

CIRCE

Manuale dell'innovazione

Un metodo per certificare
l'identità genetica del grano



Attività in campo del progetto CIRCE. Fotografia dalla relazione finale. [R2]

Guida per agricoltori e operatori della filiera

Realizzato da Consorzio di Ricerca Gian Pietro Ballatore - 15 settembre 2025



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



PSR Sicilia 2014-2020 • GAL ISC Madonie • Sottomisura 16.1
Gruppi operativi PEI • CUP F72C21000270009

GUIDA ALLA LETTURA

Come usare questo manuale

Questo manuale spiega come il sistema CIRCE aiuta a certificare l'identità genetica del grano. In parole semplici: come verificare se il materiale analizzato corrisponde alla varietà, o al gruppo di varietà, dichiarato.

Le spiegazioni accompagnano il lavoro in azienda: riconoscere i materiali, conservare i documenti, preparare i campioni e leggere i risultati. Le infografiche sono inserite accanto agli argomenti che illustrano.

Tre parole per orientarsi

IDENTITÀ GENETICA

Le caratteristiche del DNA usate per riconoscere il grano.

LOTTO

Una quantità di prodotto identificata con un codice.

TRACCIABILITÀ

I documenti che permettono di ricostruire da dove viene il prodotto e quali passaggi ha fatto.

Una lettura pratica e un approfondimento tecnico

I capitoli principali usano esempi e parole semplici. Le schede A, B e C aiutano a registrare lotto, campione e decisione. Gli approfondimenti finali raccolgono metodi, grafici scientifici e riferimenti per i tecnici.

I codici degli esempi sono inventati per spiegare il lavoro. Le schede vuote servono per le future registrazioni in azienda.



Gruppo operativo Grani antichi e certificazione

Capofila PROBIO.SI s.c. a r.l.

Partner scientifici Università della Tuscia e Consorzio di Ricerca Gian Pietro Ballatore

Data di chiusura del progetto: 15 settembre 2025. Gli approfondimenti comprendono anche la pubblicazione del 2026, identificata come successiva alla relazione finale.

IL PERCORSO DEL MANUALE

Indice

01	Il progetto CIRCE	5
02	Conoscere i grani e capire le analisi	6
03	In cosa consiste l'innovazione di CIRCE.....	10
04	Come è stato provato il metodo	12
05	Le carte di identità dei grani	15
06	Cosa fare in azienda.....	20
07	Cosa sappiamo sulla qualità	24
08	Come organizzare il lavoro	25
09	I risultati da portare nelle aziende.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
A-C	Schede da compilare e parole utili.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
T	Approfondimenti per i tecnici	27
R-S	Documenti e bibliografia	30

**IL PERCORSO ESSENZIALE**

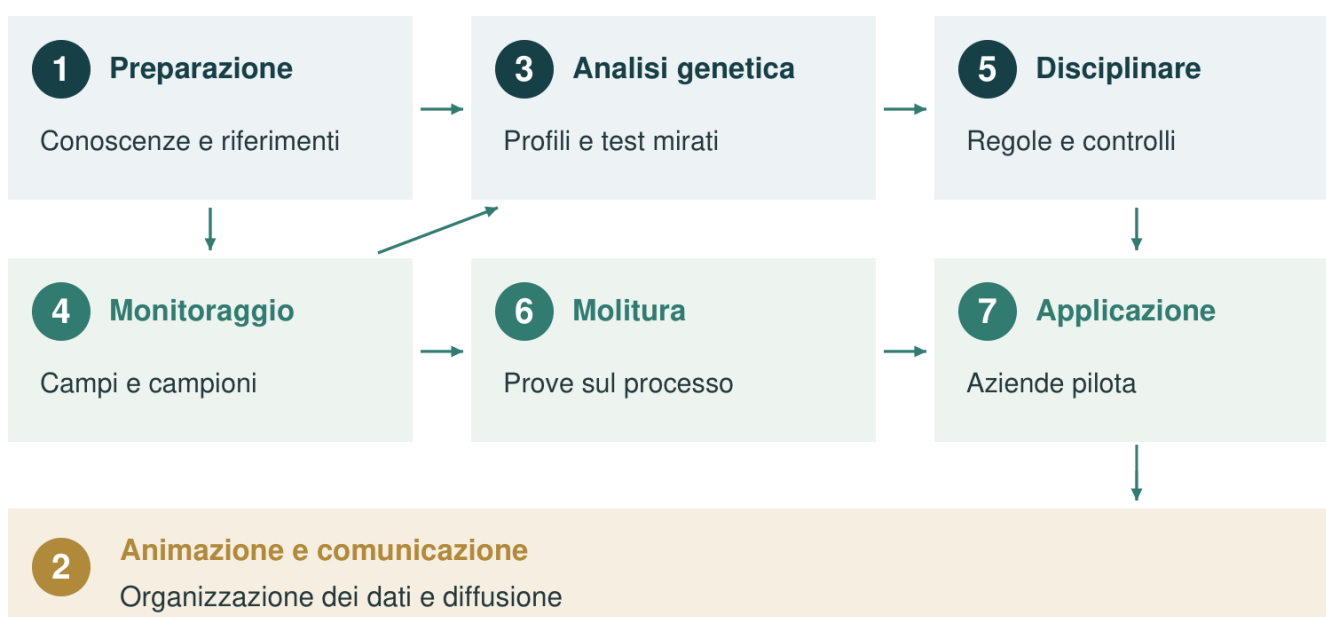
Per capire il metodo leggi i capitoli 2 e 3. Per applicarlo in azienda passa al capitolo 6 e alle schede da compilare.

01 IL PROGETTO

Il progetto CIRCE

Chi acquista un grano con il nome di una varietà vuole sapere che quel nome corrisponde al prodotto. CIRCE ha lavorato su questo problema: riconoscere i grani locali e seguirli dal seme alla granella, fino agli alimenti ottenuti. [R1; R2]

Il progetto ha unito aziende agricole, operatori della trasformazione e ricercatori. Insieme hanno raccolto i grani del territorio, studiato il loro DNA e provato controlli utili alla certificazione dell'identità genetica.



Schema 1. Come si collegano le sette azioni del progetto. Le frecce mostrano i collegamenti di lavoro; non indicano date o durate. [R1; R2]

Chi ha lavorato al progetto

PROBIO.SI ha coordinato il progetto. L'Università della Tuscia e il Consorzio Ballatore hanno curato il supporto scientifico e il collegamento con le aziende. Il progetto ha anche cofinanziato il dottorato di ricerca svolto nel triennio 2021-2024. [R2]

IL RISULTATO PER L'AZIENDA

Il risultato da utilizzare in azienda è un metodo di controllo accompagnato da riferimenti, regole e registrazioni dei prodotti.

02 GRANI E ANALISI

Conoscere i grani locali

Bidì, Perciasacchi, Russello e Timilia sono nomi conosciuti dagli agricoltori. Per verificare un prodotto occorre collegare il nome alla semente utilizzata, al campo e al raccolto.



Biodiversità del grano. Paesaggio e spighe illustrativi; non identificano campi o varietà del progetto.

Le differenze sono anche dentro una varietà

Nelle varietà locali possono esserci differenze tra le piante. Per questo i ricercatori studiano più campioni della stessa varietà: un solo campione può non rappresentare tutta la sua variabilità.

Perché servono campioni di confronto

Il laboratorio confronta il grano da controllare con grani già studiati. Questi sono i riferimenti. Più sono conosciuti e ben identificati, più è fondata la lettura del risultato.

244 ACCESSIONI RACCOLTE

La relazione finale descrive materiali conservati con un codice e una provenienza. Più accessioni possono avere lo stesso nome: non sono 244 varietà diverse. [R2]

02 / LE ANALISI PROTEOMICHE

Che cosa mostrano le proteine

Le analisi proteomiche studiano le proteine presenti nel chicco. A seconda della tecnica, permettono di descrivere quali proteine ci sono, come cambiano fra i campioni e in quale quantità sono presenti.

Separare le proteine per confrontarle

Per confrontare le proteine del glutine, chiamate gliadine e glutenine, il laboratorio le estrae dal chicco e le separa su un gel. La tecnica si chiama elettroforesi. Le proteine separate diventano visibili come bande: le righe colorate che si vedono nella figura qui sotto. [R4; R5]

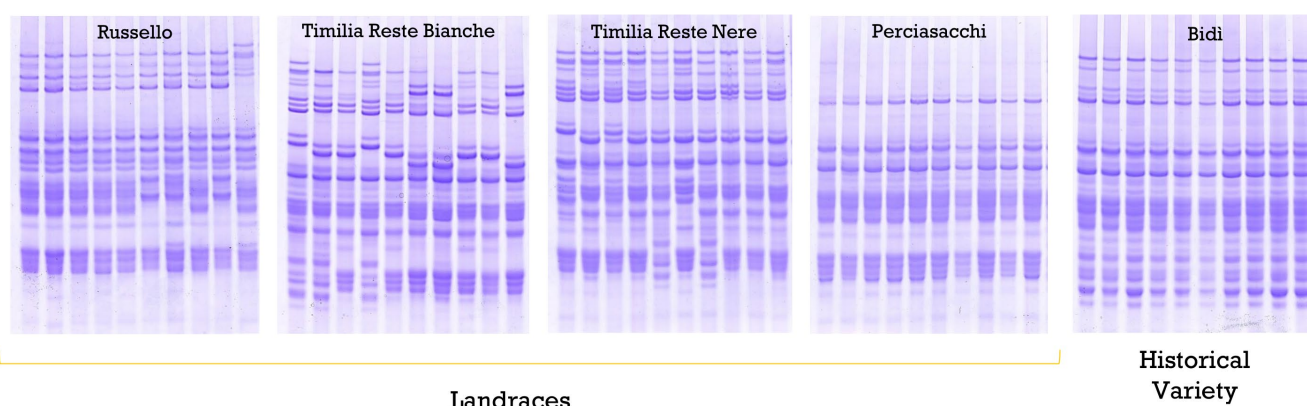


Figura 1. Le bande mostrano alcune proteine di campioni di grano. Si possono osservare somiglianze e differenze anche sotto lo stesso nome varietale. È una delle informazioni usate dai ricercatori per studiare i materiali. Immagine della presentazione del dottorato [R5].

Gli studi sulle proteine del precedente progetto CA.VA.SI.F.D. hanno contribuito alle conoscenze di partenza. I dati di quei lavori e i risultati CIRCE restano distinti. [R4]

Misurare proteine specifiche

Per altre proteine del grano, gli ATI, è stata usata la spettrometria di massa: uno strumento riconosce frammenti caratteristici delle proteine e ne permette la misura. Queste analisi descrivono la composizione del campione e integrano lo studio della qualità. [R6; S6]

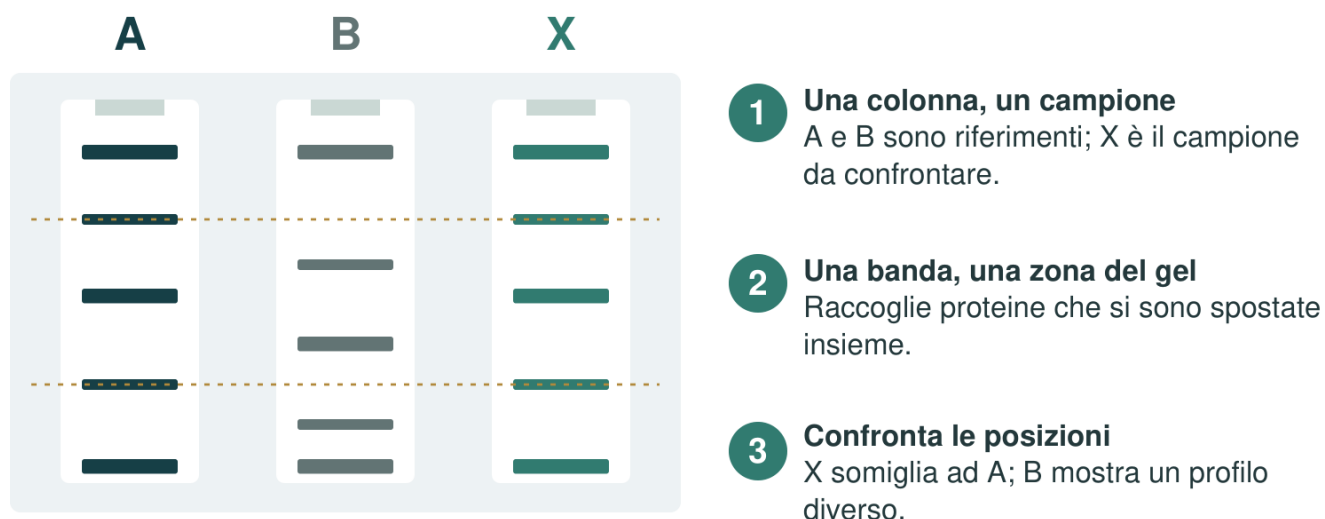
COMPOSIZIONE E QUALITÀ

Il profilo proteico descrive le proteine esaminate. La loro composizione può essere diversa anche quando la percentuale totale di proteine è simile.

02 / LEGGERE LE BANDE

Come leggere un profilo proteico

Nel gel ogni colonna appartiene a un campione. Le bande permettono di confrontare le proteine osservate con quelle di materiali già studiati.



Schema 2. Gel didattico inventato. A e B sono riferimenti; X è il campione da confrontare. I colori distinguono i campioni, non tipi di proteine. Non sono risultati CIRCE.

Leggi l'insieme delle bande

Nell'esempio X ha le bande nelle stesse posizioni di A. B presenta un profilo diverso. La somiglianza nelle proteine osservate, da sola, non certifica l'identità della varietà.

Ogni colonna appartiene a un campione. Il confronto delle posizioni delle bande aiuta a riconoscere somiglianze e differenze. Nei grani locali possono comparire profili diversi anche fra piante della stessa varietà: per questo servono più campioni di confronto. [R4; R5]

UNA BANDA PIÙ SCURA

L'intensità dipende anche dalla quantità di materiale caricata e dalla colorazione. Non è, da sola, la percentuale di proteine del grano. [S10]

Che cosa conservare in azienda

- Il nome con cui è stata acquistata o ricevuta la semente.
- Il fornitore, la provenienza e il documento di consegna.
- Il codice della semente e il campo in cui è stata seminata.

02 / DNA E MARCATORI SNP

Che cosa leggono le analisi genetiche

Le analisi genetiche esaminano il DNA, che contiene le informazioni ereditarie della pianta. La sequenza del DNA è l'ordine di quattro elementi, chiamati basi e indicati con le lettere A, C, G e T. [S9]

Uno SNP è una differenza in un punto preciso

SNP si legge «snip». Indica una variazione di una sola base del DNA: nello stesso punto, un grano può avere A e un altro G. Quando aiuta a distinguere i materiali, questa differenza viene usata come marcatore, cioè come segno di riconoscimento. [S9]

LO STESSO PUNTO DEL DNA						
Riferimento A	A	C	G	A	C	T
Riferimento B	A	C	G	G	C	T
Campione X	A	C	G	A	C	T
				A / G	SNP	

Schema 3. Sequenze inventate per spiegare uno SNP. Le lettere rappresentano un breve tratto di DNA; cambia la base evidenziata. Non sono marcatori reali CIRCE.

COME CIRCE HA RICONOSCIUTO I GRANI

I ricercatori hanno confrontato molte posizioni del DNA e scelto 18 SNP utili al riconoscimento. Su queste differenze hanno costruito test mirati, chiamati KASP, per verificare a quale varietà o gruppo appartiene il campione. Il metodo è stato provato anche su pane e pasta. [R2]

Le varianti caratteristiche, lette insieme, formano un profilo genetico da confrontare con i grani già studiati. La specificità vale rispetto ai materiali e ai controlli esaminati. Grani molto simili possono condividere il profilo: è il caso delle due forme di Timilia con i marcatori studiati. [R2; S1]

Nell'esempio X ha A nella posizione evidenziata, come il riferimento A. Per riconoscere un materiale si confrontano più marcatori insieme.

03 IL METODO DI RICONOSCIMENTO

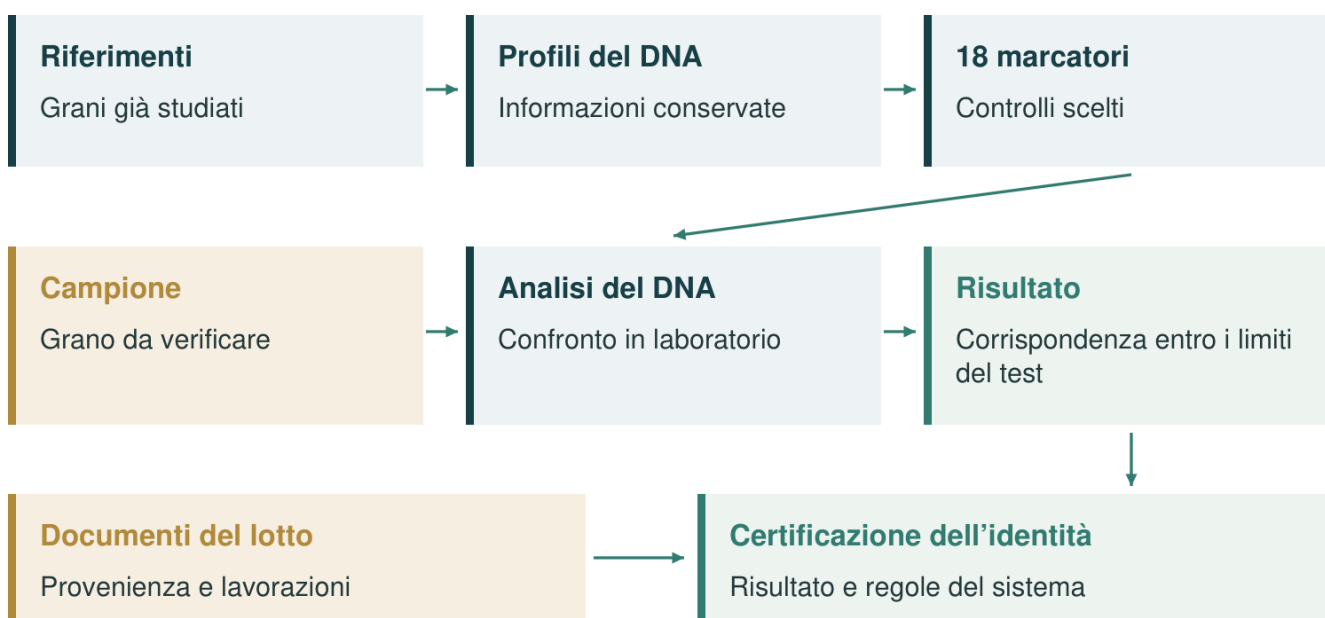
In cosa consiste l'innovazione di CIRCE

IL CUORE DEL PROGETTO

L'innovazione di CIRCE consiste nell'aver sviluppato un metodo per certificare l'identità genetica del grano.

Il metodo permette di verificare se il materiale analizzato corrisponde alla varietà, o al gruppo di varietà, dichiarato. [R2]

Il controllo legge i marcatori SNP descritti nelle pagine precedenti. Le differenze individuate nel DNA permettono di confrontare il profilo del campione con quello dei grani di riferimento. CIRCE ha trasformato questo confronto in controlli mirati da eseguire in laboratorio.



Schema 4. Il metodo collega il controllo del DNA ai documenti del lotto. L'identità viene attestata entro ciò che il metodo riesce effettivamente a distinguere. Sintesi del percorso CIRCE [R2].

Che cosa cambia per l'agricoltore

Il nome del grano può essere accompagnato da un riscontro di laboratorio. Per usare quel risultato bisogna sapere a quale campione e a quale lotto si riferisce. Ecco perché analisi e registrazioni aziendali devono restare collegate.

La relazione finale riferisce lo sviluppo di protocolli rapidi e il rilascio di certificati di autenticità varietale nel percorso di progetto. [R2]

03 / UN ESEMPIO IN AZIENDA

Dall'analisi alla certificazione

Un esempio con un lotto dichiarato Russello

Un agricoltore vuole verificare l'identità del proprio raccolto. Il percorso da seguire è questo; si tratta di un esempio, non di un controllo già eseguito.

1 Identificare il raccolto

Assegnare un codice al lotto e collegarlo al campo e alla semente utilizzata.

2 Concordare il prelievo

Chiedere al laboratorio come prelevare, conservare e consegnare il campione.

3 Far controllare il DNA

Il laboratorio confronta il campione con i riferimenti e comunica il risultato.

4 Collegare il risultato ai documenti

Il responsabile del sistema verifica il rapporto di prova e le registrazioni richieste per attestare l'identità del lotto.

I tre elementi che devono corrispondere

Elemento	Domanda da farsi
Nome dichiarato	Quale grano dico di avere?
Risultato del laboratorio	A quale varietà o gruppo corrisponde il campione?
Documenti del lotto	Posso ricostruire la provenienza e i passaggi del prodotto?

UN RISULTATO VA LETTO PER QUELLO CHE DIMOSTRA

Alcuni grani molto simili possono essere riconosciuti soltanto come gruppo. In questi casi il test non permette di scegliere, da solo, un nome più preciso. Le carte delle pagine successive spiegano dove occorre attenzione.

Il controllo dell'identità genetica non misura da solo qualità del pane, origine geografica o caratteristiche nutrizionali. Per questi aspetti servono informazioni o prove specifiche.

04 LA SPERIMENTAZIONE

Come è stato provato il metodo

Studiare molti campioni prima di scegliere i controlli

La relazione finale descrive una collezione di 244 accessioni. Un'accessione è un materiale raccolto e conservato con un proprio codice e una provenienza. Più accessioni possono avere lo stesso nome varietale. [R2]

244

accessioni recuperate

Inventario della relazione tecnica finale

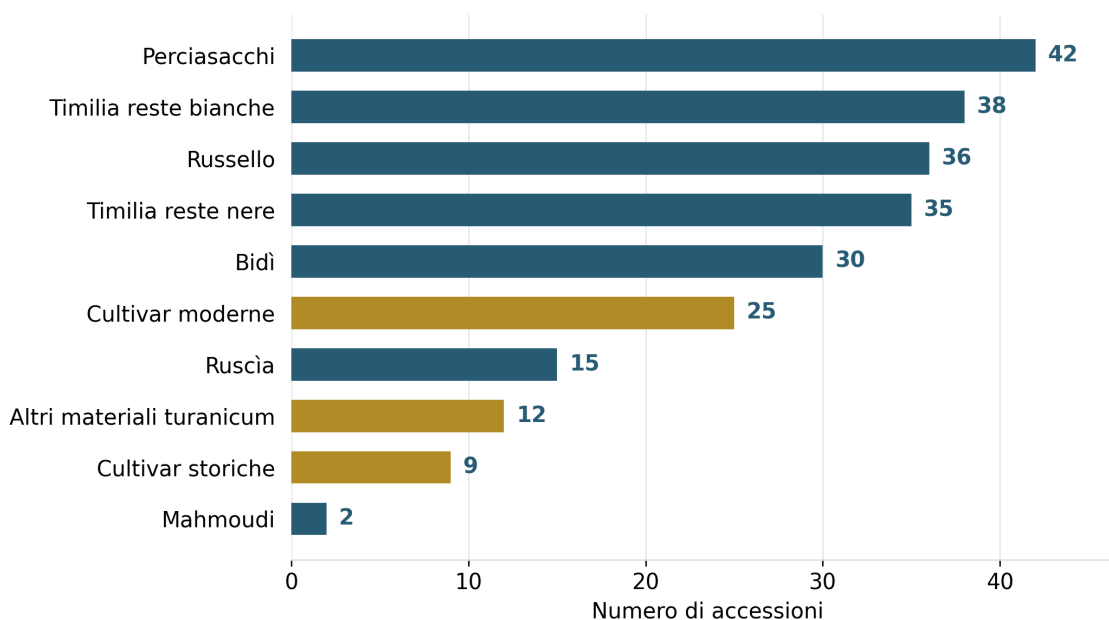


Grafico 1. Materiali recuperati secondo la relazione finale CIRCE. Le barre indicano il numero di accessioni, non ettari coltivati o quantità prodotte. [R2]

Le cultivar storiche comprendono Capeiti 8, Cappelli e Trinakria. Gli altri materiali del gruppo turanicum comprendono Etrusco, Graziella Ra, Kamut e Saragolla lucana.

Dallo studio ampio al controllo mirato

I ricercatori hanno confrontato molte posizioni del DNA e selezionato 18 marcatori: punti utili per il riconoscimento. Su questi sono stati costruiti i controlli di laboratorio chiamati saggi KASP. [R2]

COME LEGGERE I NUMERI

Il numero di campioni raccolti e il numero di campioni usati in una singola pubblicazione possono essere diversi. Ogni numero va letto insieme alla sua fonte.

04 / PANE E PASTA

Il controllo dopo la trasformazione

CIRCE ha provato il metodo anche su campioni di pane e pasta. Questo passaggio è importante: permette di verificare se il riconoscimento è possibile anche dopo la lavorazione del grano.



Figura 2. Campioni di pane fotografati durante le prove CIRCE. I numeri sono quelli dell'immagine originale; per collegarli alle ricette serve la scheda della prova. [R2, Azione 7]

Che cosa è riuscito a dimostrare CIRCE

In laboratorio alcuni campioni anonimi di pasta e di pane, ottenuti con sfarinati di popolazioni in purezza o in miscela delle varietà di granni antichi studiati nel progetto CIRCE o con sfarinati di varietà moderne, sono stati inviati al laboratorio biomolecolare dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.

La codifica dei campioni ha seguito la logica del doppio cieco. In pratica l'analista che ha eseguito le analisi biomolecolari e chi ha consegnato i campioni all'analista non conoscevano la reale appartenenza alle specifiche varietà, dei campioni.

Al termine delle analisi i risultati hanno dimostrato che l'analista ha sempre individuato di quasle varietà era composto il campione, individuando anche i campioni ottenuti da miscele.

La relazione finale del progetto CIRCE riporta gli esiti di riconoscimento nei campioni esaminati.

[R2, Azione 3]

CHE COSA SIGNIFICA PER L'AZIENDA

Quando si richiede un controllo su pane o pasta, bisogna comunicare gli ingredienti e il tipo di lavorazione. Disporre di queste prove permette di certificare il prodotto come ottenuto da una unica varietà antica.

05 CARTE DI IDENTITÀ / 01

Bidì

Le carte originali del progetto raccolgono le informazioni sui grani studiati. Le spiegazioni sotto ogni carta aiutano a usarle nel lavoro in azienda.

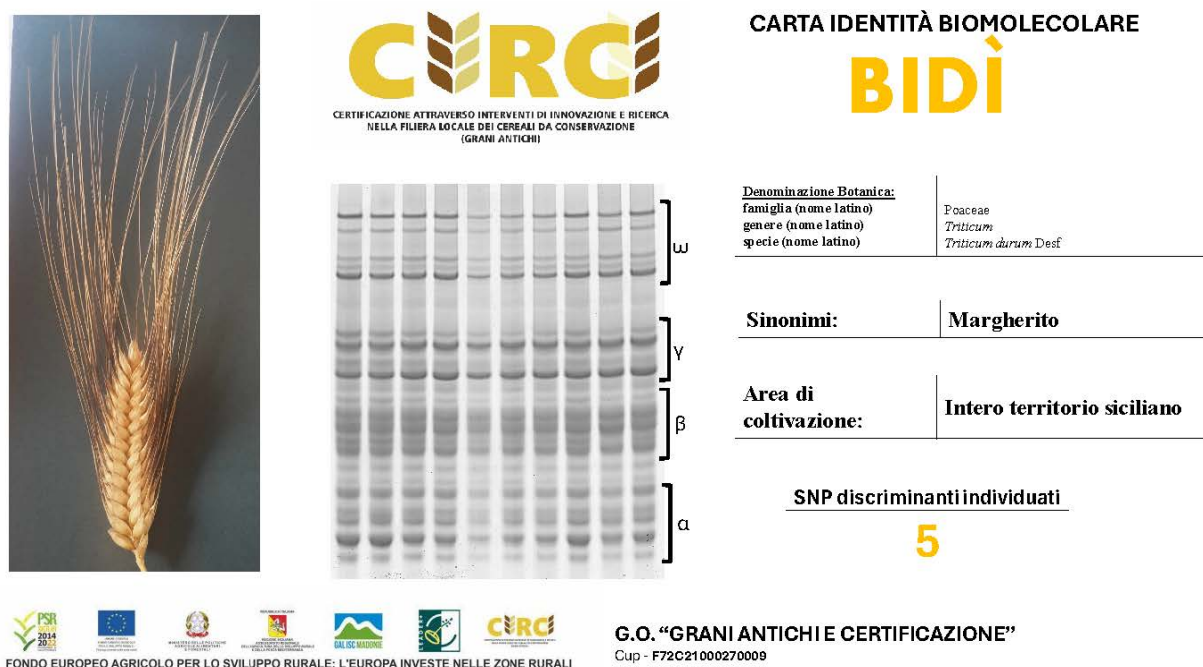


Figura 3. Carta biomolecolare originale CIRCE di Bidì. La carta descrive i materiali studiati; il singolo lotto si verifica con un campione identificato. [R2]

La carta riporta anche il nome Margherito.

30 accessioni nella relazione finale **5** marcatori nella carta

Cosa può dirti il controllo

Nei confronti studiati alcuni campioni di Bidì non si distinguono da Cappelli. Il laboratorio deve chiarire se il controllo richiesto può separarli.

COSA FARE IN AZIENDA

Conserva il nome dichiarato dal fornitore e la provenienza della semente. Se è importante distinguere Bidì da Cappelli, dillo quando chiedi l'analisi.

Fonti: relazione finale e materiali di progetto. I limiti sono approfonditi nella sezione tecnica, anche alla luce della pubblicazione del 2026. [R2; R4; S1]

05 CARTE DI IDENTITÀ / 02

Perciasacchi

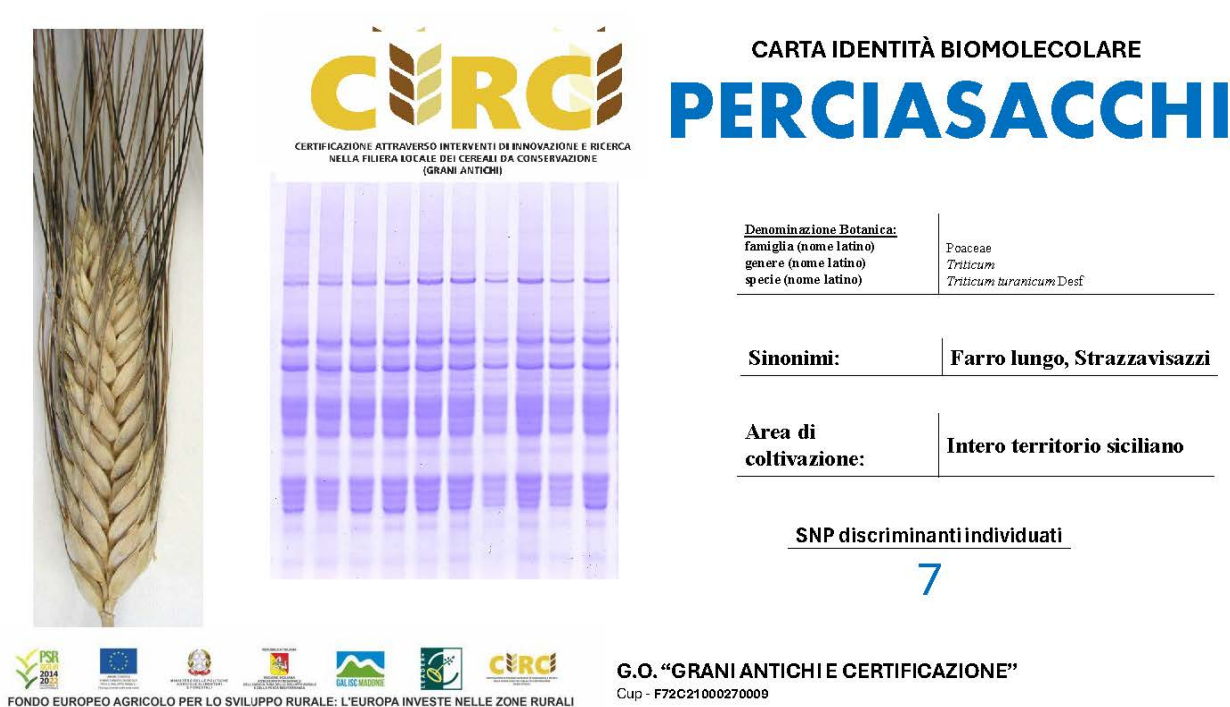


Figura 4. Carta biomolecolare originale CIRCE di Perciasacchi. La carta descrive i materiali studiati; il singolo lotto si verifica con un campione identificato. [R2]

La carta riporta anche i nomi Farro lungo e Strazzavisazzi.

42 accessioni nella relazione finale **7** marcatori nella carta

Cosa può dirti il controllo

Il metodo può riconoscere il gruppo turanicum, a cui appartiene Perciasacchi, senza separare tutti i grani simili di quel gruppo.

COSA FARE IN AZIENDA

Mantieni il collegamento fra semente, campo e raccolto. Se il prodotto contiene una miscela, comunicalo al laboratorio.

Fonti: relazione finale e materiali di progetto. I limiti sono approfonditi nella sezione tecnica, anche alla luce della pubblicazione del 2026. [R2; R4; S1]

05 CARTE DI IDENTITÀ / 03

Russello



Figura 5. Carta biomolecolare originale CIRCE di Russello. La carta descrive i materiali studiati; il singolo lotto si verifica con un campione identificato. [R2]

La carta riporta diversi nomi locali usati per questo grano.

36 accessioni nella relazione finale **2** marcatori nella carta

Cosa può dirti il controllo

Tra piante e campioni di Russello può esserci variabilità. I nomi locali riportati nella carta non dimostrano, da soli, che due materiali siano identici.

COSA FARE IN AZIENDA

Conserva il codice della semente e i documenti del fornitore. Fai registrare il campo e il lotto di raccolta.

Fonti: relazione finale e materiali di progetto. I limiti sono approfonditi nella sezione tecnica, anche alla luce della pubblicazione del 2026. [R2; R4; S1]

05 CARTE DI IDENTITÀ / 04

Timilia reste bianche



Figura 6. Carta biomolecolare originale CIRCE di Timilia reste bianche. La carta descrive i materiali studiati; il singolo lotto si verifica con un campione identificato. [R2]

RB significa reste bianche. Le reste sono le parti lunghe e sottili della spiga.

38 accessioni nella relazione finale **2** marcatori nella carta

Cosa può dirti il controllo

Con i marcatori studiati le due forme di Timilia sono riconosciute come un unico gruppo. Il test non basta, da solo, a distinguere reste bianche e reste nere.

COSA FARE IN AZIENDA

Scrivi per esteso Timilia reste bianche nei documenti di semente, campo e raccolta. Conserva le informazioni sul materiale di partenza.

Fonti: relazione finale e materiali di progetto. I limiti sono approfonditi nella sezione tecnica, anche alla luce della pubblicazione del 2026. [R2; R4; S1]

05 CARTE DI IDENTITÀ / 05

Timilia reste nere



Figura 7. Carta biomolecolare originale CIRCE di Timilia reste nere. La carta descrive i materiali studiati; il singolo lotto si verifica con un campione identificato. [R2]

RN significa reste nere. La carta riporta anche nomi locali della Timilia.

35 accessioni nella relazione finale **2** marcatori nella carta

Cosa può dirti il controllo

Vale lo stesso limite indicato per le reste bianche: il test riconosce il gruppo Timilia, senza separare le due forme.

COSA FARE IN AZIENDA

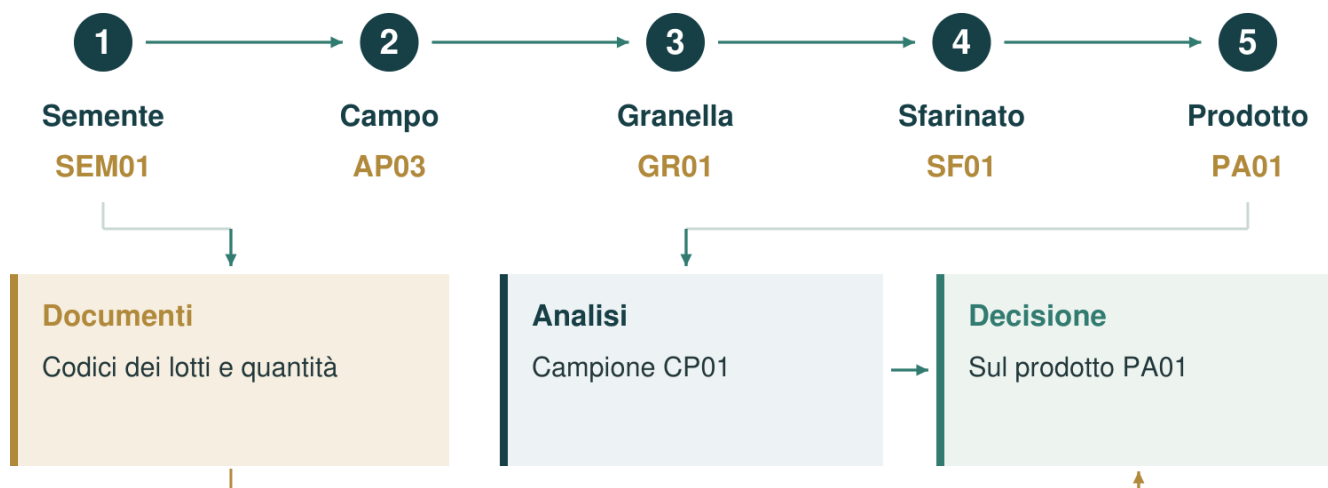
Mantieni il nome completo Timilia reste nere nei documenti. Chiedi al laboratorio se il risultato riguarda il gruppo Timilia o una distinzione più precisa.

Fonti: relazione finale e materiali di progetto. I limiti sono approfonditi nella sezione tecnica, anche alla luce della pubblicazione del 2026. [R2; R4; S1]

06 DALLA SEMENTE AL PRODOTTO

Cosa fare in azienda

Il laboratorio controlla un campione. Per collegare il risultato a un raccolto o a un prodotto, l'azienda deve conservare il filo dei passaggi. Ogni lotto deve avere un codice riconoscibile.



Schema 5. Esempio con codici inventati. SEM01 è la semenza, AP03 il campo, GR01 la granella, SF01 lo sfarinato e PA01 il prodotto. CP01 è il campione inviato al laboratorio.

PRIMA DELLA SEMINA

Conserva il documento che attesta e certifica la varietà e la semenza da utilizzare. Registra nome dichiarato, fornitore, quantità e campo. Annota se usi più lotti di seme o se effettui una risemina.

Alla raccolta e in magazzino

Assegna un codice al raccolto e identifica il luogo in cui lo conservi. Registra trasporti e consegne. Pulisci e controlla le attrezzature condivise per limitare mescolamenti non voluti.

Quando il grano viene lavorato

Il molino e il trasformatore collegano il nuovo prodotto al lotto ricevuto. Registrano le quantità entrate, quelle ottenute e i sottoprodotti. Se uniscono lotti diversi, scrivono quali hanno usato e in quali quantità.

06 / PRELIEVO E CONSEGNA

Come preparare un campione

PRIMA DEL PRELIEVO

Prima di prelevare, contatta il laboratorio. Spiega quale grano vuoi controllare e se invierai seme, granella, farina, pane o pasta. Chiedi quanto materiale serve e come conservarlo e consegnarlo.

Prelevare ed etichettare

Lotto, prodotto, data e codice

Consegnare al laboratorio

Verifica del campione e della scheda

Campione accettato?

Sì

Analisi del DNA

Chiarire il problema

Registrare l'anomalia e ripetere il prelievo se serve

Risposta del laboratorio

Schema 6. Dal prelievo alla risposta del laboratorio. La gestione di un campione danneggiato o incompleto va concordata e registrata.

Il campione deve rappresentare il lotto

Un pugno preso soltanto dalla superficie può non descrivere tutto il prodotto. Il tecnico o il laboratorio deve indicare da quali punti prelevare e come unire i prelievi, tenendo conto del lotto e dello scopo del controllo.

Etichetta subito e compila la scheda

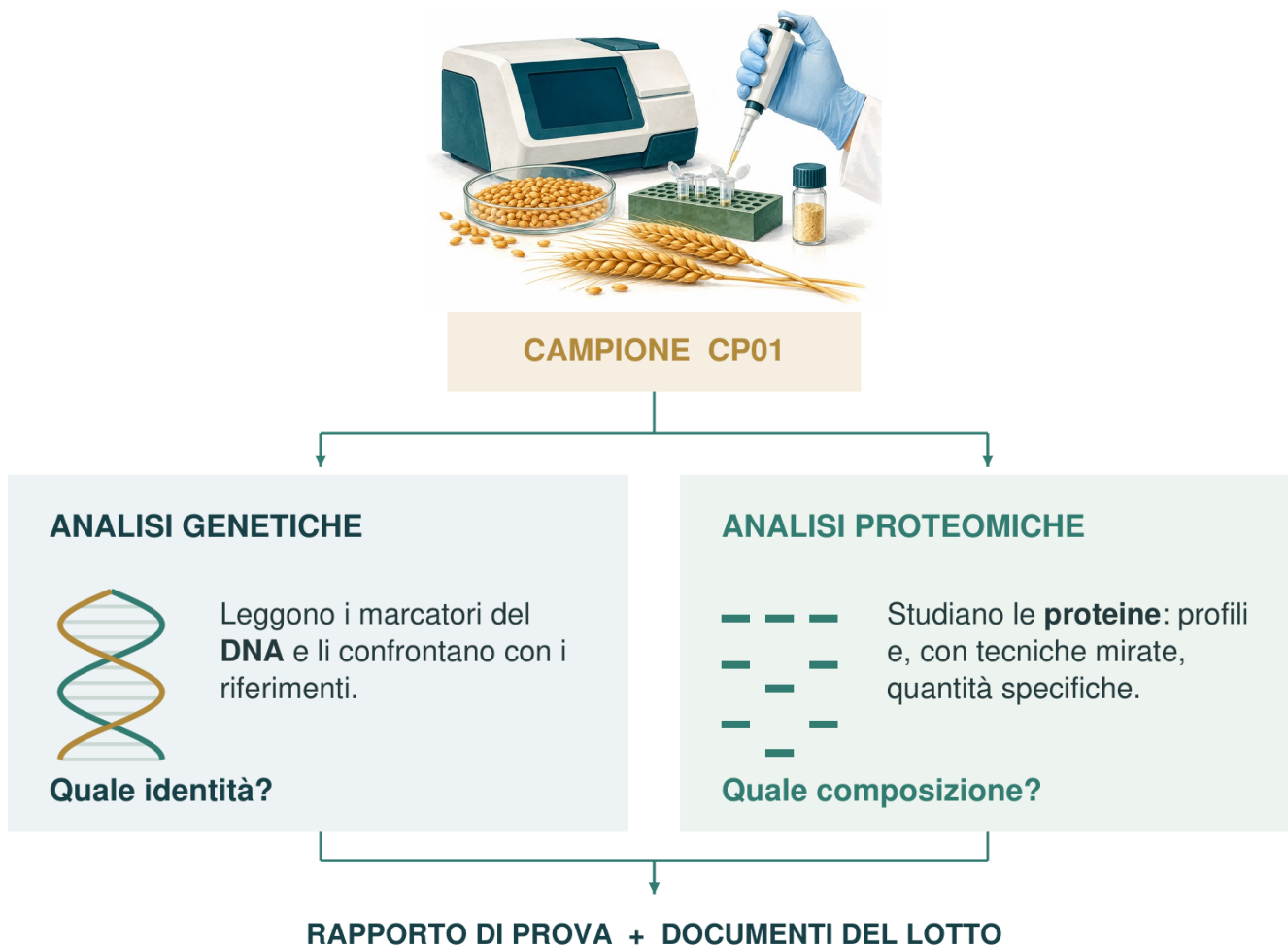
Usa strumenti e contenitori puliti e adatti. Scrivi codice del campione, lotto, tipo di prodotto, data e nome di chi ha prelevato. Il codice sul contenitore deve essere lo stesso della scheda. Annota eventuali problemi osservati.

Per la richiesta e la consegna puoi usare la scheda B. Il laboratorio decide se il campione è utilizzabile, anche con eventuali riserve.

06 / IL LAVORO DEL LABORATORIO

Dal campione al risultato

Le analisi genetiche e quelle proteomiche rispondono a domande diverse. Il laboratorio sceglie il percorso adatto al controllo richiesto.



Infografica di laboratorio. CP01 è un codice inventato. Percorso illustrativo da adattare alla procedura del laboratorio. Fonti: [R2; R4; R5; R6].

Analisi	Che cosa osserva	A che cosa serve
Proteomica	Le proteine del campione	Confrontare la composizione e studiare la qualità.
Genetica	Le varianti del DNA	Confrontare il profilo con i riferimenti e verificare l'identità.

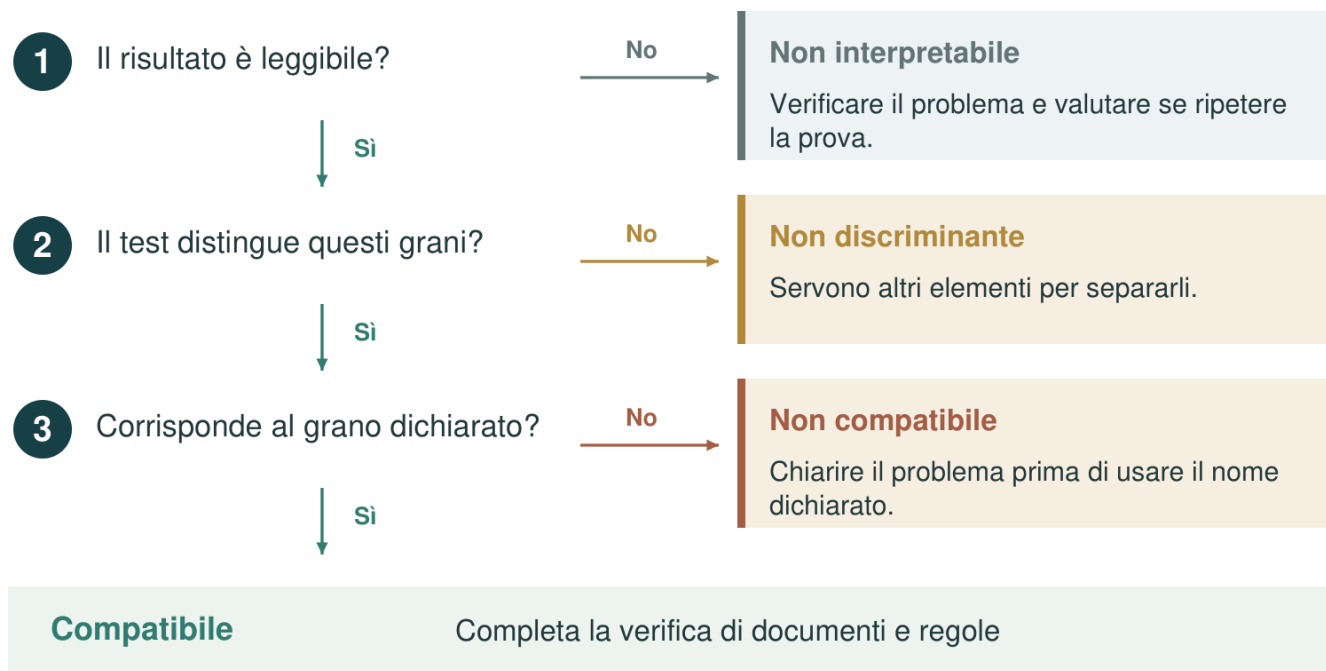
IL CODICE TIENE INSIEME LE INFORMAZIONI

Contenitore, scheda di campionamento e rapporto di prova devono permettere di risalire allo stesso campione e al suo lotto.

06 / RISULTATO E DECISIONE

Come leggere la risposta del laboratorio

Queste quattro espressioni aiutano a capire il risultato. Il laboratorio può usare parole diverse: chiedi sempre come devono essere interpretate per il tuo campione.



Schema 7. Lettura semplificata degli esiti. Le categorie sono proposte per il manuale e vanno collegate alla risposta effettiva del laboratorio e alle regole della filiera.

Se il risultato non corrisponde al grano dichiarato

Contatta il responsabile del sistema. Controllate insieme etichetta del campione, documenti della semente, campo, raccolta e lavorazioni. Una singola analisi non dice automaticamente in quale passaggio sia nato il problema.

REGISTRA ANCHE LA DECISIONE

Conserva il rapporto originale e scrivi che cosa è stato deciso: un nuovo prelievo, un'altra analisi o una correzione dei documenti. Indica chi ha deciso e quando. La scheda C aiuta a collegare tutto al lotto.

07 COMPOSIZIONE E LAVORAZIONE

Cosa sappiamo sulla qualità

CIRCE ha studiato anche che cosa contiene il grano e come può comportarsi durante la lavorazione. Queste informazioni si aggiungono al controllo della sua identità.

$$\begin{array}{ccccccc} 8 & \times & 2 & \times & 3 & = & 48 \\ \text{varietà} & & \text{località} & & \text{annate} & & \text{combinazioni} \end{array}$$

Nello studio su ATI, fruttani e qualità tecnologica sono state considerate otto varietà, due località e tre annate. Il dettaglio delle prove è nella sezione tecnica. [R6; S4]

Gli ATI sono proteine del grano

Gli ATI sono proteine presenti nel grano. Lo studio non ha dimostrato che, nel complesso, le varietà da conservazione ne contengano meno o più di quelle moderne. I risultati cambiano in base alla varietà e alle condizioni di coltivazione.

I fruttani sono un gruppo di carboidrati

Nell'insieme delle prove le varietà da conservazione contenevano meno fruttani, soprattutto per i valori di Bidì e Russello. Questo risultato non si è ripetuto allo stesso modo in tutti i luoghi e in tutte le annate.

Le proteine influenzano la lavorazione

I ricercatori hanno misurato un dato, chiamato %UPP, che aiuta a prevedere come il grano si comporterà durante la lavorazione. In generale il valore era più alto nelle varietà moderne; Bidì spesso aveva valori simili. Per conoscere il risultato effettivo servono prove di impasto e di trasformazione. [R6; S4]

COME USARE I RISULTATI

Questi risultati descrivono i campioni studiati. Da soli non dimostrano che un grano sia più tollerabile o meno allergenico. I grani considerati contengono glutine.

08 RESPONSABILITÀ NELLA FILIERA

Come organizzare il lavoro

Per usare il metodo servono compiti chiari. L'agricoltore conserva le informazioni sulla produzione; chi trasforma registra i passaggi; il laboratorio esegue le analisi. Il responsabile del sistema collega i risultati ai documenti.



Schema 8. Come riunire le informazioni dello stesso lotto. Sono funzioni proposte per il lavoro di filiera; gli incarichi vanno definiti fra gli operatori.

Partire da pochi lotti e controllare che tutto funzioni

Scegliere alcuni lotti permette di verificare se i codici sono leggibili, i documenti completi e i campioni ben identificati. Gli operatori possono correggere le difficoltà prima di estendere il lavoro.

TENERE INSIEME I DOCUMENTI

Per ogni lotto conserva documenti della semente, registrazioni del campo, raccolta, consegne e analisi. Puoi usare un archivio cartaceo o digitale, purché le informazioni siano aggiornate e ritrovabili.

Nel progetto il raccordo fra ricerca e aziende è stato curato da PROBIO.SI, Università della Tuscia e Consorzio Ballatore. La relazione finale attribuisce a Giuseppe Russo il coordinamento dell'Azione 5 e il ruolo di collegamento per l'innovazione. [R2]

PER CONSULTARE IL MANUALE

Parole utili

Queste parole ricorrono nelle schede e nei risultati del laboratorio.

Identità genetica

Le caratteristiche del DNA usate per riconoscere il grano.

Lotto

Una quantità di prodotto identificata con un codice.

Tracciabilità

I documenti che permettono di ricostruire da dove viene il prodotto e quali passaggi ha fatto.

Campione

La parte del prodotto inviata per il controllo.

Riferimento

Un materiale già studiato, usato per il confronto.

Marcatore del DNA

Un punto del DNA utile per distinguere i materiali.

Rapporto di prova

Il documento con cui il laboratorio comunica il risultato.

Disciplinare

Le regole da seguire nel sistema di produzione e controllo.

Sfarinato

Il prodotto ottenuto dalla macinazione, per esempio semola o farina.

Accessione

Un materiale raccolto e conservato con un codice e una provenienza.

SNP

Una differenza di una sola base in un punto preciso del DNA. Può essere usata come marcatore.

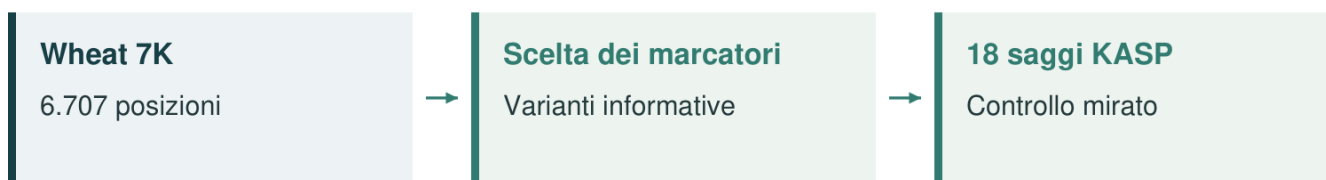
Profilo proteico

L'insieme delle bande delle proteine osservate con una determinata analisi.

APPROFONDIMENTI PER I TECNICI

Dalla caratterizzazione ai saggi KASP

Il percorso CIRCE descrive la variabilità dei materiali e seleziona posizioni del DNA da usare per il riconoscimento. Il Wheat 7K, indicato nell'abstract SIGA 2023 con 6.707 SNP, va distinto dalla piattaforma da circa 90.000 SNP descritta da Wang e collaboratori. La relazione finale riporta 18 SNP convertiti in saggi KASP. [R2; R7; S5]



Schema 10. Dalla piattaforma di caratterizzazione ai controlli mirati. Wheat 7K e pannello KASP sono fasi distinte del percorso CIRCE. [R2; R7]

Metodo	Informazione ottenuta
Profili proteici	A-PAGE per le gliadine e SDS-PAGE per le glutenine nei materiali descritti. [R4; R5]
SNP array	Genotipi rilevati in numerose posizioni per confrontare i materiali.
KASP	PCR competitiva allele specifica con lettura della fluorescenza nelle posizioni selezionate. [S2]

Il protocollo di laboratorio deve precisare matrice, estrazione del DNA, pannello, riferimenti, controlli, criteri di lettura e gestione degli esiti dubbi. Quantità, concentrazioni, cicli e soglie dipendono dalla procedura validata per la matrice; non sono fissati da questo manuale.

Approfondimento scientifico pubblicato nel 2026

La pubblicazione del 2026 descrive 181 accessioni iniziali e 119 nel dataset finale delle analisi di diversità. Non sono conteggi direttamente sostituibili alle 244 accessioni della relazione finale. Lo studio chiarisce i limiti richiamati nelle carte: Timilia è trattata come un gruppo unico, non tutte le denominazioni turanicum sono separate e alcune accessioni di Bidì coincidono con Cappelli.

[S1]

Questa fonte è successiva alla chiusura del progetto ed è richiamata come approfondimento scientifico dei risultati.



APPROFONDIMENTI / COMPOSIZIONE

ATI e prove di qualità

La caratterizzazione compositiva confronta Bidì, Perciasacchi, Russello, Timilia reste bianche e reste nere con Iride, Orizzonte e Simeto. Il lavoro confluito nella pubblicazione del 2025 considera Caltavuturo e Selinunte nei raccolti 2021, 2022 e 2023. Questo specifico insieme di prove va distinto dal percorso generale descritto nella relazione finale, che comprende anche Palazzolo. [R2; R6; S4]

Parametro	Metodo	Informazione ottenuta
ATI	LC-MS/MS mirata con standard isotopici, secondo il percorso metodologico di Geisslitz e collaboratori.	Contenuto totale e composizione degli inibitori misurati. [R6; S6]
Fruttani	Determinazione enzimatica con kit K-FRUC.	Contenuto espresso in g/100 g di sfarinato. [R6]
%UPP	Cromatografia ad esclusione dimensionale delle frazioni proteiche.	Indicatore predittivo della qualità tecnologica. [R6]

ATI totali e composizione

Nel confronto complessivo fra varietà da conservazione e moderne non emerge una differenza significativa negli ATI totali. Sono invece presenti differenze nella composizione dei singoli inibitori. Il manoscritto riporta effetti della varietà, dell’ambiente e della loro interazione: un andamento osservato in un sito e in un anno non si estende automaticamente a tutte le condizioni. [R6; S4]

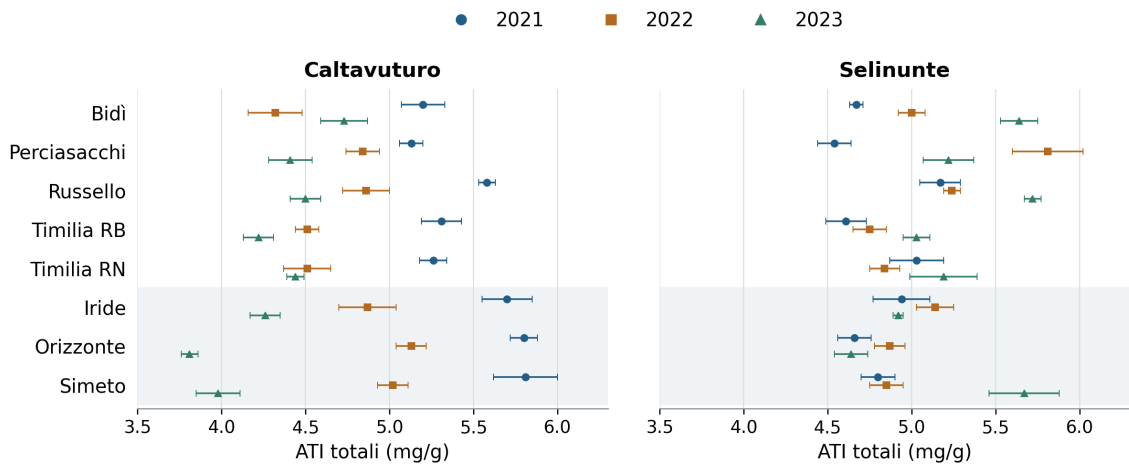


Figura 8. ATI totali per varietà, località e anno. Punti: medie; barre: errori standard della Tabella S1 [R6]. Lo sfondo grigio identifica le tre cultivar moderne. RB e RN indicano reste bianche e nere.

La Tabella S1 comprende 48 combinazioni varietà-località-anno e indica 143 repliche biologiche: tre per combinazione, salvo Russello a Selinunte nel 2021, con due. Le repliche tecniche sono distinte da quelle biologiche. Le figure 8–10 sono rielaborazioni descrittive della tabella; le conclusioni statistiche nel testo sono quelle degli autori.

APPROFONDIMENTI / TRASFORMAZIONE

Fruttani e qualità delle proteine

Nel confronto complessivo le varietà da conservazione presentano meno fruttani, soprattutto per i valori di Bidì e Russello. La differenza tra gruppi non risulta significativa in tutti gli ambienti. Il dato riguarda la composizione dei campioni esaminati. [R6; S4]

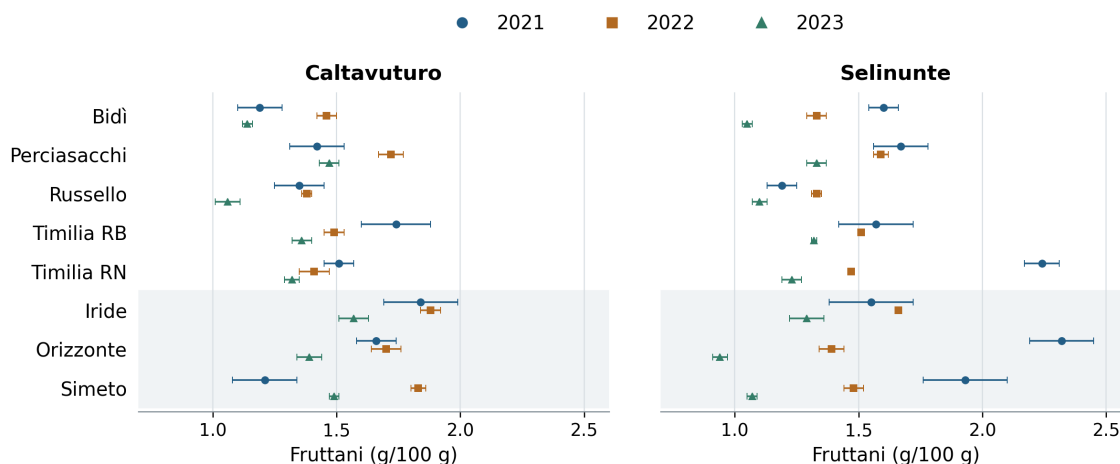


Figura 9. Fruttani per varietà, località e anno. Medie e relativi errori standard dalla Tabella S1 [R6]; legenda e criteri come in figura 8.

La %UPP è complessivamente maggiore nelle cultivar moderne; Bidì mostra valori spesso comparabili. Varietà e ambiente influenzano il risultato, che costituisce una previsione tecnologica da affiancare alle prove sul prodotto. [R6; S4]

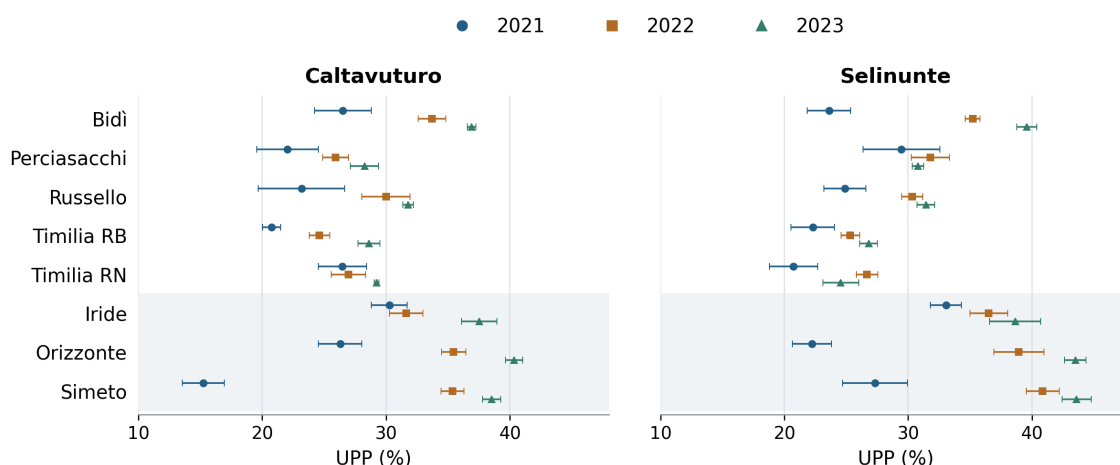


Figura 10. %UPP per varietà, località e anno. Medie e relativi errori standard dalla Tabella S1 [R6]; legenda e criteri come in figura 8.

Applicazione alla trasformazione

Il molino registra identità del lotto, diagramma di molitura, frazioni ottenute e condizioni operative. Il trasformatore collega queste informazioni alle prove di impasto, pane o pasta. Le differenze compositive non dimostrano da sole maggiore tollerabilità o minore allergenicità; il riconoscimento genetico non dimostra assenza di glutine.

FONTI / DOCUMENTAZIONE CIRCE

Documenti e materiali di progetto

[R1] Gruppo operativo Grani antichi e certificazione. Piano di progetto CIRCE, file «All_1 Schema del Piano di Progetto CIRCE 24 09 2020.doc». Informazioni generali, azioni, Piano di divulgazione e prodotti attesi.

[R2] Relazione tecnica finale CIRCE 2025, file «Relazione tecnica finale Circe 2025 REV gr(1).doc». Azioni 1–7; fotografia delle attività in campo in copertina; Azione 3 per accessioni, SNP, KASP e carte biomolecolari; Azione 7 per la fotografia dei campioni di pane. Il cofinanziamento del dottorato è descritto nella sezione sugli obiettivi operativi.

[R3] «APPUNTI presentazione CIRCE per innovazione.docx». Inquadramento del progetto e della carta di identità genetica come strumento di valorizzazione della filiera.

[R4] Bonarrigo M. e collaboratori (2022). Evaluation of genetic diversity of Sicilian autochthonous tetraploid wheat varieties by gluten protein analysis. LXV Congresso SIGA. File «presentazione_siga22-2.pptx», diapositive e note 4–12 sul progetto CA.VA.SI.F.D.; diapositiva 13 sulle prospettive CIRCE.

[R5] Bonarrigo M. Genetic and biochemical studies for the improvement of the nutritional, technological and organoleptic qualities and for wheat traceability. Presentazione delle attività del primo anno del dottorato in Plant and Animal Science, XXXVII ciclo. Tutor Stefania Masci; co-tutori Giuseppe Russo e Francesco Sestili. File «Bonarrigo Marco_XXXVII.pptx» e PDF «Presentazione CIRCE.pdf», diapositive 5–12. Figura 1 e identità visiva in copertina tratte da questi materiali.

[R6] Bonarrigo M., Geisslitz S., Scherf K.A., Messina B., Russo G., Sestili F., Masci S. Assessment of nutritional and technological characteristics of Sicilian tetraploid conservation and modern wheat varieties. Fascicolo «20250228_paper_ATI_CIRCE.zip»: manoscritto revised, highlights, figure supplementari e Supplementary Table 1. Le figure 8–10 sono rielaborazioni descrittive della Tabella S1. Il corrispondente lavoro pubblicato è riportato come [S4].

[R7] Bonarrigo M. e collaboratori (2023). The CIRCE project: molecular traceability and technological/nutritional quality characterization for the valorisation of Sicilian durum wheat landraces. Abstract SIGA, sessione 1, file «abstract_circe_siga23.docx». Fonte per obiettivi, disegno del percorso e piattaforma Wheat 7K.

Origine delle immagini e degli schemi

Gli schemi del manuale sono rielaborazioni esplicative dei contenuti di progetto e proposte per l'applicazione in azienda. Il Grafico 1 riprende l'inventario della relazione finale; le figure 8–10 derivano dalla Tabella S1. Carte varietali e fotografie sono attribuite alle rispettive fonti. Le quattro infografiche combinano illustrazioni editoriali generate con schemi didattici e dati attribuiti alle fonti. Le illustrazioni non documentano attività, luoghi o campioni reali.

FONTI / PUBBLICAZIONI

Bibliografia scientifica

Risultati CIRCE pubblicati

[S4] Bonarrigo M., Geisslitz S., Scherf K.A., Messina B., Russo G., Sestili F., Masci S. (in press). ATI, fructans and predictive assessment of technological quality of Sicilian tetraploid conservation and modern wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 123, 104190. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2025.104190>

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.108750>

Riferimenti metodologici e studi precedenti

[S5] Wang S. et al. (2014). Characterization of polyploid wheat genomic diversity using a high-density 90 000 single nucleotide polymorphism array. *Plant Biotechnology Journal*, 12, 787–796. <https://doi.org/10.1111/pbi.12183>

[S6] Geisslitz S., Longin C.F.H., Koehler P., Scherf K.A. (2020). Comparative quantitative LC–MS/MS analysis of 13 amylase/trypsin inhibitors in ancient and modern *Triticum* species. *Scientific Reports*, 10, 14570. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71413-z>

[S7] Fiore M.C. et al. (2019). High-Throughput Genotype, Morphology, and Quality Traits Evaluation for the Assessment of Genetic Diversity of Wheat Landraces from Sicily. *Plants*, 8, 116. <https://doi.org/10.3390/plants8050116>

[S8] Taranto F. et al. (2020). Whole Genome Scan Reveals Molecular Signatures of Divergence and Selection Related to Important Traits in Durum Wheat Germplasm. *Frontiers in Genetics*, 11, 217. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00217>



FONTI / METODI E STRUMENTI

Riferimenti tecnici e istituzionali

[<https://www.biosearchtech.com/how-does-kasp-work>

<https://www.biosearchtech.com/support/faqs/kasp-genotyping-assays>

<https://www.unitus.it/ricerca/progetti-di-ricerca/circe/>

<https://www.genome.gov/genetics-glossary/Single-Nucleotide-Polymorphisms-SNPs>

<https://medlineplus.gov/genetics/understanding/basics/dna/>

Guida alle colorazioni dei gel

<https://doi.org/10.1002/mbo3.1027>



