

Su un indice di rendimento in meteorologia agraria

EZIO ROSINI

L'agricoltura è una attività umana volta ad ottenere i prodotti della terra con il massimo rendimento, in tutti i sensi: perciò le discipline che le si riferiscono debbono essere valutate come studi destinati, in definitiva, a migliorare il rendimento delle colture. Fra questi l'ecologia agraria si occupa dell'influenza che sul rendimento ha l'ambiente, atmosfera e suolo, in cui la pianta vive. Per quanto riguarda l'atmosfera, invero, tale studio già faceva parte della meteorologia agraria, ed anzi può notarsi che l'ecologia agraria si limita praticamente alla considerazione del clima, anzi soltanto di pochi suoi elementi. Alcuni recenti fatti hanno richiamato l'interesse su tale ordine di studi, che è doveroso promuovere attivamente in vista della imponente incidenza che possono avere sulla razionalità delle colture e quindi sull'economia nazionale.

A parere dello scrivente l'ecologia agraria si vale di alcune felici intuizioni, che peraltro possono essere realizzate con una visione meteorologica più adeguata e con mezzi statistici meno rudimentali.

Uno dei caposaldi dell'ecologia agraria è il cosiddetto equivalente meteorologico; ci si propone di mostrare nella presente comunicazione come da esso si possa prendere lo spunto per definire un interessante indice di rendimento meteorologicamente e statisticamente soddisfacente.

È necessaria una breve premessa. Il rendimento è il risultato della combinazione di due fattori: la produttività, che è una caratteristica intrinseca della specie o della varietà presa in esame, e la resistenza, cioè la capacità di produrre in condizioni ambientali vieppiù lontane dalle ottime. È in questo aspetto che entra lo studio dell'ambiente come fattore di rendimento. Uno studio teorico, o meglio concepito in condizioni

piuttosto astratte di ricerca, prenderebbe in considerazione tutti i fattori esterni del rendimento, ed arriverebbe a scrivere una relazione funzionale in cui il rendimento stesso sarebbe espresso nella forma:

$$R = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

dove con X sono indicati tutti i possibili fattori, che sono in maggioranza essi stessi delle funzioni. Come ben noto, è tempo perduto costruire considerazioni su questa base, poichè la realtà biologica sfugge ad un tale inquadramento ed accetta solo di essere avvicinata con relazioni statistiche, cioè relazioni di gruppo che rispettino un certo grado di libertà individuale.

Si potrebbe pensare allora ad un attacco con il metodo delle correlazioni, facendo uso del concetto di correlazione totale; questo metodo avrebbe anche il vantaggio di mettere in luce il grado di interdipendenza tra i vari fattori e precisare la forza del loro legame e l'importanza di ciascuno di essi. Tuttavia anche questo schema nella sua applicazione sembra essere troppo astratto, uno strumento troppo macchinoso e confuso nei risultati per essere usato con vantaggio, tanto più che probabilmente non basterebbe la regressione lineare.

Si è pensato allora a qualcosa di più semplice, che sinteticamente permetta di esprimere un giudizio sulla adattabilità di una determinata coltura ad un determinato clima.

Lasciando dunque da parte la variabilità del rendimento in funzione analitica o statistica dei vari fattori, si è cercato di esprimere per ogni fattore un *valore limite* al di là del quale la coltura diviene svantaggiosa; tale valore è stato chiamato « equivalente meteorologico ». Questo processo logico è certamente valido in linea generale; le ombre

cominciano quando si considerano i concetti ed i metodi di determinazione degli equivalenti, e le perplessità aumentano con la constatazione dell'assenza di ogni controllo statistico e dell'accettazione senza prova di alcune semplificazioni forse troppo sbrigative, come quella della indipendenza statistica fra i fattori meteorologici. Facendo riferimento costante al Trattato di Azzi (1), è opportuno mostrare con un esempio la definizione e la determinazione di un equivalente meteorologico, quello della siccità per un dato periodo, il periodo critico, di una data coltura, il mais. Fissato il periodo in 30 giorni, per semplicità ad es. il mese di giugno, si prendono in considerazione quante più annate possibili di tutte le località per le quali si posseggono i dati delle precipitazioni e la valutazione del raccolto ottenuto. Divisi (per quanto mi risulta, in maniera puramente qualitativa) i raccolti in cinque gruppi: abbondante, buono, soddisfacente, mediocre, scarso, si prendono in considerazione solo le annate delle singole località appartenenti ai due gruppi estremi, abbondante e scarso, quando possa apparirsi che la scarsità del raccolto sia stata causata dalla siccità. Scelto un ugual numero di casi nei due gruppi dei raccolti abbondanti e scarsi (occorre notare però che la condizione di eguaglianza dei casi enunciata nella definizione il più delle volte poi non è rispettata) si riportano su un asse le precipitazioni mensili di giugno corrispondenti a tali casi, e si vede che i due gruppi come era prevedibile sono ben differenziati fra loro, anche se esiste sempre una zona di mescolanza. Si sceglie allora quel valore delle precipitazioni che separa i due gruppi in modo numericamente simmetrico, cioè in modo che sia eguale il numero di casi con raccolto abbondante e precipitazione inferiore, e con raccolto scarso e precipitazione superiore. Tale valore è l'equivalente della siccità per quella data coltura nel dato periodo del suo sviluppo vegetativo. In *fig. 1* sono riportati, desumendoli dal Trattato citato, due equivalenti ed i dati che son serviti per determinarli. Essi si utilizzano per ca-

ratterizzare i rapporti fra una località e quella coltura mediante una frequenza: la frequenza delle annate con precipitazione inferiore all'equivalente, cioè delle annate presumibilmente sfavorevoli. Analogamente si considerano gli equivalenti di siccità e di eccesso pluviometrico per ogni fase dello sviluppo vegetativo e gli equivalenti di deficienza e di eccesso termico.

Sintetizzando le varie critiche che possono muoversi alla definizione ed al calcolo degli equivalenti, si deve notare che i risultati non sono corredati, nè corredabili, da indici di precisione o di variabilità o di attendibilità, di modo che l'uso ne diviene aleatorio e, in definitiva, piuttosto arbitrario. In particolare il criterio di scegliere come valore significativo quello che lascia da parti opposte un ugual numero di casi « asimmetrici » sembra insostenibile quando il numero dei casi presi in considerazione sia diverso nei due gruppi. Inoltre l'equivalente postula dichiaratamente l'esistenza di un limite netto: continuando nell'esempio della siccità, se la pioggia, a parità delle altre condizioni, scende al disotto di quel limite, il rendimento si abbassa bruscamente. Tale almeno è il significato che sembra doversi dare ad una dimostrazione geometrica della « stabilità » degli equivalenti, dimostrazione che peraltro sembra contenere qualche incoerenza. Esisterebbe cioè una specie di soglia di rendimento: ma tale soglia o non esiste o comunque non è espressa dall'equivalente, come si deduce dalle determinazioni finora eseguite e riportate nel già citato Trattato. Infine alcuni equivalenti sono determinati con un numero così esiguo di casi (vedi 2° esempio di *fig. 1*) che sarebbe ben difficile accettarne l'attendibilità.

Lasciando allora da parte gli equivalenti, pur accettando il processo logico sopra indicato, si può arrivare alla definizione di un indice o di un gruppetto ordinato di indici statistici che permettono di caratterizzare rapidamente un clima in rapporto ad una data coltura. Come premessa, occorre sottolineare che non è affatto necessario che la ricerca di tali indici si risolva in poche operazioni: infatti la loro individuazione e calcolo si effettuano una sola volta per ciascuna coltura, e d'altronde possono oggi usarsi strumenti rapidissimi di indagine sta-

(1) G. Azzi: « Ecologie agricole », Librerie J. B. Baillière et fils, Paris, 154.

tistica e calcolo numerico. Ciò che veramente importa invece, anche per le esigenze dell'ambiente agrario cui si rivolgono, è che gli indici siano limpidiissimi nel loro significato

la 3^a dalla ripresa dello sviluppo alla spigatura; la 4^a dalla spigatura alla completa maturità. Consideriamo tutte le località e per ciascuna di esse tutte le annate per le quali

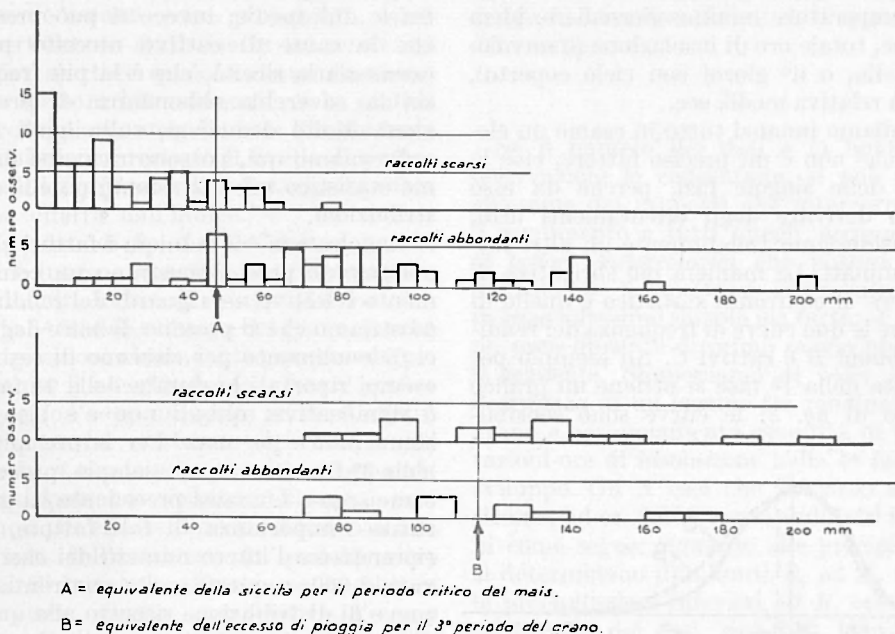


Fig. 1

e, una volta determinati, diano risposte immediate e semplici in ogni applicazione particolare.

Come si richiede nelle ricerche statistiche, non postuliamo nessuna ipotesi di partenza circa i fattori che agiscono sul rendimento e circa il meccanismo della loro azione. Operiamo prima una analisi statistica che mostri quali connessioni esistano in entità significative fra il rendimento ed i singoli possibili fattori presi isolatamente nelle varie fasi dello sviluppo. Riprendiamo poi i fattori di cui si è così dimostrata l'influenza sul rendimento e definiamo alcuni indici che delimitino il campo di variabilità oltre il quale la coltura supera un determinato livello di probabilità di rendimento svantaggioso.

Come esempio prendiamo la coltura del grano, il cui periodo vegetativo comprende 4 fasi: la 1^a va dalla semina all'inizio del riposo invernale; la 2^a è il riposo invernale, fino alla ripresa primaverile dello sviluppo;

si posseggono dati sulle durate delle varie fasi, sul rendimento del raccolto e sulla evoluzione dei diversi fattori meteorologici. Otteniamo in tal modo il nostro materiale sperimentale, costituito da un certo numero di osservazioni complete: 100 località con una media di 30 anni forniscono 3.000 di tali osservazioni. Ordiniamo le osservazioni in base al valore del rendimento in ordine crescente ed operiamo la divisione in 3 gruppi comprendenti il 1° il 25% dei casi, cioè 750 casi che si chiameranno di rendimento cattivo, il 2° il 50% dei casi con rendimento normale, il 3° gruppo il rimanente 25% di casi di rendimento che chiameremo buono. Ai fini della prima fase della nostra ricerca, quelle della individuazione dei fattori singoli aventi importanza, trascuriamo il 50% dei casi intermedii, cioè i casi con raccolto normale, come i meno idonei a dare una precisa indicazione, ed operiamo un confronto fra i due gruppi statistici estremi dei raccolti buoni e cattivi. Ciascuno di esse si

presenta come un quadro di numeri, dove sono indicati i vari elementi presi in considerazione: n° d'ordine, durata in giorni, totale precipitazioni in mm, n° giorni con precipitazioni, temperatura media, media delle temperature minime giornaliere, idem massime, totale ore di insolazione (o nuvolosità media, o n° giorni con cielo coperto), umidità relativa media ecc.

Prendiamo innanzi tutto in esame un elemento che non è un preciso fattore, cioè la durata delle singole fasi, perchè da esso possono derivare degli orientamenti utili, poi consideriamo isolatamente gli altri fattori nominati. La maniera più sbrigativa di procedere il confronto statistico è quello di costruire le due curve di frequenza dei rendimenti buoni *B* e cattivi *C*. Ad esempio per la durata della 1ª fase si ottiene un grafico del tipo di *fig. 2*: le curve sono sensibil-

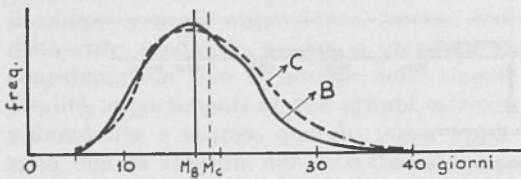


Fig. 2

mente gaussiane e quindi di confronto può farsi sulla differenza delle due medie M_B e M_C secondo il ben noto criterio, secondo cui tale differenza è significativa, cioè indica una diversità effettiva fra i due gruppi, se risulta $|M_B - M_C| \geq 3 \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_C^2}$ dove σ_B^2 e σ_C^2 sono le varianze delle medie dei due gruppi. In realtà la differenza risulta in questo caso non significativa. Come altro esempio, il grafico delle precipitazioni nella 3ª fase, quella precedente la spigatura, è del tipo di *fig. 3*.

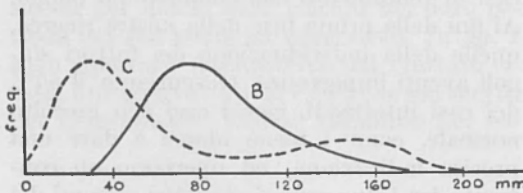


Fig. 3

Come si vede, le due distribuzioni sono sostanzialmente diverse, cioè le precipitazioni nella fase precedente la spigatura costituiscono un fattore determinante del rendimento. Qui non avrebbe senso il confronto fra le due medie; invece si può presumere che le cause di cattivo raccolto possano essere sia la siccità, che è la più frequente, sia la soverchia abbondanza di precipitazioni. Molte deduzioni, sulle quali non ci soffermiamo qui, possono ricavarsi dall'esame statistico più approfondito delle due distribuzioni.

Enucleati in tal maniera i fattori che singolarmente presi dimostrano un comportamento selettivo nei riguardi del rendimento, mostriamo che si possano definire degli indici di rendimento per ciascuno di essi. Negli esempi riportati la durata della 1ª fase non è significativa, quindi non c'è bisogno di alcun indice per essa. Per le precipitazioni nella 3ª fase invece, ad esempio, procediamo come segue. L'analisi precedente ha già mostrato l'importanza di tale fattore, perciò riprendiamo l'intero numero dei casi osservati, 3.000, e questa volta confrontiamo le curve di distribuzione rispetto alla quantità di precipitazione dell'intero complesso e dei soli 750 casi cattivi: precisamente, per ogni valore delle precipitazioni determiniamo il

rapporto $\frac{C}{N}$ fra i casi di rendimento cattivo e il totale dei casi: il valor medio di tale rapporto è evidentemente 0,25, ma il suo andamento è dato da un grafico del tipo di *fig. 4*.

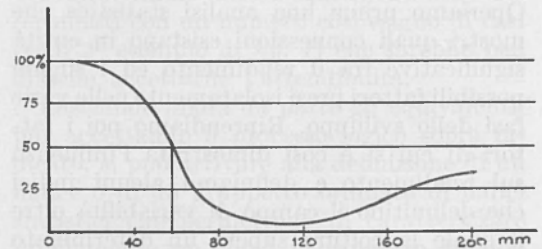


Fig. 4

Questo suggerisce di definire un *indice di siccità S*, dato da quel valore in mm pel quale la curva taglia l'ordinata del 50%: cioè dire che i raccolti cattivi, che nella to-

talità rappresentano il 25% dei casi, per precipitazioni inferiori ad S divengono oltre il 50% dei casi, e quindi la coltura diviene sconsigliabile. Il livello di frequenza del 50% (o di probabilità 0,5, poichè le frequenze possono essere assunte come probabilità, salvo un accertamento statistico in tal senso che potrà far scartare qualche determinazione) è stato scelto arbitrariamente, e la pratica potrà consigliarne uno diverso: l'importante è che qui viene precisato il livello di probabilità ed il significato di valutazione probabilistica offerta dall'indice.

Dal grafico di fig. 4 si deduce anche che non vi è luogo a considerare un corrispondente definito indice di eccesso pluviometrico per la 3^a fase di sviluppo del grano, perchè le precipitazioni abbondanti pur essendo pericolose per il raccolto come indica il grafico di fig. 3, non sono univoche nei loro effetti. È evidente dal confronto dei due grafici fig. 3 e fig. 4 che le precipitazioni troppo abbondanti possono o meno rovinare i prodotti non per effetto diretto ed univoco, ma a seconda dell'incidenza di qualche altro fattore. Si constata effettivamente che in questo caso risulta significativo l'esame statistico dell'accoppiamento precipitazioni-temperatura, e più ancora risulta determinante il comportamento dell'umidità relativa. Ciò in definitiva per la fase precedente la spigatura del grano occorre considerare un *indice di siccità* S ed un *indice di eccesso di umidità*, anzichè un indice di eccesso pluviometrico.

Per ogni coltura, in conclusione, si può fornire un gruppetto di valori, aventi un significato assai limpido: quando i fattori corrispondenti oltrepassano quei valori, c'è da attendersi un raccolto pessimo ogni due volte che questo si verifica.

Se in una determinata località le precipitazioni inferiori ad S si presentano con la frequenza percentuale f , il numero $\frac{1}{2}f$ ci fornisce la probabilità minima che quella coltura in quella località dia luogo, in un generico anno, a raccolto cattivo: in altre parole se la precipitazione è inferiore ad S per 4 volte su 10, cioè $f = 40\%$, la probabilità di raccolto cattivo il prossimo anno è almeno 20%, cioè in media almeno un raccolto cattivo ogni 5 anni. Naturalmente, in un confronto fra varietà diverse, si dovrà

anche valutare la «cattiveria» del raccolto, che qui non è data perchè abbiamo chiamato cattivi il 25% dei casi. Ma tralasciamo questa considerazione, che d'altronde si può risolvere in maniera abbastanza ovvia prendendo in considerazione i dati quantitativi dei rendimenti.

* * *

Se il numero dei dati e la bontà delle osservazioni lo consentono, si può passare all'esame dei rapporti che intercorrono fra il rendimento e tutti quegli *accoppiamenti di fattori metereologici* che possano ragionevolmente prospettarsi come interessanti in base all'esame singolo già fatto. A tal fine un procedimento di primo saggio può essere il seguente. Supponiamo di voler saggiare l'esistenza di un legame fra rendimento del grano e accoppiamento quantità di precipitazioni-ore di insolazione nella 4^a fase dello sviluppo. Gli N casi che abbiamo a disposizione, ad es. 3.000, siano suddivisi in gruppi come segue: riguardo alle precipitazioni, si determinano due limiti R_1 ed R_2 tali che le precipitazioni inferiori ad R_1 costituiscano il 25% dei casi, cioè 750, le precipitazioni fra R_1 ed R_2 il 50% dei casi, cioè 1.500, e le precipitazioni maggiori di R_2 il restante 25% dei casi. Analogamente operiamo per le ore di insolazione, determinando due limiti O_1 ed O_2 tali che le insolazioni inferiori ad O_1 rappresentino il 25% dei casi, come le insolazioni superiori ad O_2 . Veniamo con ciò a suddividere gli N casi in 9 gruppi, situati come in fig. 5 in un piano che abbia

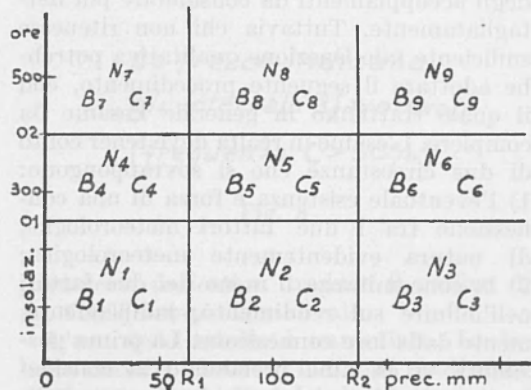


Fig. 5

per ascisse le quantità di precipitazioni in mm ed in ordinate le ore di insolazione. Per ciascun gruppo poi eseguiamo il conteggio dei raccolti buoni B e cattivi C secondo la suddivisione già operata in precedenza, e riportiamo i numeri ottenuti nel grafico di *fig. 5*. Infine formiamo il quadro di *fig. 6a*) dove sono eseguite le differenze $d_i = B_i - C_i$, $i = 1, 2, \dots, 9$ e se si vuole il quadro di *fig. 6b*) dove sono riportati i rapporti di tali differenze ai rispettivi numeri totali di casi:

$$r_i = \frac{d_i}{N_i} \quad i = 1, 2, \dots, 9$$

Poichè $\Sigma B_i = \Sigma C_i = \frac{1}{4} N$, risulta $\Sigma d_i = 0$.

L'ispezione attenta dei quadri di *fig. 5* e *fig. 6*, anche senza uso di strumenti stati-

d_7	d_8	d_9
d_4	d_5	d_6
d_1	d_2	d_3

a)

r_7	r_8	r_9
r_4	r_5	r_6
r_1	r_2	r_3

b)

stici, permette di rendersi conto, sia pure in maniera qualitativa, dell'influenza o meno sul rendimento dell'accoppiamento di fattori prescelto: ciò è sufficiente, perchè questo saggio tende solo alla individuazione degli accoppiamenti da considerare più dettagliatamente. Tuttavia chi non ritenesse sufficiente tale ispezione qualitativa potrebbe adottare il seguente procedimento, con il quale trattiamo in generale l'esame da compiere. L'esame in realtà deve tener conto di due circostanze che si sovrappongono: 1) l'eventuale esistenza e forza di una connessione fra i due fattori meteorologici, di natura evidentemente meteorologica; 2) la concomitanza o meno dei due fattori nell'influire sul rendimento, indipendentemente dalla loro connessione. La prima possibilità si esamina prendendo in considerazione i soli numeri N_i : la rigorosa interdipendenza fra i due fattori porterebbe a

verificare le relazioni $N_1 = N_3 = N_7 = N_9$; $N_2 = N_4 = N_6 = N_8$ mentre la totale interdipendenza (lineare) comporterebbe la verifica di uno dei due gruppi di relazioni $N_2 = N_3 = N_4 = N_6 = N_7 = N_8 = 0$ e quindi $N_1 = N_9 = \frac{1}{4} N$; $N_5 = \frac{1}{2} N$ oppure $N_1 = N_2 = N_4 = N_6 = N_8 = N_9 = 0$ e quindi $N_3 = N_7 = \frac{1}{4} N$; $N_5 = \frac{1}{2} N$

La interdipendenza completa o quasi completa, ovviamente, permetterebbe di trascurare uno dei due fattori nei rapporti con il rendimento.

La collaborazione dei due fattori nel condizionare il rendimento si esamina facendo ricorso al criterio del χ^2 di Pearson, che sembra particolarmente idoneo per l'attuale problema. Prendiamo ora come dati di fatto i numeri N_i ; questi in generale si suddividono in modo che i numeri B_i e C_i si presentano con proporzioni variabili da casella a casella. Considerando i soli raccolti cattivi C_i , se questi fossero indipendenti dai due fattori, e non vi fossero deviazioni casuali, essi sarebbero ovunque uguali al 25% dei casi presenti:

$$C_i = \frac{N_i}{4} \quad i = 1, 2, \dots, 9.$$

In realtà i numeri C_i saranno diversi dai numeri $\frac{1}{4} N_i$, e dobbiamo determinare se gli scostamenti possano essere attribuiti al caso oppure se appaiano significativi di una diversa legge di distribuzione. Come noto, si utilizza il criterio della conformità del χ^2 di Pearson, cioè si calcola la quantità

$$\chi^2 = \sum_i \frac{\left(C_i - \frac{1}{4} N_i\right)^2}{\frac{1}{4} N_i} \quad i = 1, 2, \dots, 9$$

escludendo gli eventuali termini indeterminati dovuti alle caselle vuote. Supponendo ogni $N_i > 0$, ed avendosi la condizione $\Sigma C_i = \Sigma \frac{1}{4} N_i$, i gradi di libertà con cui entrare nelle tavole sono in numero di 8 (possiamo infatti prescindere dai vincoli

$0 \leq C_i \leq N_i$ che appaiono marginali in una distribuzione casuale). Se la probabilità associata al χ^2 nella distribuzione normale è minore del 5%, possiamo considerare accertata la dipendenza del rendimento dalla coppia di fattori (è chiaro che qui occorre scegliere un livello piuttosto basso di conformità, quale è il 5%). Come noto il criterio del χ^2 è pienamente valido per grandi campioni, cioè in pratica quando i termini da confrontare solo eccezionalmente risultino inferiori al 10; ciò significa che il numero totale dei casi presi in considerazione non deve essere troppo inferiore al 500, limite questo che deve essere, ci sembra, sempre rispettato nelle presenti ricerche.

Supponiamo dunque di aver stabilito che la coppia precipitazione-insolazione ha influenza sul raccolto. Per caratterizzare sinteticamente tale influenza riprendiamo gli N casi osservati e distribuiamoli ora in una normale tabella di frequenza a doppia entrata con le precipitazioni e le durate di insolazione divise in piccoli intervalli equidistanti. Per ogni casella, come nel caso dei singoli fattori, calcoliamo il rapporto $\frac{C}{N}$ fra numero di casi con rendimento cattivo e numero totale dei casi che rientrano nei limiti della casella: quanto più l'indagine è circostanziata tanto più si perviene ad un risultato del tipo di *fig. 7*, dove per sempli-

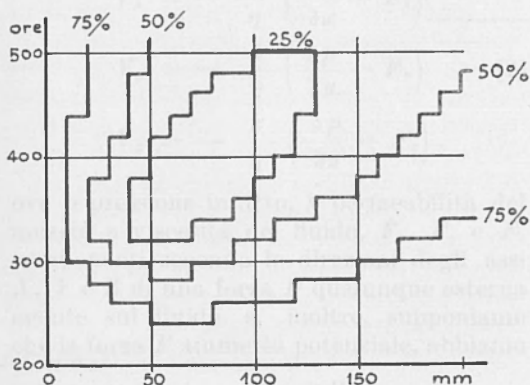


Fig. 7

cità sono stati marcati i limiti delle caselle con numero di casi con rendimento cattivo rispettivamente superiori al 25%, 50%, 75%

del numero complessivo dei casi. L'uso del grafico di *fig. 7* è immediato per caratterizzare il comportamento della coltura in un clima dato: basta vedere come la frequenza climatica dei valori precipitazioni-insolazione si distribuisce nelle varie regioni del grafico per dedurne la probabilità di rendimento cattivo in ogni anno. Se però fissiamo l'attenzione, come nel caso dei singoli fattori, sul solo valore 50% delle frequenze dei raccolti cattivi, possiamo passare dal grafico ad una tabella semplice nella quale per una serie di valori dell'insolazione si dà l'intervallo di precipitazione *al di fuori del quale* la probabilità dei rendimenti cattivi supera il 50% (o viceversa). La tabella di *fig. 8*

ore di insolaz.	precipitazioni in mm
260	←————→
280	← 50 70 →
300	← 30 90 →
320	← 20 110 →
340	← 20 130 →
360	← 20 150 →
380	← 20 160 →
400	← 30 170 →
420	← 30 180 →
440	← 40 190 →
460	← 40 200 →

Le frecce indicano gli intervalli sfavorevoli (frequenza C > 50%)

Fig. 8

puramente indicativa, traduce il grafico di *fig. 7* nell'esempio considerato.

L'uso della tabella è immediato. La tabella stessa costituisce l'*indice di rendimento* dell'azione combinata dei due fattori presi in esame. Non è da meravigliarsi se in questo

caso l'indice invece di essere un numero è una tabella di numeri. Infatti per poter semplificare la tabella occorrerebbe che il rendimento fosse indipendente da uno o da ambedue i fattori, casi che abbiamo escluso, oppure che i due fattori non mostrassero alcuna interazione nel condizionare il rendimento, ciascuno mantenendo costanti i propri limiti di rendimento: in tale eventualità la tabella potrebbe risolversi negli indici di rendimento relativi ai due fattori singolarmente presi.

RIASSUNTO

Si sottopone ad un esame critico uno dei caposaldi dell'Ecologia agraria: il concetto di equivalente meteorologico. Si mostra come a questo possa sostituirsi un indice di rendimento statisticamente definito, di cui si fanno

alcuni esempi di applicazione. Si considera poi la dipendenza simultanea del rendimento da due fattori meteorologici, si mostra come possa condursi l'esame statistico di tale dipendenza e si definisce il relativo indice complesso di rendimento.

ABSTRACT

The conception of meteorological equivalent one of the main points of the agrarian Ecology, is critically examined. It is shown that this conception can be replaced by an efficiency index, the application of which is shown in some examples.

The simultaneous dependence of the efficiency from two meteorological factors is considered; in what manner the statistical examination of this dependence can be made is shown and the complex efficiency index is defined.