

Relazione finale

PARTNER

Fondazione per il Clima e la Sostenibilità (FCS)

PROGETTO

Pane di Farro della Garfagnana IGP (PaFa)

BANDO DI ATTUAZIONE

Documento di economia e finanza regionale (DEFR) 2022

Progetto Regionale 8

"Sviluppo sostenibile in ambito rurale e agricoltura di qualità"

INTERVENTI A SOSTEGNO DEI PROCESSI DI INNOVAZIONE
ORGANIZZATIVA E DI PROCESSO PRODUTTIVO NEL SETTORE DELLA
COOPERAZIONE AGRICOLA E NEI CONSORZI FORESTALI DI CUI
ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE TOSCANA N. 766
DEL 04/07/2022



DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE E TIPOLOGIA DEL
SOGGETTO RICHIEDENTE

(dati anagrafici e fiscali)

Fondazione per il Clima e la Sostenibilità - FCS

Via Giovanni Caproni 8, 50145 Firenze (Italia)

C.F e P. IVA 04151630482

<http://www.climaesostenibilita.it>



A2. Pianificazione e monitoraggio delle prove di coltivazione

INTERVENTI PREVISTI

Pianificazione e monitoraggio delle prove di coltivazione Soggetto attuatore: Fondazione per il Clima e la Sostenibilità

Lo schema sperimentale prevede l'applicazione di 3 modelli di fertilizzazione azotata a 4 varietà di frumento e al farro IGP. In due casi è prevista la sola applicazione di azoto organico alla semina (ottobre-novembre) mentre in un caso si prevede l'applicazione di un livello base alla semina e un'applicazione fogliare prima dell'inizio del riempimento della cariosside (fine aprile - inizio maggio). L'azoto fogliare dato in fase fenologica avanzata non dovrebbe intervenire nella crescita e nello sviluppo della pianta ma dovrebbe andare a costituire una riserva interna alla pianta (principalmente nel culmo) e questa dovrebbe poi essere traslocata in forma proteica alla granella. Si usa il condizionale perché spesso questa traslocazione può essere in parte compromessa da andamenti climatici che interrompono precocemente il riempimento della granella (di amido) e la traslocazione delle proteine dal culmo. Inoltre tale tecnica è in uso con i fertilizzanti fogliari convenzionali (soprattutto nitrici) ma nuova per la coltivazione con metodo biologico ove si impiegano molecole azotate organiche. Ciascuna parcella avrà una dimensione orientativa di circa 10 x 10 m e sarà replicata 3 volte. Considerando quindi le 4 varietà di grano e il farro IGP avremo un totale di 45 parcelle e circa ½ ha. Le prove saranno replicate per 2 anni al fine di valutare le risposte sotto l'influenza di differenti andamenti meteorologici. Sui campioni delle 45 parcelle saranno eseguite le misure di produttività, peso specifico, indice di colore, contenuto proteico. Le 4 varietà di frumento saranno poi mixate in uguali proporzioni per svolgere le successive prove con il farro.

VARIAZIONI

Non ci sono state variazioni sostanziali.

INTERVENTI EFFETTUATI

Come premessa si ricorda che l'obiettivo del progetto è quello di produrre pane di farro utilizzando anche farina di frumento al fine di aumentare la maglia glutinica degli impasti e quindi le caratteristiche qualitative della midolla e della crosta del pane.

Per questo, ai frumenti coltivati sono stati applicati modelli di concimazione differenti per valutare l'impatto sulla produttività e sulla concentrazione proteica.

Primo anno di prove agronomiche

Lo schema sperimentale ha previsto l'impiego, oltre al farro della Garfagnana IGP, di 4 varietà di frumento selezionate per la panificazione: Bologna, Rebelde, Sieve e Monnalisa

Le caratteristiche delle varietà di frumento selezionate sono riassunte nella tabella 1.

La scelta varietale è stata basata su diversi parametri. Si è deciso di mettere a confronto due varietà di classe qualitativa FF (frumenti di forza), con valori di W elevato e una buona attitudine alla panificazione, con due di classe FP (frumenti panificabili) con valori di W più bassi. È stato inoltre considerato il colore della cariosside, scegliendo varietà con cariosside bianca e rossa per dare all'impasto un colore caratteristico. Si è infine scelto di includere una varietà locale tradizionale, il Sieve, per valutare l'impiego di un grano "antico".

Tabella 1 Caratteristiche qualitative dei frumenti selezionati per la sperimentazione

Varietà	Cariosside	Panificabilità	W	Precocità	Aristatura
Bologna	rossa	FF	320-350	medio-tardiva	sì
Monnalisa	bianca	FP	160	precoce	sì
Rebelde	rosso scuro	FF	360-460	media	sì
Sieve	rossa	FP	100	tardiva	no

Le parcelle sono state replicate su 3 blocchi. I trattamenti consistevano in 3 livelli di concimazione azotata: i) alto (N70, ovvero 70 unità di N a ettaro), ii) basso (N50, ovvero 50 unità di N a ettaro) e iii) alto con concimazione azotata fogliare (N70+F).

Il campo selezionato per il primo anno di sperimentazione è stato quello davanti alla sede aziendale di Garfagnana Coop (figura 1).

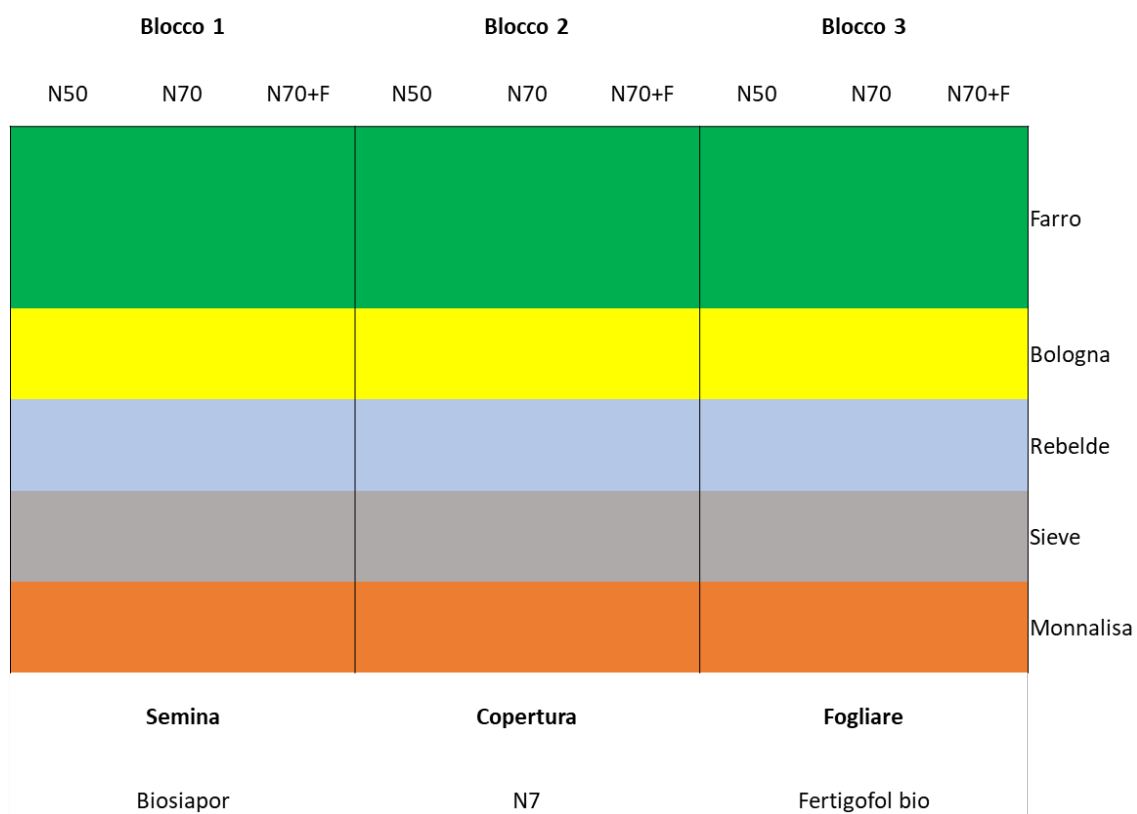


Figura 1 - Schema sperimentale - I anno

Lo squadro del campo (figura 2), la semina (figura 3) e la prima concimazione di fondo del farro e del frumento sono state effettuate il 12 e 13 gennaio 2024.



Figura 2 - Squadro del campo sperimentale - I anno



Figura 3 - Semina del campo sperimentale - I anno

Per seguire in maniera mirata le esigenze della coltura, in termini di azoto, si è effettuata una concimazione di copertura fino al raggiungimento della dose prestabilita (figura 4). Tale operazione è stata effettuata il 12 aprile 2024.

La concimazione fogliare, nelle parcelle che la prevedevano, è stata effettuata il 31 maggio 2024.



Figura 4 - Campo sperimentale 2024

La raccolta parcellare ha previsto il prelievo manuale di 2 campioni per parcella attraverso campionatore e la raccolta di campioni massivi svolta con mietitrebbia.

I campioni raccolti manualmente sono stati trebbiati presso l'azienda sperimentale di Cesa (Regione Toscana), poi sono stati determinati i parametri biomassa totale, resa, proteine %, peso di mille semi, umidità. L'operazione ha richiesto numerose giornate di lavoro.

Il 23 gennaio 2025, presso il mulino di Garfagnana Coop, sono stati lavorati i campioni massivi di grano e farro provenienti dalle differenti parcelle. (figura 5). L'attività ha previsto una fase di pulitura dei campioni, macinazione e imbustamento sottovuoto. Le farine sono poi state consegnate al partner Food Micro Team per le successive prove di panificazione.



Figura 5 - Pulitura dei campioni di frumento e farro presso il mulino di Garfagnana Coop

Secondo anno di prove agronomiche

Nel secondo anno di sperimentazione è stato replicato lo stesso schema sperimentale del primo anno, con 4 varietà (frumento e farro), 3 livelli di fertilizzazione azotata, 3 repliche. La prova è stata effettuata in un campo vicino alla sede di Garfagnana Coop diverso dall'anno precedente (figura 6).

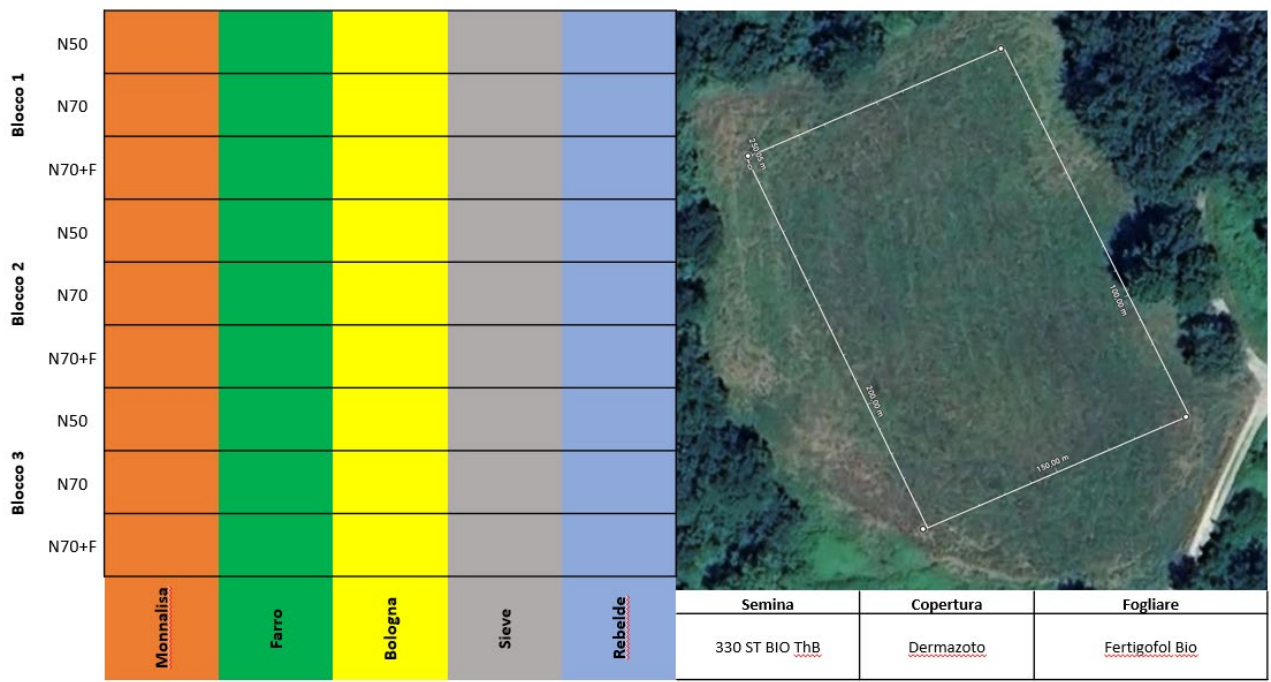


Figura 6 - Schema sperimentale II anno

La semina è avvenuta il 12 e 13 novembre 2024 (figura 7) ed è stata effettuata la concimazione di base con azoto, fosforo e potassio. La prima concimazione azotata organica con Dermazoto è stata effettuata il 30 aprile 2025.



Figura 7 - semina II anno

La concimazione azotata fogliare delle parcelle, svolta il 4 giugno 2025, è stata effettuata con Fertigofol Bio (figura 8). In campo erano presenti numerose infestanti.



Figura 8 - Concimazione fogliare e presenza di infestanti nel campo sperimentale

L'effetto dell'andamento meteorologico

Una nota particolare va posta sull'andamento pluviometrico delle due stagioni produttive ed in particolare nei primi mesi dell'anno quando il frumento si trova nelle fasi fenologiche di accestimento e levata. A tale scopo sono stati analizzati i dati registrati da 2 stazioni pluviometriche della Regione Toscana poste nello stesso areale dei campi sperimentali, Vagli di Sotto e Ponte di Campia.

Il 2024 è stato un anno eccezionalmente piovoso, il che ha influito sulla produzione, poiché il farro e il frumento si sono trovati in un terreno saturo d'acqua nelle fasi critiche di levata e accestimento.

Nei mesi tra gennaio e maggio 2024, infatti, la stazione vicina al campo sperimentale di Vagli di Sotto ha registrato 1430 mm di pioggia cumulata (figura 9), a fronte di una media di 1010 mm degli ultimi 30 anni. In generale il frumento è stato sottoposto a uno stress ambientale con minore radiazione solare ricevuta, periodi di asfissia radicale e presenza di infestanti che ha creato competizione.

Anche nel 2025, i primi mesi dell'anno sono stati eccezionalmente piovosi: la stazione vicina al campo sperimentale (Vagli di Sotto), fra gennaio e maggio 2025 ha registrato 1586 mm di pioggia (figura 9), a fronte di una media di 1010 mm. Il 2025 è risultato il terzo anno più piovoso degli ultimi 30 anni. L'influenza sulle parcelle sperimentali è stata abbastanza evidente. Allo sviluppo stentato della coltura si è associato un importante sviluppo delle infestanti che in tali condizioni ambientali si sono mostrate più competitive. Ciò ha portato a bassi livelli di produzione e a una qualità della granella tale da non permettere di procedere con la panificazione visto il basso peso specifico.

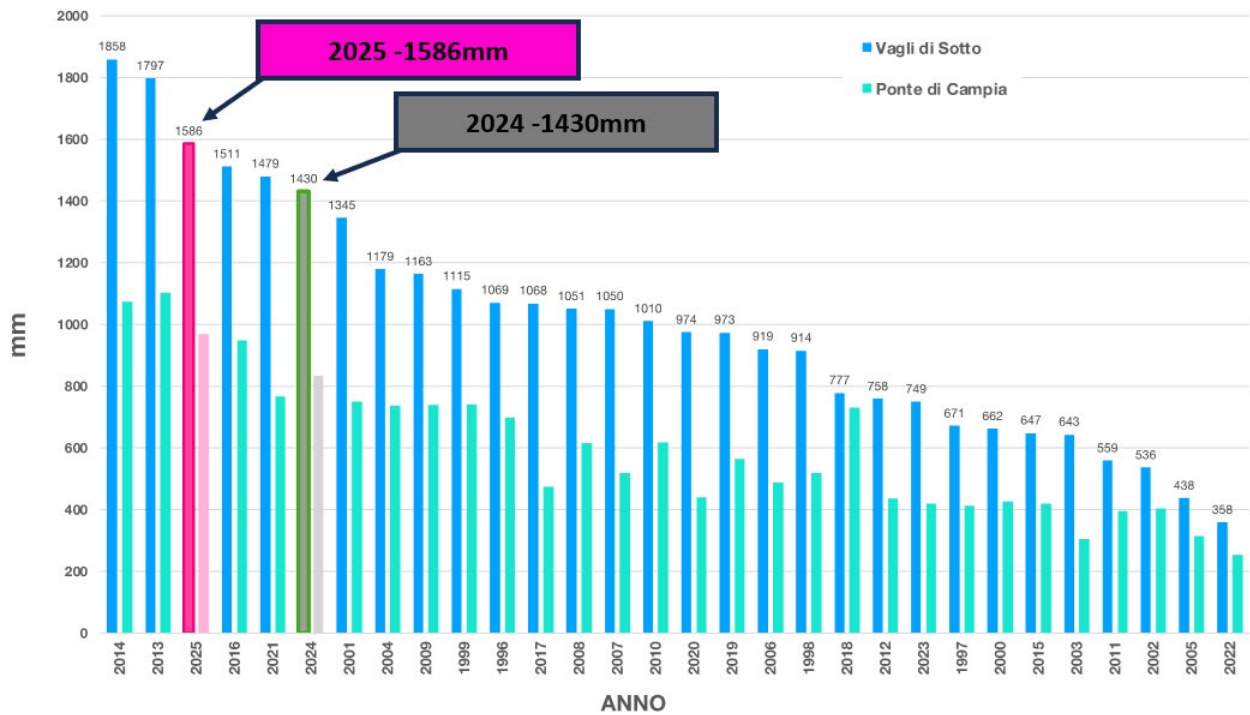


Figura 7 - Precipitazioni cumulate nel periodo gennaio-maggio dal 1996 al 2025 per due località vicine ai campi sperimentali

mista (lievito madre + lievito di birra); Pane B, con 75% farina di farro e solo lievito madre (lievitazione naturale). I partecipanti sono stati invitati ad assaggiare le due varianti e a esprimere una preferenza personale, contribuendo a valorizzare l'aspetto sensoriale e il gradimento del prodotto, a fianco della ricerca tecnologica.



Figura 11 - Degustazione dei pani sperimentali

Il 12 marzo 2026, presso Garfagnana Coop, si è tenuto l'incontro finale del progetto, in cui FCS ha presentato i risultati agronomici.

Risultati

Poiché la raccolta del secondo anno di sperimentazione non è stata di una qualità tale da poter effettuare analisi scientificamente rilevanti, i risultati agronomici sono riferiti solo alla produzione del primo anno.

Per ogni parcella, il frumento e il farro sono stati raccolti sia a mano con un campionatore di 0,5 m² (due campionamenti per parcella), sia con mietitrebbia parcellare. Il materiale raccolto è stato analizzato per determinare i seguenti parametri: biomassa totale (g/m²), resa in sostanza secca (g/m²), peso della granella (g/m²), peso ettolitrico (kg/hl), peso di 1000 semi (g), contenuto proteico (%) e proteine su sostanza secca (g/m²) (figura 12).

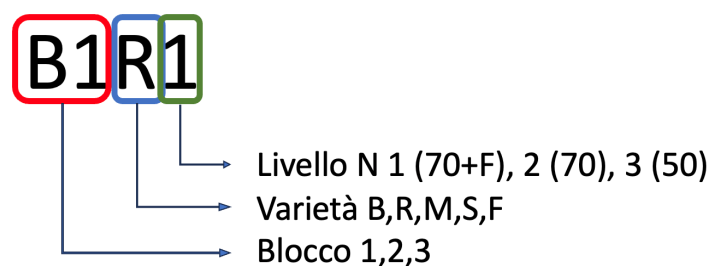


Figura 12 - Raccolta e analisi dati

Ai fini del progetto, le analisi statistiche si sono concentrate su: i) resa in sostanza secca e ii) contenuto proteico.

1. Resa

La risposta delle colture alle diverse concimazioni azotate in termini di resa in sostanza secca è stata analizzata sia per le singole varietà che per le varietà raggruppate in antiche (Sieve - S e Farro - F) e moderne (Bologna - B, Monnalisa - M e Rebelde - R).

Dal grafico 1 si evidenzia come, in condizioni di basso input azotato (50 kg/ha), le varietà F e S presentino rese superiori rispetto a B, M e R. Tuttavia, incrementando l'apporto di azoto (70 kg/ha), queste ultime mostrano una maggiore efficienza d'uso del nutriente, superando le varietà F e S in termini produttivi.

Nello specifico, nel passaggio da 50 a 70, le varietà B, M e R hanno fatto registrare un incremento di resa pari a una media di 50 kg/ha per ogni kg di azoto supplementare. Al contrario, per le varietà F e S, la risposta alla concimazione aggiuntiva è stata più contenuta, attestandosi su una media di 30 kg/ha per ogni kg di azoto.

In tutte le varietà considerate, inoltre, l'apporto di concimazione fogliare non ha prodotto effetti statisticamente significativi sulla resa.

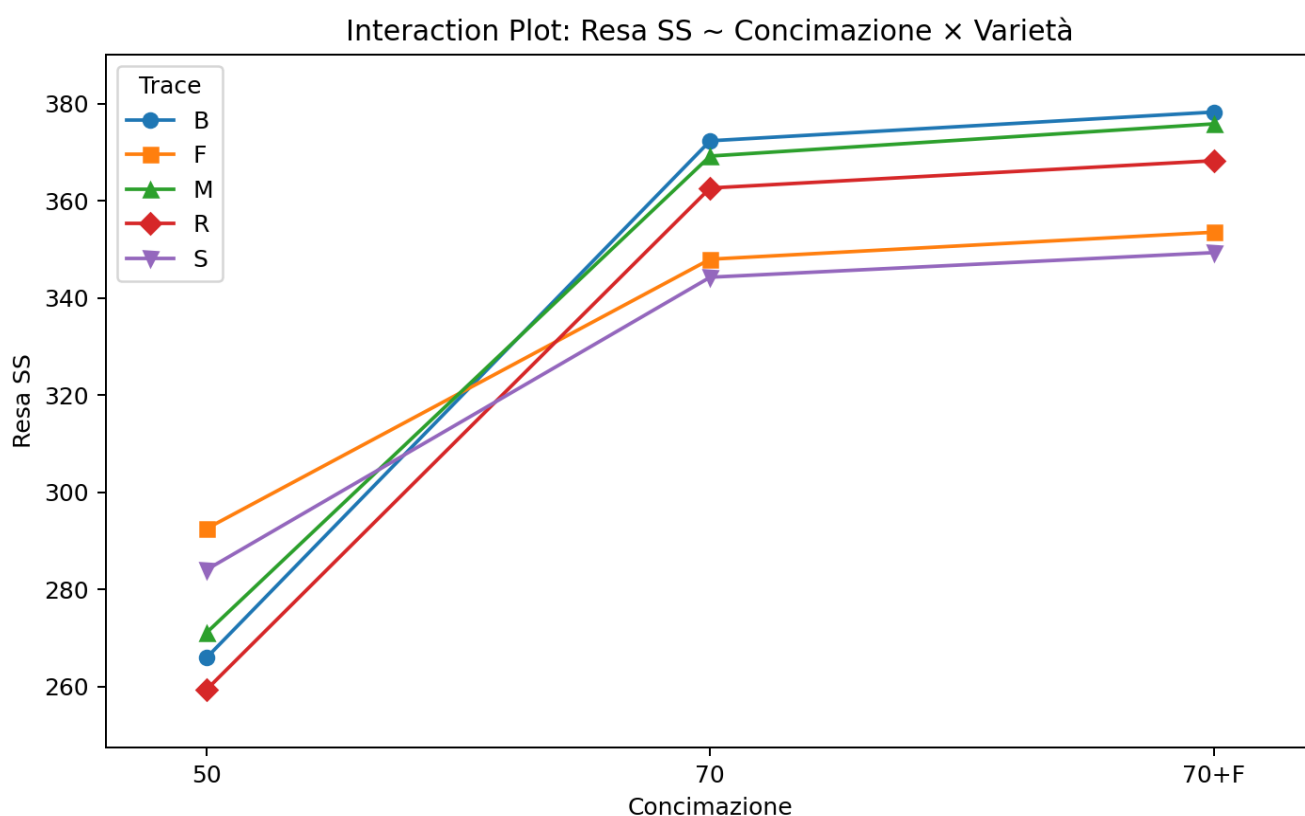


Grafico 1 - Interazione fra resa (g/m^2) e concimazione per varietà

Il grafico 2 integra i dati dei due campionamenti manuali effettuati su ciascuna parcella raggruppando le varietà in antiche e moderne. Da esso è possibile confermare le tendenze precedentemente descritte: in condizioni di basso input azotato, entrambi i gruppi mostrano rese

contenute, sebbene le varietà antiche mantengano performance produttive superiori. Al contrario, con l'aumento della concimazione, le varietà moderne superano le antiche in termini di resa finale.

Si osserva inoltre una minore dispersione dei dati in questo set (punti più ravvicinati), che suggerisce una maggiore consistenza statistica e una risposta più uniforme delle varietà ai trattamenti.

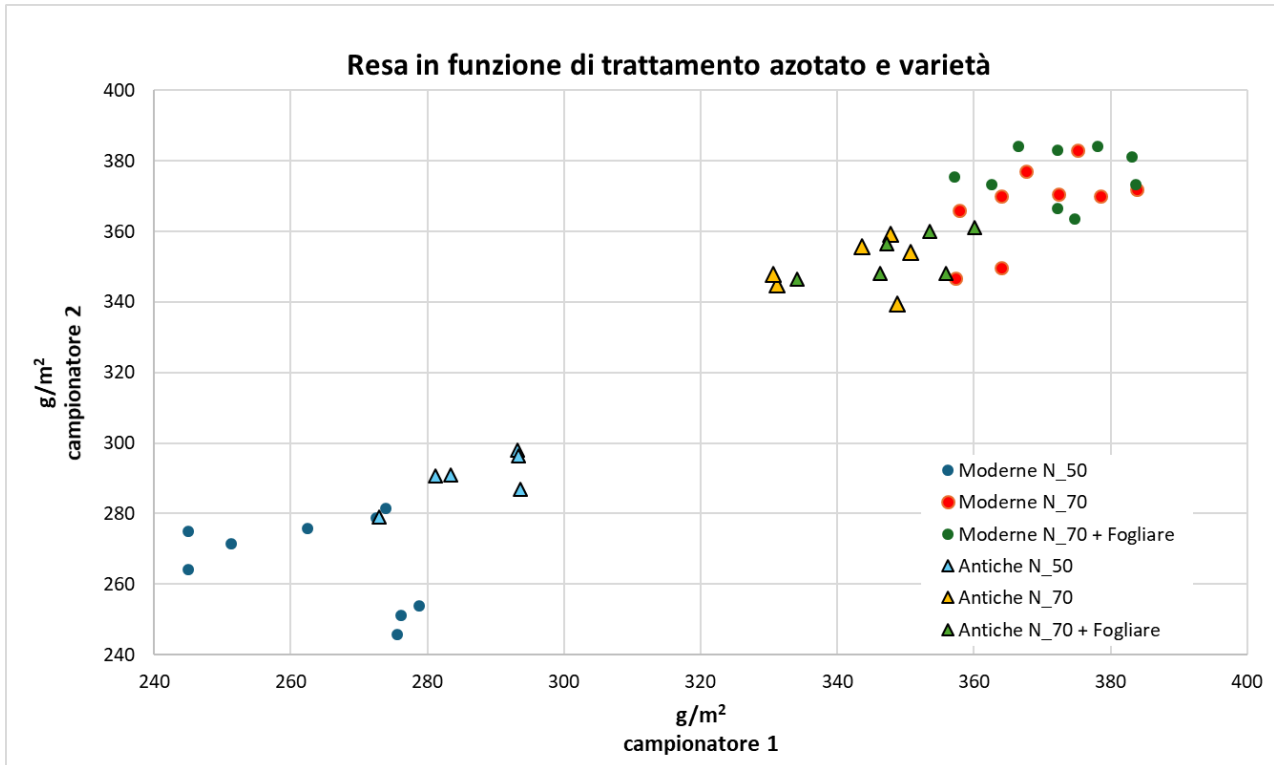


Grafico 2 - Resa in funzione di concimazione e gruppo di varietà antiche e moderne

Infine, l'assenza di un effetto significativo della concimazione fogliare è visibile nel grafico 3. Raggruppando i dati di tutte le varietà per i tre trattamenti azotati, emerge una netta distinzione per il livello 50, i cui valori si concentrano nell'area del grafico in basso a sinistra, relativa alle rese inferiori. Al contrario, i livelli 70 e 70+F risultano ampiamente sovrapposti, non mostrando una separazione definita tra i due trattamenti. Ciò evidenzia come l'integrazione fogliare non abbia apportato benefici produttivi rispetto alla sola concimazione 70.

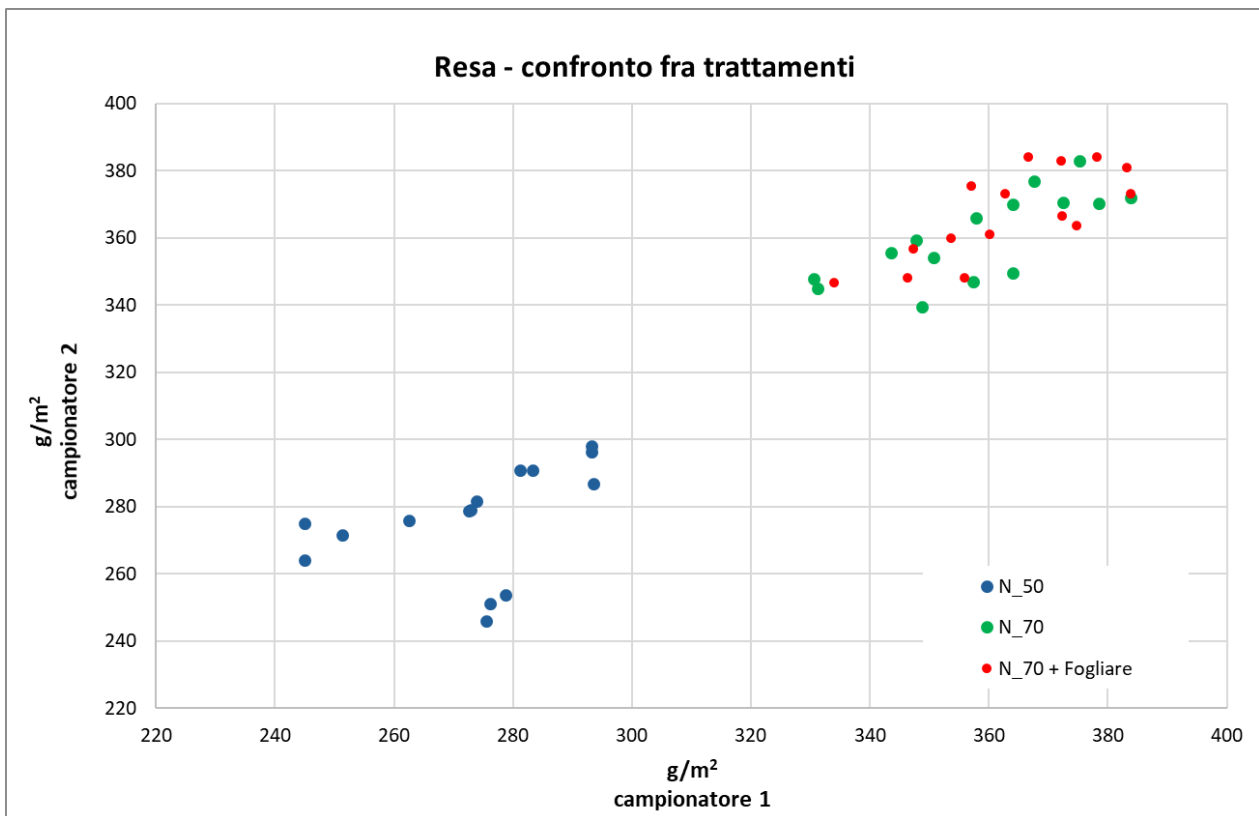


Grafico 3 - Resa in funzione dei trattamenti azotati

In generale, possiamo affermare che 70 unità ad ettaro di concime azotato comportano un aumento significativo della resa. L'incremento è maggiormente evidente nelle varietà di frumento più recenti in quanto selezionate per rispondere agli input azotati, mentre è meno evidente nelle vecchie varietà. Quest'ultime sono maggiormente performanti a basso input di azoto.

La concimazione fogliare fatta in stadio fenologico avanzato (spigatura-antesi) ha comportato un aumento di produzione molto non significativo.

2. Proteine

Per quanto riguarda il contenuto proteico della granella, si osserva che in quasi tutte le varietà (a eccezione di S) l'incremento della concimazione azotata granulare ne ha determinato un aumento (grafico 4). Contrariamente a quanto riscontrato per la resa, il trattamento fogliare sembra aver esercitato un effetto positivo.

L'andamento anomalo della varietà S, che mostra una diminuzione del valore di proteina con il trattamento fogliare, potrebbe essere riconducibile alla presenza di un outlier tra i dati.

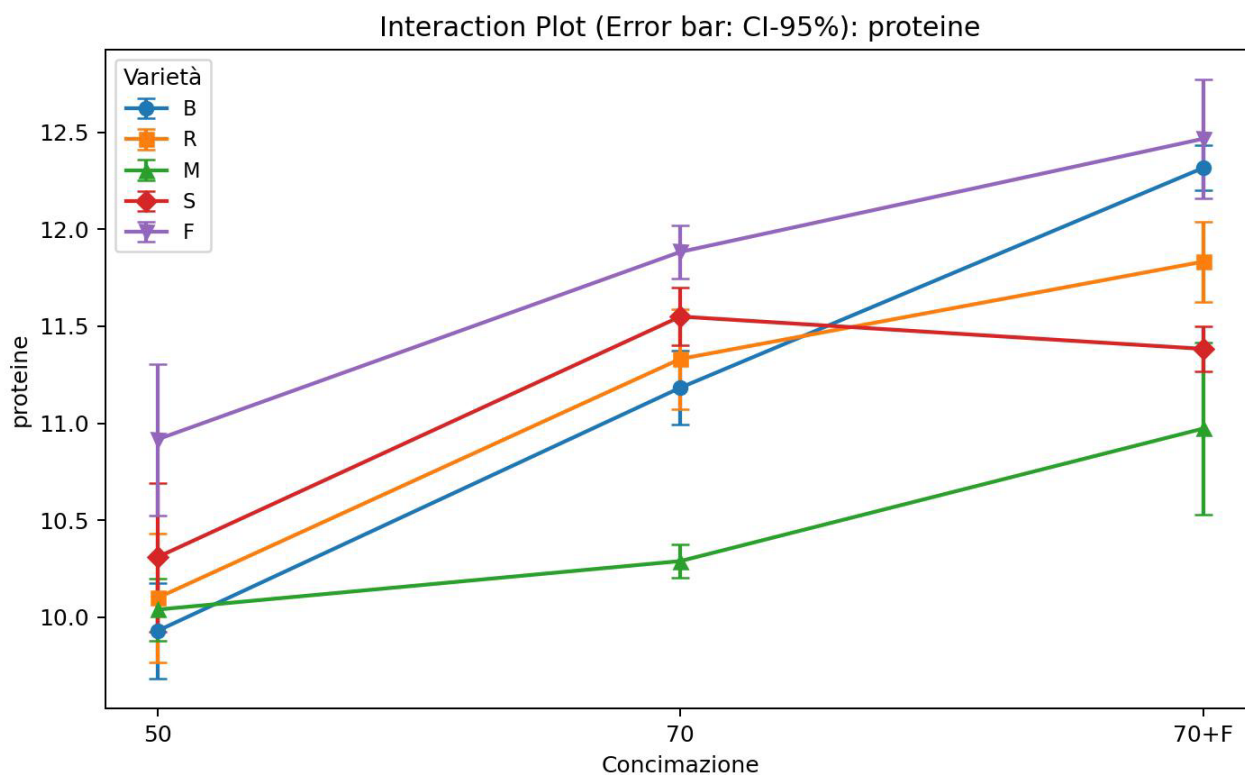


Grafico 4 - Interazione fra contenuto proteico (%) e concimazione per varietà

Se consideriamo la percentuale di proteine per i due gruppi di varietà antiche e moderne, le prime mostrano valori più elevati rispetto alle seconde. Inoltre, l'aumento della quantità di azoto ha determinato un miglioramento del contenuto proteico della granella, con incrementi medi di circa +1% nelle varietà antiche e +0,7% nelle varietà moderne (grafico 5).

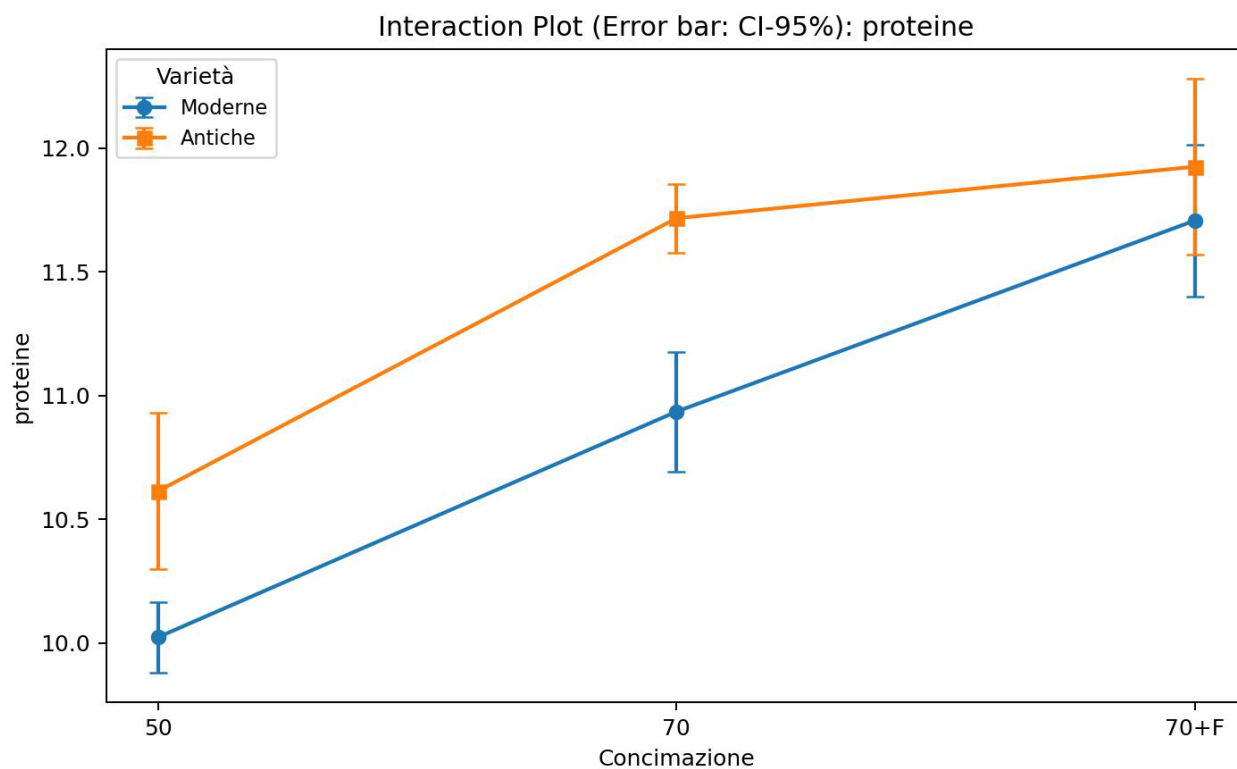


Grafico 5 - Interazione fra contenuto proteico (%) e concimazione per gruppo di varietà antiche e moderne

Analizzando il grafico 6 si può notare che alle dosi inferiori di azoto (pallini rossi) la variabilità della risposta proteica diviene più incerta (maggiore dispersione trasversale alla tendenza). La disponibilità di azoto per la pianta non è direttamente determinata dalla quantità distribuita, ma è condizionata da differenti fattori quali l'uniformità di distribuzione, l'erosione per le piogge, la lisciviazione, la volatilizzazione, ecc. Alzando le dosi di azoto si fa sì che, anche perdendone parte, il rimanente non sia fattore limitante per l'accumulo proteico.

Grafico 6 -Interazione fra contenuto proteico e concimazione per gruppo di varietà antiche e moderne

La quantità di azoto distribuito condiziona il contenuto proteico percentuale. Aumentando l'azoto somministrato da 50 a 70 kg/ha si hanno contenuti maggiori in proteine. Anche l'azoto distribuito alle foglie, durante la fase fenologica di spigatura-antesi, migliora il contenuto proteico, ma solamente nelle varietà moderne.

3. Peso ettolitrico

Per quanto riguarda il peso ettolitrico, considerando la risposta delle singole varietà alla concimazione, non si riscontrano tendenze significative. All'aumentare del livello di concimazione è corrisposto un modesto aumento del peso ettolitrico della granella. La varietà Rebelde è stata quella che ha risposto maggiormente dal passaggio dal livello di concimazione 50 a 70; la diminuzione del valore al passaggio da 70 a 70+F potrebbe essere riconducibile alla presenza di un outlier tra i dati (grafico 6).

Se si considerano le varietà suddivise in antiche e moderne, i risultati dimostrano che la risposta alla concimazione in termini di peso ettolitrico della granella è simile per entrambi i gruppi, con le varietà moderne che mostrano valori più alti rispetto alle antiche, seppur con differenze non significative (grafico 7).

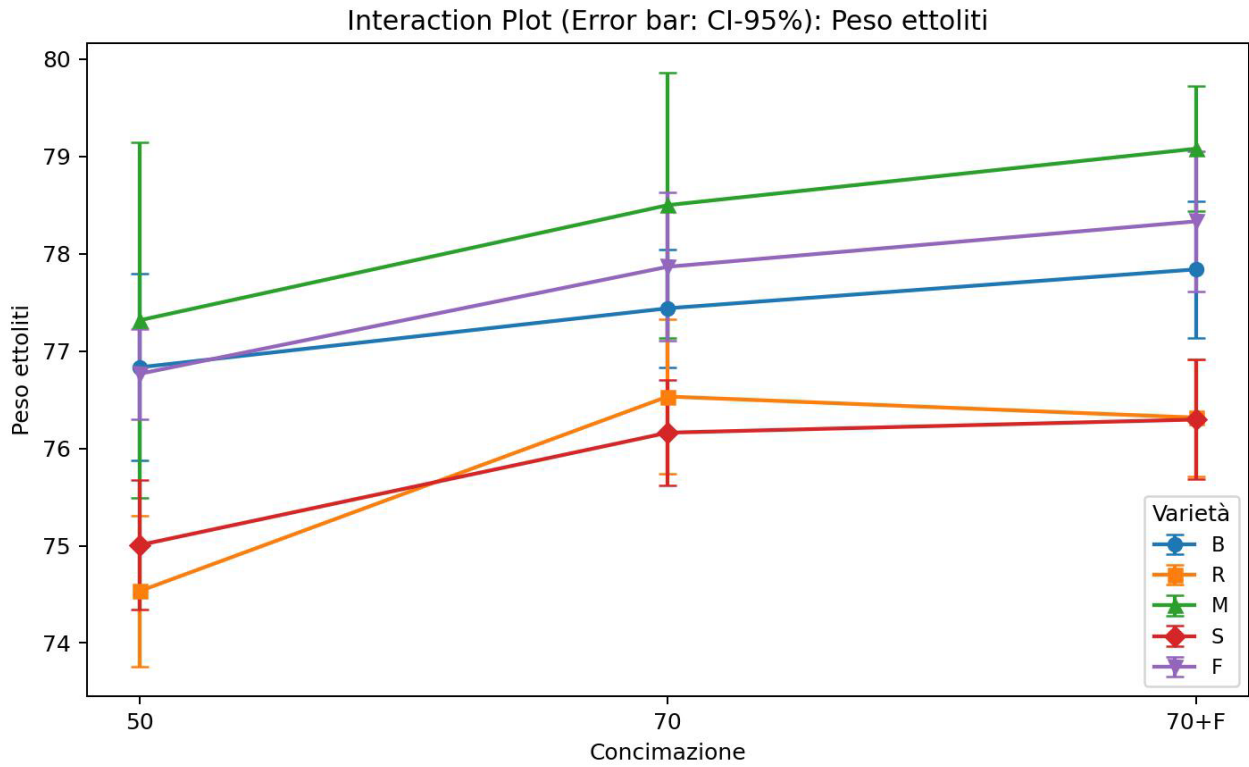


Grafico 6 - Interazione fra peso ettolitrico (kg/hl) e concimazione per varietà

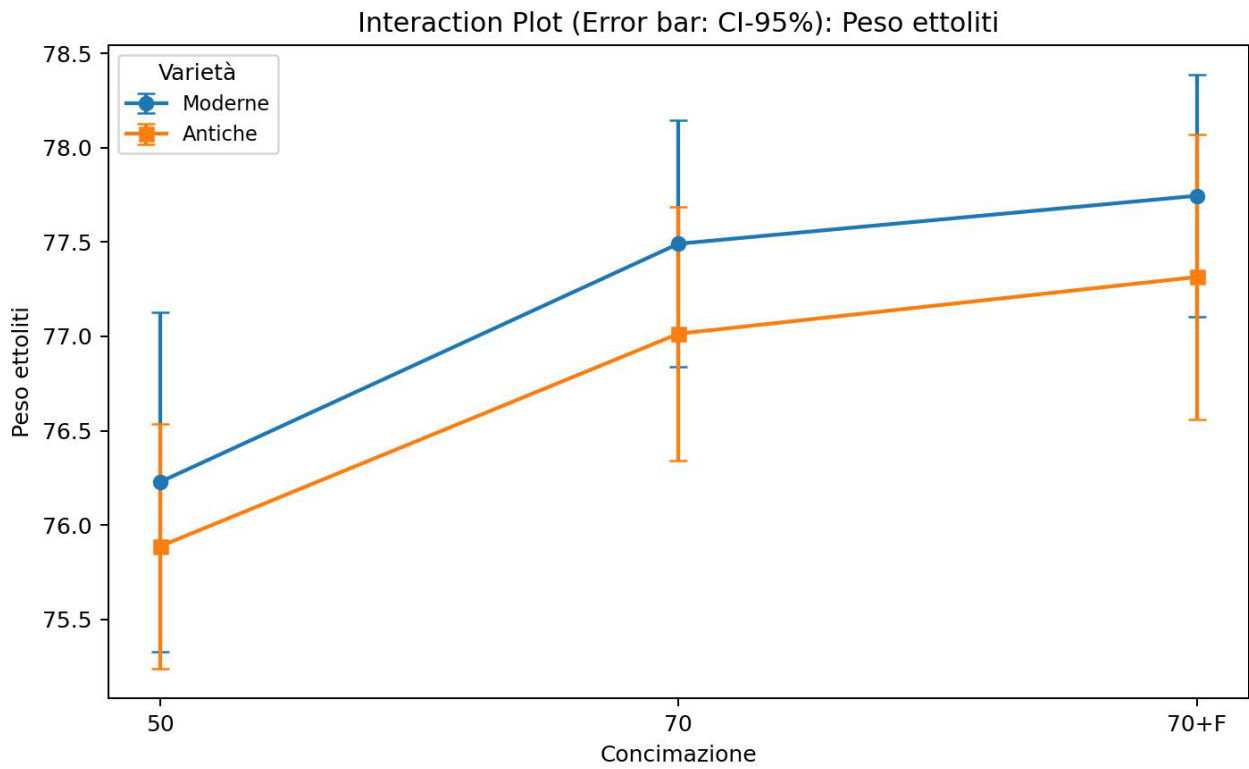


Grafico 7 - Interazione fra peso ettolitrico (kg/hl) e concimazione per gruppo di varietà antiche e moderne

4. Peso di 1000 semi

Per quanto riguarda il peso di 1000 semi, considerando la risposta delle singole varietà alla concimazione, per tutte eccetto S si osserva un aumento nel passaggio dalla concimazione 50 a 70 e una diminuzione con l'aggiunta del concime fogliare. Inoltre, Rebelde e Bologna mostrano valori significativamente inferiori rispetto alle altre varietà (grafico 8).

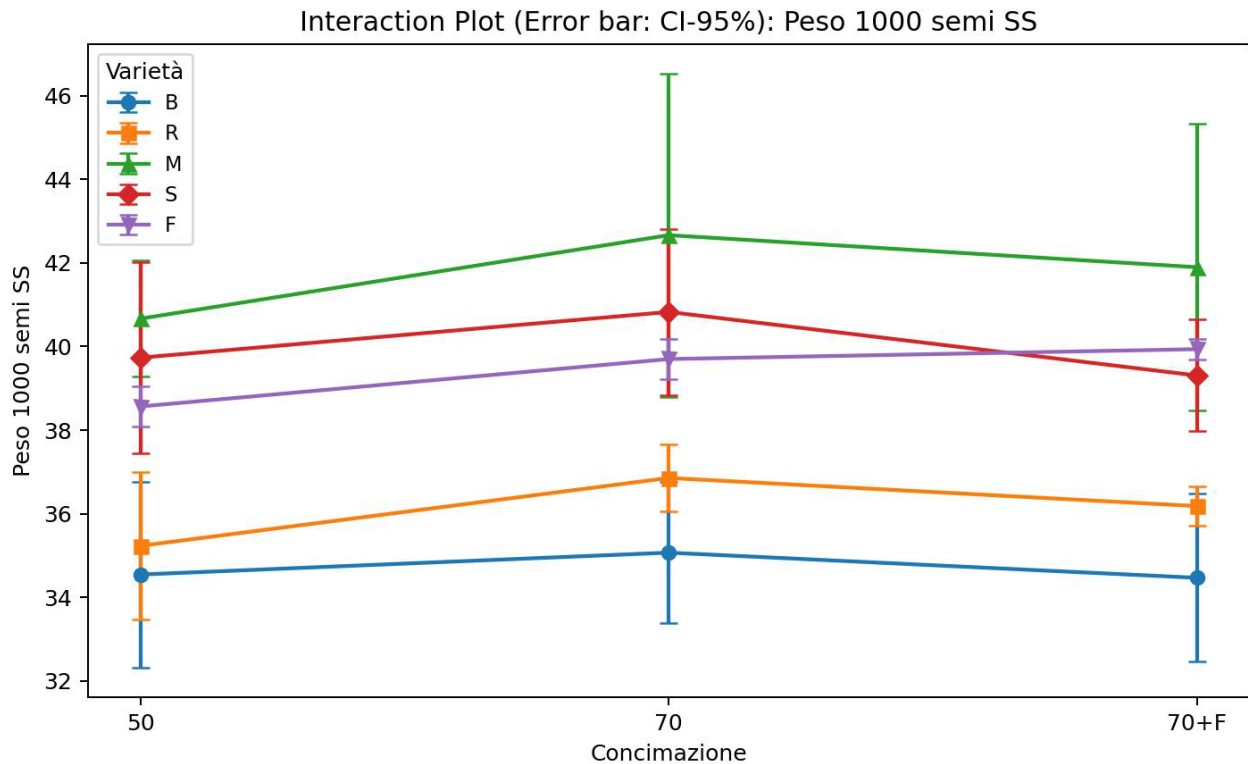


Grafico 8 - Interazione fra peso di 100 semi (g) e concimazione per gruppo di varietà

Considerando le varietà suddivise per tipologia, le varietà antiche mostrano valori di peso di 1000 semi maggiori rispetto alle varietà moderne, sebbene senza differenze significative (grafico 9).

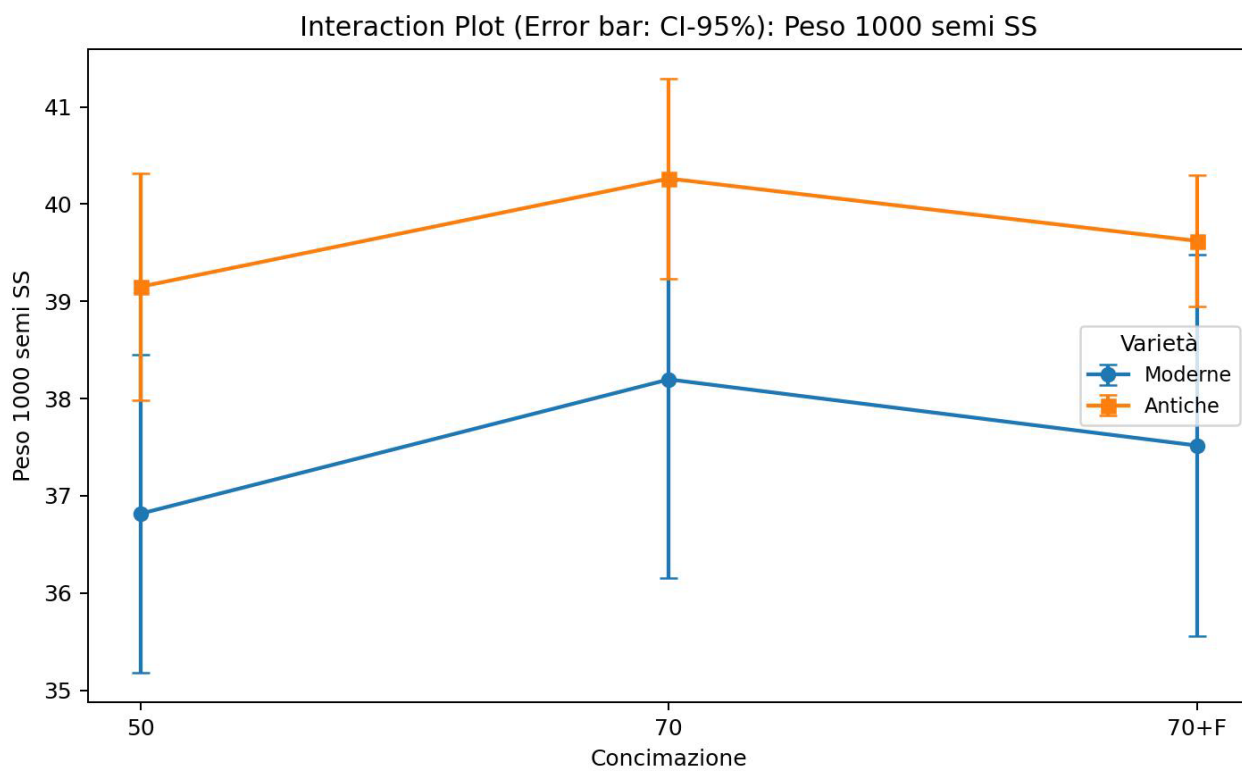


Grafico 9 - Interazione fra peso di 1000 semi (g) e concimazione per gruppo di varietà antiche e moderne

Conclusioni

L'oggetto della prova era quello di valutare differenti modelli di fertilizzazione azotata sul contenuto proteico in frumenti e farro destinati alla produzione di "Pane di Farro della Garfagnana". Il contenuto proteico è direttamente correlato al contenuto di glutine. Nelle vecchie varietà le proteine glutiniche sono una frazione minore delle proteine totali rispetto alle varietà moderne. Il miglioramento genetico ha, infatti, portato ad avere frumenti con quantità minore di proteine ma con una percentuale di proteine glutiniche molto più elevata.

Per tale motivo è molto più difficile fare pane con le vecchie varietà in quanto durante la lavorazione degli impasti si rischia il collasso della maglia glutinica (poco forte) con conseguente compattazione della mollica. L'aggiunta di farina di frumento in differenti percentuali rappresenta, pertanto, un "aiuto" alla realizzazione di impasti con idonee caratteristiche tecnologiche e più facilità di lavorazione.

L'aumento di proteine e conseguentemente di glutine, può in parte essere realizzato in campo adottando modelli di concimazione che da bibliografia risultano virtuosi, in particolare per la nutrizione azotata.

Nella presente sperimentazione il contenuto proteico è stato condizionato dai differenti modelli di concimazione. Il passaggio da un regime di bassa a alta concimazione ha incrementato le proteine di 1,1 punti percentuali nelle varietà antiche e di 0,9 punti percentuali in quelle moderne. Anche l'apporto azotato fogliare ha mostrato una tendenza all'aumento del contenuto proteico, ma limitatamente alle varietà moderne in cui è stato verificato un aumento di 0,8 punti percentuali, mentre nelle vecchie varietà solamente di 0,2 punti percentuali.

I benefici delle fertilizzazioni azotate sono stati riscontrati anche nelle rese. Si è osservato che le vecchie varietà (farro e Sieve) garantiscono produzioni superiori in condizioni di bassa concimazione. Tuttavia, all'aumentare degli input azotati, le varietà considerate moderne mostrano una maggiore reattività: l'incremento produttivo è stato di 50 kg/ha per ogni unità di azoto aggiuntiva nelle varietà moderne, contro i 30 kg/ha delle antiche. Tale risultato dimostra come le varietà "moderne" siano state selezionate per rendere al meglio in contesti produttivi tradizionali dove la concimazione azotata è sempre prevista. Il trattamento fogliare, invece, non ha prodotto effetti statisticamente significativi sulla produzione.

Di minore entità sono le variazioni a carico dei parametri peso ettolitrico e peso di 1000 semi.