

● UNA GUIDA PER I LETTORI

Capire facilmente l'analisi statistica in agricoltura



Nelle prove sperimentali varietali in agricoltura spesso vengono usati i campi a parcelle

Con questo articolo si inizia una serie di contributi con l'obiettivo di fornire le conoscenze per la corretta lettura dei dati dell'analisi statistica, perché gli operatori agricoli possano usufruire dei risultati delle sperimentazioni

già detto, risposte che seguono determinate leggi (Gaussiana, Binomiale, di Poisson, ecc.). **Questa variabilità sta alla base del fatto che, ad esempio, fornendo per più volte la stessa quantità di urea su un appezzamento coltivato a mais, non otteniamo ogni volta gli stessi quintali. Oppure, se si fornisce la stessa razione a 100 vacche da latte, la quantità di latte giornaliera prodotta da ogni capo non è sempre la stessa.** Si possono fare migliaia di altri esempi, ma in ogni caso l'incertezza dei risultati viene «superata» dal ricercatore fissando un limite al rischio di errore che si ha nell'affermare che una determinata ipotesi è vera.

Limite al rischio di errore. Solitamente questo limite è il 5%, ossia possiamo accettare al massimo il 5% di probabilità di sbagliare se affermiamo che una determinata ipotesi, fatta prima dell'esperimento, sia vera. L'analisi statistica quindi, in definitiva, produce una probabilità (ad esempio 98,5%) associata a una determinata ipotesi, oppure una probabilità complementare per il rischio di errore (la differenza a 100, cioè 1,5%). Se tutto ricade entro i limiti fissati, l'ipotesi può essere considerata valida. Successive altre prove che confermino ancora l'ipotesi potranno poi portare all'introduzione nella realtà pratica delle tecniche agronomiche fino ad allora in prova.

Motivi della variabilità. Ogni fenomeno che si osserva o che si misura è prodotto da individui (pianta, animale, insetto, batterio, ecc.), che oltre a interagire con gli altri sono il risultato di miliardi di informazioni date dal proprio patrimonio genetico ed espresse nei modi più diversi e su tutto questo insiste la variabilità dell'ambiente. Pertanto, nonostante i proces-

di **Massimiliano Pasini, Mario Baldessari, Marco Delaiti**

Le risposte che la ricerca agraria fornisce agli operatori agricoli derivano in ultima analisi dall'applicazione del metodo scientifico. Come per altre discipline, partendo dalle osservazioni fatte in campo da parte di ricercatori, tecnici, operatori agricoli e seguendo un iter rigoroso, si giunge alla dimostrazione di determinate ipotesi attraverso il cosiddetto metodo induttivo.

L'analisi statistica ha un vasto utilizzo ed è ben conosciuta nel mondo scientifico, si inserisce tra la fase di pianificazione dell'esperimento e l'elaborazione dei risultati, ma per essere applicata devono essere soddisfatti alcuni requisiti fondamentali, requisiti che sono richiesti dalle stesse leggi che governano la distribuzione dei dati che si va ad analizzare. Senza addentrarci in dettagli piuttosto difficili da comprendere e che lasciamo ai matematici, possiamo solo dire che le variabili solitamente studiate nelle discipline che hanno a che fare con la biologia sono trattate dalla statistica come variabili

aleatorie o stocastiche, cioè quelle che derivano da esperimenti i cui risultati non sono prevedibili con certezza.

Nell'*approfondimento* a pag. 37 è riprodotto un esempio con l'intento di chiarire meglio l'organizzazione di una sperimentazione dal punto di vista formale.

La variabilità dei dati

Le affermazioni che si fanno a conclusione di una prova sperimentale, sulla base dell'osservazione o misurazione ripetuta di un determinato fenomeno, sono sempre sottoposte a incertezza, sono cioè conclusioni che, al massimo, hanno un'elevata probabilità di essere vere o essere valide. Non è quindi possibile, nell'ambito delle scienze agrarie e biologiche in genere e fintantoché si segue il metodo scientifico, fare affermazioni assolute, la cui probabilità di essere vere sia pari a 1 (o 100%).

Il motivo ultimo di questa affermazione, ovvero ciò che sta all'origine della non prevedibilità dei risultati degli esperimenti in agricoltura, è la variabilità che per natura caratterizza gli organismi viventi nel loro ambiente e che determina, come

Il metodo sperimentale nelle scienze agrarie

si vitali siano ben determinati (reazioni chimiche, fenomeni fisici), il loro numero e le loro interazioni sono così tante e complesse che danno origine, ogni volta, a un risultato diverso, che per il ricercatore si traduce in una misurazione differente. **L'obiettivo dell'analisi statistica è in definitiva quello di dirci, dato un determinato valore risultante da una serie di misurazioni, se esso è dovuto al caso (per effetto di quello che viene chiamato complessivamente errore sperimentale) o a una determinata ipotesi sperimentale.**

Statistica inferenziale e descrittiva

Statistica inferenziale. Tutto ciò sopra detto rappresenta l'oggetto di studio della cosiddetta statistica inferenziale. Questo tipo di statistica viene così definito perché, come suggerisce il significato etimologico del termine, ha l'obiettivo di tirare delle conclusioni da delle ipotesi. Di essa fa parte l'Analisi della varianza, ideata da R.A. Fisher, un metodo molto usato nella sperimentazione agraria e su cui torneremo a parlare. Essa non fa altro che separare matematicamente le diverse fonti di variabilità esistenti in un esperimento e dai loro rapporti ottiene la probabilità a cui si è accennato sopra.

Statistica descrittiva. Un'altra parte della statistica, definita come descrittiva, ha invece il compito di descrivere una determinata variabile (q/ha di granello, numero di afidi per germoglio, cm di altezza di una pianta infestante, ecc.) attraverso opportuni parametri (media, deviazione standard, ecc.) dato che, come abbiamo visto, questa non assume sempre lo stesso valore e per conoscerla bisogna effettuare una serie di misure. È la base di partenza per le applicazioni della statistica inferenziale.

La popolazione e il campione

La statistica inferenziale ha anche lo scopo di studiare una popolazione partendo dall'analisi di un campione di essa.

Ampiezza del campione. Quasi sempre infatti non abbiamo la possibilità di misurare una determinata variabile su tutti gli individui della popolazione, per quanto essi siano un numero non infinito. Si ricorre cioè all'estrazione di campioni presi a caso e in un certo numero, sufficiente a rappresentare la popolazione stessa.

Ad esempio, per misurare il numero di larve di piralide per pianta di mais, è

La ricerca agraria è quasi sempre una ricerca applicata, volta alla soluzione di problemi concreti (se non talvolta impellenti) e dove i risultati vengono tradotti più o meno tempestivamente in pratiche agronomiche.

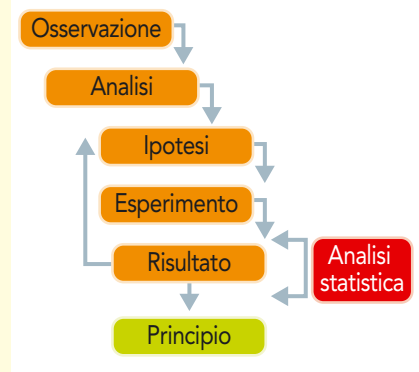
La ricerca di base, invece, si pone come obiettivo quello di spiegare dei fenomeni indipendentemente dalla loro applicazione pratica, anche se le grandi innovazioni spesso partono dal contributo fondamentale di quest'ultima, i cui risultati vengono a loro volta presi come punto di partenza per saggiare nuove applicazioni nella realtà produttiva. Si pensi ad esempio allo studio della anatomia e fisiologia degli insetti, che ha portato alla scoperta dei feromoni, le cui applicazioni successive nella lotta biologica e integrata hanno oggi un utilizzo ormai generalizzato.

Un'altra caratteristica delle scienze agrarie è la predilezione per l'uso, nell'ambito del metodo scientifico, del cosiddetto ragionamento induttivo che, in termini molto semplici, può essere spiegato attraverso il seguente esempio. Osserviamo in campagna un maggiore attacco di acari fitofagi (**osservazione di un fenomeno**) e ci chiediamo che cosa lo abbia determinato, iniziando un ragionamento a ritroso per ricercare le cause (**analisi della problematica**). Dall'analisi del quaderno di campagna di molte aziende arriviamo a sospettare che uno degli insetticidi usati (pi-

impossibile prelevare tutte le piante di un appezzamento, ma si potrà effettuare la misura su 100 piante rappresentative dell'appezzamento. Per sapere quanti antocoridi predatori si trovano nel frutteto, prima di pensare a un possibile lancio a scopo di lotta biologica, si potrà effettuare una serie di battute su un certo numero di branchette nell'appezzamento.

Se l'arbitro di una finale di Champions League lancia la fatidica monetina a inizio gioco, i risultati possibili sono testa o croce, ma le leggi fisiche che governano il lancio impresso alla monetina e il suo movimento nell'aria non si combinano sempre nello stesso modo. Tutti sappiamo però che la probabilità teorica che esca testa o croce è la stessa ed è pari a 0,5 (oppure 50%, cioè 1 caso su 2). Più è alto il numero di lanci che facciamo e più ci si avvicina alla probabilità teorica.

FIGURA A - Passaggi del metodo scientifico



retroide) abbia eliminato i predatori fitoseidi (**formulazione di un'ipotesi da verificare**).

Decidiamo di impostare una sperimentazione per verificare l'impatto di determinati insetticidi piretroidi sugli acari utili (**esperimento di verifica dell'ipotesi**). I **risultati** ci portano a scoprire l'effetto negativo di questi insetticidi sui fitoseidi e confermiamo l'ipotesi di partenza. Possiamo pertanto stabilire il **principio** secondo cui i piretroidi possono causare l'eliminazione di predatori utili, ma è possibile anche effettuare altre sperimentazioni per verificare come e quando l'insetticida può essere utilizzato senza conseguenze negative, raffinando o migliorando successivamente l'ipotesi di partenza. ●

Se voglio conoscere quanti nematodi ci sono nel terreno di una serra di pomodoro da mensa, **sarà sempre più probabile che mi avvicini alla realtà quanto maggiore è il numero di campioni di terreno che preleverò.**

Se voglio sapere il diametro della spiga di mais dell'ibrido XY coltivato in un certo campo sperimentale, mi avvicinerò sempre più al dato reale quante più spighe riuscirò a misurare.

Perché un campione sia rappresentativo della popolazione da cui deriva deve essere quindi sufficientemente ampio.

Casualità del campione. Il secondo importante requisito è che sia estratto in maniera casuale (in inglese *random*), cioè che ogni individuo della popolazione abbia la stessa probabilità di ricadere nel campione.

TABELLA 1 - Principali tipologie di prove sperimentali in agricoltura

Concimazione	Studiare i concimi e fertilizzanti in genere, le modalità di distribuzione e le dosi più adatte a seconda dell'ambiente pedoclimatico, ecc
Destino ambientale	Studiare il comportamento degli agrofarmaci nel terreno e nell'ambiente (emivita, mobilità, ecc.)
Diserbo	Studiare la sostanza attiva o formulato o la dose più efficace per controllare le malerbe, la persistenza nel terreno, la tecnica di distribuzione, ecc.
Effetti collaterali	Studiare gli effetti collaterali nei confronti degli organismi utili
Lotta antiparassitaria	Studiare la sostanza attiva o formulato o la dose più efficace per combattere un determinato parassita, studiare la fitotossicità degli agrofarmaci, i sistemi di distribuzione, ecc.
Residui	Determinare i limiti massimi di residui (LMR) ipotizzabili per una determinata sostanza attiva o studiare l'intervallo di sicurezza
Tecnica culturale	Studiare le lavorazioni del terreno più idonee nei diversi suoli, la meccanizzazione più adatta, i cantieri di lavoro, le dosi di semina, i sistemi di protezione delle colture, l'irrigazione, ecc.
Varietali	Studiare le varietà, scegliere le più adatte alla coltivazione nei diversi ambienti pedoclimatici
Zootecnica	Studiare le razioni più appropriate, le razze, i sistemi di allevamento, la digeribilità degli alimenti, ecc.

Se ci si pone la domanda di sapere quanti nematodi ci sono mediamente in un chilogrammo di terreno in una serra e si preleva il campione di terreno solo dalle sue estremità, il campione sarà rappresentativo solo delle due estremità e il numero trovato non risponderà correttamente alla domanda. Se ripetessimo il campionamento l'anno successivo e il campione fosse invece prelevato da tutta la serra, troveremmo un dato molto diverso e, supponendo condizioni meteorologiche immutate tra i due anni, trarremmo conclusioni errate sulla variabilità delle due misure. La non casualità del campione estratto introduce quindi altre fonti di variabilità non controllate e l'errore sperimentale diventa più elevato.

Le prove sperimentali

Le prove sperimentali possono essere effettuate per gli scopi più diversi, toccando tutti i settori dell'agricoltura. Nella *tabella 1* sono riportate le categorie di prove più comuni.

Molte sperimentazioni servono ai fini della registrazione presso **Enti ufficiali** (come ad esempio quelle effettuate per la registrazione degli agrofarmaci) o per l'introduzione di tecniche agronomiche o fitoiatriche in disciplinari di produzione integrata o, ancora, a scopo di standardizzazione di metodologie di prova. Esse sono eseguite da **Centri di saggio** certificati o abilitati per questo scopo.

I vari Enti di ricerca adottano normal-

mente metodologie che si basano su **Linee Guida** già esistenti, spesso pubblicate da organizzazioni internazionali o nazionali (EPPO, OECD, CEB, EPA, FDA, IOBC, ecc.), soprattutto se si tratta di prove standardizzate come nel caso di quelle a scopo di certificazione o registrazione.

Il testimone non trattato

Esistono anche prove di concezione più semplice, come quelle a scopo dimostrativo, effettuate su parcelloni più o meno grandi e senza ripetizioni, dove i trattamenti vengono fatti dall'agricoltore con attrezzatura aziendale. Esse forniscono utili indicazioni di tipo tecnico-pratico, ma i dati raccolti non possono essere soggetti ad analisi statistica. Nel caso poi che non venga prevista la presenza del cosiddetto testimone non trattato, la validità di queste prove viene talora messa in seria discussione e i risultati non possono essere considerati validi. Appare chiaro infatti che, se l'obiettivo è quello di effettuare dei confronti tra soluzioni tecniche diverse, preventivamente progettate e dalle quali ci si aspettano dei risultati in base a un'ipotesi di partenza, **il testimone non trattato deve essere sempre presente.**

Si tratta di una parcella sperimentale dove non viene fatto nessun trattamento e che serve da confronto fondamentale per tutti gli altri trattamenti. Il testimone non trattato rappresenta lo stato naturale o di base di una determinata variabile: nessuna efficacia di insetticidi contro do-



In tutte le prove di campo è fondamentale avere anche il testimone non trattato, pena la nullità dell'esperimento. Foto M. Pasini

rifora si può misurare se non viene messa in relazione alla popolazione naturale di dorifora; nessun giudizio di bontà di un determinato concime minerale può essere formulato se non si pone in confronto con del terreno non concimato.

Spesso a livello aziendale viene suggerito l'uso, a scopo di prova, di particolari soluzioni tecniche (agrofarmaco, concime, ecc.) che non possono essere valutate correttamente in quanto manca un appezzamento non trattato. Supponiamo che un promettente fungicida antiperonosporico sia stato fatto provare a un agricoltore su un determinato vigneto e dopo un appropriato numero di trattamenti sia stata valutata la presenza di grappoli danneggiati su 500 osservati in totale, risultando un danno pari allo 0,1%. L'agricoltore rimane soddisfatto di questo risultato, che appare in linea con i trattamenti fatti normalmente in azienda. Ma supponiamo che in quell'annata l'infezione primaria sia stata praticamente assente per motivi climatici (scarsità di piogge in aprile). Mancando un appezzamento non trattato che metta in risalto l'assenza di attacco fungino, se il prodotto è veramente efficace, questo tipo di prova viene considerato erroneamente come un'altra dimostrazione di efficacia.

Massimiliano Pasini

Agrea Centro studi, Verona

Mario Baldessari, Marco Delaiti

Fondazione E. Mach

Istituto agrario S. Michele all'Adige (Trento)

V Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: redazione@informatoreagrario.it

Per consultare gli approfondimenti e/o la bibliografia: www.informatoreagrario.it/rdLia/12ia17_6316_web