

GIOVANNI BURGIO ⁽¹⁾, RICCARDO CORNALE ⁽²⁾,
CECILIA CAVAZZUTI ⁽²⁾, MARCO POZZATI ⁽²⁾

⁽¹⁾ Istituto Entomologia "G. Grandi", Università di Bologna - Centrale Ortofrutticola Cesena

⁽²⁾ Centro Agricoltura e Ambiente, Crevalcore, Bologna

Distribuzione spaziale e campionamento binomiale
di *Sitobion avenae* (F.) e *Rhopalosiphum padi* (L.)
(Homoptera: Aphididae), infestanti il frumento in
Emilia-Romagna. (*)

INTRODUZIONE

Le specie di afidi infeudate alla coltura del frumento in Emilia-Romagna, risultano essere principalmente *Sitobion avenae* (F.) e *Rhopalosiphum padi* (L.). La prima è una specie monoica sulle graminacee e su altre monocotiledoni (Tremblay, 1981); colonizza di preferenza le spighe e, quando mancano, infesta le foglie più alte e solo raramente lo stelo (Blackmann & Eastop, 1984). *R. padi*, specie dioica, ha come ospite primario *Prunus padus* L. e come ospiti secondari graminacee spontanee e coltivate, anche se in assenza del primario può svolgere il ciclo unicamente sulle graminacee. La comparsa dei primi afidi sulle piantine di frumento avviene tra l'inizio di aprile e la fine di maggio a seconda dell'andamento climatico e dell'area considerata (Süss & Colombini, 1981); le prime infestazioni sono determinate da *S. avenae* e solo successivamente da *R. padi*. Tali afidi possono provocare sia danni diretti (sottrazione di linfa, iniezione di saliva fitotossica e plasmolitica) che indiretti per trasmissione di virus ed emissione di melata. La perdita di resa del frumento conseguente all'infestazione da afidi è di difficile quantificazione perché dipende, a parità di presenza di afidi, da fattori come la fase fenologica, data di semina, varietà, contenuto in azoto del terreno, presenza di antagonisti naturali, clima e tecniche colturali.

Il campionamento binomiale (o campionamento presenza-assenza) sta ricevendo nei recenti anni sempre più ampi consensi da molti entomologi, in numerosi programmi di lotta integrata (IPM) (Binns & Bostonian, 1990; Nyrop & Binns, 1991; Kuno, 1986; Kuno, 1991). Con questa tecnica, la densità media di un

(*) Lavoro accettato il 28 settembre 1995.

organismo (m), viene infatti ricavata mediante una formulazione matematica dal semplice conteggio delle unità di campionamento (foglie, culmi, ecc.) infestate (p). In questo modo chiaramente, è evitato il faticoso conteggio diretto di un fitofago, problematico sia per l'altissimo numero degli individui da contare, che per le dimensioni assai ridotte degli organismi in questione (afidi e acari). Tale tipo di campionamento per gli afidi del frumento è stato studiato in USA e Canada da Feng & Nowierski (1992), Feng *et al.* (1993), Feng *et al.* (1993), Schaalje & Butts (1992), ed in Nord Europa da Rabbinge & Mantel (1981), Ward *et al.* (1985), Ekbom (1987); Ekbom (1985) presenta inoltre per *R. padi* un piano di campionamento sequenziale per frumento primaverile. Un approccio più complesso, riguardante la simulazione della dinamica di popolazione degli afidi del frumento mediante modelli matematici è stato affrontato da Wiktelius & Pettersson (1985) per *R. padi* e da Rabbinge *et al.* (1979) per *S. avenae*.

La presente nota riporta uno studio sulle infestazioni degli afidi del frumento in Emilia-Romagna, per approfondire le tematiche connesse ad un razionale campionamento di campo di tali fitofagi.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato svolto nel 1990, 1991, 1992, 1993 su appezzamenti di frumento dei comuni di S. Giovanni in Persiceto (BO), Pieve di Cento (BO), Cento (FE). Le osservazioni ogni anno hanno interessato 12 campi di frumento delle varietà prevalenti nella zona oggetto d'indagine (frumento tenero: Brasilia, Centauro, Golia, Mec, Manital; frumento duro: Creso, Citron, Latino, Duilio, Nepal, Appio). Per ogni appezzamento venivano controllati 400 culmi scelti a caso, contando il numero di afidi presenti separatamente per le due specie ed i predatori selvatici. I rilievi sono stati eseguiti a cadenza settimanale ad iniziare dalla fase fenologica di fine accostamento fino a maturazione completa della coltura. Su questi coltivi non sono stati eseguiti trattamenti fungicidi ed insetticidi.

Analisi statistica

Il numero medio degli afidi per culmo (m) e la varianza campionaria (s^2) sono stati calcolati per ogni data ed appezzamento. La "legge potenza" di Taylor (Taylor power law: $s^2 = am^b$) (Taylor, 1961; 1984), che correla medie e varianze campionarie, è stata utilizzata per descrivere la distribuzione spaziale delle due specie di afidi; la stima dei parametri (a e b) è stata calcolata mediante regressione di $\log (s^2)$ vs. $\log (m)$ generando:

$$\log s^2 = \log a + b \log (m), \quad (1)$$

dove l'intercetta (a) dipende essenzialmente dal metodo di campionamento mentre il coefficiente angolare (b), definito *indice di aggregazione*, è costante per una specie e varia in modo continuo passando da una distribuzione regolare per $b \rightarrow 0$, ad una random per $b = 1$, ed aggregata per $b > 1$ (Taylor, 1961). Per calcolare la dimensione ottimale di culmi (OSS) delle due specie di afidi nel caso di

conteggi numerici, la varianza campionaria della legge di Taylor è stata introdotta nella formula di Karandinos (1976), $n = [Z_{\alpha/2}/d]^2 s^2/m^2$, generando

$$n = [Z_{\alpha/2}/d]^2 a m^{b-2}, \quad (2)$$

dove d è il livello di precisione espresso come decimale (0.2-0.3-0.5), o percentuale di errore, $Z_{\alpha/2}$ è la normale standardizzata; per $n > 30$ e con $\alpha = 0.05$, $Z_{\alpha/2} = 1.96$ (Karandinos, 1976).

I modelli utilizzati per stimare la densità media di afidi per culmo (m) dalla proporzione di culmi infestati (p) sono stati:

$$a) \ln(m) = \alpha + \beta \ln [-\ln(1-p)] \quad (\text{Gerrard \& Chiang, 1970}) \quad (3),$$

dove a e b sono costanti. In forma di antilogaritmo la (3) diventa:

$$m = e^\alpha [-\ln(1-p)]^\beta \quad (\text{Binns \& Bostonian, 1990}) \quad (4);$$

$$b) P(I) = 1 - \exp \{-m [(\ln(a m^{b-1})) / (a m^{b-1} - 1)]\} \quad (\text{Wilson \& Room, 1983}) \quad (5),$$

in cui $P(I)$ è sempre la frequenza di organi infestati, m è la densità media dell'organismo, ed a e b sono i parametri ricavati dalla legge di Taylor.

La varianza di una media stimata è la somma di due componenti, $\text{varp}(m)$ e $\text{vars}(m)$ (Binns & Bostonian, 1990; Nyrop & Binns, 1991) e precisamente:

$$\text{varp}(m) = m^2 \{mse/N + [\ln [-\ln(p_0)] - \text{avgl} \ln p_0]^2 s\beta^2 + mse\}, \quad (6)$$

dove mse è il quadrato medio dell'errore della regressione, N è il numero di punti nella regressione, $\text{avgl} \ln(p_0)$ è la media della variabile indipendente della regressione e $s\beta^2$ è la varianza del parametro β ; in questa espressione, p_0 compare al posto di $1-p$. L'altra componente risulta:

$$\text{vars}(m) = p_0 (1 - p_0) \beta^2/n, \quad (7)$$

dove β è la pendenza della relazione fra m e p_0 dell' eq. (3), e n è il numero di campioni utilizzato per stimare m da p_0 .

La dimensione campionaria ottimale per campionamento binomiale è stata calcolata secondo Feng & Nowierski (1992) e Feng *et al.* (1993) partendo dalla

$$d m = Z_{\alpha/2} (s^2/n)^{1/2} \quad (8)$$

da cui si ricava, inserendo nella formula la varianza secondo Binns & Bostonian (1990),

$$d = [\text{varp}(m) + p_0 (1-p_0) \beta^2/n]^{1/2} / m \quad (9).$$

Risolvendo per n avremo:

$$n = [p_0(1-p_0) \beta^2] / [(d m/Z_{\alpha/2})^2 - \text{varp}(m)] \quad (10)$$

RISULTATI E DISCUSSIONE

TAB. 1 - Parametri (\pm e.s.) della legge di Taylor per le due specie di afidi.

Specie	log a (\pm e.s.)	b (\pm e.s.)	N	r ²	P
<i>Sitobion avenae</i>	0.94 (\pm 0.01)	1.29 (\pm 0.01)	208	0.95	< 0.001
<i>Rhopalosiphum padi</i>	1.46 (\pm 0.04)	1.53 (\pm 0.03)	87	0.96	< 0.001

Tab. 2 - Parametri della regressione (\pm e.s.) di $\ln(m)$ su $\ln[-\ln(1-p)]$ per *S. avenae* e *R. padi*, per stimare la densità media di afidi/culmo dalla frequenza di culmi infestati (vedi il testo per i simboli).

Specie	$\ln \alpha$ (\pm e.s.)	β (\pm e.s.)	r ²	P	avglnln(p ₀)	mse	sβ ²	N
<i>Sitobion avenae</i>	1.10 (\pm 0.10)	0.94 (\pm 0.03)	0.77	< 0.001	- 2.34	0.84	0.0012	208
<i>Rhopalosiphum padi</i>	2.98 (\pm 0.33)	1.31 (\pm 0.07)	0.78	< 0.001	- 4.1	1.32	0.0056	87

I parametri dell'equazione di Taylor, riferiti alle due specie di afidi, sono mostrati in Tab. 1 e Figg. IA e IB: gli alti coefficienti di determinazione (r² fra 0.95 e 0.96) indicano un ottimo adattamento al modello. I nostri risultati evidenziano un maggior grado di aggregazione per *R. padi* (b = 1.53) rispetto a *S. avenae* (b = 1.29), confermando analoghi studi in altre parti del mondo. Ekblom (1985; 1987) considera per *R. padi* in Svezia, un valore di b = 1.45, mentre per *S. avenae* sono segnalati ad esempio valori di b pari a 1.29 (Feng & Novierski, 1992) e 1.30 (Feng *et al.*, 1993), entrambi nell'Idaho, USA. Elliott & Kieckhefer (1987) indicano che i parametri della legge di Taylor sono indipendenti dallo stadio di sviluppo della pianta ma analizzando tali indici per popolazioni di *R. padi*, *S. avenae*, *Schizaphis graminum* (Rondani), *R. maidis* (Fitch.) di diverse località e colture, rilevano una forte variabilità nei valori; la variazione di a è ragionevole, incorporando gli effetti dovuti a diversità nel numero di campioni e ambiente (Taylor, 1984), ma la grande variabilità della pendenza (o indice di aggregazione) sembra essere inconsistente con l'ipotesi di Taylor (1961; 1984), che postula che l'indice di aggregazione sia costante per una specie. Secondo Elliott & Kieckhefer (1987), certi parametri biologici di alcuni afidi dei cereali potrebbero perciò variare in risposta a varie pressioni selettive associate a differenze climatiche, fisiche, biologiche che esistono fra regioni geografiche. Per esempio, alcuni parametri demografici variano fra diverse popolazioni di *Acyrtosiphon pisum* (Harris) che sono insediate in diverse regioni del Nord America (Hutchison & Hogg, 1984).

Le curve calcolate con l'equazione (2) per il numero ottimale di campioni riferite ad un conteggio diretto, sono mostrate in Figg. IIA e IIB: il numero di campioni (culmi) aumenta con l'aumentare del livello di precisione. A parità del livello di precisione, è richiesto un maggior numero di culmi da campionare per *R. padi*, più aggregato di *S. avenae*. Feng & Nowierski (1992) consigliano per fini

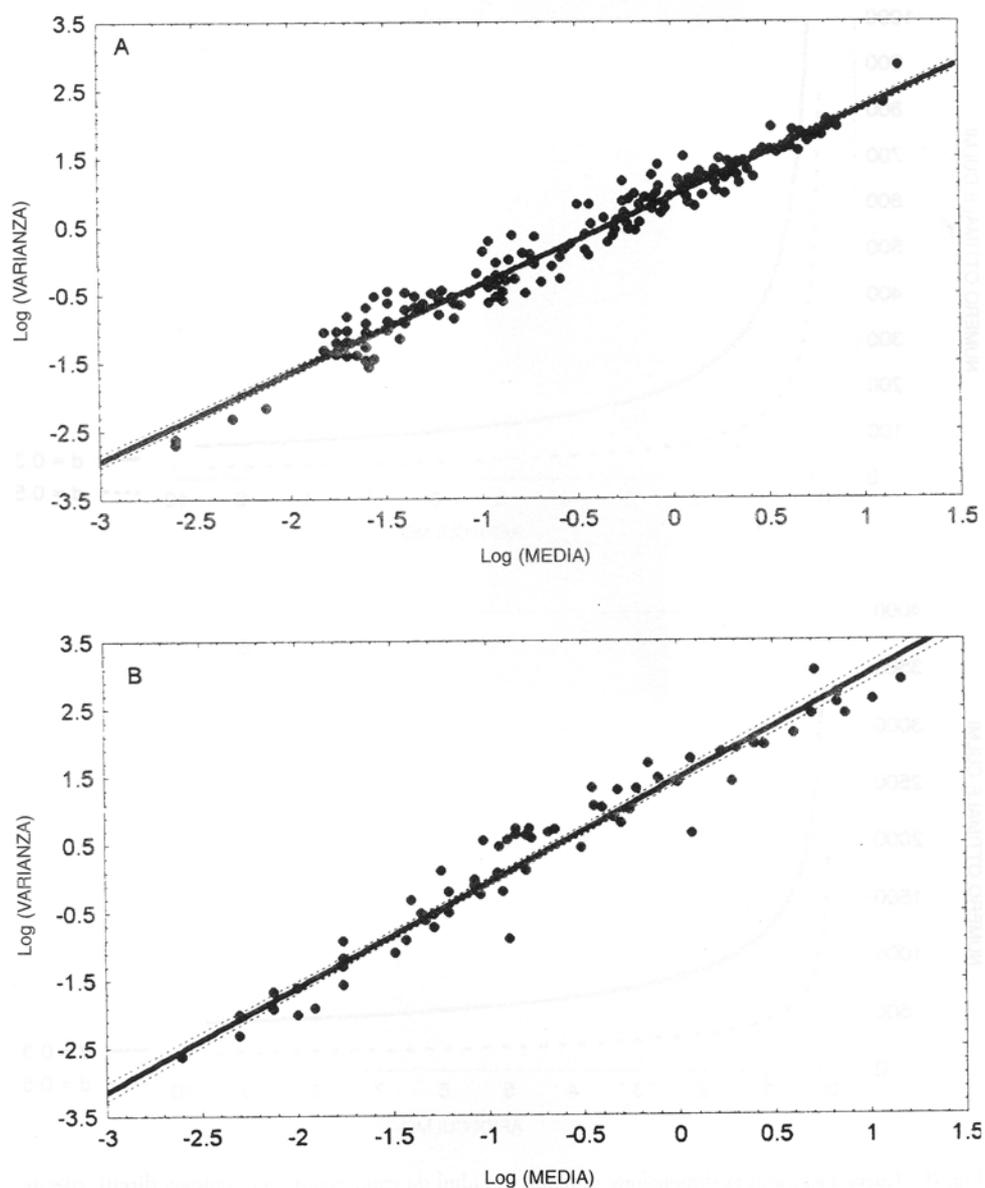


Fig. I - Legge di Taylor riferita a *S. avenae* (A) e *R. padi* (B).
A: $\log (var) = 0.94 + 1.29 \log (m)$; B: $\log (var) = 1.46 + 1.53 \log (m)$.

pratici come l'assistenza tecnica, un valore di $d = 0.5$, mentre per propositi di ricerca, il livello di precisione dovrebbe salire almeno a 0.3. Nel nostro caso, la stima di una popolazione media di 2, 4, 10 afidi per culmo, richiede 222, 137, e 69 culmi per *S. avenae*, e 852, 634, 416 culmi per il più aggregato *R. padi*, ad un livello di precisione pari a $d = 0.3$; il numero di campioni richiesti per

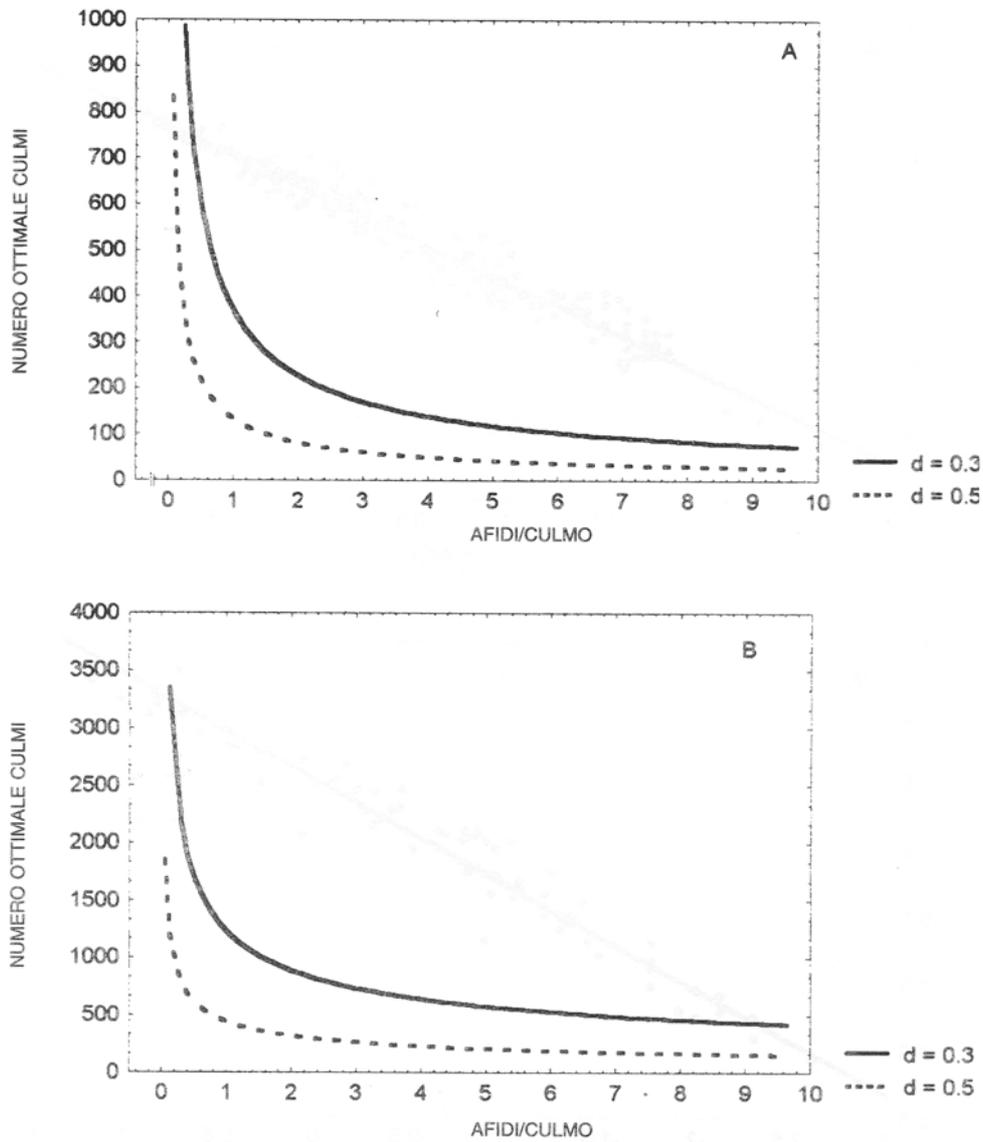


Fig. II - Curve mostranti la dimensione ottimale di culmi da campionare per conteggi diretti, riferite a *S. avenae* (A) e *R. padi* (B).

le stesse popolazioni con una precisione dello 0.5, sono 80, 50, 25 rispettivamente per *S. avenae* e 306, 228, 149 per *R. padi*.

Le Figg. III e IV mostrano le curve calcolate con le equazioni (3) e (5), che mettono in relazione la densità media delle due specie di afidi contro la frequenza di culmi infestati, e la Tab. 4 elenca i parametri stimati mediante l'equazione (3). La differenza fra i due metodi risiede nel fatto che mentre la curva di Gerrard

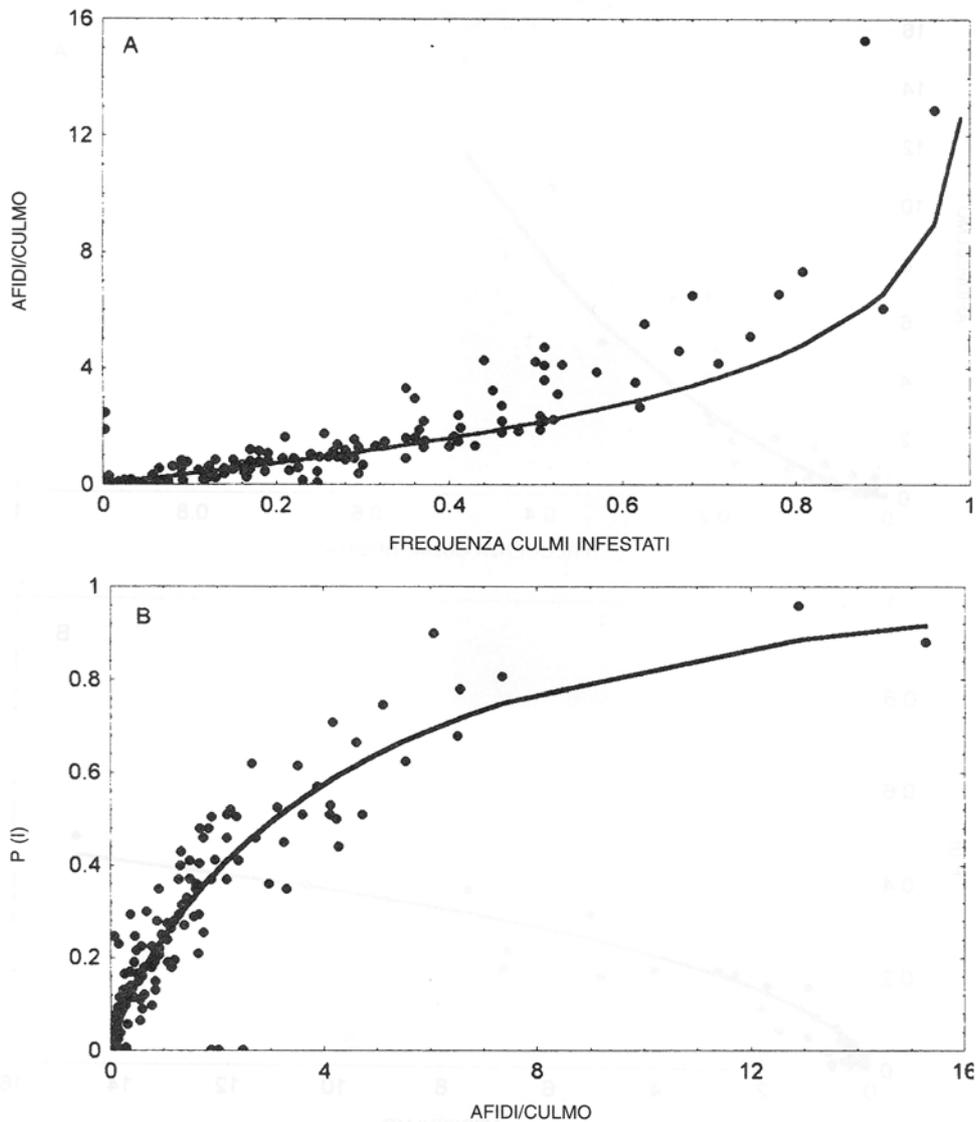


Fig. III - Relazione fra densità media (m) vs. culmi infestati (p) per *S. avenae*, secondo il modello di Gerrag & Chiang (1970) (A) e Wilson & Room (1983) (B).

A: $m = 3.00 * [-\ln(1-p)]^{0.94}$; B: $P(I) = 1 - \exp \left\{ -m \left[\frac{\ln(8.7 m^{0.29})}{(8.7 m^{0.29} - 1)} \right] \right\}$

& Chiang (1970) è una regressione curvilinea che determina un *fitting* dei dati mediante la stima dei parametri α e β , la curva secondo Wilson & Room (1983) è un modello matematico (vedi eq. 5) che viene risolto inserendo nell'equazione i parametri della legge di Taylor. Con entrambi i modelli in definitiva, è possibile stimare la densità media di afidi per culmo dall'incidenza di culmi infestati. In

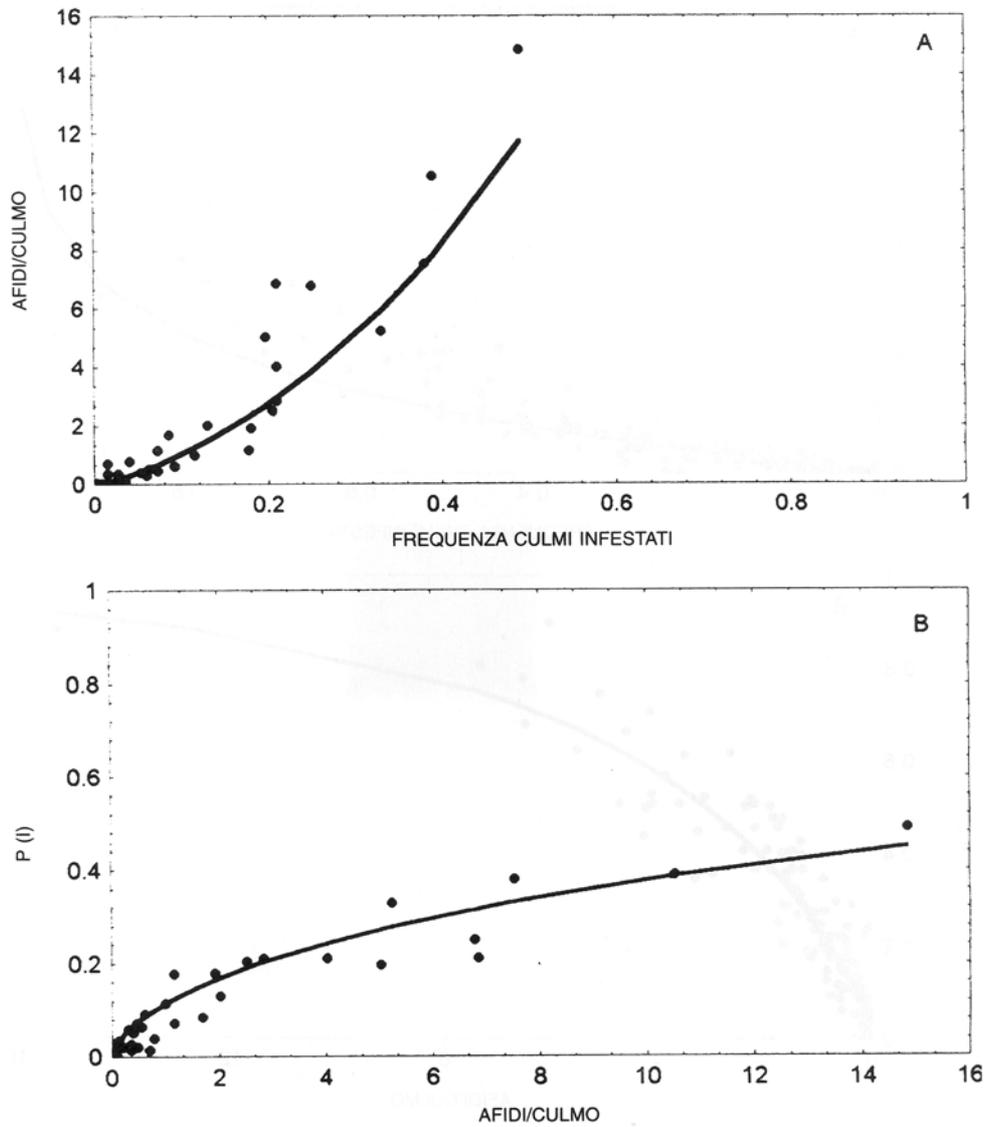


Fig. IV - Relazione fra densità media (m) vs. culmi infestati (p) per *R. padi*, secondo il modello di Gerrard & Chiang (1970) (A) e Wilson & Room (1983) (B).
A: $m = 19.68 * [-\ln(1-p)]^{1.31}$; B: $P(i) = 1 - \exp \{-m [(\ln(28.84 m^{0.53})) / (28.84 m^{0.53} - 1)]\}$

particolare, in Figg. IIIA e IVA compaiono le curve calcolate col modello di Gerrard & Chiang (1970) ($r^2 = 0.79$ per *R. padi* e 0.77 for *S. avenae*) e in Figg. IIIB e IVB le curve ottenute mediante il modello matematico di Wilson & Room (1983), che mostrano un ottimo adattamento ai dati empirici (la regressione lineare fra i valori osservati vs. i valori calcolati con questo modello, mostra un valore

di $r^2 = 0.86$ per *S. avenae*, ed un $r^2 = 0.92$ per *R. padi*). I valori dei coefficienti di determinazione, riferiti all'equazione di Gerrard & Chiang (1970), dei nostri esperimenti sono minori di quelli di Feng *et al.* (1993), a causa della maggior variabilità dei nostri dati nelle due zone estreme dei punti (basse ed alte densità). Da notare inoltre che l'equazione di Gerrard & Chiang (1970) sottostima il numero medio di afidi/culmo rispetto al modello di Wilson & Room (1983); tale differenza è più evidente per alte densità e soprattutto nel caso di *S. avenae*.

Le varianze delle medie sono mostrate in Figg. VA e VB; i nostri valori calcolati per *S.avenae* sono maggiori rispetto a quelli ottenuti da Feng *et al.* (1993) per lo stesso afide, ed il motivo di ciò, a nostro avviso, è dovuto principalmente ai più alti valori di *mse*; a questo motivo possiamo anche imputare i maggiori valori calcolati di *d* (che quantifica in pratica l'errore del campionamento) mediante l'eq. (9), che superano il valore di 0.5, consigliato come una soglia di efficienza accettabile. Feng *et al.* (1993) hanno studiato un metodo per ridurre la varianza nel campionamento binomiale, consistente nel considerare la frequenza di culmi infestati con diverso numero minimo di afidi ($T = 0-15$) (o *tally thresholds*): campioni basati su valori di *T* di 2-5, furono trovati essere associati a più bassi valori di *d*, anche se per densità di popolazione inferiori ad 1 afide per culmo, il campionamento binomiale fu accettabile solo con conteggi basati su culmi non infestati ($T = 0$).

Le curve per il numero di campioni ottimale per un campionamento binomiale, ottenute dall'equazione (10), sono riportate in Figg. VIA e VIB, per un certo intervallo di infestazione (per comodità sull'asse delle *x* al posto di *m* sono riportati i corrispondenti valori di *p*).

La massima densità di afidi per culmo nelle nostre osservazioni è circa la metà rispetto ai massimi valori riportati da Feng *et al.* (1993) per *S. avenae*. Süss (1980), facendo riferimento a *S. avenae*, indica che con più di 9 afidi/spiga nella fase critica (fioritura-maturazione lattea), si possono registrare perdite del 7 %. Nei disciplinari di produzione del frumento redatti nell'ambito del Progetto Regionale di Lotta Integrata, tale livello di infestazione nella fase critica viene indicato come soglia d'intervento. Rabbinge & Mantel (1981) indicano che una densità di 12 afidi/culmo può causare perdite di produzione di circa 200 e 700 Kg/ha, rispettivamente per livelli produttivi di 5000 e 8000 kg/ha; la relazione fra afidi/culmo in fioritura e perdita di produzione che tali Autori presentano, risulta poco attendibile secondo gli stessi ricercatori, a causa di un basso coefficiente di correlazione. Come si può notare, *S. avenae* nella nostra regione raramente supera la soglia di danno. Questa considerazione può essere anche estesa a *R. padi* (essendo più tardivo del precedente desta ancor meno preoccupazioni). Come riportato da Feng *et al.* (1993), la varianza di Binns & Bostonian (1990), da noi adottata, risulta la più conservativa rispetto a tutte le altre considerate in letteratura (Gerrard & Chiang, 1970; Kuno, 1986; Nachman, 1984; Schaalje *et al.*, 1991). Tenendo conto di tutte queste considerazioni, pensiamo che le relazioni fra incidenza culmi infestati *vs.* densità media possano considerarsi applicabili nella pratica, pur tenendo conto di un certo errore sperimentale che esse comportano; l'aumento dell'errore sperimentale (*d*) su valori superiori a 0.5, che si incontrano in alcune situazioni mediante lo sviluppo dell'eq. (9), è sicuramente compensato

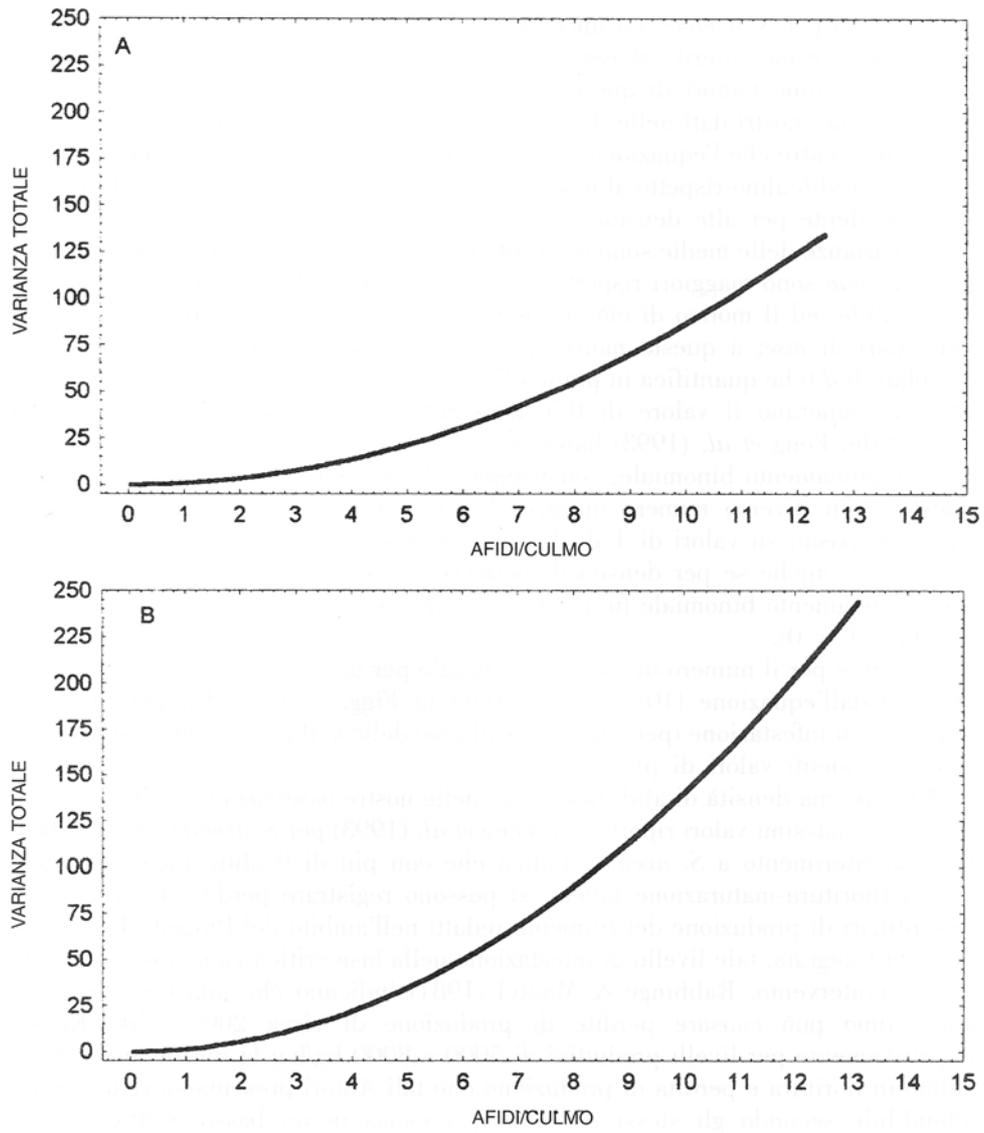


Fig. V - Varianze calcolate per *S. avenae* (A) e *R. padi* (B) (n = 400).

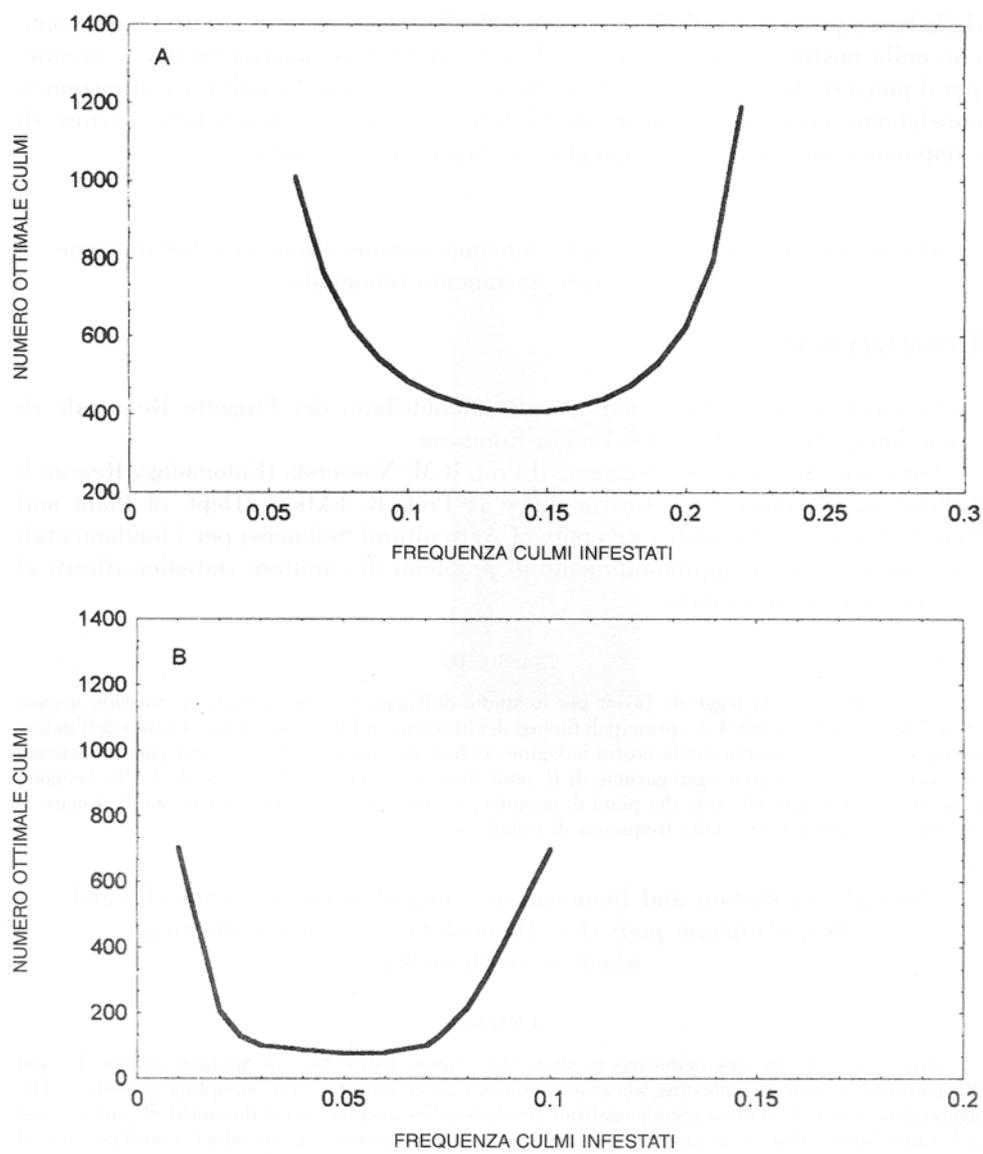


Fig. VI - Curve mostranti la dimensione ottimale di culmi per il campionamento binomiale per *S. avenae* (A) e *R. padi* (B).

dalla bassa pericolosità delle due specie di afidi nella nostra regione. Tenuto conto che nella nostra regione la specie relativamente più pericolosa risulta *S. avenae*, per il picco di densità che manifesta durante la fase critica (fioritura-maturazione), consigliamo consultare Feng *et al.* (1993) nel caso si voglia ridurre l'errore di campionamento nel campionamento binomiale di quest'afide.

KEY WORDS: *Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae*, frumento, distribuzione spaziale, campionamento binomiale.

RINGRAZIAMENTI

Le ricerche sono state condotte con il contributo del Progetto Regionale di Lotta Integrata della Regione Emilia-Romagna.

Vogliamo ringraziare sentitamente il Prof. R.M. Nowierski (Entomology Research Laboratory, Montana State University) e la Prof. B. Ekbom (Dept. of Plant and Forest Protection, Swedish University of Agricultural Sciences) per i fondamentali consigli riguardo all'approfondimento di problemi di carattere statistico riferiti al campionamento binomiale.

RIASSUNTO

È stata utilizzata la legge di Taylor per lo studio dell'aggregazione spaziale di *Sitobion avenae* (F.) e *Rhopalosiphum padi* (L.), i principali fitofagi del frumento in Emilia-Romagna. I valori dell'indice di aggregazione (b) riportati nella nostra indagine confermano analoghi studi in altri parti del mondo ed evidenziano la maggior aggregazione di *R. padi* (b=1,53) rispetto a *S. avenae* (b=1,29). Vengono proposti per entrambi gli afidi, dei piani di campionamento binomiale, che consentono di stimare la densità delle popolazioni dalla frequenza di culmi infestati.

Spatial distribution and binomial sampling of *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) infesting wheat in northern Italy.

SUMMARY

Taylor's power law was employed to study the spatial distribution of *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.) infesting wheat in northern Italy in order to study sampling procedure. The aggregation index (b) of these aphids confirms similar studies in other part of the world. *R. padi* showed a b value higher than *S. avenae* (1.53 vs. 1.29). Binomial sampling plans which correlate ratio of infested tillers to mean number of aphids per tillers are reported and discussed.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- BINNS M.R., BOSTONIAN N.J., 1990. - Robustness in empirically based binomial decision rules for integrated pest management. - *J. Econ. Entomol.*, 83: 420-427.
- ELLIOTT N.C., KIECKHEFER R.W., 1987. - Spatial distribution of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in winter wheat and spring oats in South Dakota. - *Environ. Entomol.*, 16: 896-901.
- EKBOM B. S., 1985. - Spatial distribution of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) in spring cereals in Sweden and its importance for sampling. - *Environ. Entomol.*, 14: 321-316.
- EKBOM B. S., 1987. - Incidence counts for estimating densities of *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae). - *J. Econ. Entomol.*, 80: 933-935.
- FENG M.G., NOWIERSKI R.M., 1992. - Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal

- aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in Southwestern Idaho. - *J. Econ. Entomol.*, 85: 830-837.
- FENG M.G., NOWIERSKI R.M., ZENG Z., 1993. - Binomial sampling plans for the English grain aphid, *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) based on an empirical relationship between mean density and proportion of tillers with different tally thresholds of aphids. - *Bull. Entom. Research*, 83: 187-196.
- GERRARD D.J., CHIANG H.C., 1970. - Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. - *Ecology*, 51: 237-245.
- HEPWORTH G., MACFARLANE J.R., 1992. - Systematic presence-absence sampling method applied to twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on strawberries in Victoria, Australia. - *J. Econ. Entomol.*, 85: 2234-2239.
- NYROP J.P., BINNS M., 1991. - Quantitative methods for designing and analysing sampling programs for use in pest management. - In: Pimentel D.B.R. (ed.), *CRC handbook of pest management in agriculture*: 67-132. CRC, Boca Raton, Fla.
- KARANDINOS M.G., 1976. - Optimum sample size and comments on some published formulae. - *Bull. Ent. Soc. Am.*, 22: 417-421.
- KUNO E., 1986. - Evaluation of statistical precision and design of efficient sampling for the population estimation based on frequency of occurrence. - *Res. Popul. Ecol.*, 28: 305-319.
- KUNO E., 1991. - Sampling and analysis of insect populations. - *Ann. Rev. Entomol.*, 36: 285-304.
- RABBINGE R., ANKERSMIT G.W., PAK G.A., 1979. - Epidemiology and simulation of population development of *Sitobion avenae* in winter wheat. - *Neth. J. Plant Pathol.*, 85: 197-220.
- RABBINGE R., MANTEL., 1981. - Monitoring and warning systems for cereal aphids in winter wheat. - *Neth. J. Plant Pathol.*, 87: 25-29.
- SCHAALJE G.B., BUTTS R.A., 1992. - Binomial sampling for predicting density of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on winter wheat in the fall using a measurement error model. - *J. Econ. Entomol.*, 85 (4): 1167-1175.
- SÜSS L., 1980. - Afidi del frumento e soglia di tolleranza. - *Atti Giornate Fitopatologiche*, 3: 227-240.
- SÜSS L., COLOMBINI F., 1981. - Osservazioni sugli afidi del frumento e valutazione della soglia di danno. - *La difesa dei cereali nell'ambito dei progetti finalizzati del CNR, Ancona*: 137-143.
- TAYLOR L.R., 1961. - Aggregation, variance and the mean. - *Nature*, 189: 732-735.
- TAYLOR L.R., 1984. - Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. - *Ann. Rev. Entomol.*, 29: 321-327.
- WARD S.A., RABBINGE R., MANTEL W.P., 1985. - The use of incidence counts for estimation of aphid populations. - *Neth. J. Plant Pathol.*, 91: 93-99.
- WIKTELIUS S., PETTERSSON J., 1985. - Simulations of bird cherry-oat aphid population dynamics: a tool for developing strategies for breeding aphid-resistant plants. - *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 14: 159-170.
- TREMBLAY E., 1981. - *Entomologia applicata*. - Ed. Liguori, Napoli, vol. 2/1: 310 pp.