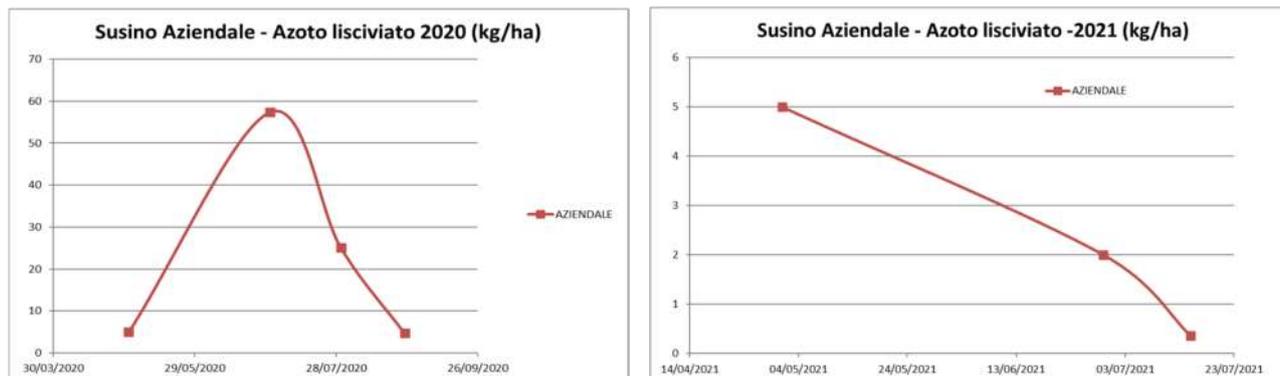


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.



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	30	80	0	0	0
fioritura: fase piena (> 50%)	2	True	184	0,50	True	0	0	0	0	30	80	0	0	0
scamicatura: 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

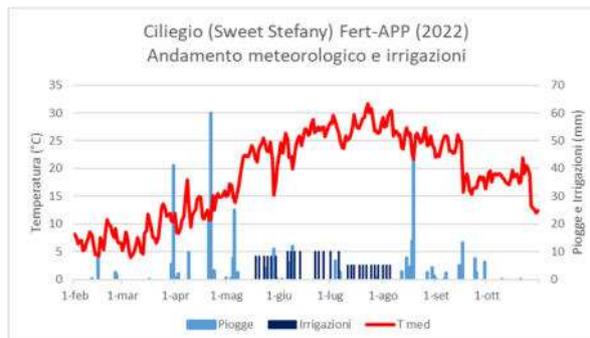
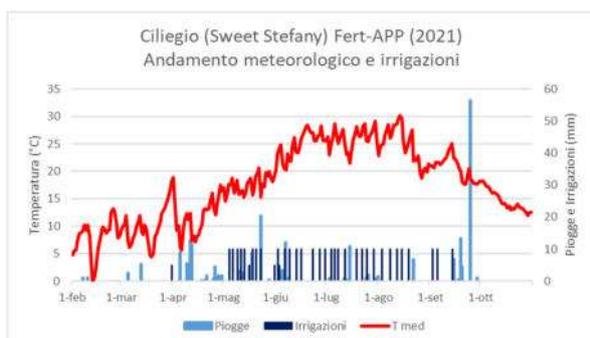
Per la coltura del ciliegio sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata eseguita sulla cultivar Sweet Stefany, impiantata nel 2014, effettuando prove all'interno del frutteto sperimentale di circa 7000 m² situato presso l'azienda agricola 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 risultato essere nel 2021 di 42,5 kg/ha di N, 17,6 kg kg/ha di P₂O₅ e 67,2 kg/ha di K₂O e nel 2022 di 40,4 kg/ha di N, 26,4 kg kg/ha di P₂O₅ e 90,8 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

Appezzamento 121217 - Ciliegio Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO

Azoto Totale g/kg	<input type="text" value="1,2"/>
Potassio ppm K2o	<input type="text" value="199,26"/> Converti
Fosforo ppm P2o5	<input type="text" value="40"/> Converti
Sostanza organica %	<input type="text" value="1,2"/>
Rapporto C/N	<input type="text" value="5,8"/>
Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto	
Magnesio ppm	<input type="text" value="125"/>
Capacità di scambio cationico	<input type="text" value="22,04"/>
Calcare totale %	<input type="text" value="1"/>
Calcare attivo %	<input type="text" value="0,7"/>
Ph	<input type="text" value="7,6"/>
Disponibilità di ossigeno	<input type="text" value="Moderata"/>
Ubicazione	<input type="text" value="Pianura limitrofa a zone urbanizzate"/>
% di azoto fissazione	<input type="text" value="0"/>
Appezzamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>

Salva

Carica valori chimici presenti nell'intorno dell'appezzamento

Appezzamento 7 - Ciliegio Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE

Tipo di coltura	CILIEGIO
Ciclo	Unico
Descrizione	Ciliegio Aziendale
Data inizio ciclo della fase fioritura: fase piena (> 50%)	22/03/2021
Data di raccolta	08/06/2021

Distanza sulla fila m	<input type="text" value="2"/>
Distanza tra le file m	<input type="text" value="4"/>
Condizione interfilare	Inerbito
Vigore portainnesto	Medio
Anno di impianto	2014
Forma di Allevamento	Qualunque
Cultura protetta	<input type="checkbox"/>
Cultura creata il	04/03/2021 15:06:25

Obi della coltura per la fertilizzazione	
Finalità produttiva	Produzione
Fase ciclo colturale	Piena produzione
Tipo fertilizzante organico	Nessuno
Frequenza fertilizzante organico	altissime
Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in t/ha/ha	0
Resa t/ha	0
Tipologia colturale precedente	Non definita

Salva

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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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

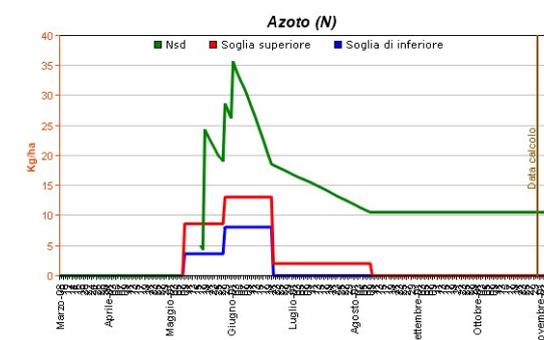
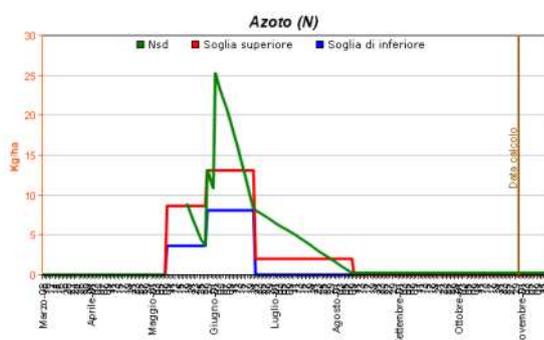
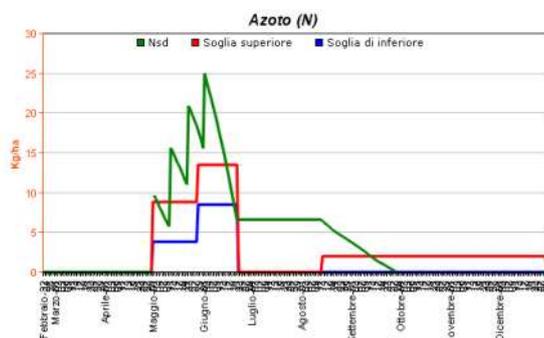
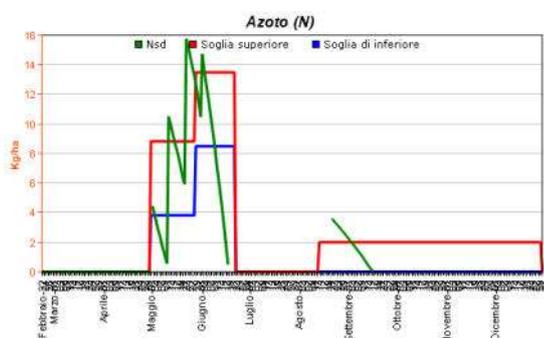
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
03/06/2022	13	0	46	4,6	8,7	0,0	30,9
03/06/2022	34,2	0	0	0,3	1,6	0,0	0,0
30/05/2022	34,2	0	0	0,9	4,5	0,0	0,0
30/05/2022	13	0	46	3,0	5,8	0,0	20,6
20/05/2022	13	0	46	6,1	11,6	0,0	41,2
20/05/2022	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
scamicatura: fase piena (> 50%)	3	True	284	1,00	True	0	0	0	40	10	60	0	0	0
invaiaura: 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.

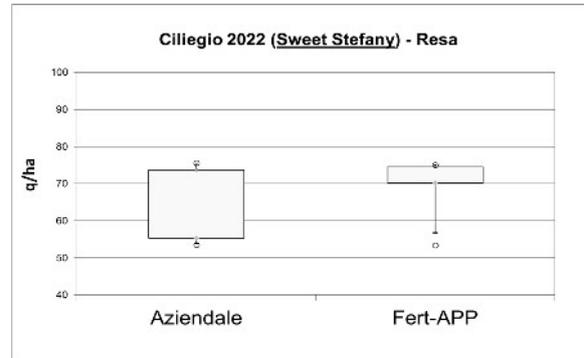
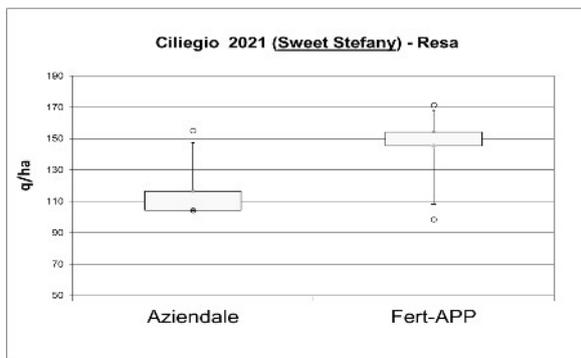


Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).

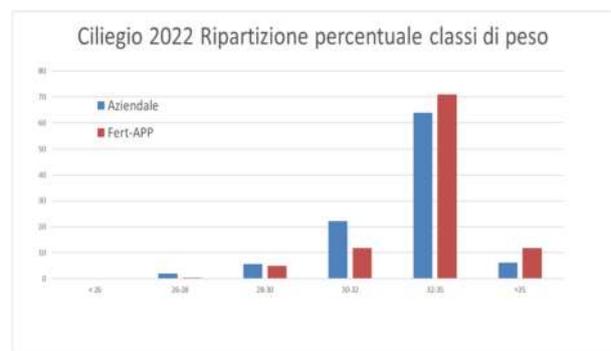
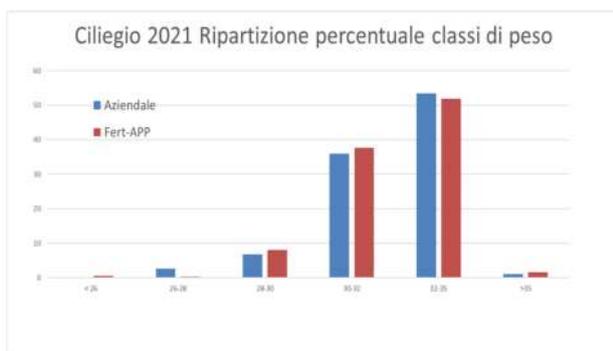


Fig. 9a e 9b – Ripartizione in classi di calibro 2021 (sx) e 2022 (dx).

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.

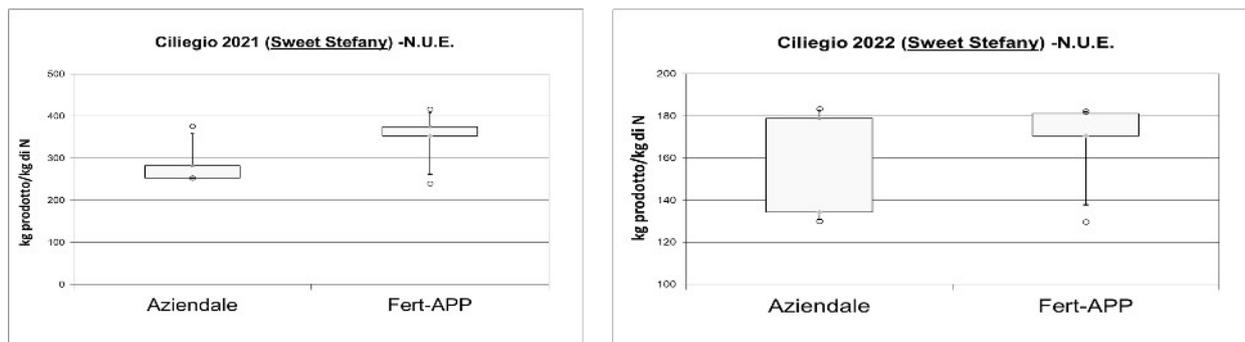


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell’azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).

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

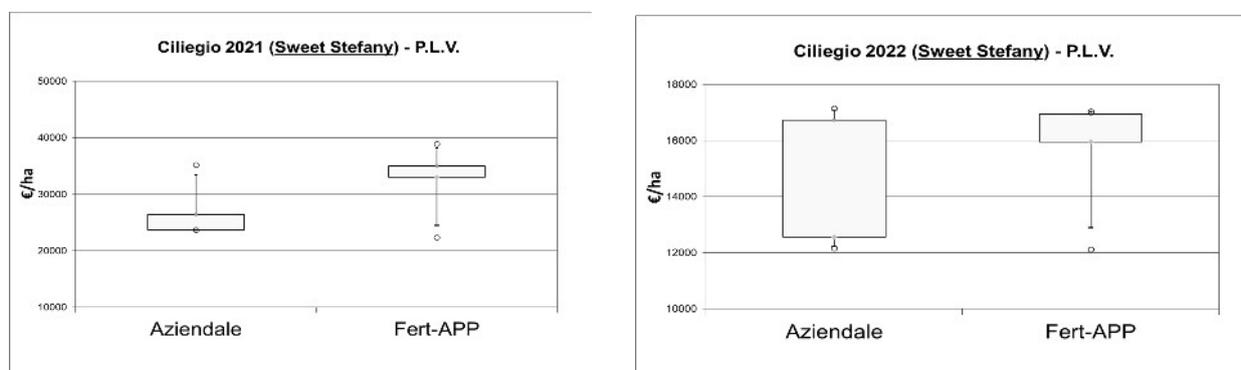


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).

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.

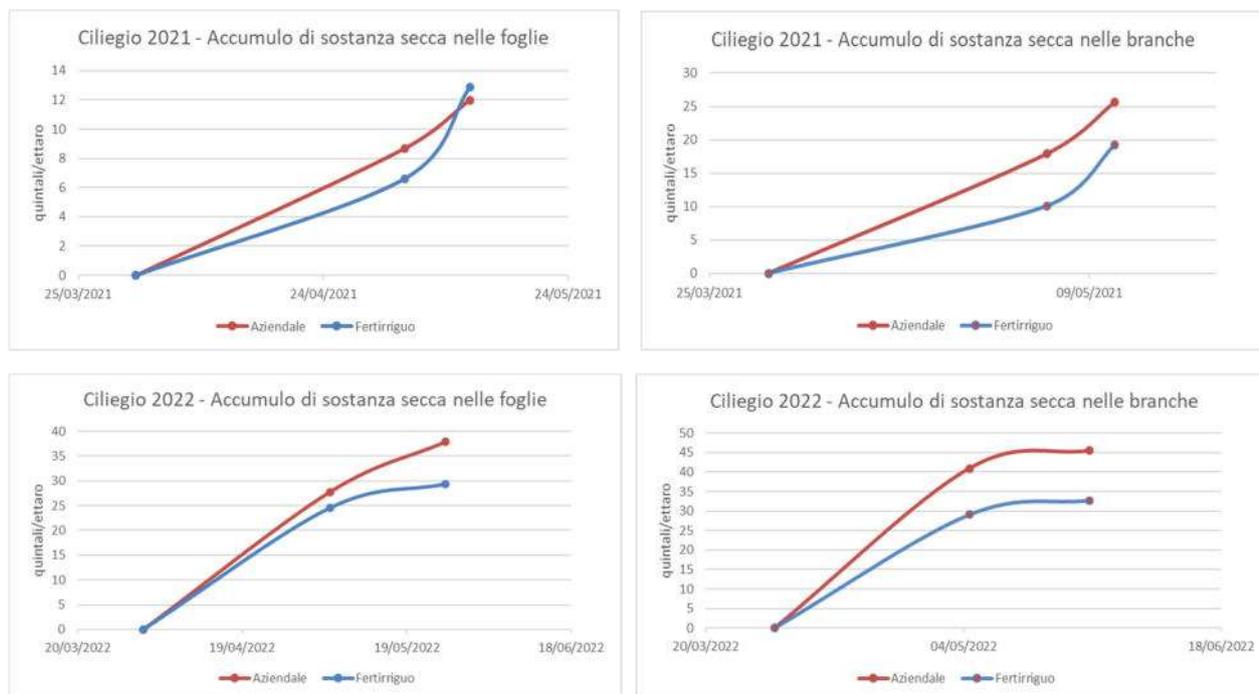


Fig. 12a e 12b, 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

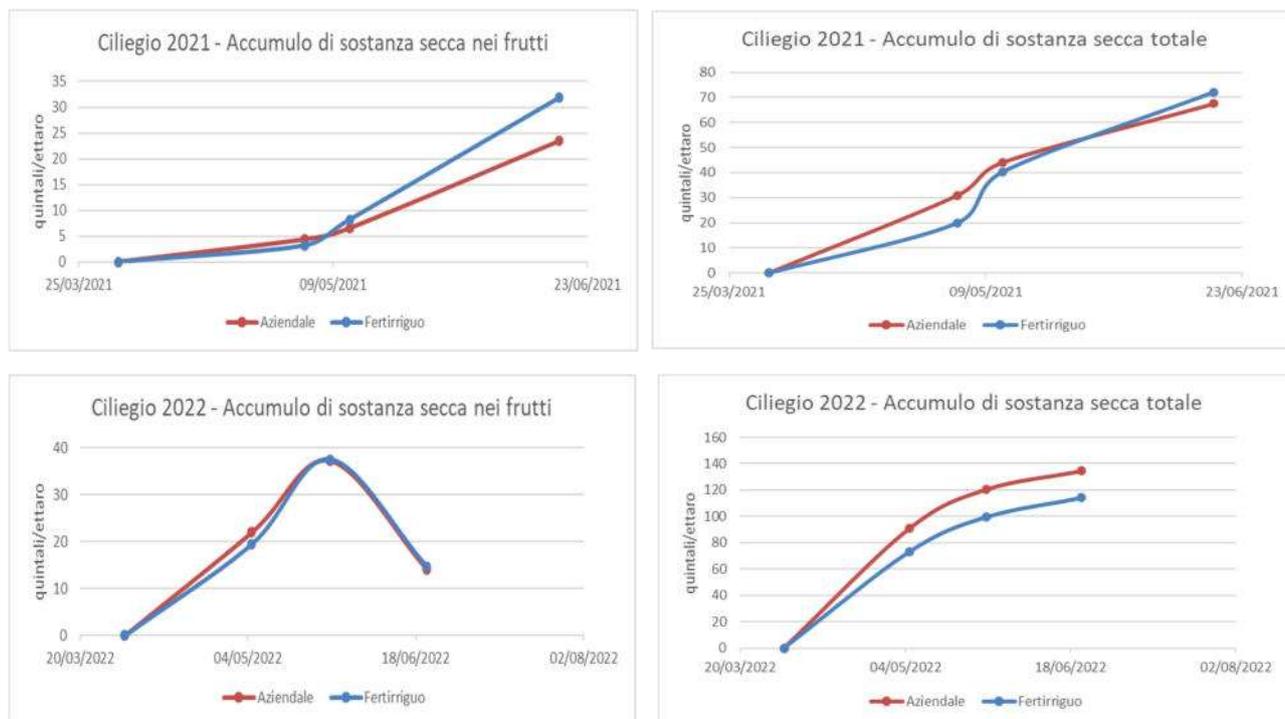


Fig. 12e e 12f, 12g e 12h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

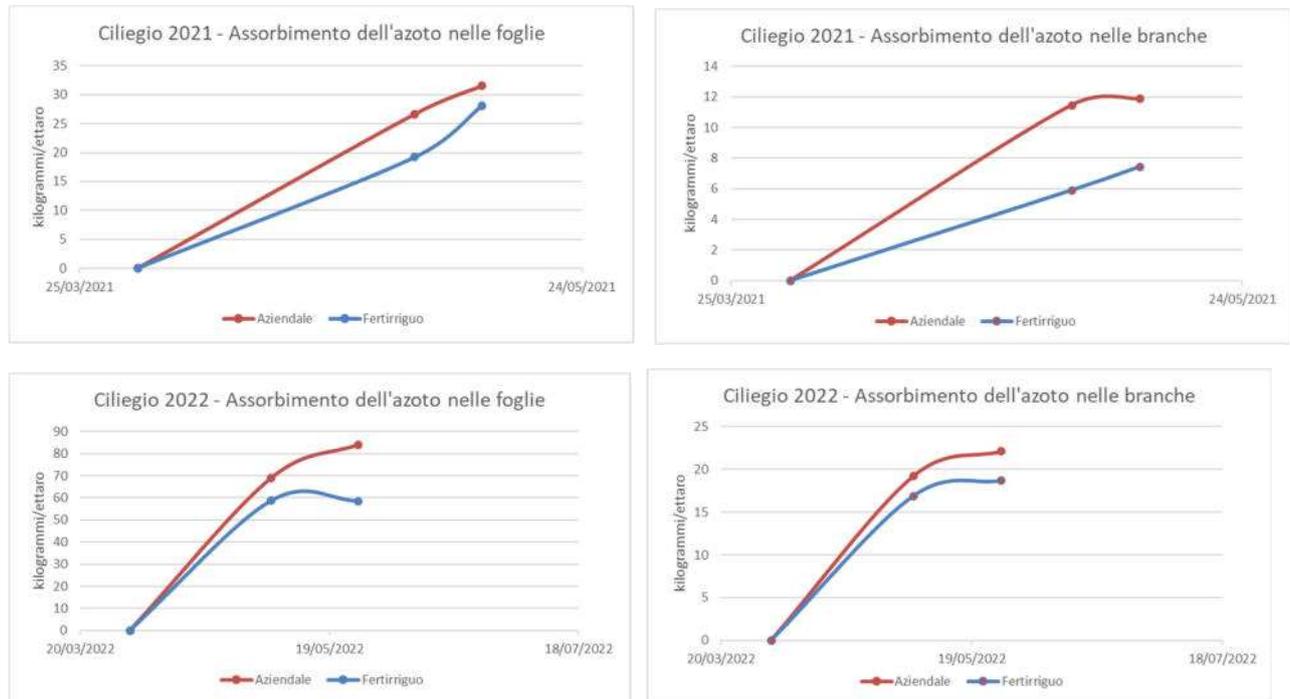


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

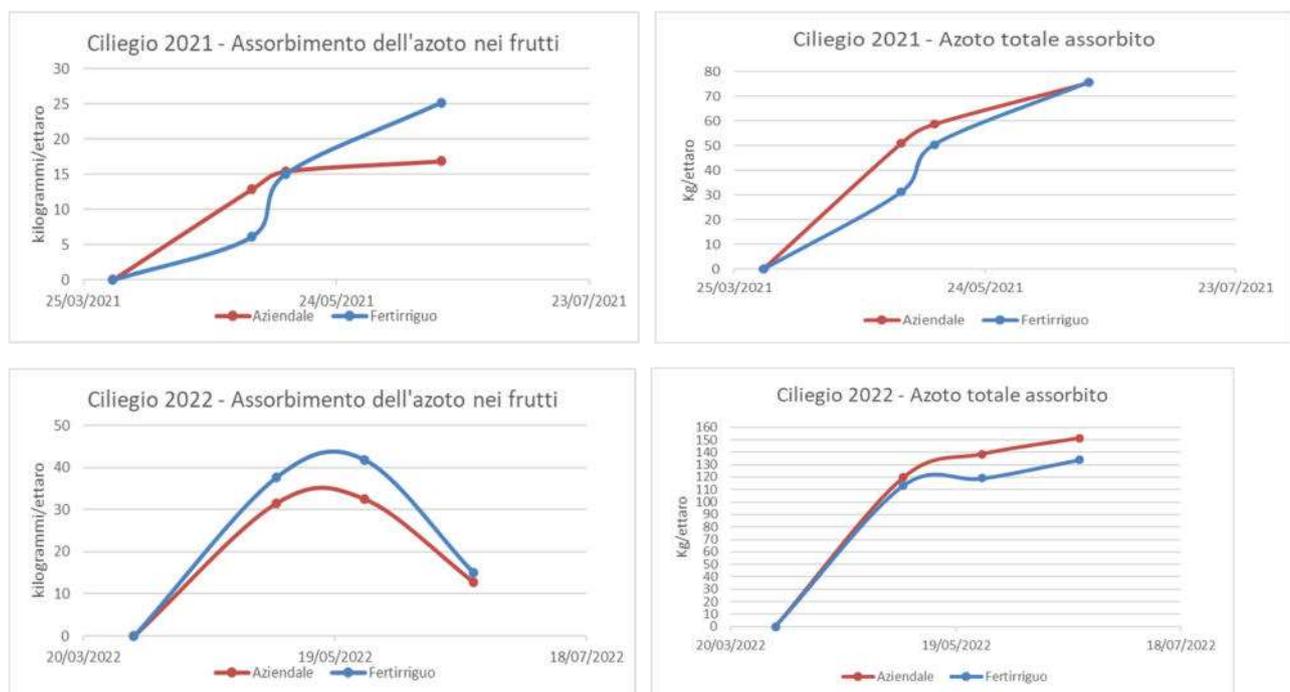


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

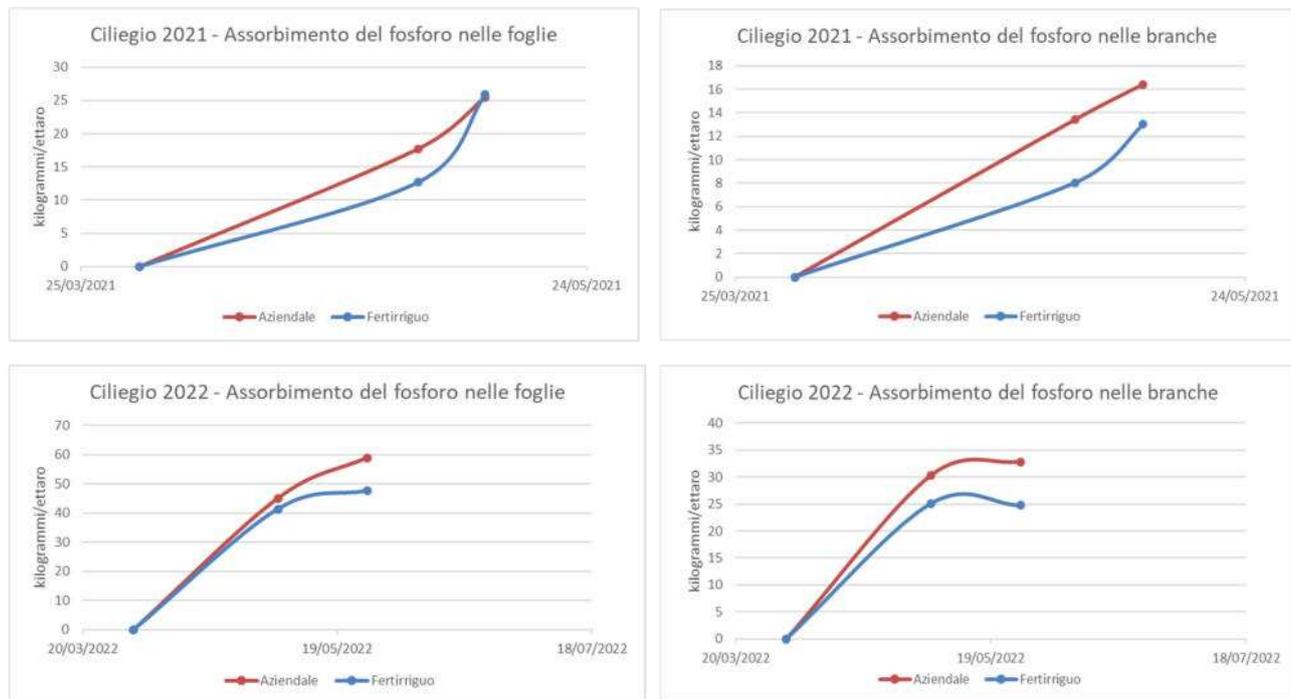


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

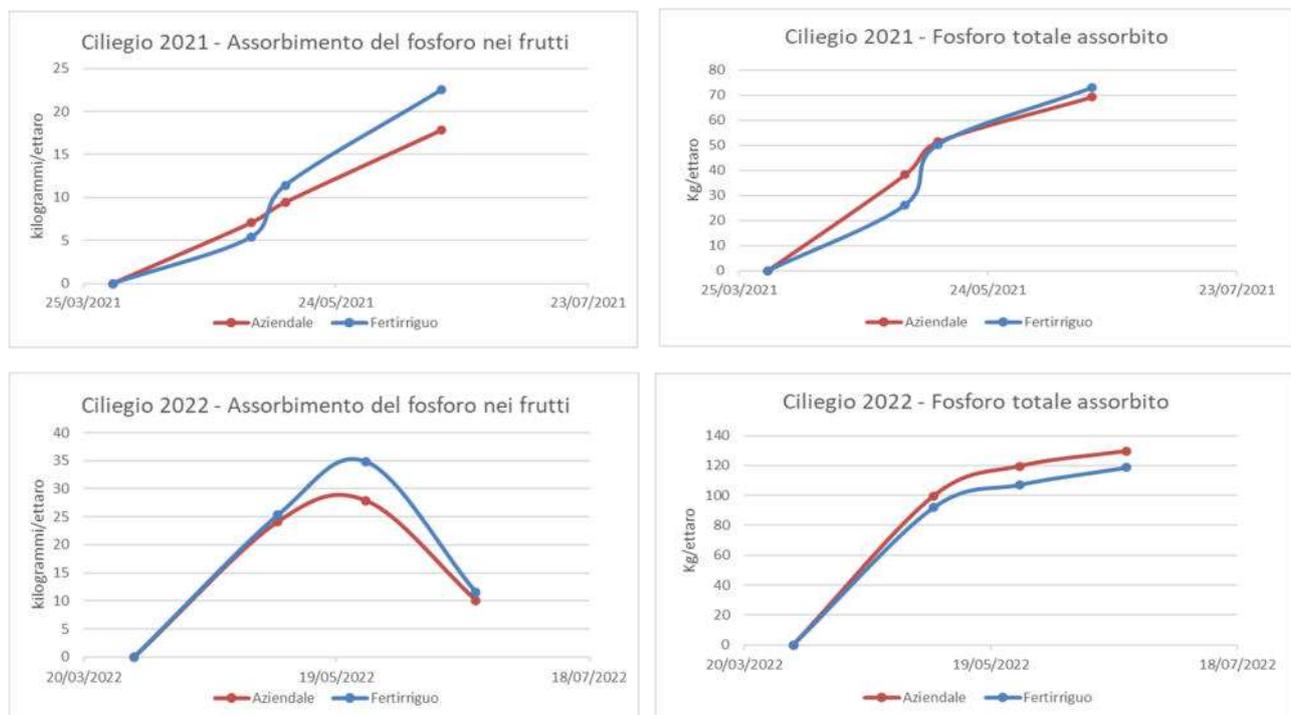


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (grappoli e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

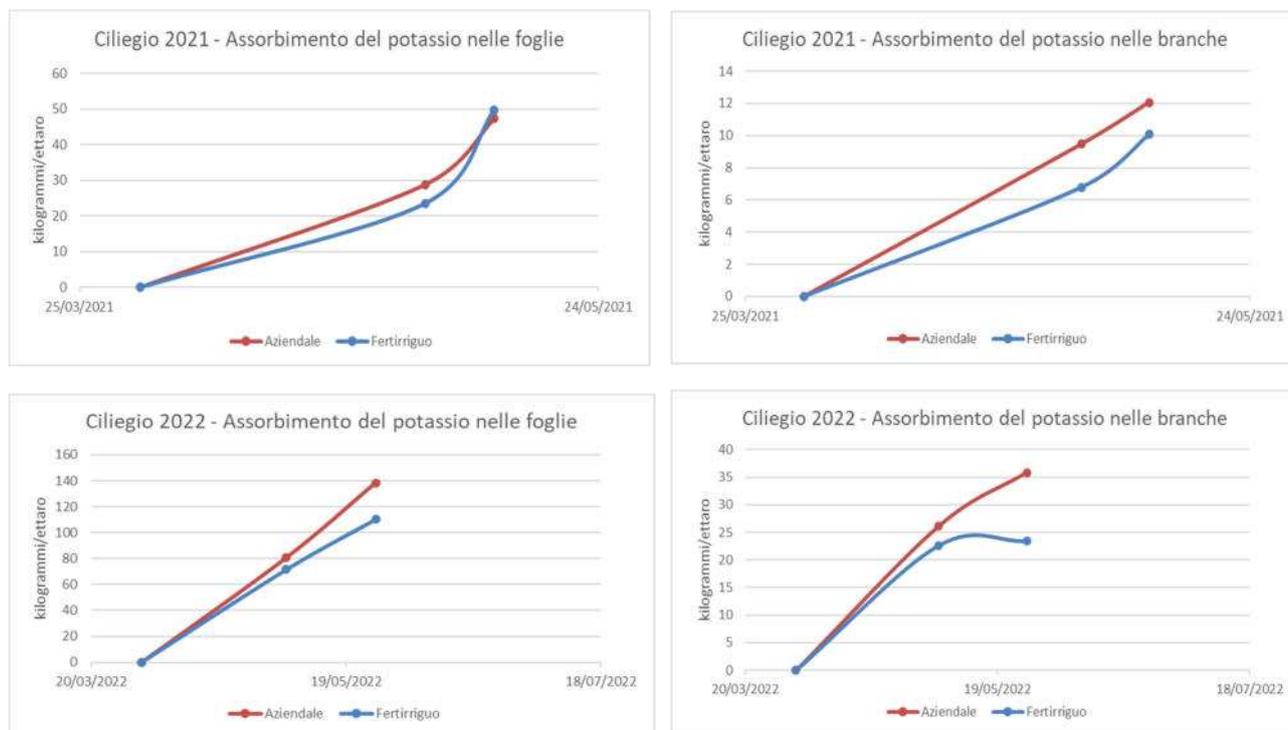


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

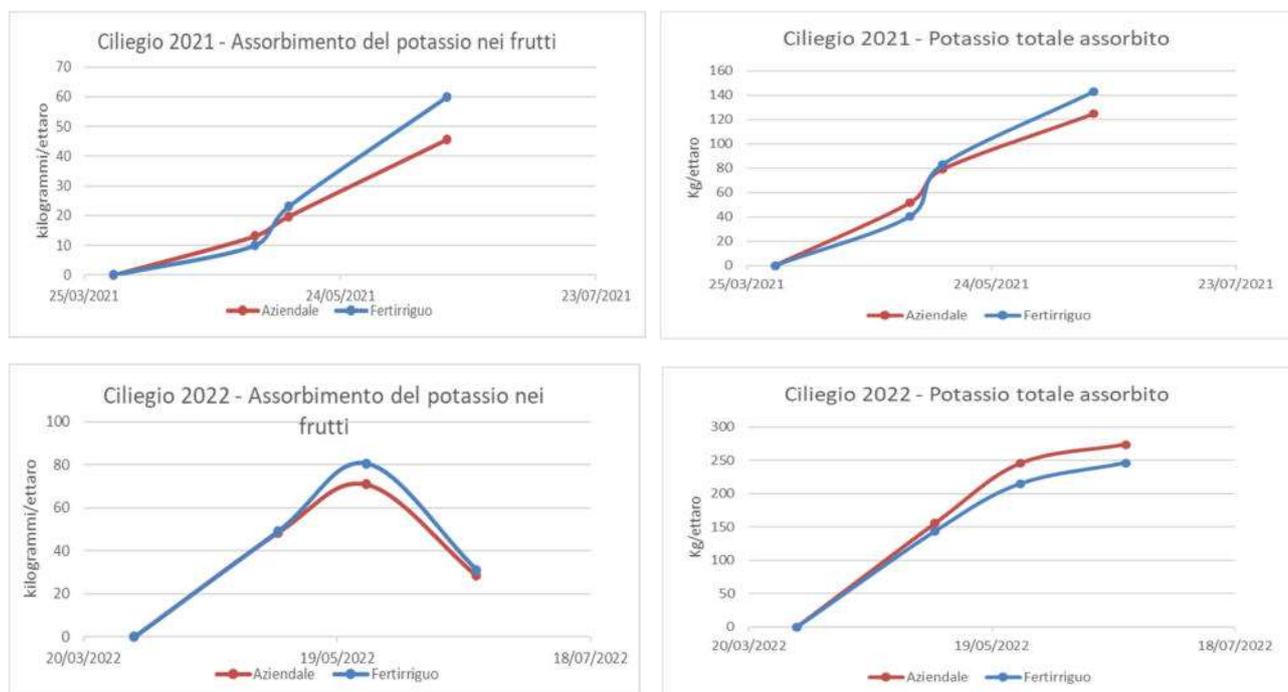
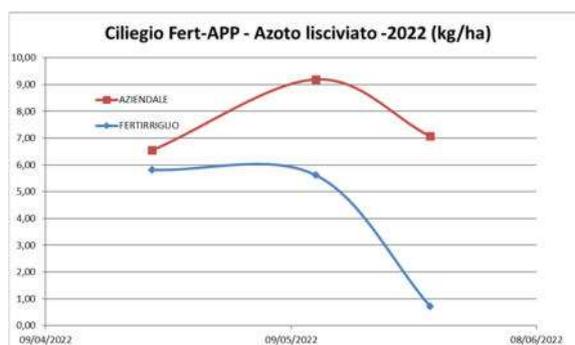


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.



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	40	0	0	0
fioritura: fase piena (> 50%)	2	True	275	0,50	True	0	0	0	0	20	40	0	0	0
scamicatura: fase piena (> 50%)	3	True	284	1,00	True	0	0	0	40	10	60	30	10	30
invaiaura: 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

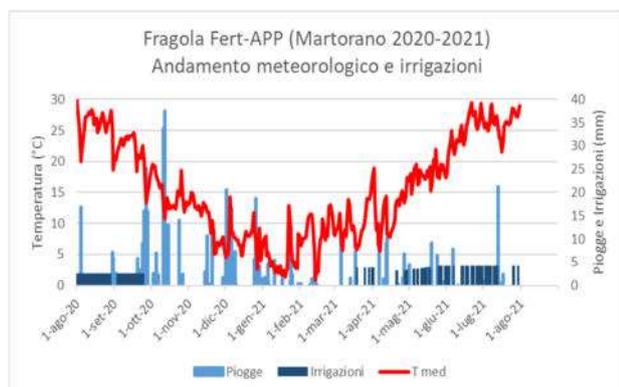
Per la coltura della fragola sono state messe a confronto due strategie di fertilizzazione: una aziendale e una fertirrigua. La prova è stata effettuata in un unico appezzamento di circa 400 m² suddiviso in sei parcelle: due strategie replicate tre volte, adottando come disegno sperimentale i blocchi randomizzati. In seguito all’impianto della coltura, sono state ricavate parcelle di circa 60 m². 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 “Elodi”, 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-limoso, 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 risultato essere per il ciclo 2020-2021 di 108 kg/ha di N, 44 kg/ha di P₂O₅ e 190 kg/ha di K₂O. 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 P₂O₅ e 125,8 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle scremate dell'applicativo.

The image shows two screenshots from the Fert-Irrinet application. The left screenshot, titled 'Appezzamento 121298 - Fragola produzione Aziendale > DATI CHIMICI DEL SUOLO', displays various soil parameters in a table format. The right screenshot, titled 'Appezzamento 7 - Fragola produzione Aziendale > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management settings for 'FRAGOLA PACCIAMATA'.

Parametro	Valore
Azoto Totale g/kg	1,05
Potassio ppm (K ₂ O)	243
Fosforo ppm (P ₂ O ₅)	83,64
Sostanza organica %	1,57
Rapporto C/N	8,67
Magnesio ppm	149
Capacità di scambio cationico	17,44
Calcare totale %	3
Calcare attivo %	2,2
pH	7,6
Disponibilità di ossigeno	Moderata
Ubicazione	Planura isolata
% di azoto fissazione	0

Calcolato dal sistema in base a sostanza organica e azoto

Parametro	Valore
Tipo di coltura	FRAGOLA PACCIAMATA
Ciclo	Plena produzione
Descrizione	Plena produzione
Data inizio ciclo della fase ripresa vegetativa: inizio fase (0-5%)	22/02/2022
Data di raccolta	01/05/2022
Cultura protetta	<input type="checkbox"/>
Cultura creata il	10/03/2022 11:22:02

Dati della coltura per la fertilizzazione

Parametro	Valore
Finalità produttiva	Produzione
Fase ciclo colturale	Primaverile-estiva 70-100 gg
Tipo fertilizzante organico	Nessuno
Frequenza fertilizzante organico	saltuario
Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha)	0
Resa t/ha	30
Tipologia colturale precedente	Pomodoro e altre orticole

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.

Tesi	Impianto			Produzione		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O 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).

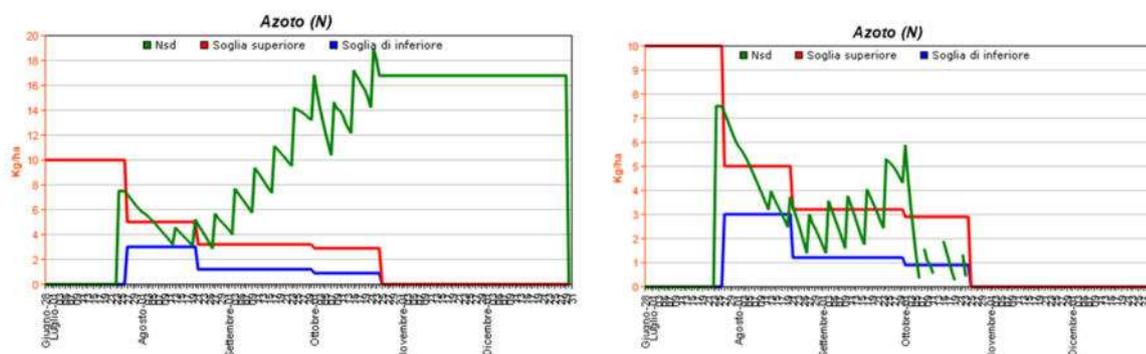
Descrizione fenofase	Ordine	Consiglio irriguo	Somma Termica (gradi)	Kc	Stop crescita radicale	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/h	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/h	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/h	Riserva K2O %
Trapianto	1	True	50	0,40	False	0	10	0	0	10	0	0	5	0
Germogliamento	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).

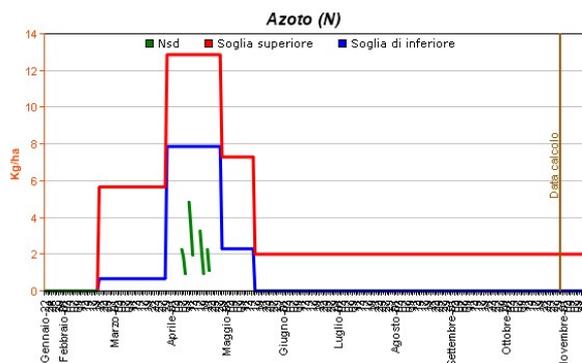
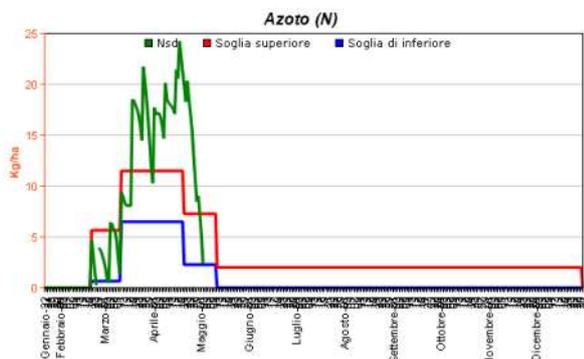
Descrizione fenofase	Ordine	Consiglio irriguo	Somma Termica (gradi)	Kc	Stop crescita radicale	Fabbisogno N %	Intervento N Kg/h	Riserva N %	Fabbisogno P2O5 %	Intervento P2O5 Kg/h	Riserva P2O5 %	Fabbisogno K2O %	Intervento K2O Kg/h	Riserva K2O %
riposo vegetativo	1	False	0	0,30	False	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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
inviatura: 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 m² 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.

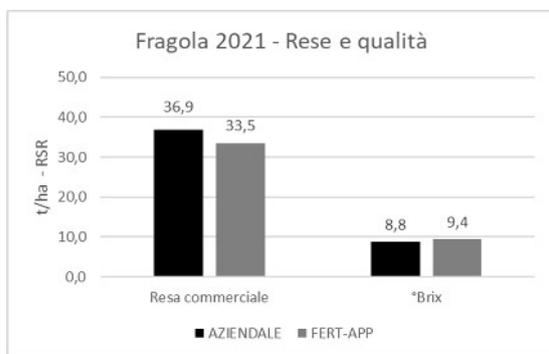


Fig. 4a e 4b – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova.

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.

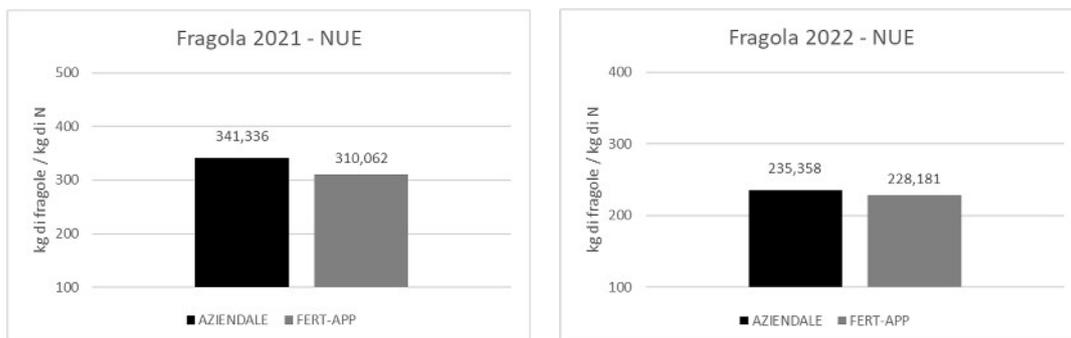


Fig. 5a e 5b – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nei due cicli.

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.

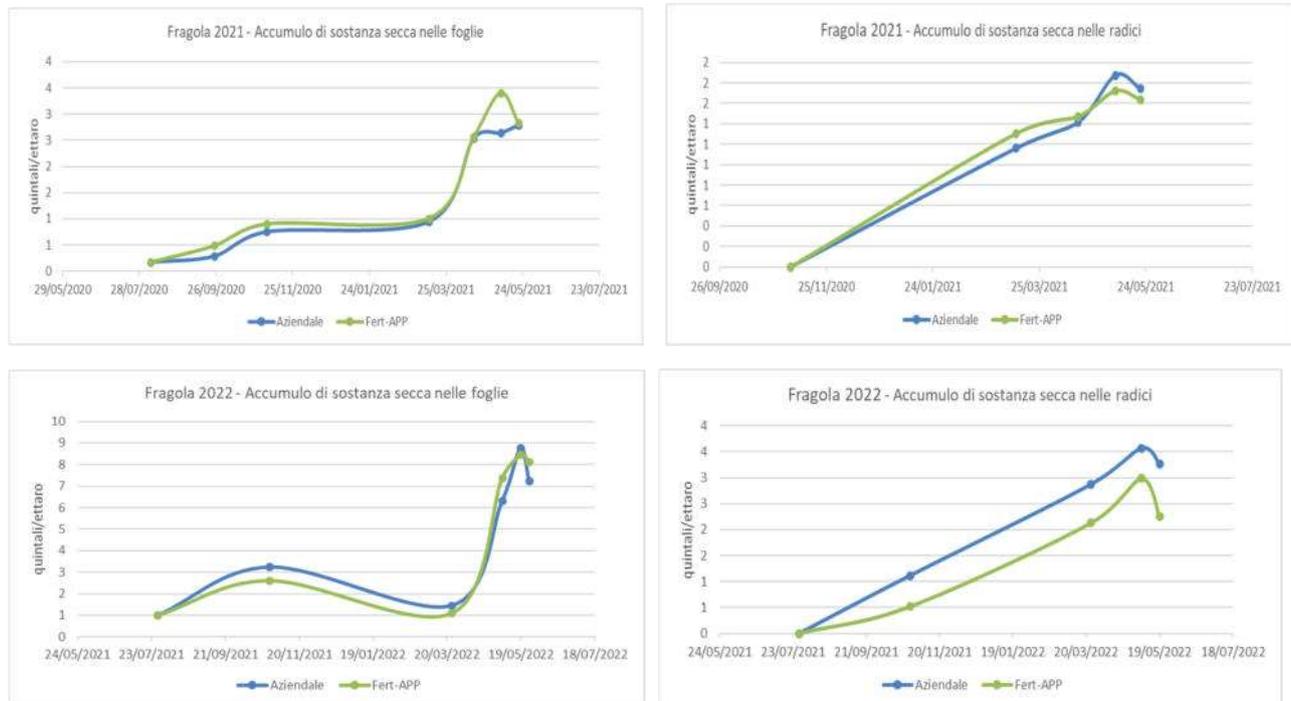


Fig. 7a e 7b, 7c e 7d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio di prova.

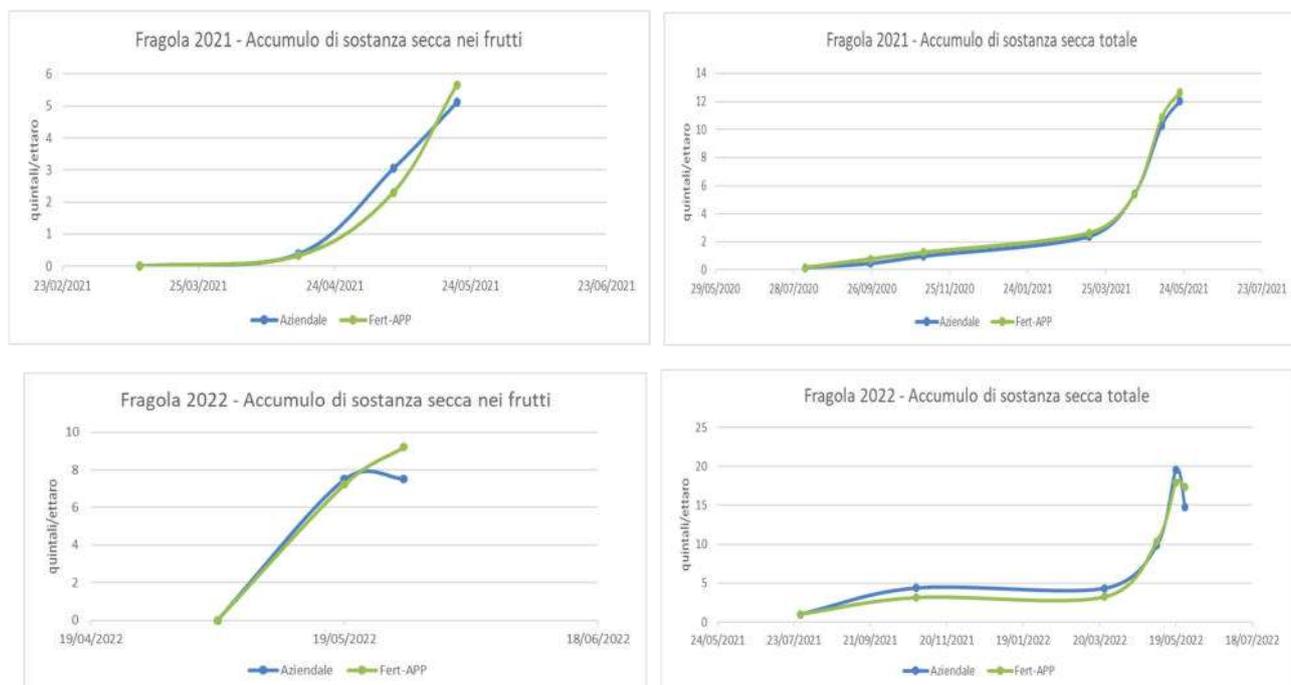


Fig. 7e e 7f, 7g e 7h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

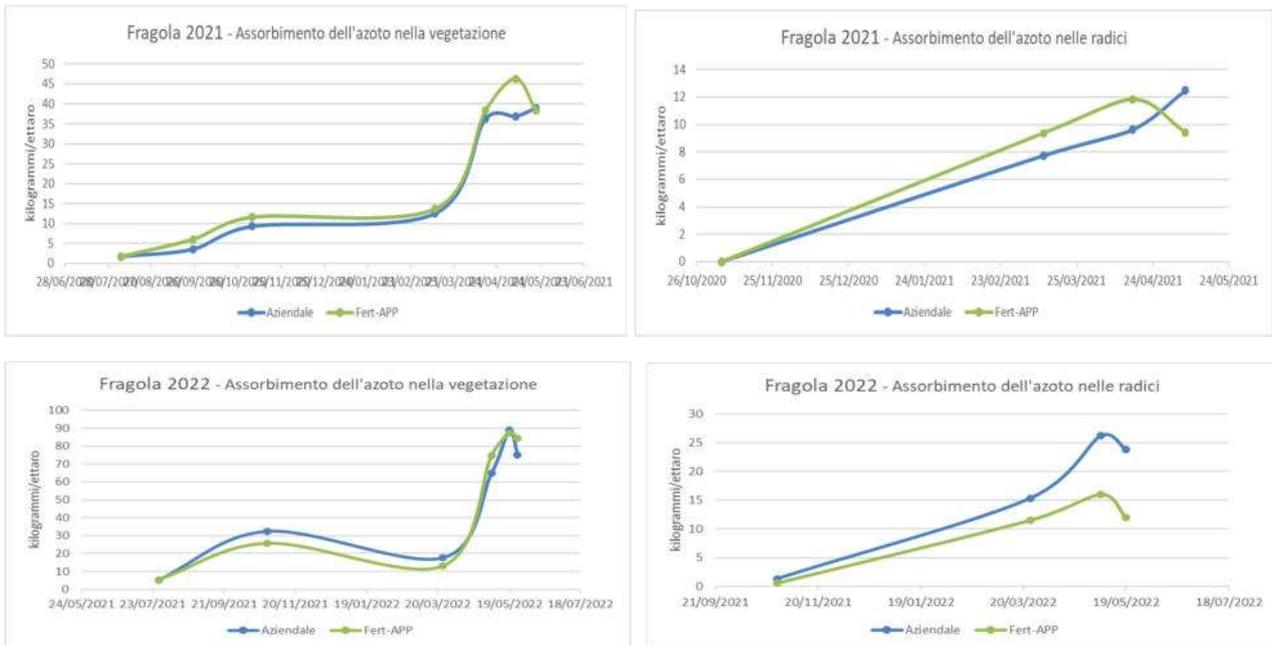


Fig. 8a e 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.

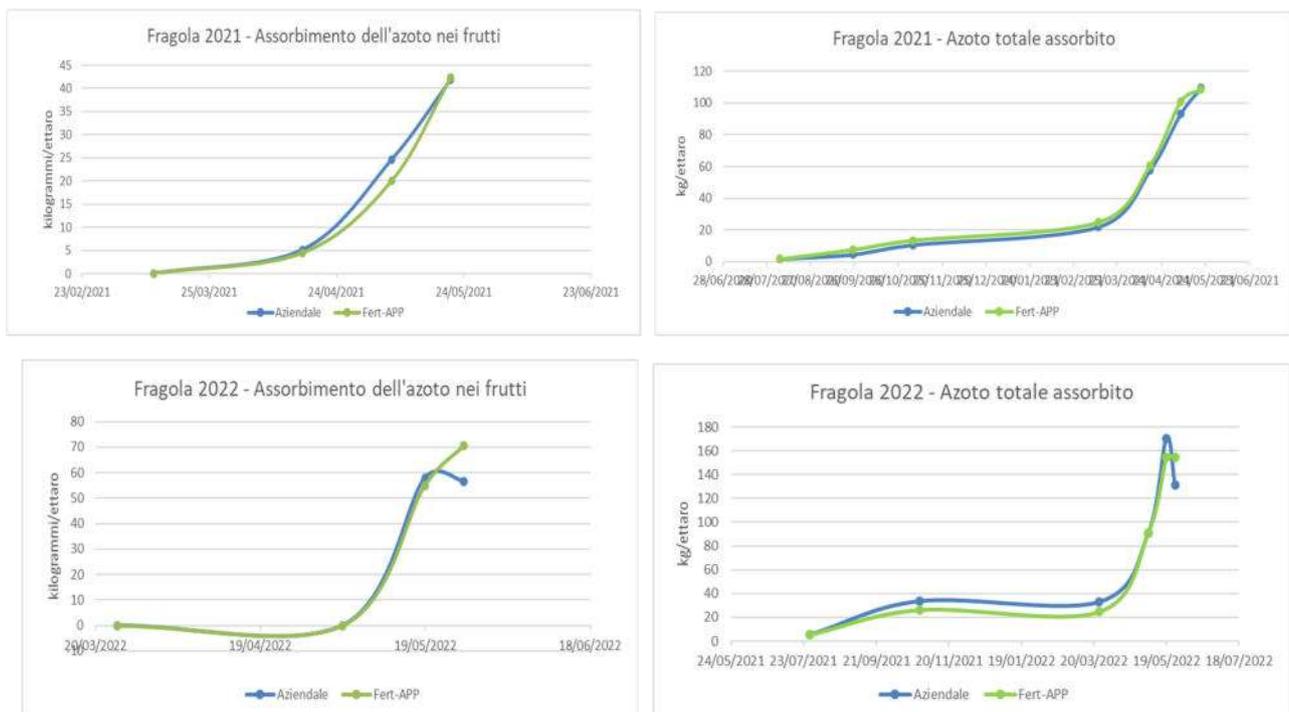


Fig. 8e e 8f, 8g e 8h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

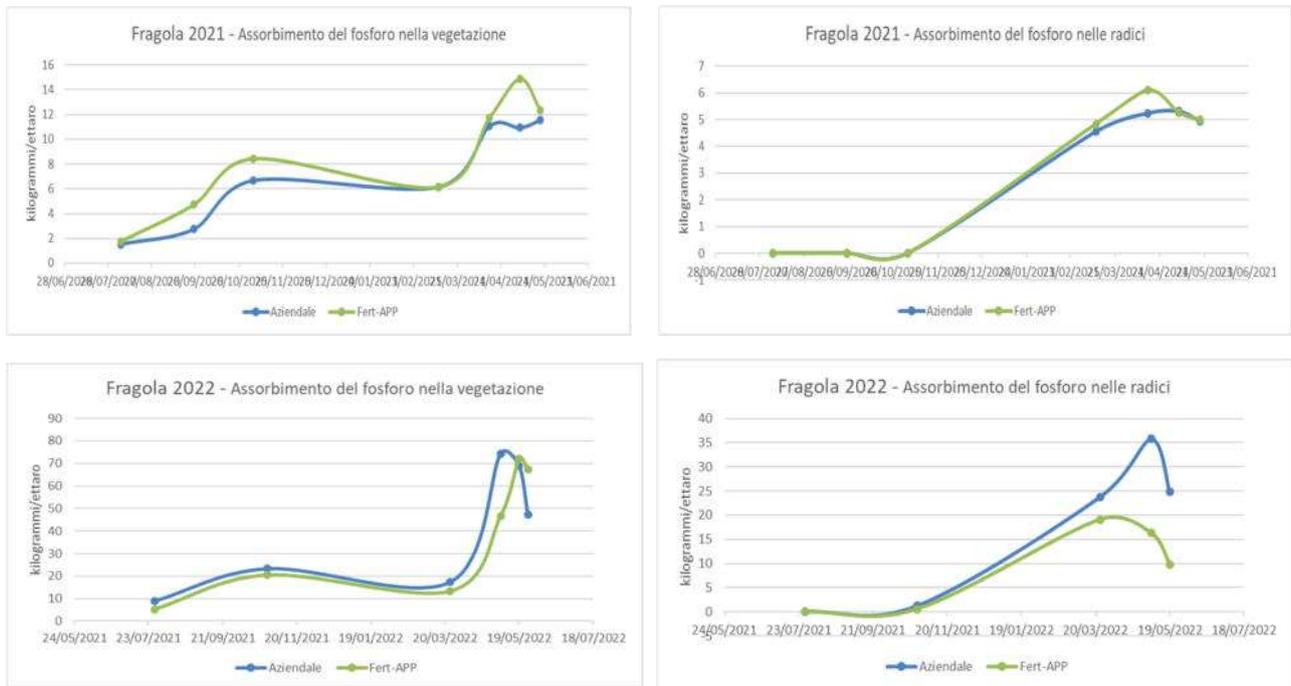


Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.

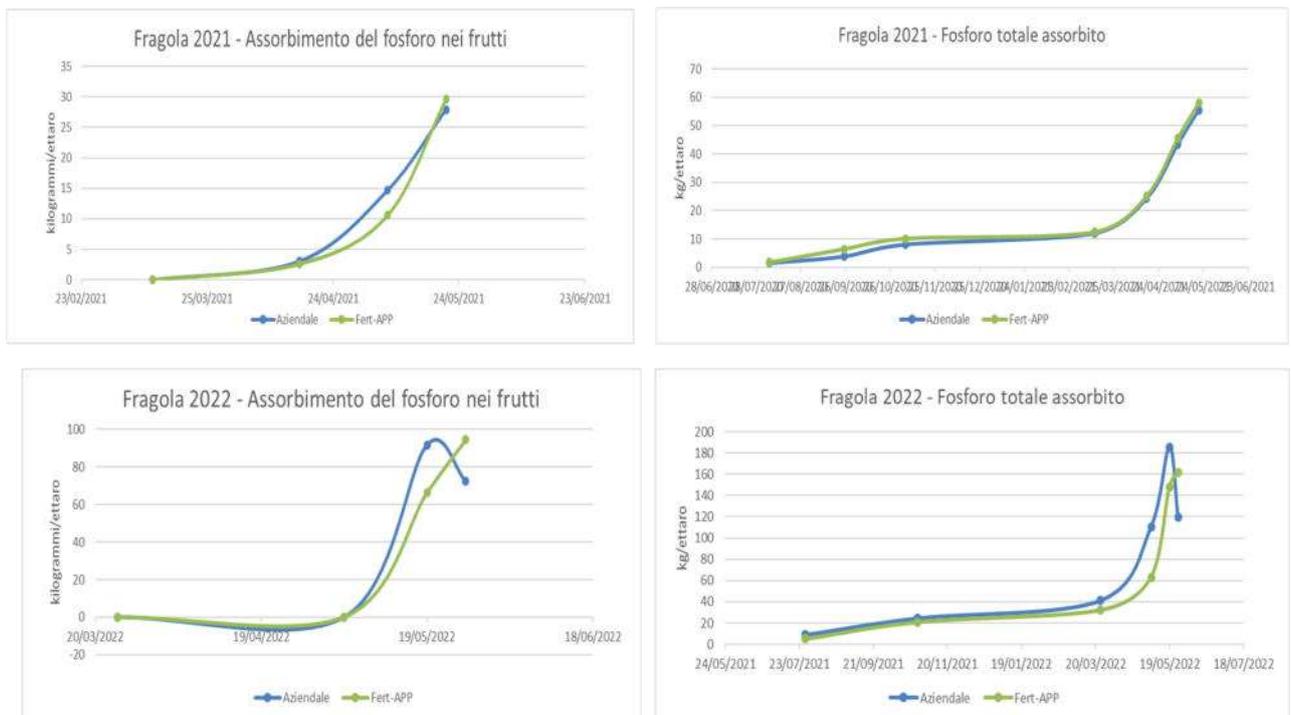


Fig. 9e e 9f, 9g e 9h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

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.

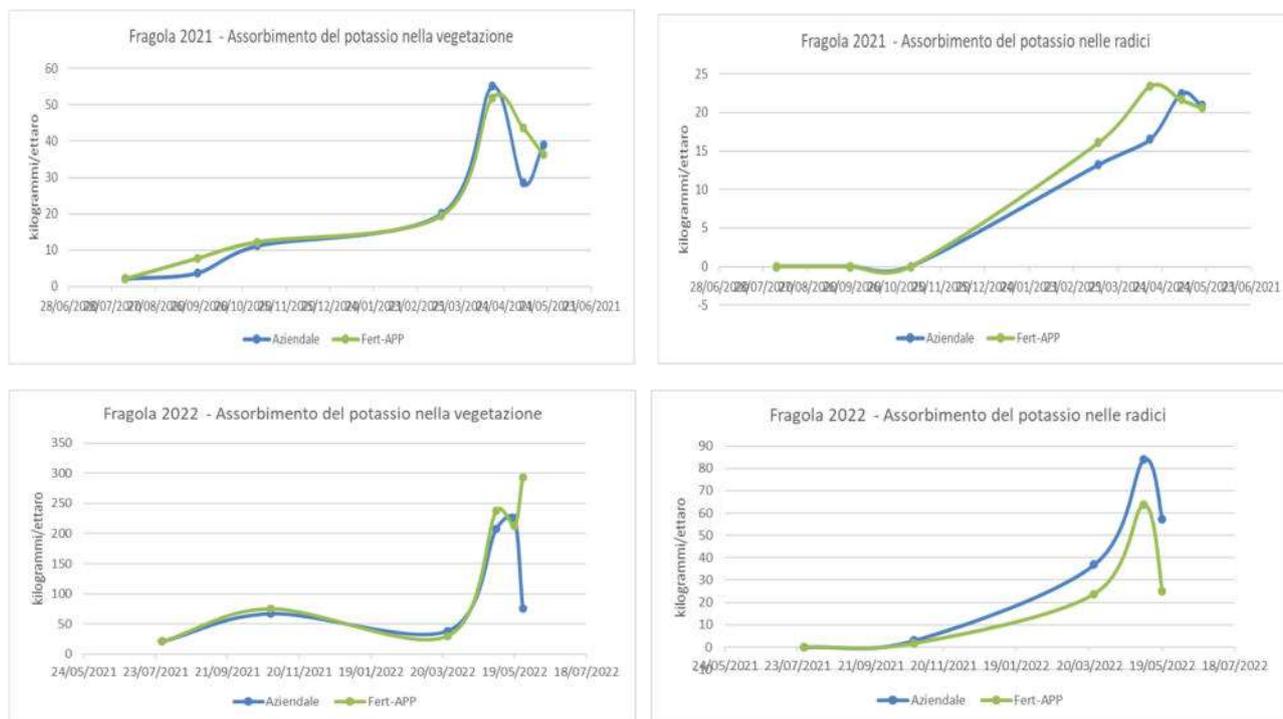


Fig. 10a e 10b, 10c e 10d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e radici) ottenuta nel biennio di prova.

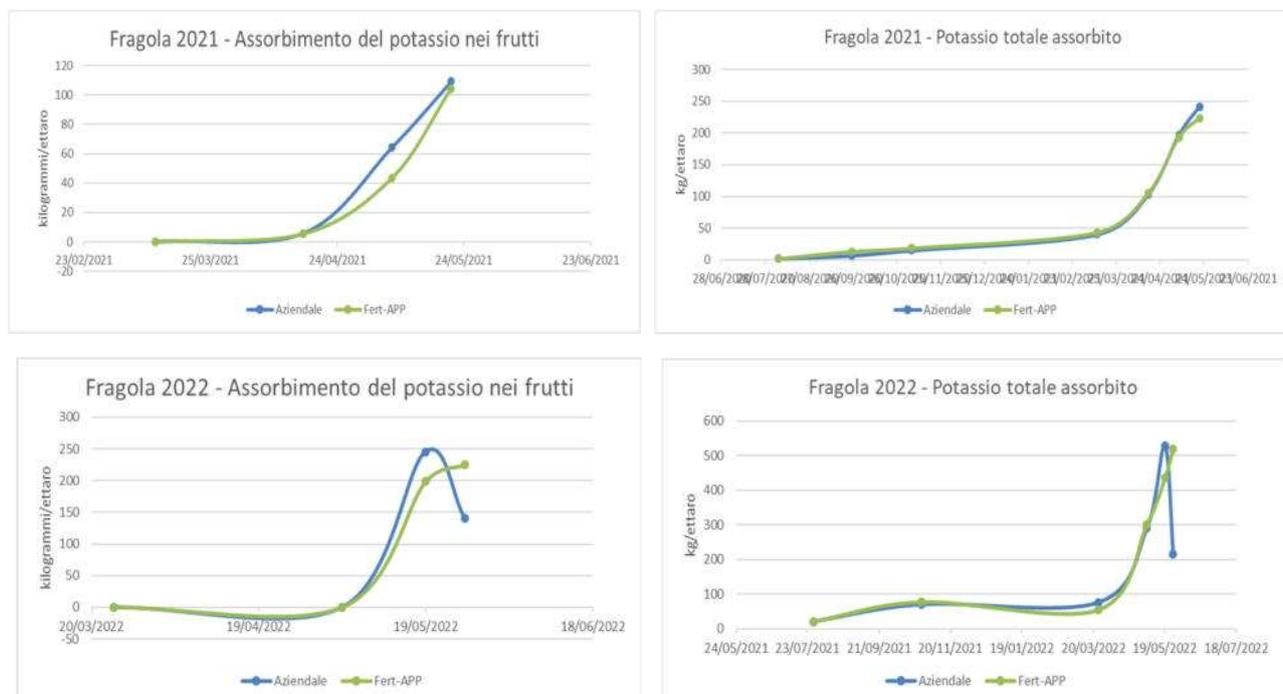


Fig. 10e e 10f, 10g e 10h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio di prova.

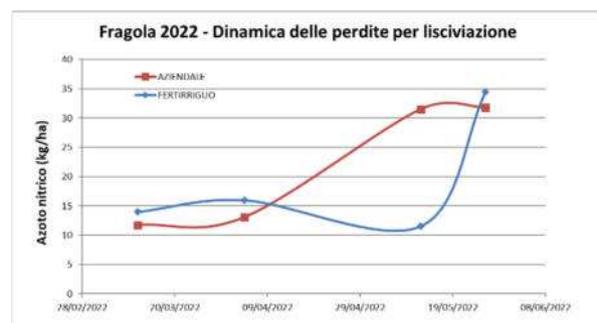
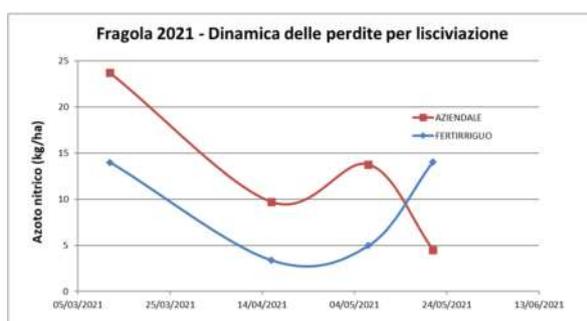
Valutazione delle perdite di azoto minerale per lisciviazione

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
invaiaura: 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

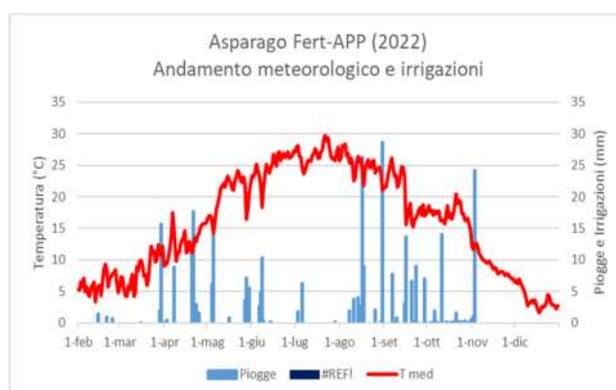
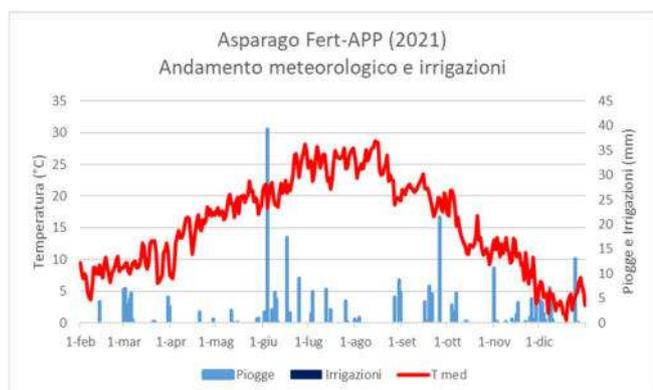
Per la coltura dell'asparago non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita in regime biologico. La prova è stata effettuata in un unico appezzamento di circa 7500 m² suddiviso in tre parcelle. L'asparagiaia in piena produzione è stata impiantata nel 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 risultato essere di 161 kg/ha di N, 28 kg/ha di P₂O₅ e 254 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image shows two screenshots from the Fert-Irrinet application. The left screenshot, titled 'Appezzamento 124488 - Asparago > DATI CHIMICI DEL SUOLO', displays various soil chemical parameters with input fields and 'Converti' buttons. The right screenshot, titled 'Appezzamento 29 - Asparago > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management settings including production phase, cycle dates, and fertilization details.

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'algorithm 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 ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
01/03/2021	30	20	10	833,0	249,9	166,6	83,3

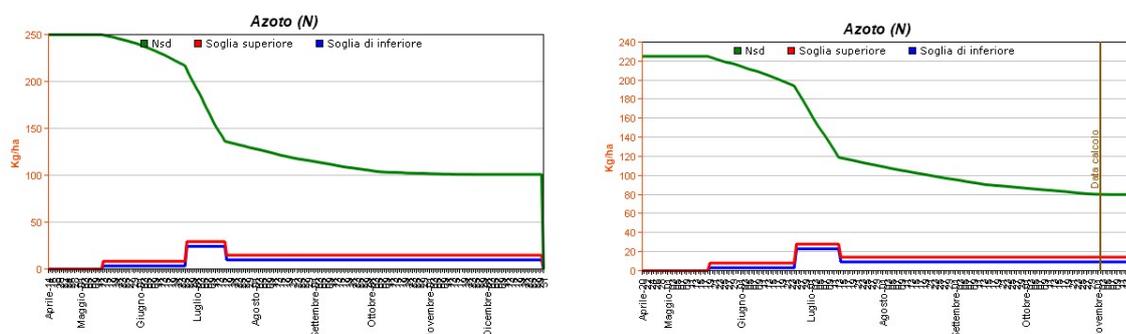
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
10/03/2022	30	20	10	750,0	225,0	150,0	75,0

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 m² 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.

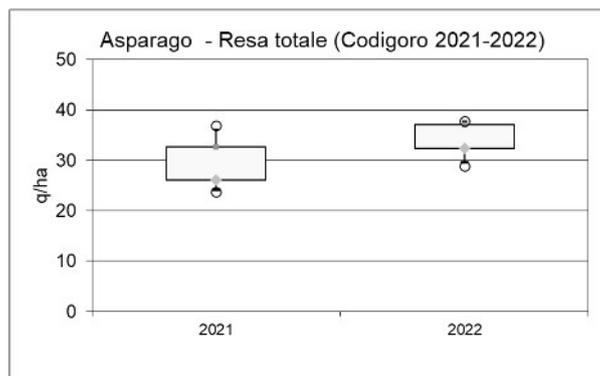


Fig. 4 – Rese commerciali ottenute nel biennio di prova

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.

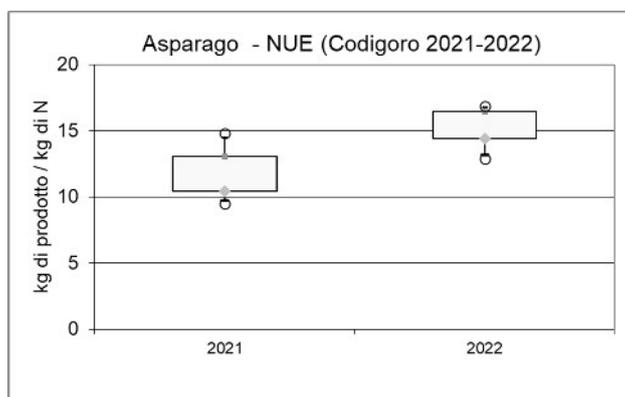


Fig. 5 – Efficienza di utilizzo dell'azoto ottenuto nel biennio di prova

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

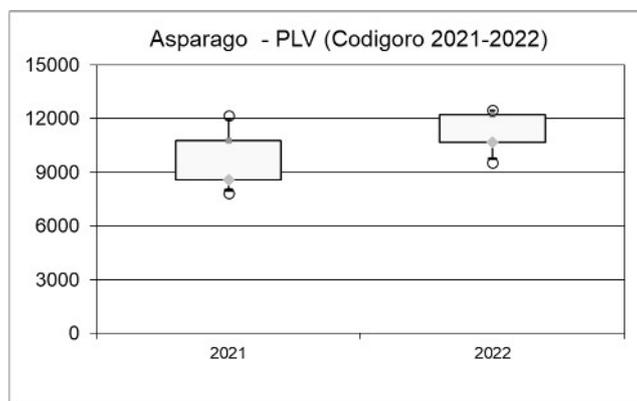


Fig. 7 – Produzioni Lorde Vendibili ottenute nel biennio di prova.

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.

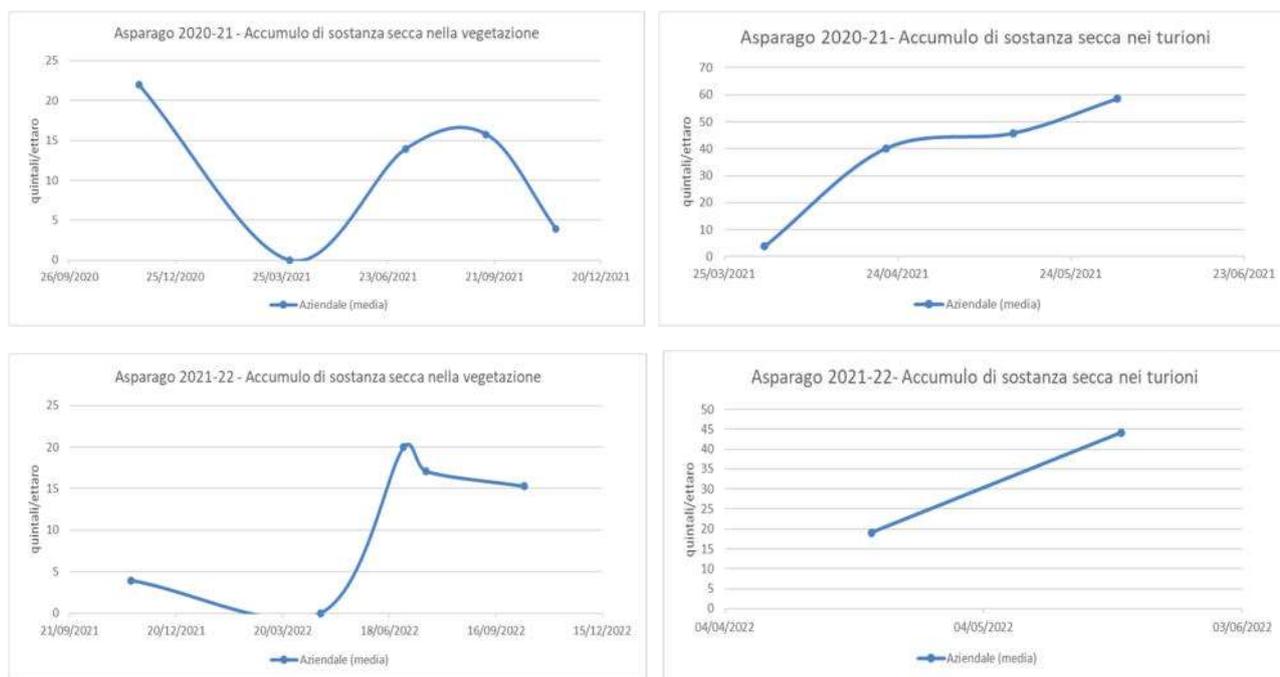


Fig. 8a, 8b, 8c e 8d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca ottenuta nel biennio di prova.

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.

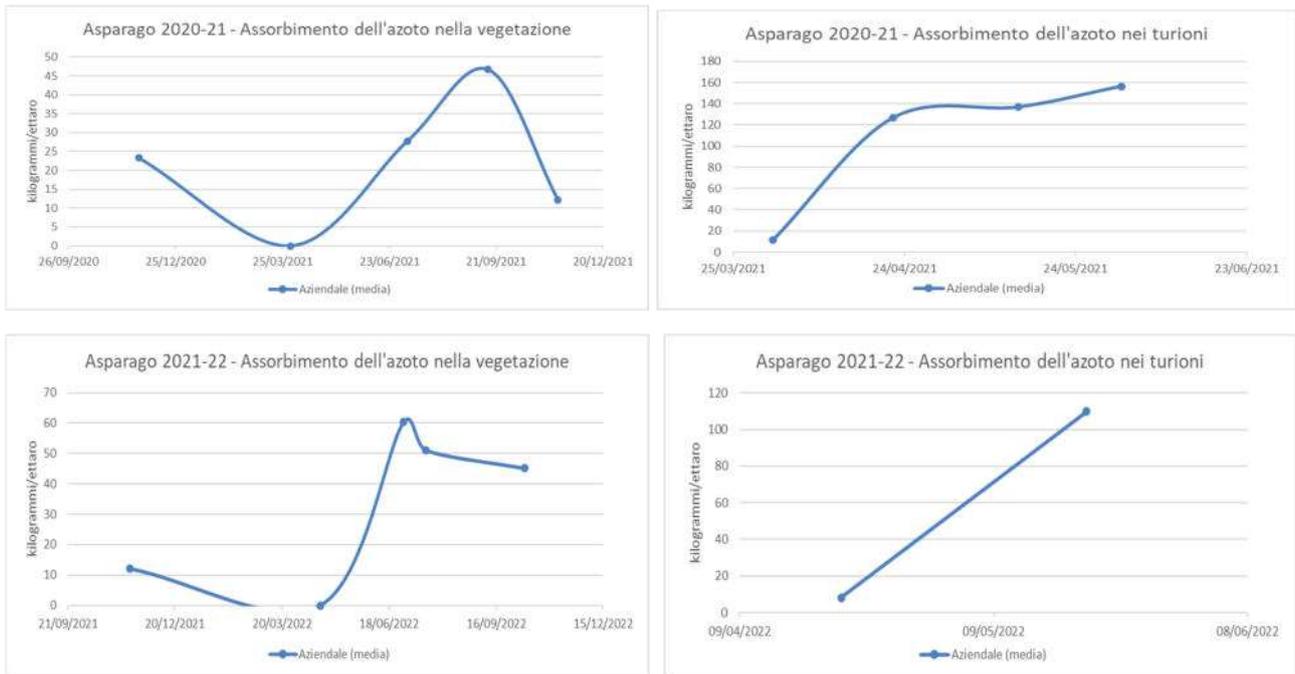


Fig. 9a e 9b, 9c e 9d – Dinamica dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio di prova.

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.

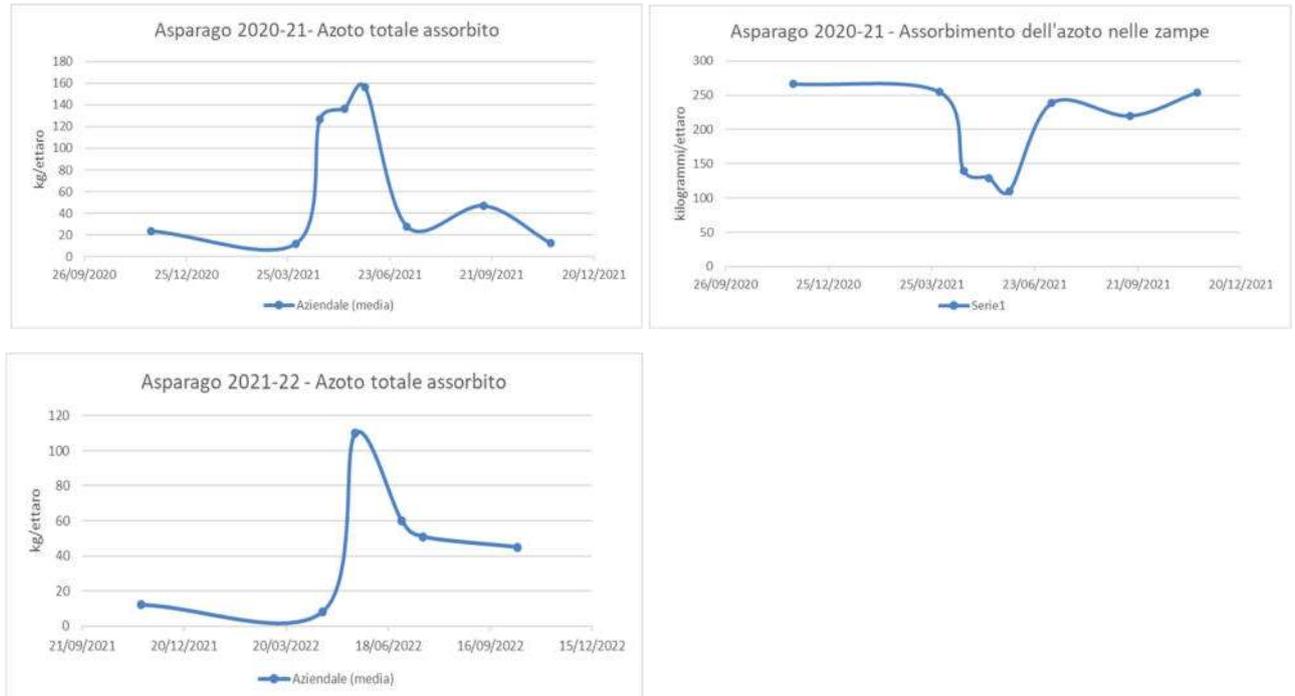


Fig. 10a e 10b, 10c– Dinamica complessiva dell’assorbimento dell’azoto ottenuta nel biennio.

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.

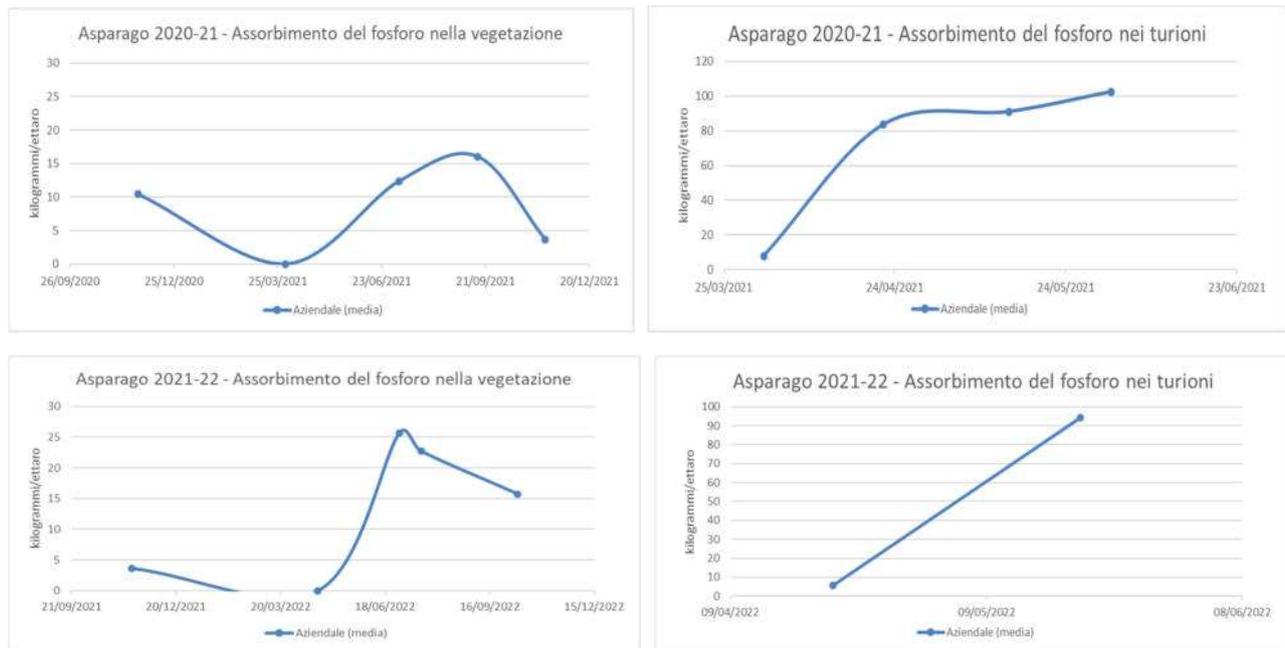


Fig. 11a e 11b, 11c e 11d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio.

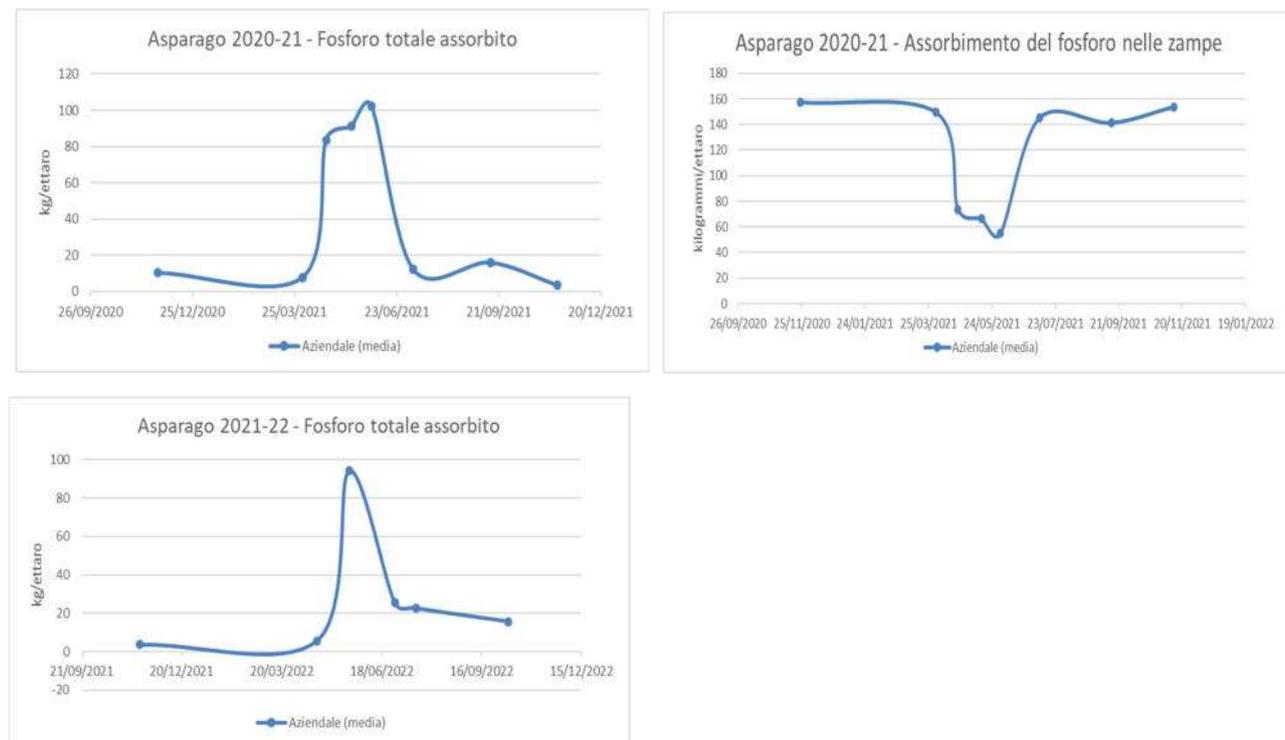


Fig. 12a e 12b, 12c – Dinamica complessiva dell'assorbimento del fosforo ottenuta nel biennio.

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.

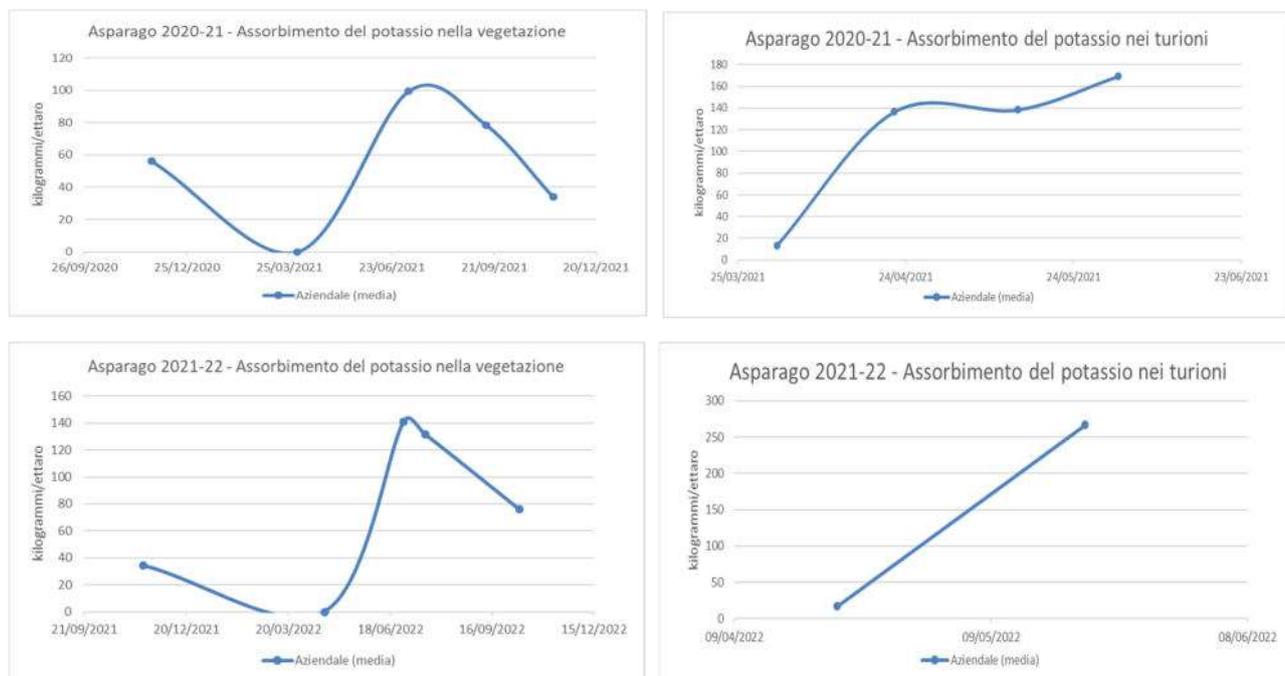


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.

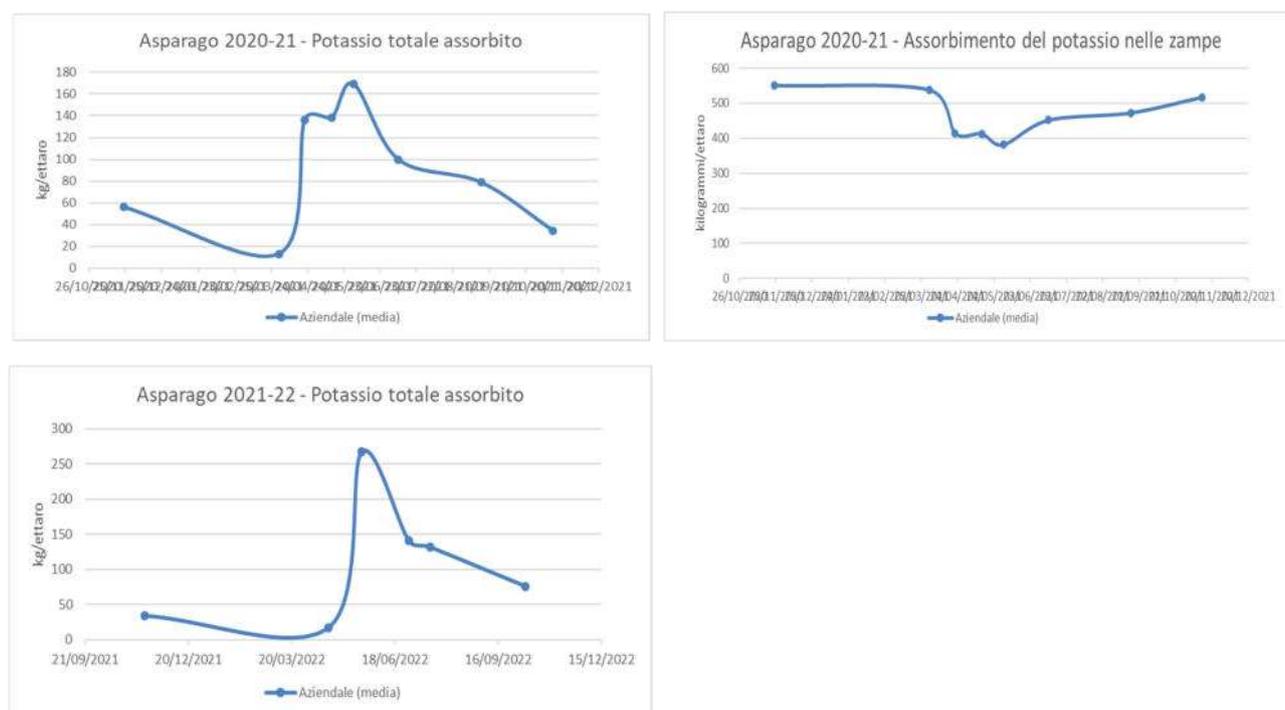


Fig. 14a, 14b e 14c – Dinamica complessiva dell'assorbimento del potassio ottenuta nel biennio.

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

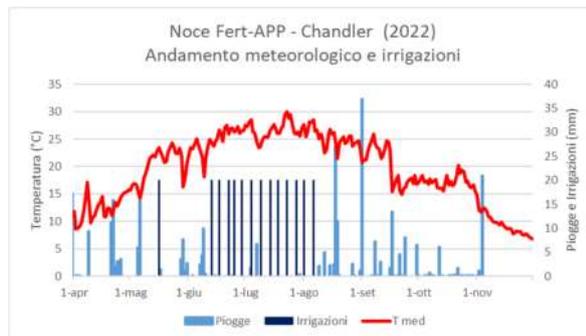
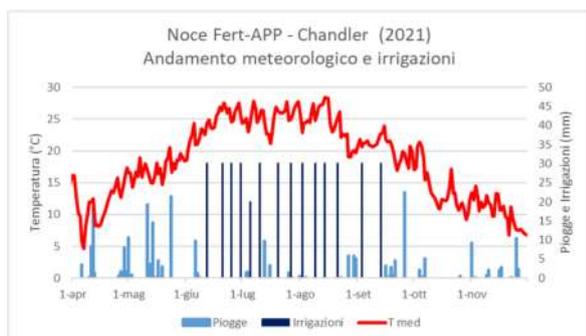
Per la coltura del noce, non prevista all'interno del Piano, non sono stati effettuati confronti, ma si è valutato solo gli assorbimenti della coltura gestita secondo la prassi aziendale. La prova è stata eseguita sulla cultivar Chandler, impiantata nel 2016, effettuando prove all'interno di un noceto 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 risultato essere rispettivamente di 150 kg/ha di N, 55 kg/ha di P₂O₅ e 90 kg/ha di K₂O. Di seguito gli screenshot delle schermate dell'applicativo.

The image displays two screenshots from the Fert-Irrinet application. The left screenshot, titled 'App ezzamento 124487 - Noce Guidi > DATI CHIMICI DEL SUOLO', shows a list of soil parameters with input fields and values. The right screenshot, titled 'App ezzamento 29 - Noce Guidi > MODIFICA CULTURA CORRENTE', shows crop management settings and a section for fertilization data.

Parametro	Valore
Azoto Totale g/kg	2,7
Potassio ppm (K ₂ O)	160,15
Fosforo ppm (P ₂ O ₅)	23,6
Sostanza organica %	1,72
Rapporto C/N	3,69
Magnesio ppm	229,36
Capacità di scambio cationico	16,61
Calcare totale %	6
Calcare attivo %	4,08
Ph	8,4
Disponibilità di ossigeno	Moderata
Ubicazione	Pianura isolata
% di azoto fissazione	0
App ezzamento in Zona vulnerabile	<input type="checkbox"/>

Parametro	Valore
Tipo di coltura	NOCE
Ciclo	Unico
Descrizione	Noce Guidi
Data inizio ciclo della fase germogliamento	01/04/2021
Data di raccolta	30/09/2021
Distanza sulla fila m	5
Distanza tra le file m	7
Condizione interfilare	Inerbito
Vigore portainnesto	Medio
Anno di impianto	2016
Forma di Allevamento	Qualunque
Cultura protetta	<input type="checkbox"/>
Cultura creata il	14/04/2022 14:50:26

Parametro	Valore
Finalità produttiva	Produzione
Fase ciclo colturale	Firma produzione
Tipo fertilizzante organico	Nessuno
Frequenza fertilizzante organico	saltuario
Fertilizzazioni organiche alle colture in precessione in N (kg/ha)	0
Resa t/ha	0
Tipologia colturale precedente	Non definita

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

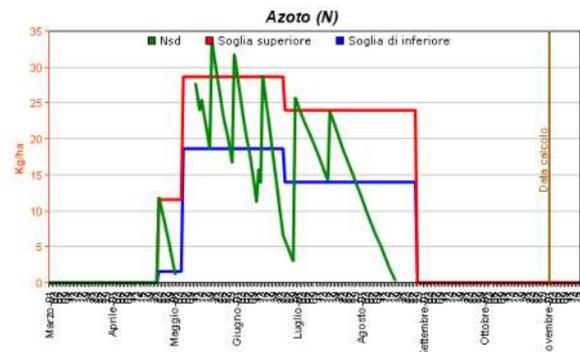
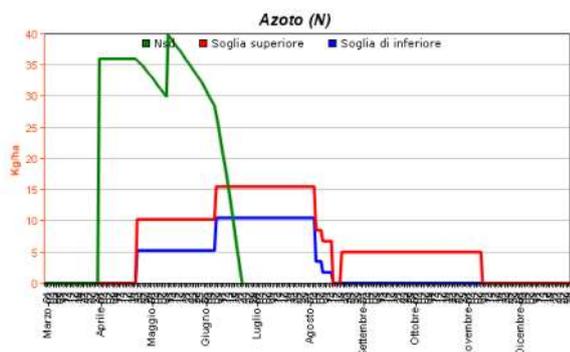
Data	Titolo N	Titolo P ₂ O ₅	Titolo K ₂ O	Dose distribuita Kg	Dose N kg/ha	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Dose K ₂ O kg/ha
18/07/2022	34,2	0	0	30,0	10,3	0,0	0,0
01/07/2022	13	0	46	50,0	6,5	0,0	23,0
01/07/2022	34,2	0	0	50,0	17,1	0,0	0,0
15/06/2022	34,2	0	0	50,0	17,1	0,0	0,0
13/06/2022	13	0	46	50,0	6,5	0,0	23,0
01/06/2022	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
deiscenza 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.

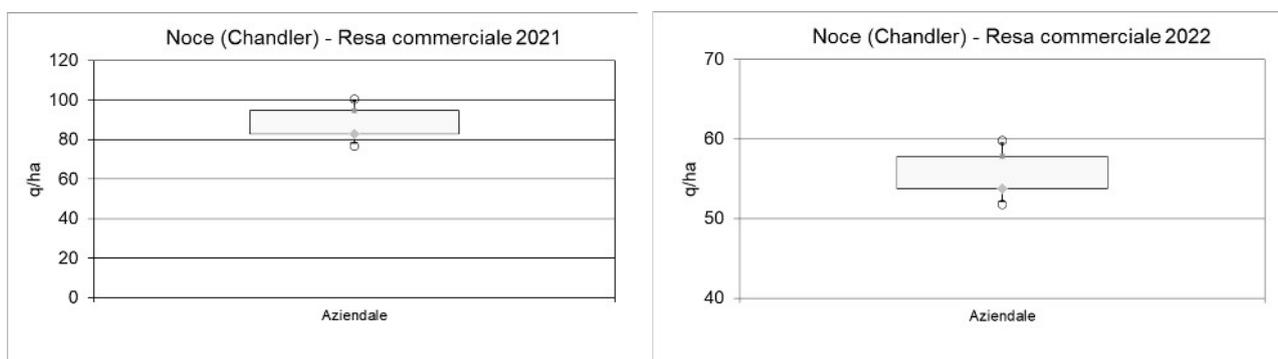


Fig. 8a e 8b – Rese commerciali 2021 (sx) e 2022 (dx).

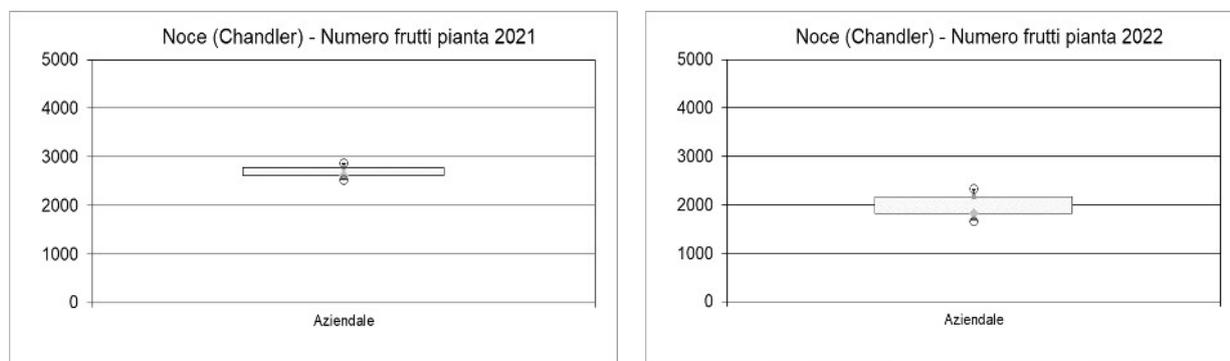


Fig. 9a e 9b – Numero di frutti per pianta 2021 (sx) e 2022 (dx).

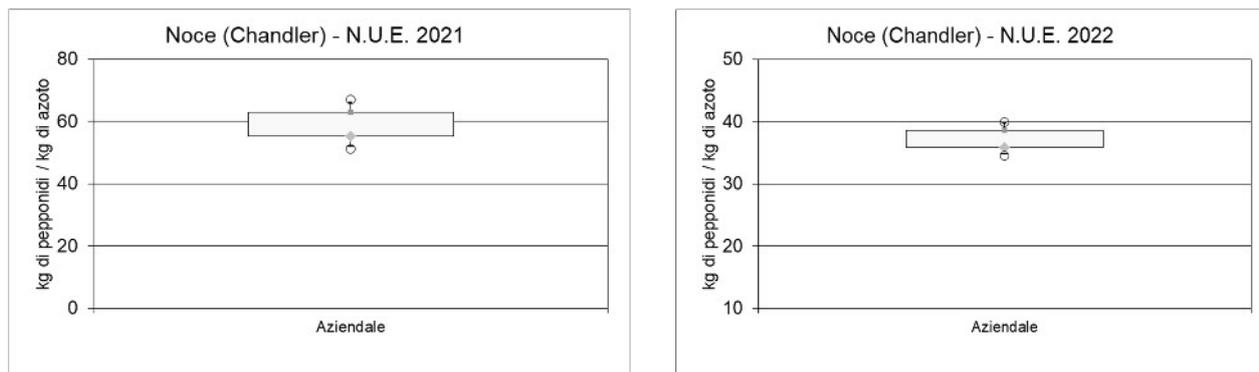


Fig. 10 – Efficienza di utilizzo dell’azoto 2021 (sx) e 2022 (dx).

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

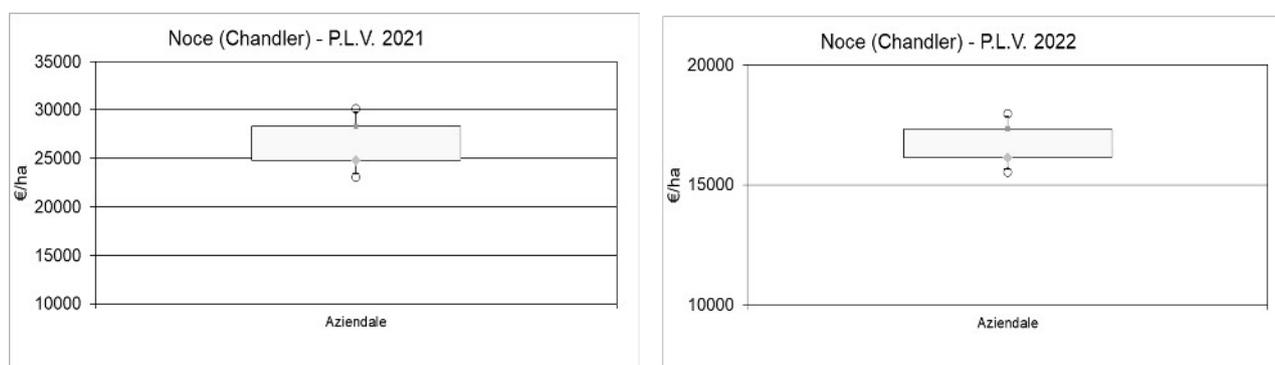


Fig. 11 – Produzioni Lorde Vendibili 2021 (sx) e 2022 (dx).

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.

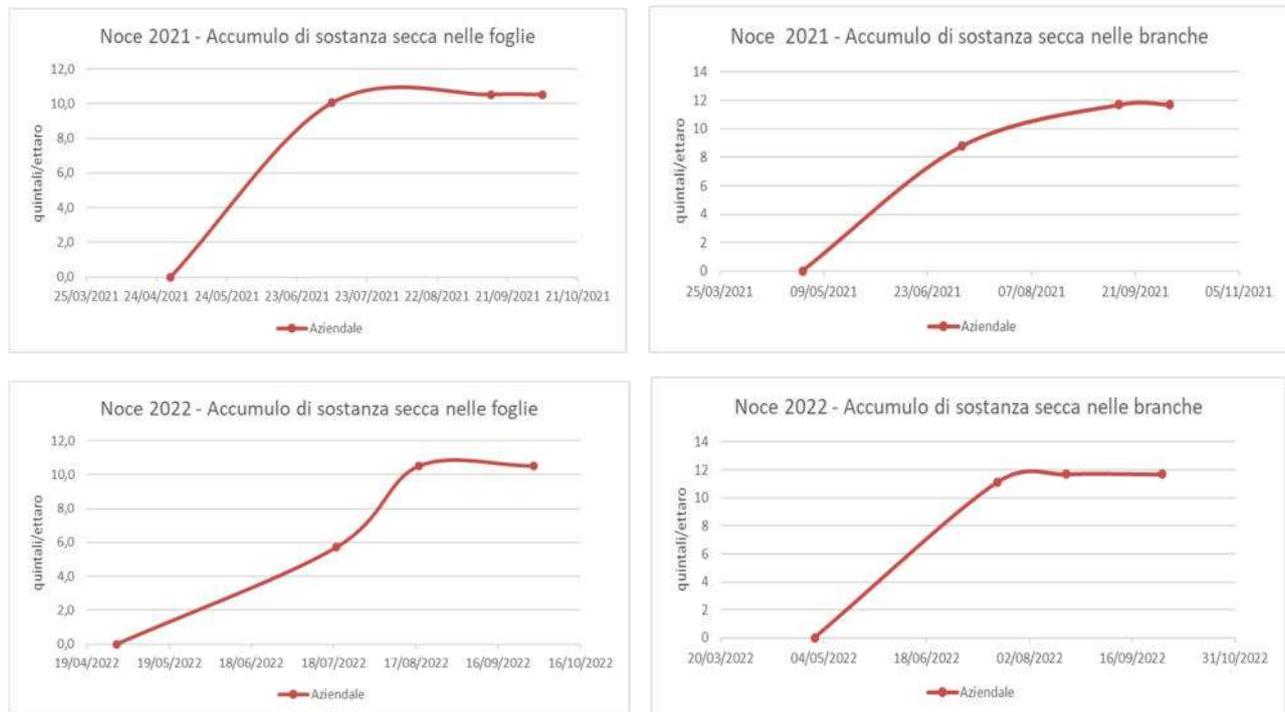


Fig. 12a e 12b, 12c e 12d – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (foglie e branche) ottenuta nel biennio.

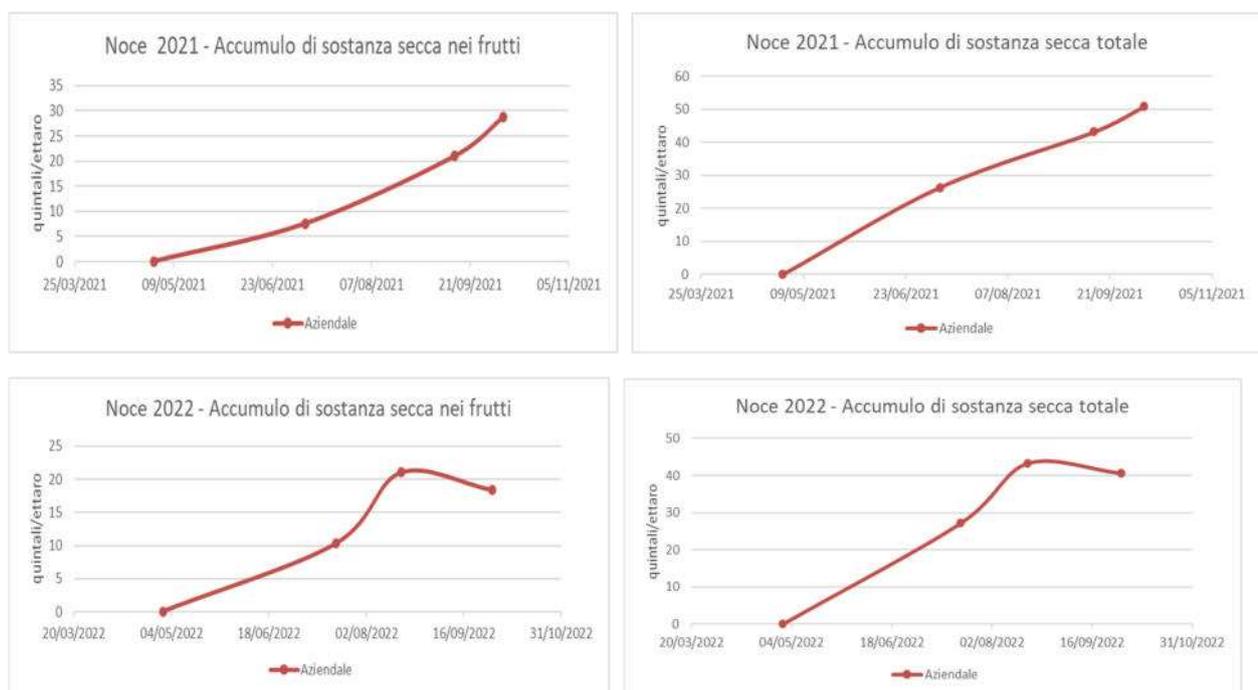


Fig. 12e e 12f, 12g e 12h – Dinamica dell'accumulo di sostanza secca (frutti e totale) ottenuta nel biennio.

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.

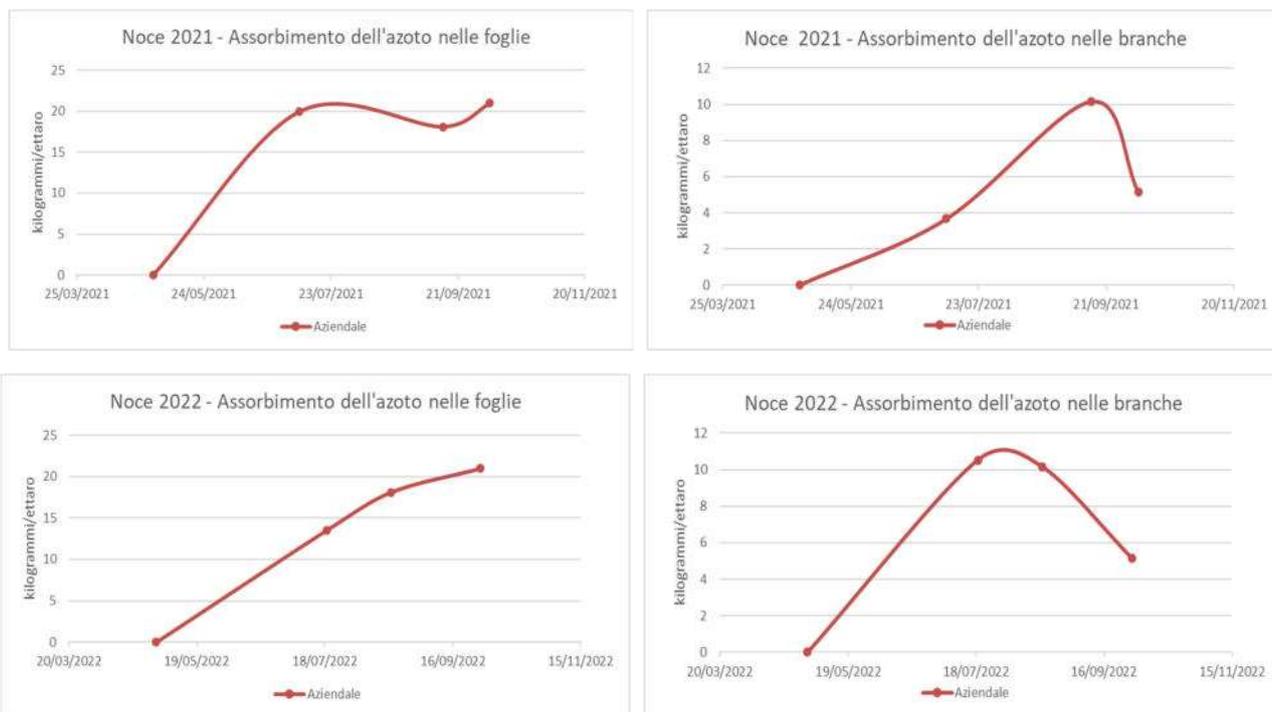


Fig. 13a e 13b, 13c e 13d – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (foglie e branche) ottenuta nel biennio.

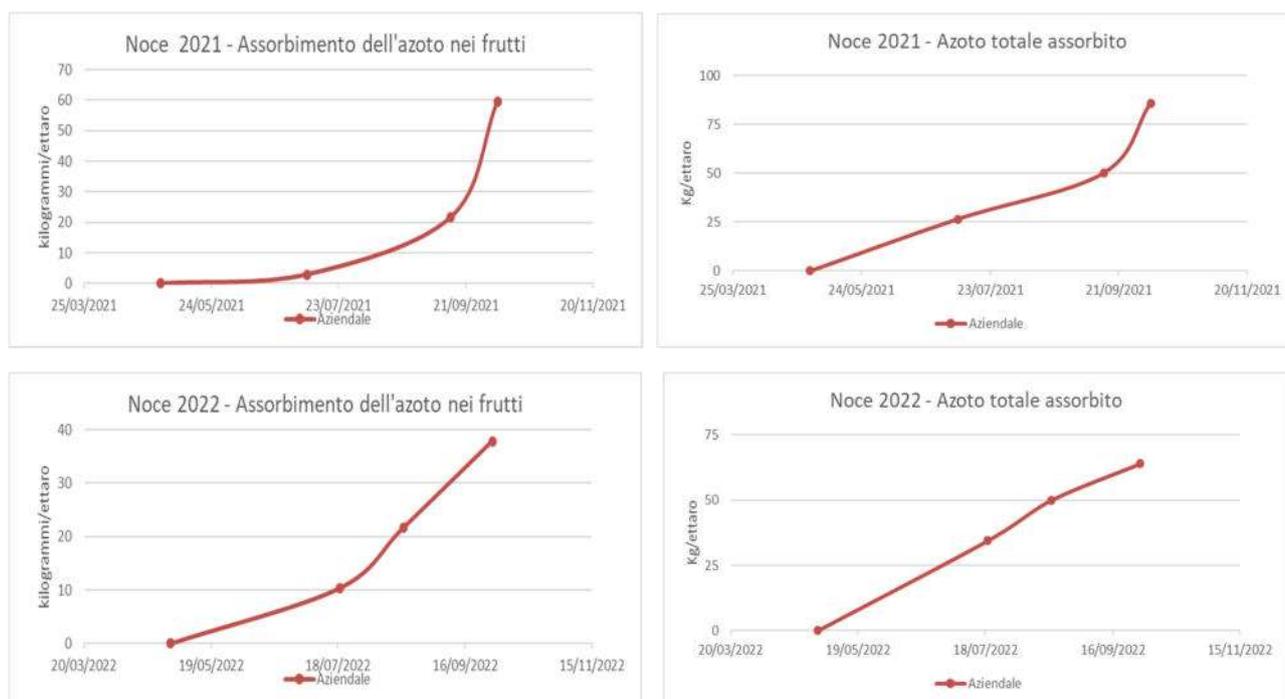


Fig. 13e e 13f, 13g e 13h – Dinamica dell'assorbimento dell'azoto (frutti e totale) ottenuta nel biennio.

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.

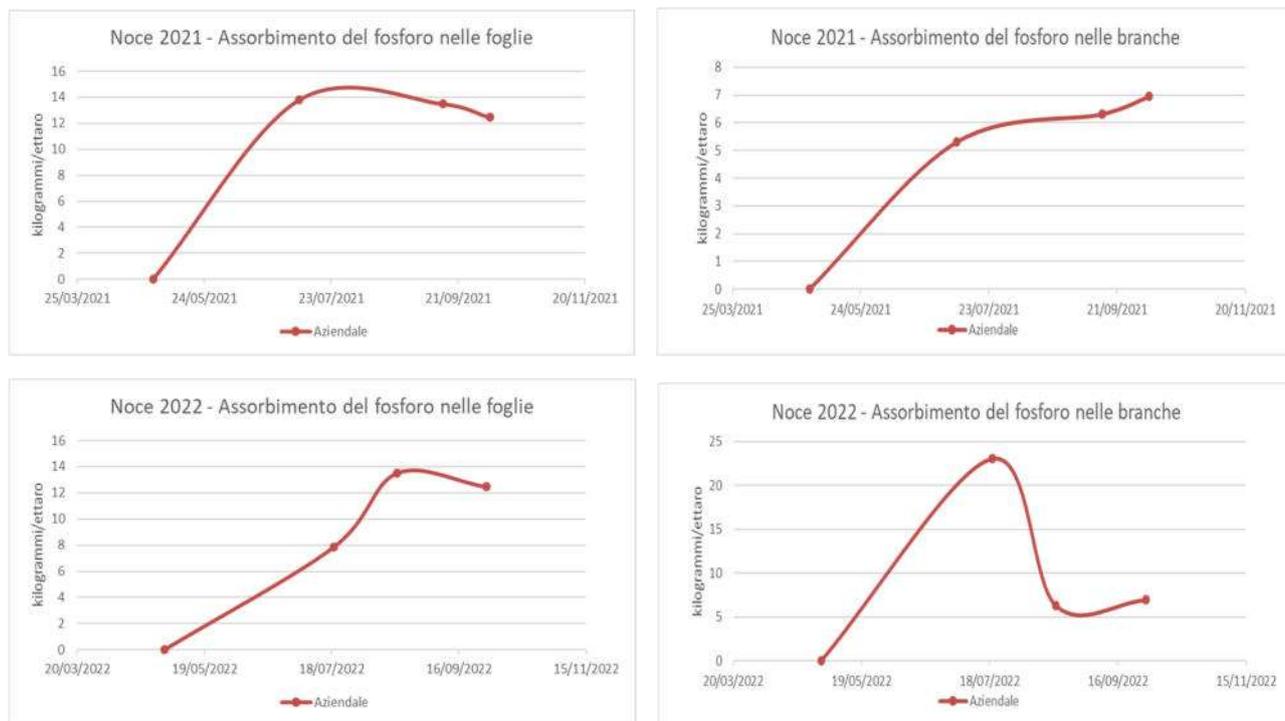


Fig. 14a e 14b, 14c e 14d – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (foglie e branche) ottenuta nel biennio.

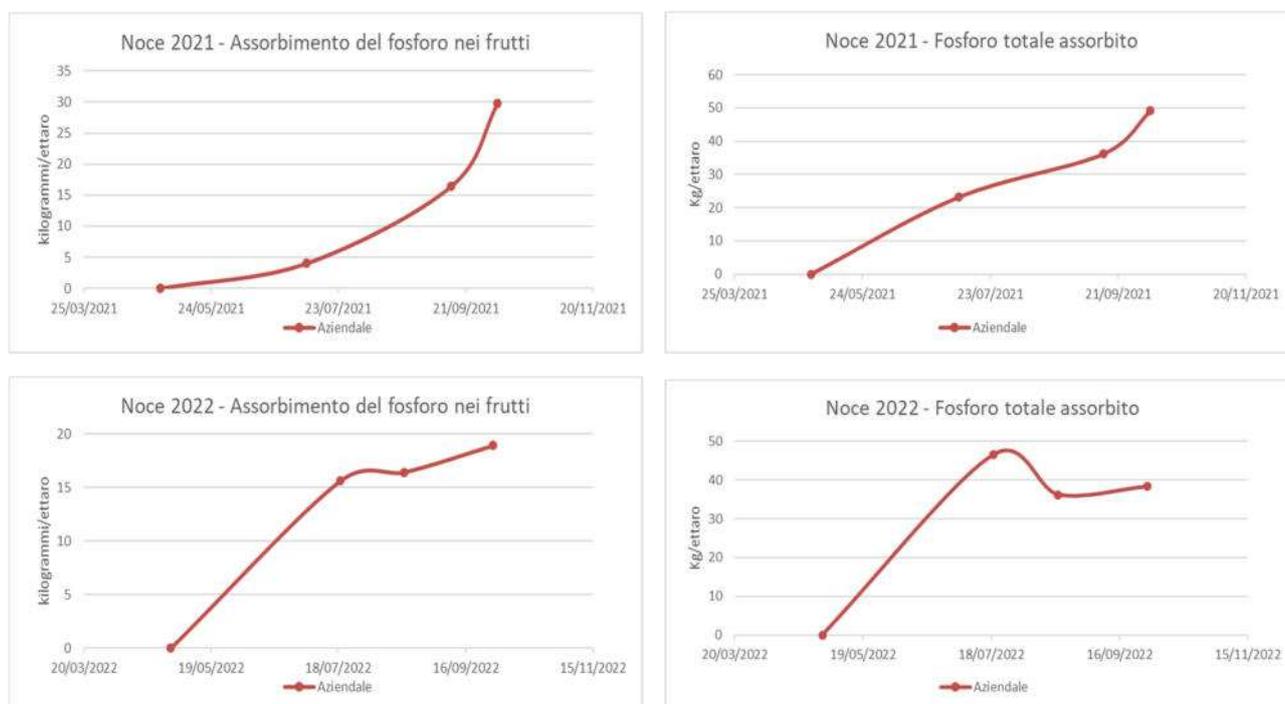


Fig. 14e e 14f, 14g e 14h – Dinamica dell'assorbimento del fosforo (frutti e totale) ottenuta nel biennio.

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.

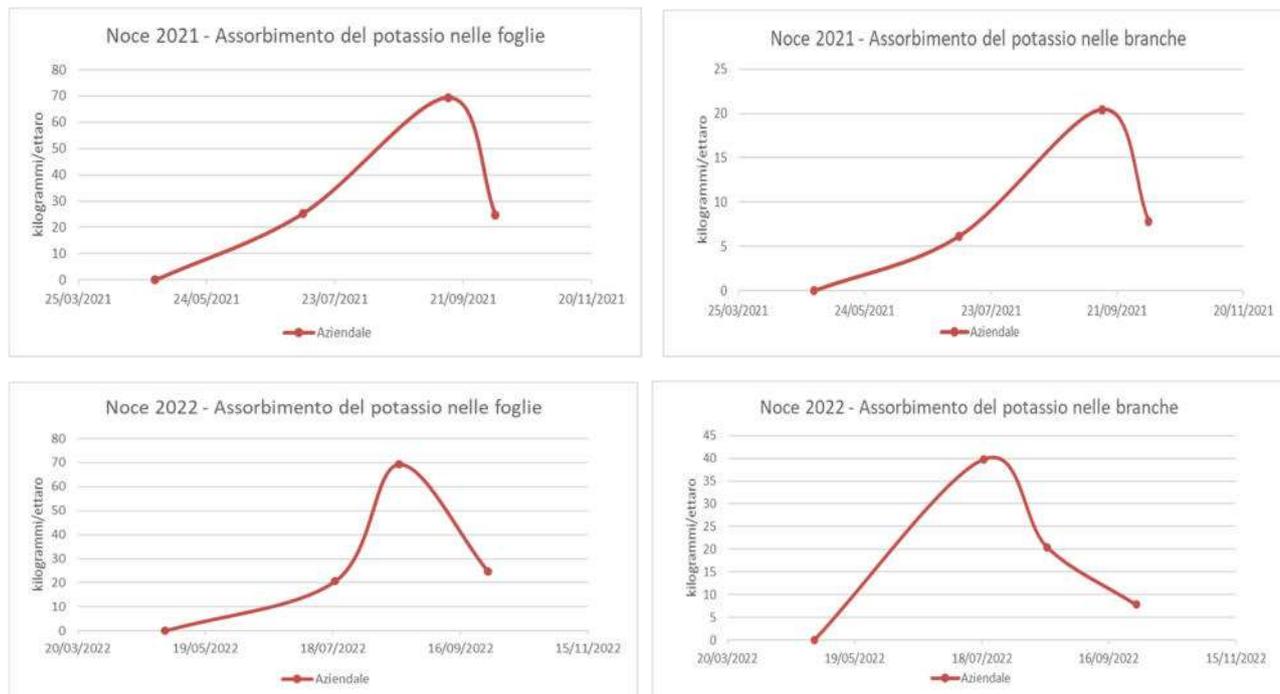


Fig. 15a e 15b, 15c e 15d – Dinamica dell'assorbimento del potassio (foglie e branche) ottenuta nel biennio.

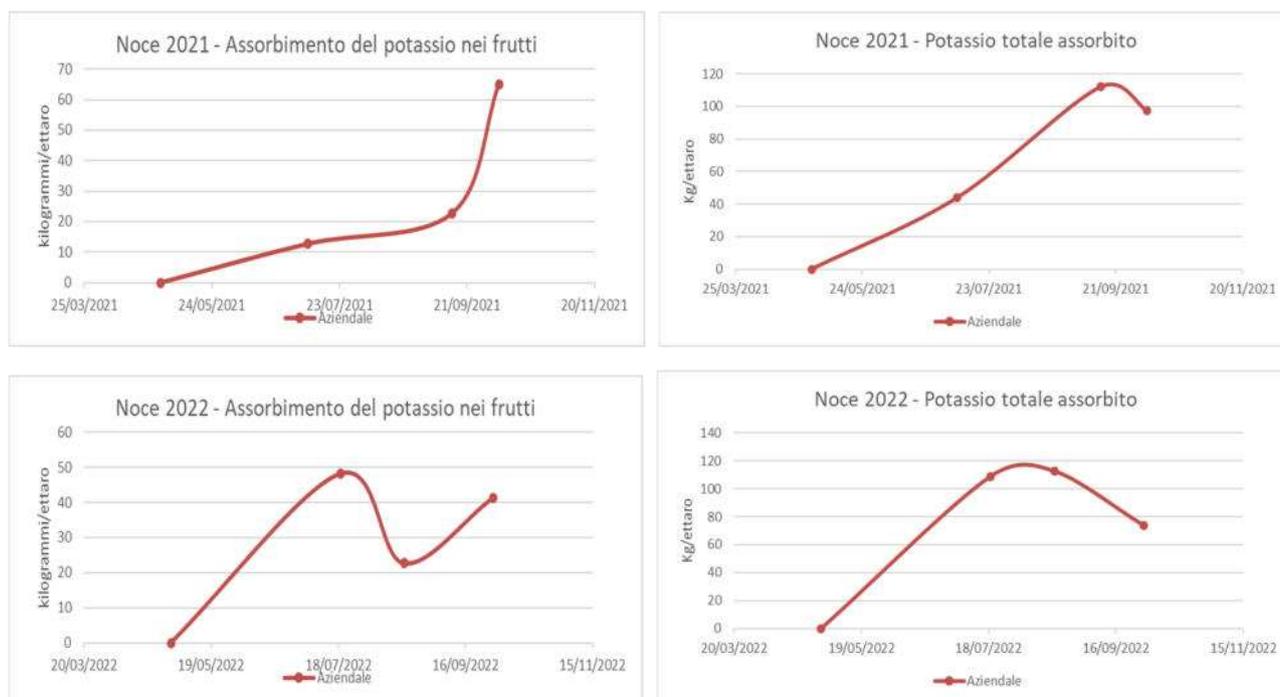
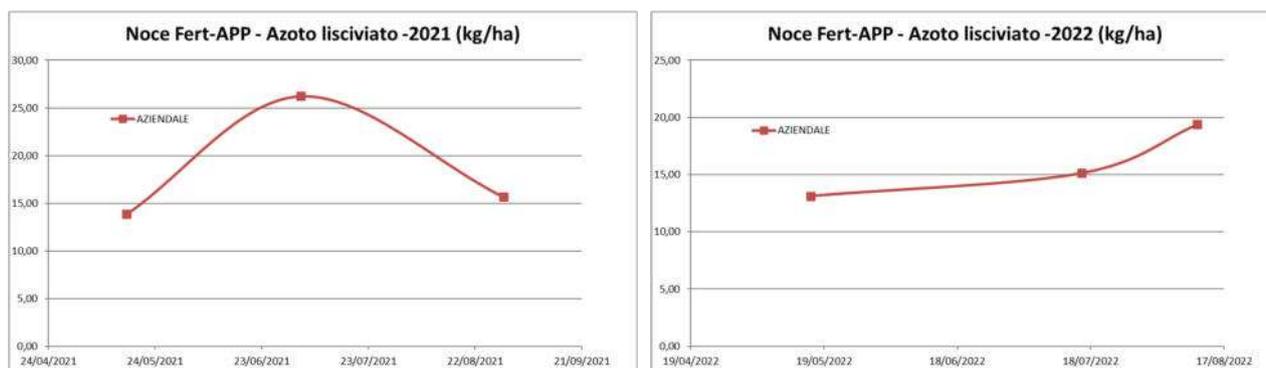


Fig. 15e e 15f, 15g e 15h – Dinamica dell'assorbimento del potassio (frutti e totale) ottenuta nel biennio.

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.



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 %
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
deiscenza 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 obiettivi prefissati rendendo necessaria un'intensa attività di formazione, in parte svolta in questo progetto, finalizzata alla diffusione della tecnica, delle strategie e delle conoscenze. In linea generale, la riduzione dell'inquinamento da nitrati di fonte agricola delle acque deve essere perseguita nei seguenti modi:

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

La taratura e validazione dell'applicativo Fert-Irrinet effettuata nel biennio 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.

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 Turrall, 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 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 meteorologici 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 meteorologici 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.

Temperature massime estive

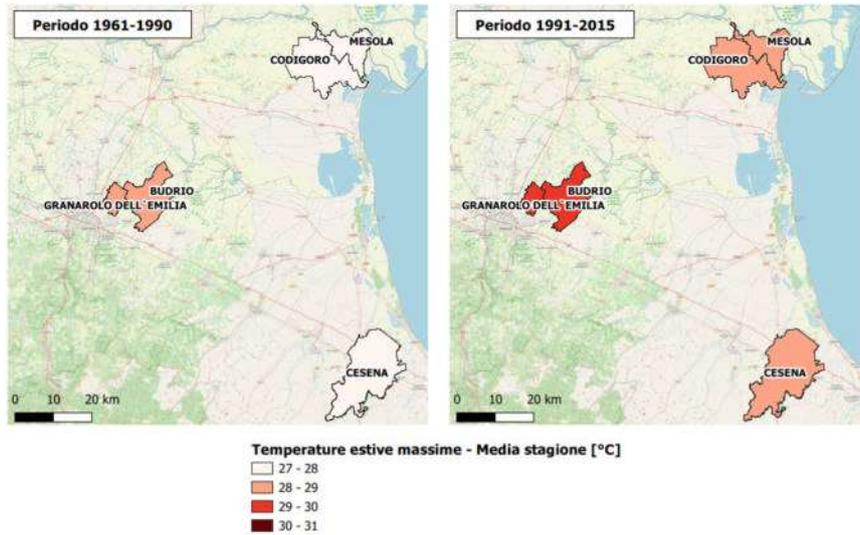
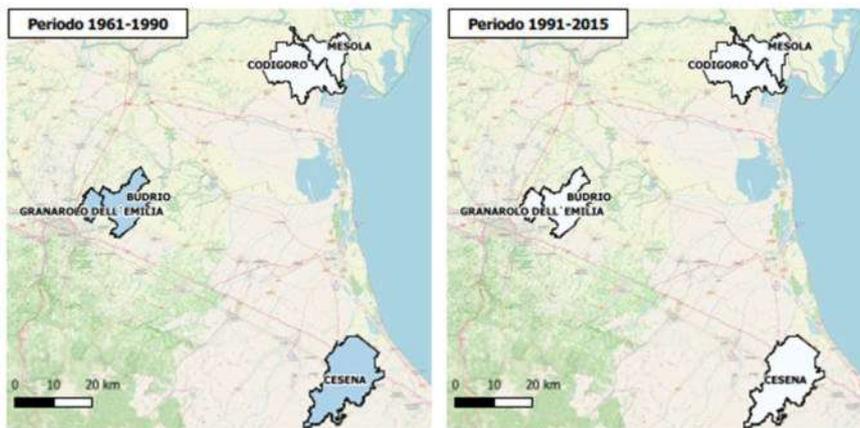


Figura 1: Temperature massime (fonte: elaborazioni CER su dati dell'Atlante Climatico Arpae - 2015)

Precipitazioni primaverili



Precipitazioni estive

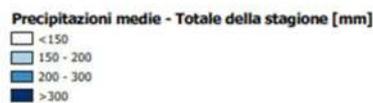
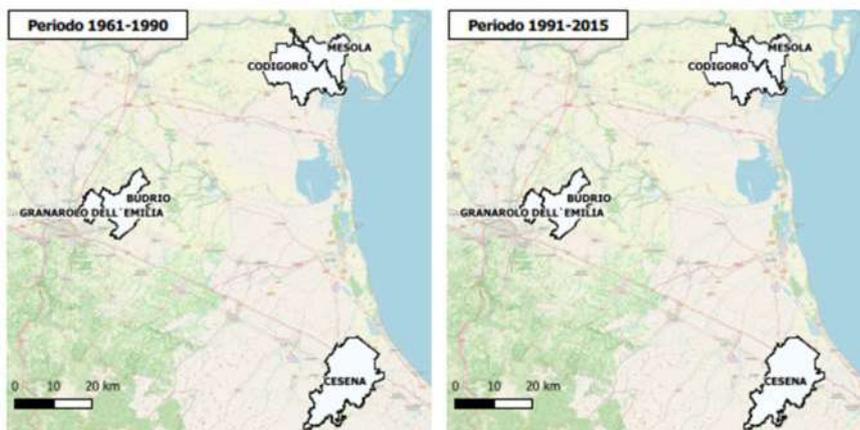


Figura 2: Precipitazioni (fonte: elaborazioni CER su dati dell'Atlante Climatico Arpae - 2015)

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'augmentata 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 Turrall 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 sensibilità 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.

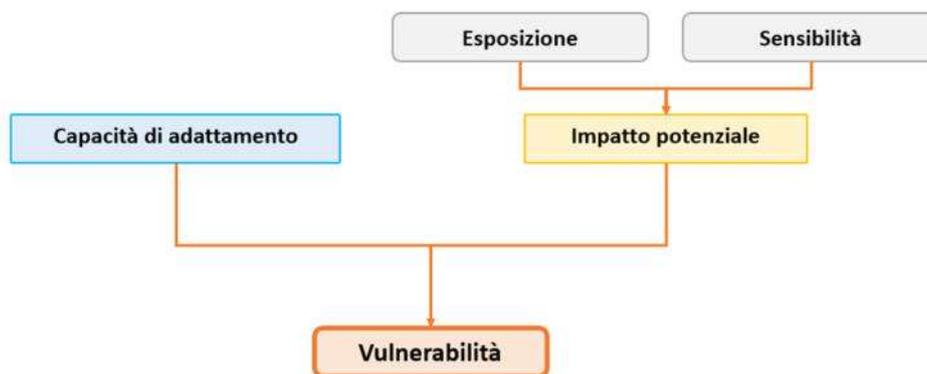


Figura 3: Schematizzazione dei fattori che determinano la vulnerabilità (Giordano et al. 2018; GIZ & EURAC 2017)

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.

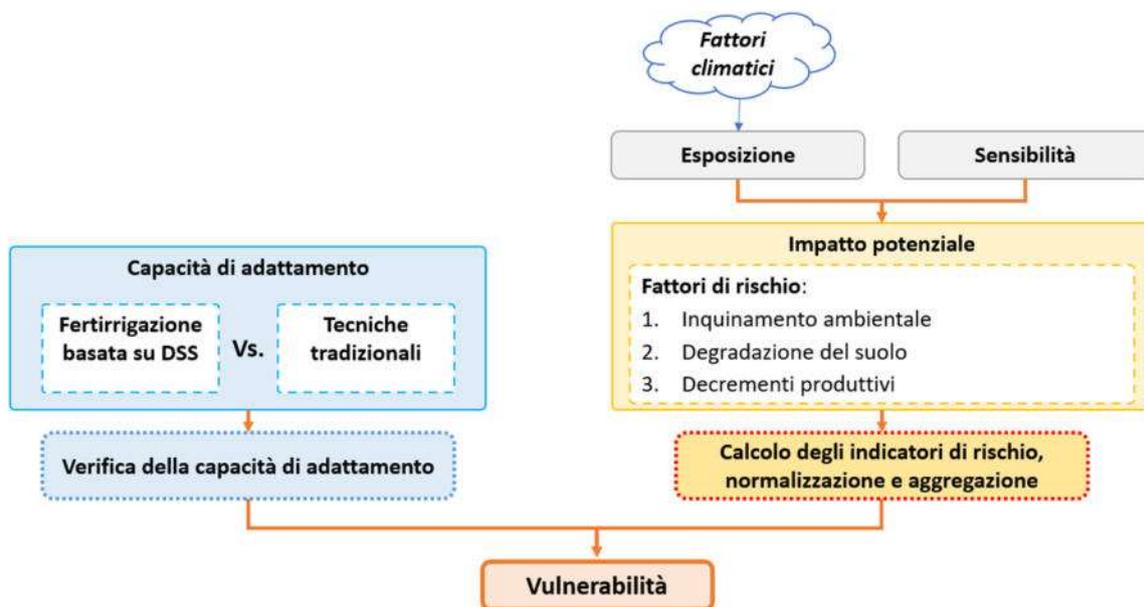


Figura 4: Schematizzazione dei fattori analizzati per lo studio della vulnerabilità

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):

$$FR_n = \frac{X_{i1} * w_{i1} + X_{i2} * w_{i2} + X_{i3} * w_{i3} + \dots + X_{in} * w_{in}}{w_{i1} + w_{i2} + w_{i3} + \dots + w_{in}} = \frac{\sum_i^n X_i * w_i}{\sum_i^n w_i}$$

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.

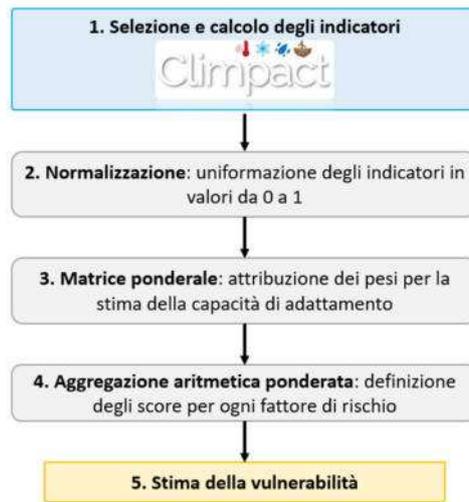


Figura 5: Schematizzazione della metodologia di studio

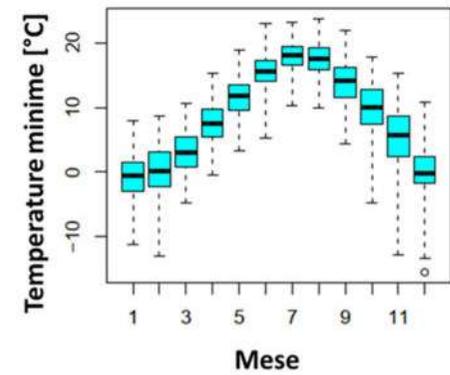
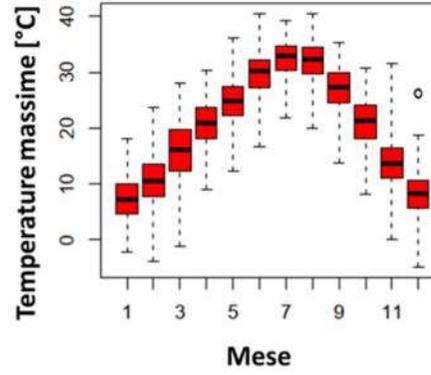
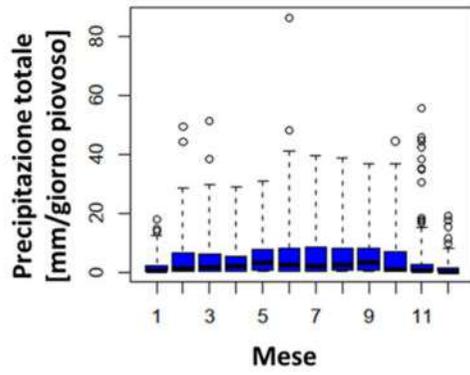
4. Risultati

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-eracito>) 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*

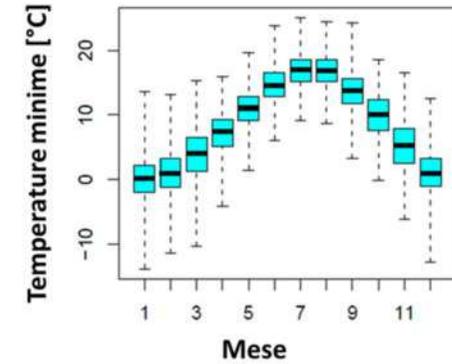
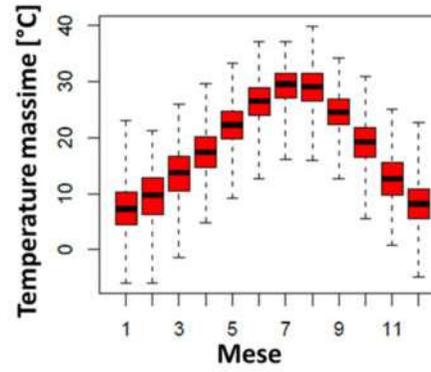
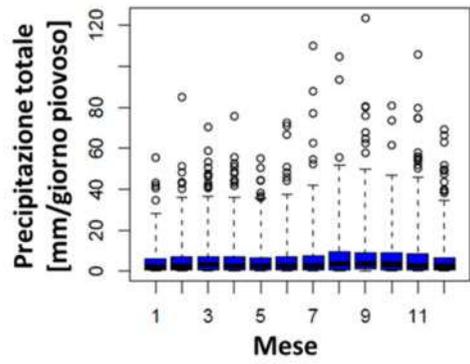
Caratterizzazione delle principali variabili climatiche

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.

Budrio



Cesena



Codigoro

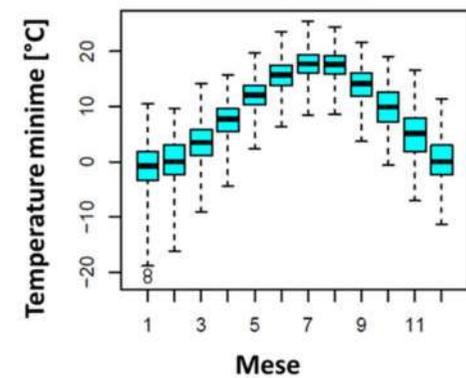
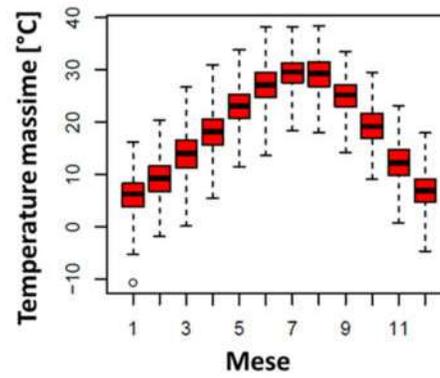
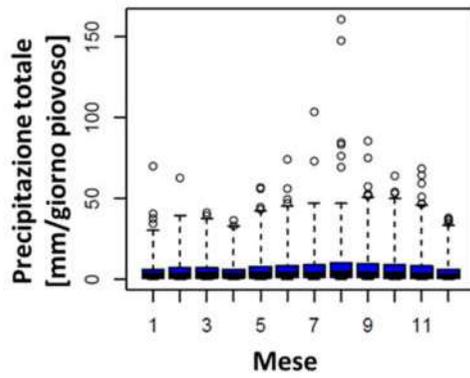


Figura 6: Caratteristiche climatiche dell'area di Budrio. I dati si riferiscono alla media mensile dei valori misurati nelle 24h; con il simbolo "o" sono indicati gli outlier.

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	<ul style="list-style-type: none"> Lisciviazione Volatilizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> RX1day – <u>Precipitazione massima giornaliera</u>: valore massimo di precipitazione giornaliera R95p – <u>Giorni molto piovosi</u>: totale annuale delle precipitazioni > 95° percentile del periodo climatologico di riferimento R10 – <u>Giorni con precipitazione intensa</u>: numero di giorni l'anno con precipitazione ≥ 10mm %A – <u>Tessitura del terreno</u>: percentuale di <u>argilla</u> capace di trattenere i nutrienti nel suolo 	<p>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).</p>
Degradazione del suolo	<ul style="list-style-type: none"> Compattazione Calpestamento 	<ul style="list-style-type: none"> CWD – <u>Giorni piovosi consecutivi</u>: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera ≥ 1 R20 – <u>Giorni con precipitazione molto intensa</u>: numero di giorni l'anno con precipitazione ≥ 20mm SDII – <u>Intensità di precipitazione giornaliera</u>: Totale annuale di precipitazione diviso per il numero di giorni piovosi nell'anno (definiti come giorni con precipitazione ≥ 1.0mm) %S – <u>Tessitura del terreno</u>: percentuale di <u>sabbia</u> in grado di favorire un drenaggio rapido delle acque meteoriche %SO – <u>Sostanza Organica</u>: percentuale di <u>sostanza organica</u> in grado di favorire la ritenzione idrica del suolo e la sua struttura 	<p>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</p>
Decrementi produttivi	<ul style="list-style-type: none"> Problematiche fitosanitarie Stress fisiologici Tempestività degli interventi 	<ul style="list-style-type: none"> TX90P – <u>Giorni caldi</u>: percentuale di giorni l'anno in cui TN > 90° percentile del periodo climatologico di riferimento CDD – <u>Giorni secchi consecutivi</u>: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1 CWD – <u>Giorni piovosi consecutivi</u>: numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera ≥ 1 SPEI – <u>Indicatore standardizzato di precipitazione ed evapotraspirazione</u>: misura della siccità utilizzando le variabili di precipitazione ed evapotraspirazione Hwn (Tn > 90) – <u>Numero di ondate di calore</u>: numero di ondate di calore definite come eventi in cui per almeno 3gg la temperatura minima (Tn) sia superiore al 90° percentile 	<p>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.</p>

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 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 con trend significativi. Tra gli aspetti che portano ad un incremento della vulnerabilità, si segnalano le ondate di calore. Qui 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 la 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 considerato 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 un maggior danno.

CDD – Consecutive Dry Days

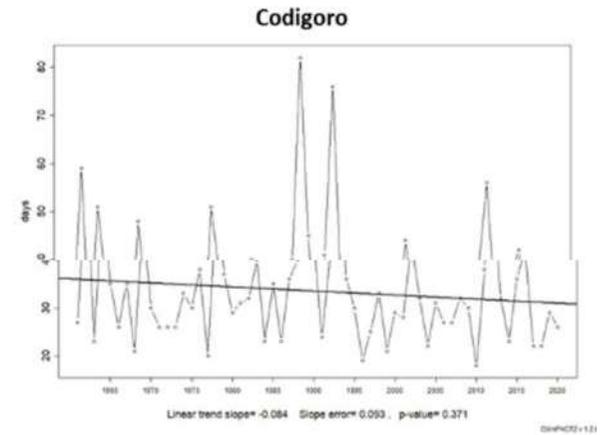
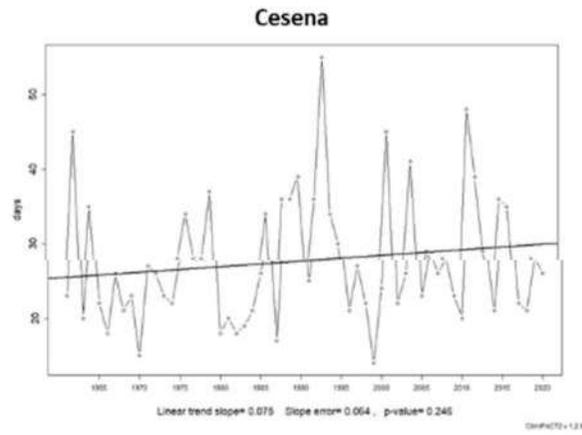
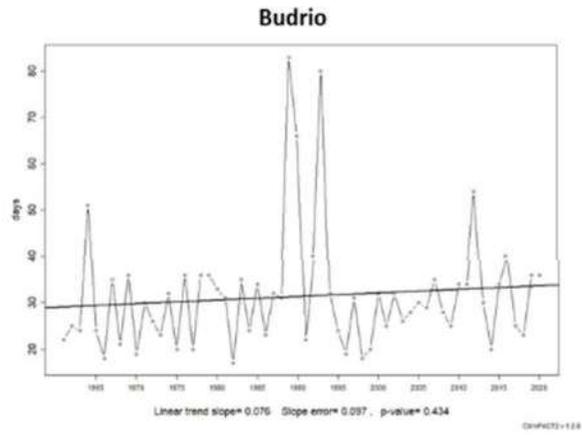


Figura 7: CDD

CWD – Maximum number of Consecutive Wet Days

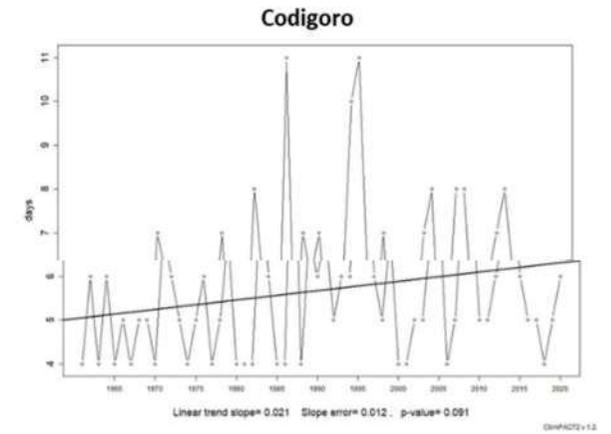
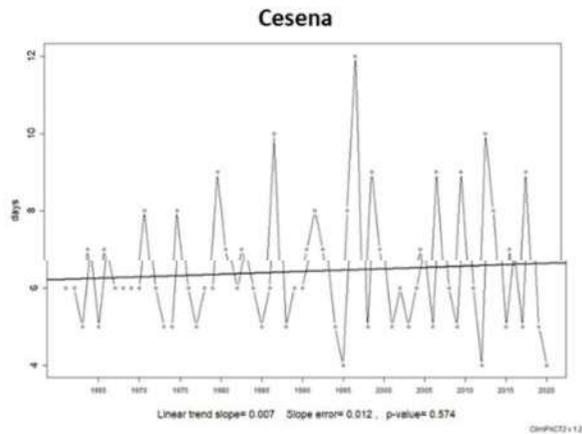
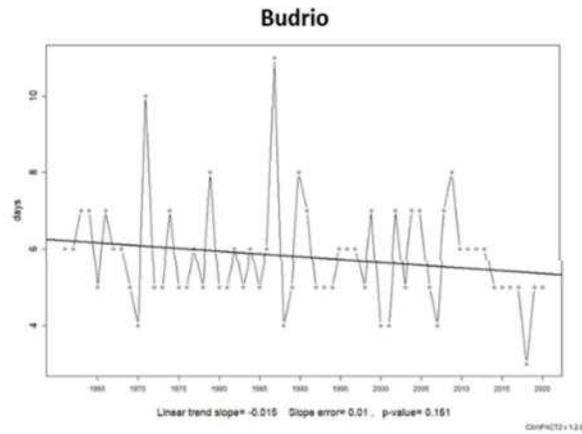


Figura 8: CWD

R95p: Annual sum of daily precipitation > 95th percentile

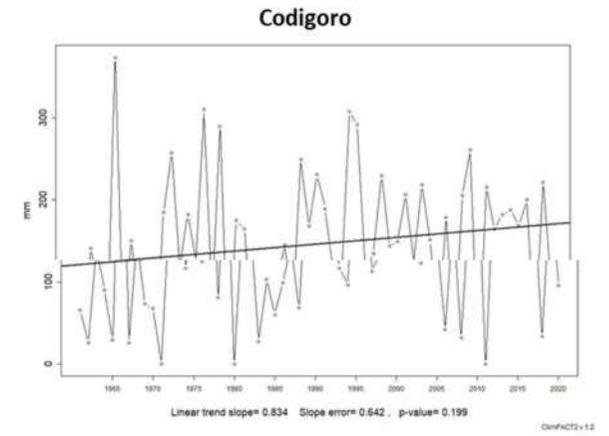
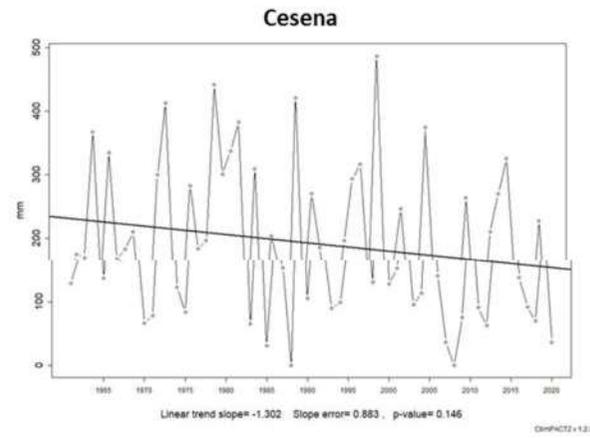
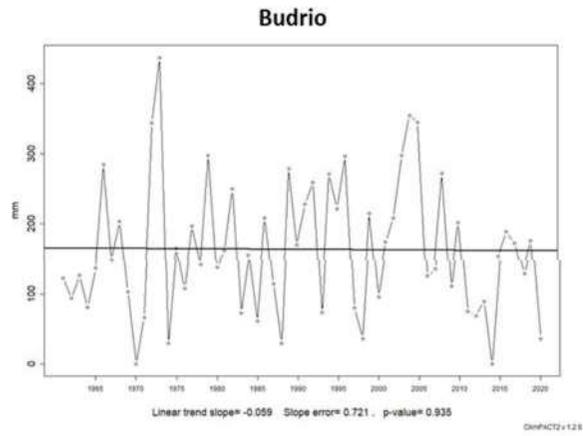


Figura 9: R95p

Rx1day: Maximum annual 1-day precipitation total

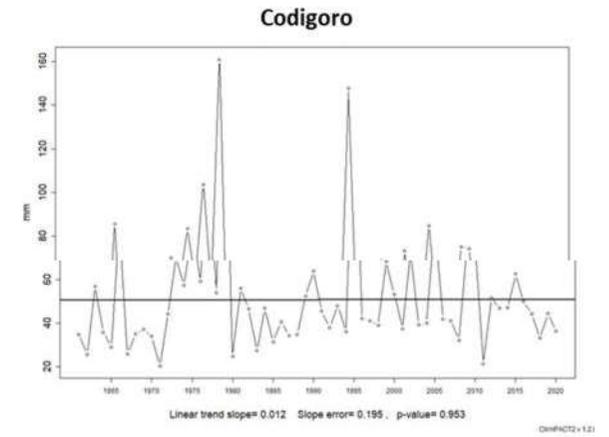
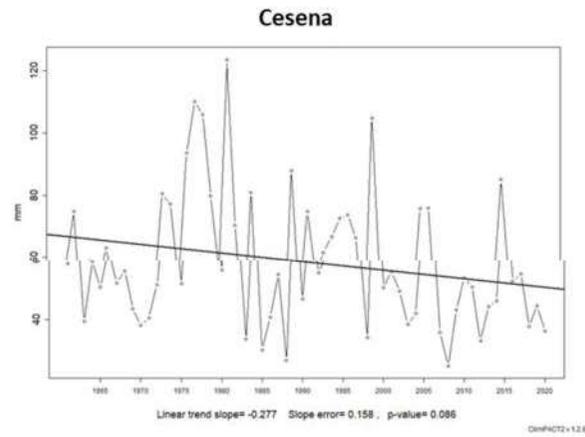
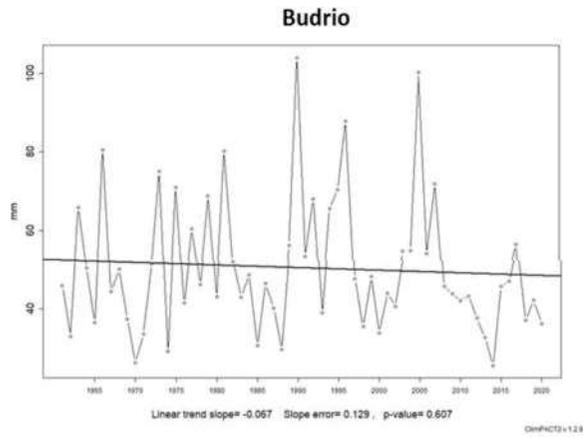


Figura 10: Rx1day

sdi: Annual total precipitation divided by the number of wet days

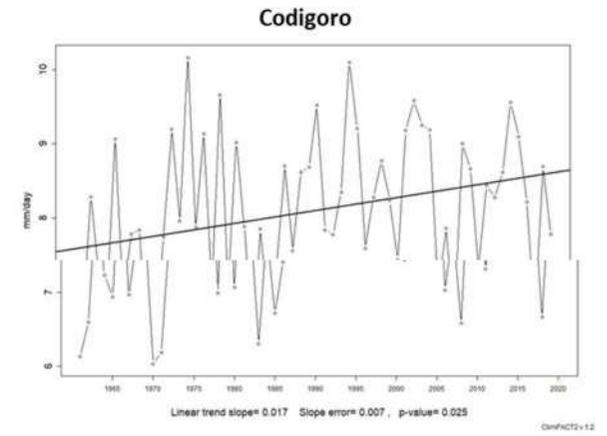
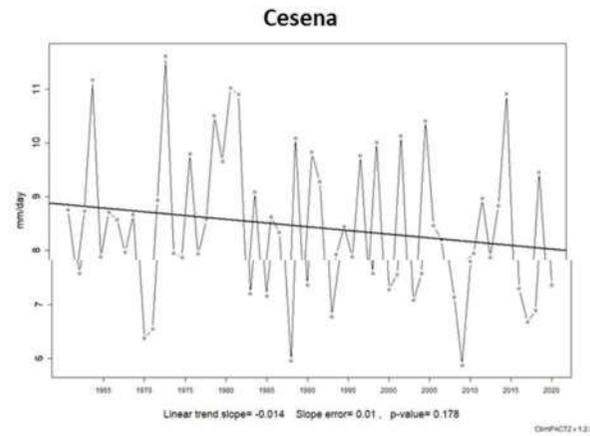
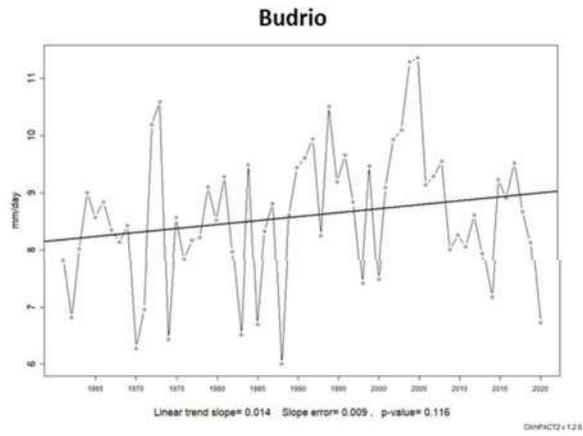


Figura 11: sdi

R20mm: Annual number of days when precipitation >=20mm

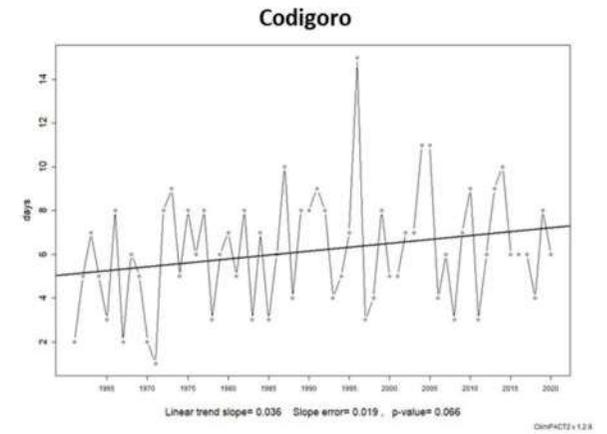
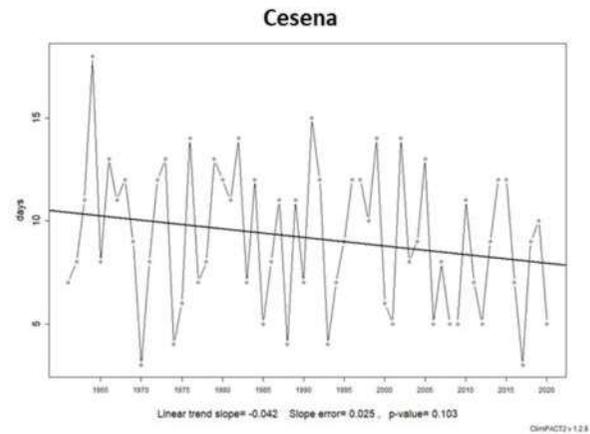
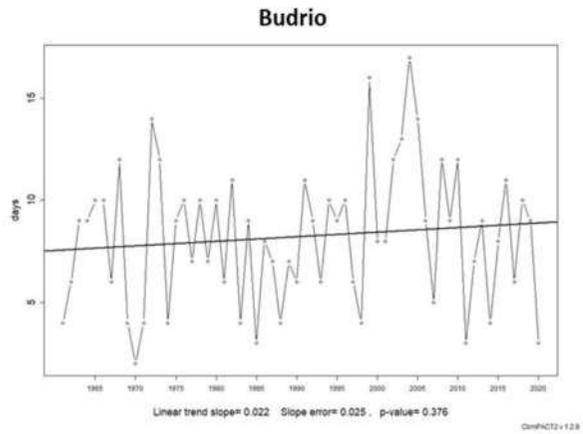


Figura 12: R20mm

**R10mm: Annual number of days when precipitation
 >=10mm**

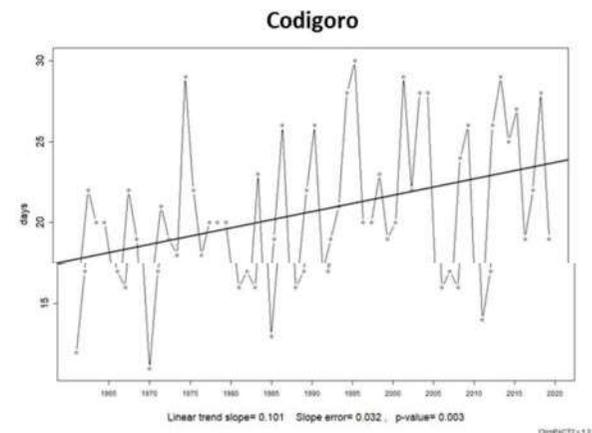
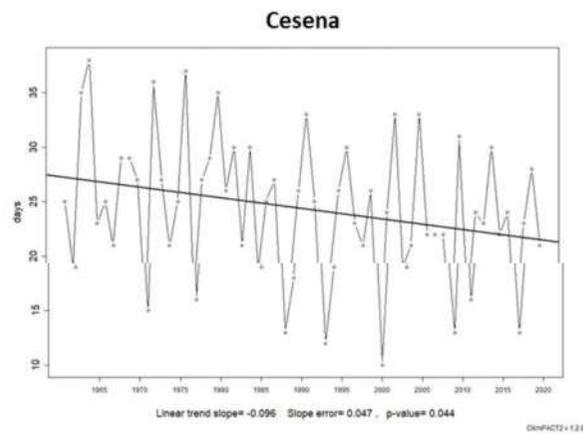
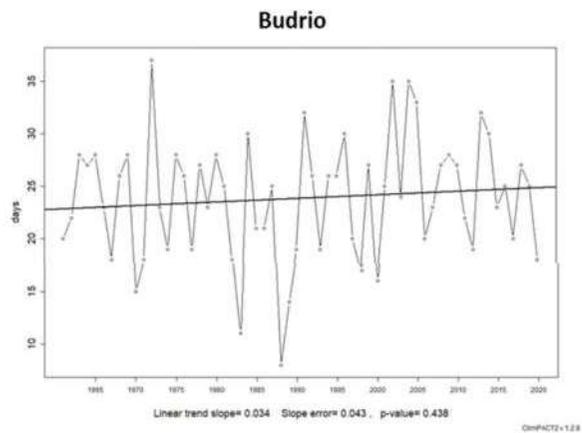


Figura 13: R10mm

**Tx90p: Annual percentage of days when TX >90th
 percentile**

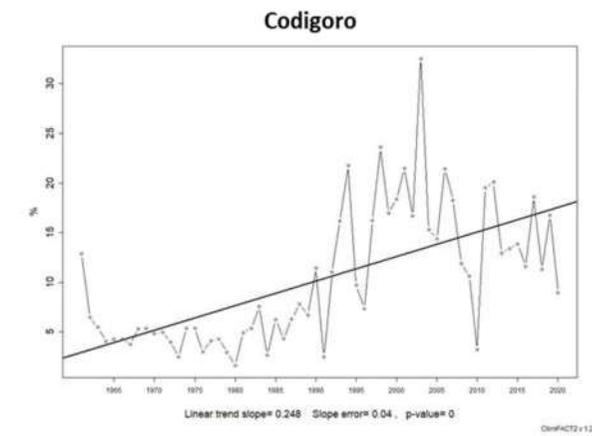
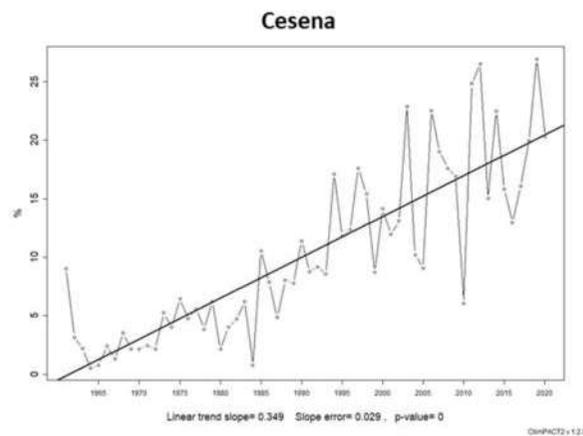
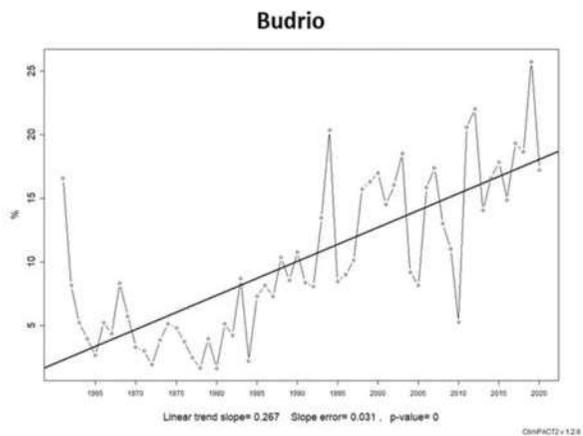


Figura 14: Tx90p - Trend significativo

HWN – Number of Heatwaves

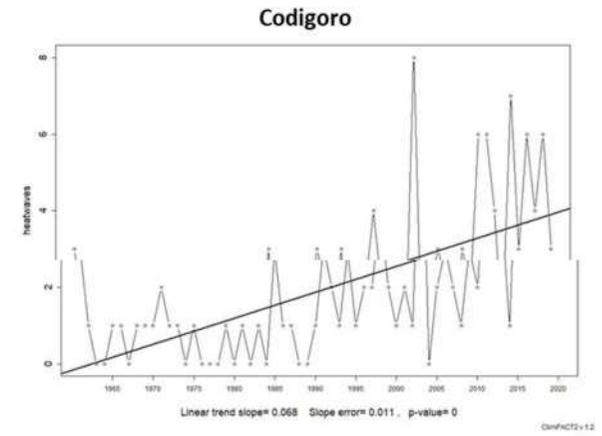
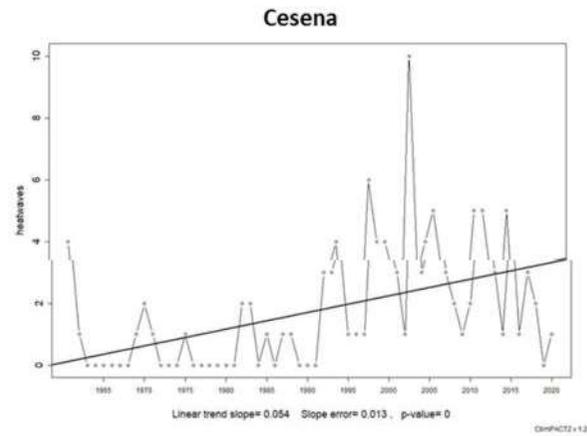
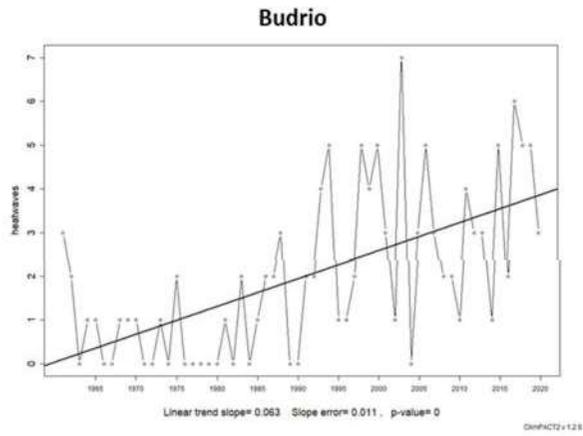


Figura 15: HWN - Trend significativo

HWD: Heatwave Duration (length of the longest heatwave event)

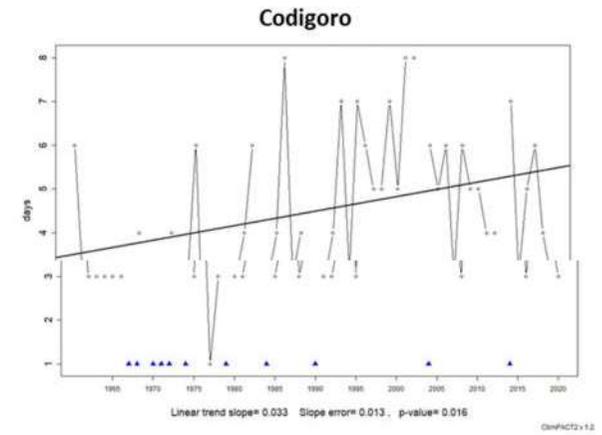
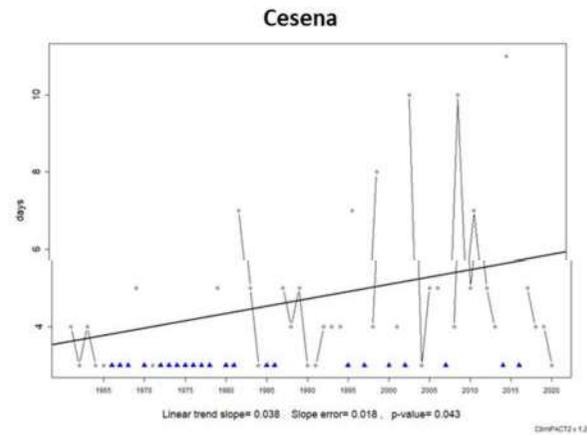
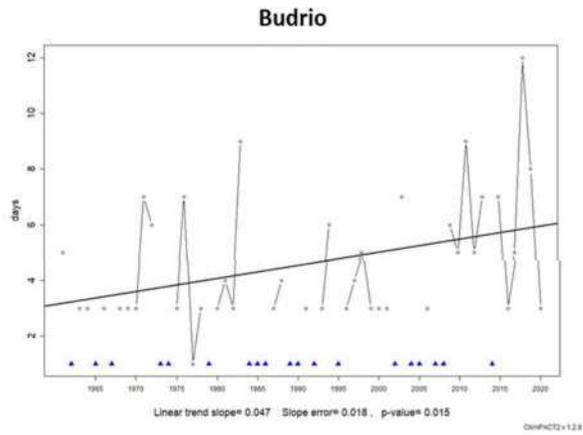


Figura 16: HWD - Trend significativo

gddgrow10: Growing Degree Days over 10°C

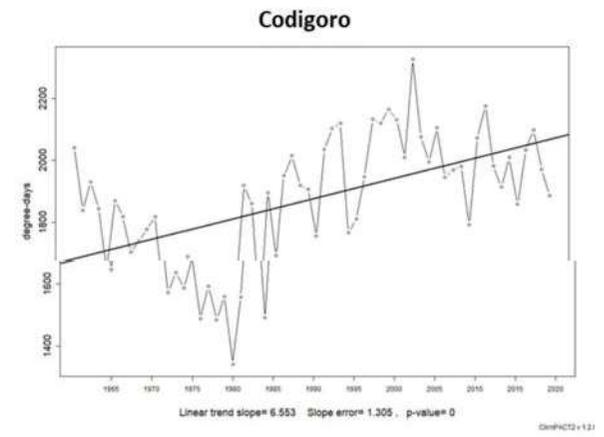
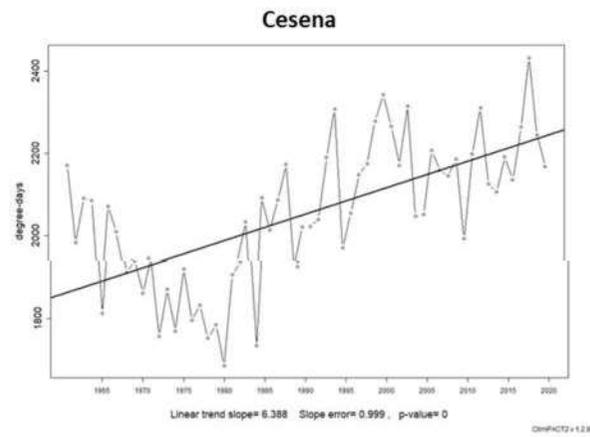
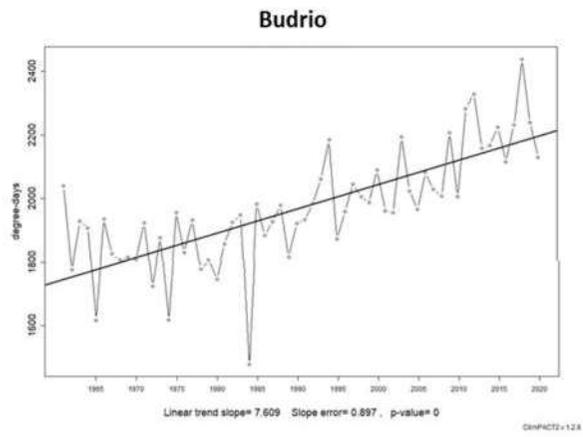


Figura 17: gddgrow - Trend significativo

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.

<i>Indicatore</i>	<i>Valore</i>	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)

<i>Indicatore</i>	<i>Valore</i>	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).

<i>Indicatore</i>		Pesi			Media
		Esperto 1	Esperto 2	Esperto 3	
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 ° - 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. Pregnoiato, 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 Turrall, 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)