

CARIOLOGIA DI TAXA CRITICI SU SUOLI CALAMINARI (CAVE DEL PREDIL, ALPI GIULIE, ITALIA)

Duilio LAUSI e Tiziana CUSMA VELARI

Keywords: calamine soils, chromosome numbers, karyotype simmetry, idiograms, metallophytes, Mine of Raibl.

Abstract: KARYOLOGY OF SOME CRITICAL TAXA ON CALAMINE SOILS (CAVE DEL PREDIL, JULIAN ALPS, ITALY). The results of chromosome counts and analyses of karyotype asymmetry on polymorphic taxa growing on calcareous and metalliferous soils and on tailings of a zinc and lead mine are reported. The investigated taxa are: *Biscutella laevigata* L. subsp. *laevigata* ($2n=36$); *Dianthus sylvestris* Wulf. ($2n=30$); *Erysimum sylvestre* (Cr.) Scop. ($2n=14$); *Minuartia verna* (L.) Hiern. ($2n=24$); *Viola tricolor* L. subsp. *subalpina* Gaudin ($2n=26$) and its var. *raiblenis* Lausi et Cusma ($2n=26$) of the same subspecies; *Alyssum wulfenianum* Bernh. ($2n=16$); *Thlaspi cepaeifolium* (Wulf.) Koch subsp. *cepaefolium* ($2n=14$). New chromosome numbers are reported for *Alyssum wulfenianum* and for *Thlaspi cepaeifolium* in its *locus classicus*.

Introduzione

La flora calaminare centroeuropea e alpina è caratterizzata da stirpi critiche di delimitazione e collocazione tassonomica molto controverse. Difatti, i taxa individuati presentano caratteri morfologici scarsamente discriminanti e, in letteratura, diversamente interpretati. Alcuni di questi taxa sono esclusivi dei terreni ricchi in metalli pesanti, altri invece, di più ampia valenza ecologica, partecipano a tale flora con ecotipi differenziabili morfologicamente oppure solo cariologicamente (razze cromosomiche). Inoltre, la definizione tassonomica è resa ancora più problematica dal fatto che molte popolazioni di questi taxa presentano forme di crescita stentata ed anomala e particolari fitomorfosi: riduzione del lembo fogliare, colorazione antocianica e, in caso di eccessivo assorbimento di metalli pesanti, clorosi (Ernst, 1965, 1972; Aichinger, 1971; Melzer, 1973; Simon, 1978; Rose et al., 1979; Sasse, 1979; Vergnano Gambi et al., 1979; Maier et al., 1981).

Lo scopo di questo lavoro è quello di chiarire dal punto di vista cariologico i problemi tassonomici succitati per alcuni taxa. Tale lavoro è inserito nelle ricerche vegetazionali ed ecofisiologiche in corso nella stessa area di studio.

Lavoro finanziato dal M.U.R.S.T. 40 % (responsabile prof. D. Lausi)

Materiali e metodi

L'area di studio è situata alla sinistra idrografica di Rio del Lago, sulle pendici calcaree e metallifere del Monte Re esposte a SE, ad un'altitudine variabile tra 850 e 1400 m.

Le entità analizzate sono le seguenti: *Alyssum wulfenianum* Bernh., *Biscutella laevigata* L. subsp. *laevigata*, *Dianthus sylvestris* Wulf., *Erysimum sylvestre* (Cr.) Scop., *Minuartia verna* (L.) Hiern., *Thlaspi cepaeifolium* (Wulf.) Koch subsp. *cepaefolium*, *Viola tricolor* L. subsp. *subalpina* Gaudin, *Viola tricolor* L. subsp. *subalpina* Gaudin var. *raiblensis* Lausi et Cusma. Gli esecicati dei taxa indagati sono depositati nell'Erbario dell'Università di Trieste (TSB).

Le osservazioni cariologiche sono state eseguite su metafasi di cellule meristematiche di apici radicali ottenuti dalla germinazione di semi. Gli apici sono stati colorati con la reazione Feulgen, dopo pretrattamento con 8-idrossichinolina 0,003 M, e quindi schiacciati. L'analisi cariologica è stata effettuata su non meno di venti meristemi apicali per ogni entità. La nomenclatura impiegata per la morfologia dei cromosomi segue White (1973) e le formule cromosomiche sono in accordo con Levan et al. (1964).

È stato inoltre calcolato il valore dell'asimmetria dei corredi cromosomici secondo il metodo di Stebbins (1971), basato su categorie di cariotipi asimmetrici, e quello di Romero Zarco (1986), che permette di quantificare e rappresentare graficamente anche piccole differenze di asimmetria nei diversi cariotipi mediante due indici: A_1 = indice intracromosomale di asimmetria (asimmetria del cariotipo in relazione al rapporto medio tra la lunghezza dei bracci) e A_2 = indice intercromosomale di asimmetria (coefficiente di dispersione di Pearson della lunghezza dei cromosomi).

Risultati e discussione

I dati ottenuti in base alle osservazioni sui corredi cromosomici dei diversi taxa (Fig 1 e 2) sono sintetizzati in Tab. 1. Inoltre, la Tab. 1 riporta i dati dell'analisi cariologica di *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis* individuata nell'area mineraria di Cave del Predil (Lausi & Cusma, 1986) e, per confronto, quelli rilevati su popolazioni del taxon tipico corrispondente di suoli non metalliferi delle Alpi Carniche (Sauris di Sotto, Ampezzo, Udine) (Fig. 3). In questo lavoro viene discussa l'analisi dell'asimmetria dei loro cariotipi.

Tab. 1

T A X O N	2n	Formula cromosomica	C [μm]	δ [μm]	A ₁	A ₂	AS
<i>Alyssum wulfenianum</i>	16	10m + 6sm	1.71 \pm 0.28	0.75	0.37	0.16	3A
<i>Biscutella laevigata</i> subsp. <i>laevigata</i>	36	4M + 20m + 12sm	1.58 \pm 0.40	1.45	0.31	0.25	3B
<i>Erysimum sylvestre</i>	14	2M + 8m + 4sm	1.31 \pm 0.29	0.86	0.31	0.22	[3A]3B
<i>Minuartia verna</i>	24	18m + 6sm	1.55 \pm 0.26	0.80	0.36	0.17	3A
<i>Thlaspi cepaeifolium</i>	14	4M + 10m	1.55 \pm 0.44	1.15	0.19	0.28	4B
<i>Viola tricolor</i> subsp. <i>subalpina</i>	26	4M + 14m + 8sm	1.90 \pm 0.46	1.60	0.30	0.24	3B
<i>Viola tricolor</i> subsp. <i>subalpina</i> var. <i>raiblensis</i>	26	4M + 8m + 10sm + 4st	2.89 \pm 0.68	2.30	0.40	0.24	2B

2n = numero cromosomico somatico

C = lunghezza dei cromosomi (valore medio \pm s.d.)

δ = ambito di variazione della lunghezza dei cromosomi

A₁ = indice intracromosomale di asimmetria (Romero Zarco, 1986)

A₂ = indice intercromosomale di asimmetria (" " ")

AS = categorie di Stebbins (1971) dell'asimmetria del cariotipo

Analisi cariologica

Alyssum wulfenianum (Fig 1a)

Numero cromosomico: 2n=16

Exsiccatum: Greto del Rio del Lago (Cave del Predil, UD), 900 m, lg. T. Cusma Velari, 26.6.1981.

Il numero cromosomico base del genere *Alyssum* è probabilmente $x = 8$ (Manton, 1932; Contandriopoulos e Afzal-Rafii, 1973). Manton (op. cit.) riporta per *A. wulfenianum* 2n = 32, rilevato su piante in coltura nell'Orto Botanico di Gotheburg; Gadella e Kliphuis (1970) riportano 2n = 32 per campioni provenienti dalle Alpi Francesi. Persson (1971) ha rilevato costantemente 2n = 16 in diversi taxa di *Alyssum* appartenenti alla sect. *Alyssum*, su materiale

proveniente dalla Macedonia. Secondo tale autore, questa sezione, che include *A. wulfenianum*, sarebbe caratterizzata dal fatto di avere *rod-shaped-chromosomes*.

Il cariotipo, rilevato per la prima volta, è costituito da 5 coppie di cromosomi metacentrici e 3 coppie di cromosomi submetacentrici (Fig. 1a). La lunghezza dei cromosomi varia da 1,25 a 2 μm . La formula cromosomica è la seguente: $2n = 2x = 16: 10m + 6sm$.

***Biscutella laevigata* subsp. *laevigata* (Fig. 1b)**

Numero cromosomico: $2n=36$

Exsiccatum: Cave del Predil (UD), 1080 m, lg. T. Cusma Velari, 30.8.1981.

Biscutella laevigata L. *sensu* Guinea & Heywood (1993) comprende numerosi taxa a livello infraspecifico scarsamente differenziati morfologicamente e costituisce uno dei complessi più polimorfici e tassonomicamente più critici della flora europea. Secondo Manton (1932, 1934, 1937) questo complesso di forme risulta costituito da una serie di razze cromosomiche con diversi gradi di ploidia difficilmente differenziabili morfologicamente, ciascuna delle quali però tendenzialmente distinguibile dal punto di vista corologico. *B. laevigata* è uno degli esempi più citati della capacità di una specie di colonizzare mediante poliploidizzazione nuovi habitat caratterizzati da condizioni ecologiche estreme (Stebbins, 1960).

Si ritiene che il numero cromosomico base sia $x = 9$ (Olowokudejo & Heywood, 1984).

Allo stato attuale delle conoscenze, la distribuzione corologica delle diverse popolazioni in base al grado di ploidia è la seguente:

popolazioni esaploidi ($6x = 54$) localizzate in Spagna e Portogallo (Manton, 1937; Olowokudejo & Heywood, 1984);

popolazioni tetraploidi ($4x = 36$) di altitudini elevate, con una distribuzione più o meno continua nelle Alpi Centrali svizzere ed austriache, nelle montagne meridionali e sudorientali d'Europa e nell'Italia settentrionale (Manton, op. cit.). Secondo Schönfelder (1968, 1970) il gruppo tetraploide sembra avere il suo centro di diffusione nell'area alpina: questo autore riporta $n = 18$ per campioni della Ötztal (Tirolo) e del Monte Baldo (Lago di Garda); Gadella & Kliphuis (1970) hanno rilevato $2n = 36$ su esemplari delle Alpi Francesi; Olowokudejo & Heywood (1984) riportano per il 90% degli esemplari esaminati provenienti da Francia, Svizzera ed Austria $2n = 36$;

popolazioni diploidi ($2x = 18$) prevalentemente di pianura con distribuzione molto più ristretta e discontinua rispetto a quelle tetraploidi. Queste popolazioni sono distribuite dalla Francia, Germania, Belgio ai Balcani, in aree che non sono state interessate dalle glaciazioni. Lawalrée (1956) riporta il numero aploide $n = 9$ per materiale raccolto in Belgio; Schönfelder (1968) ha rilevato $n = 9$ su piante raccolte nella Baviera settentrionale e nei pascoli montani della Francia

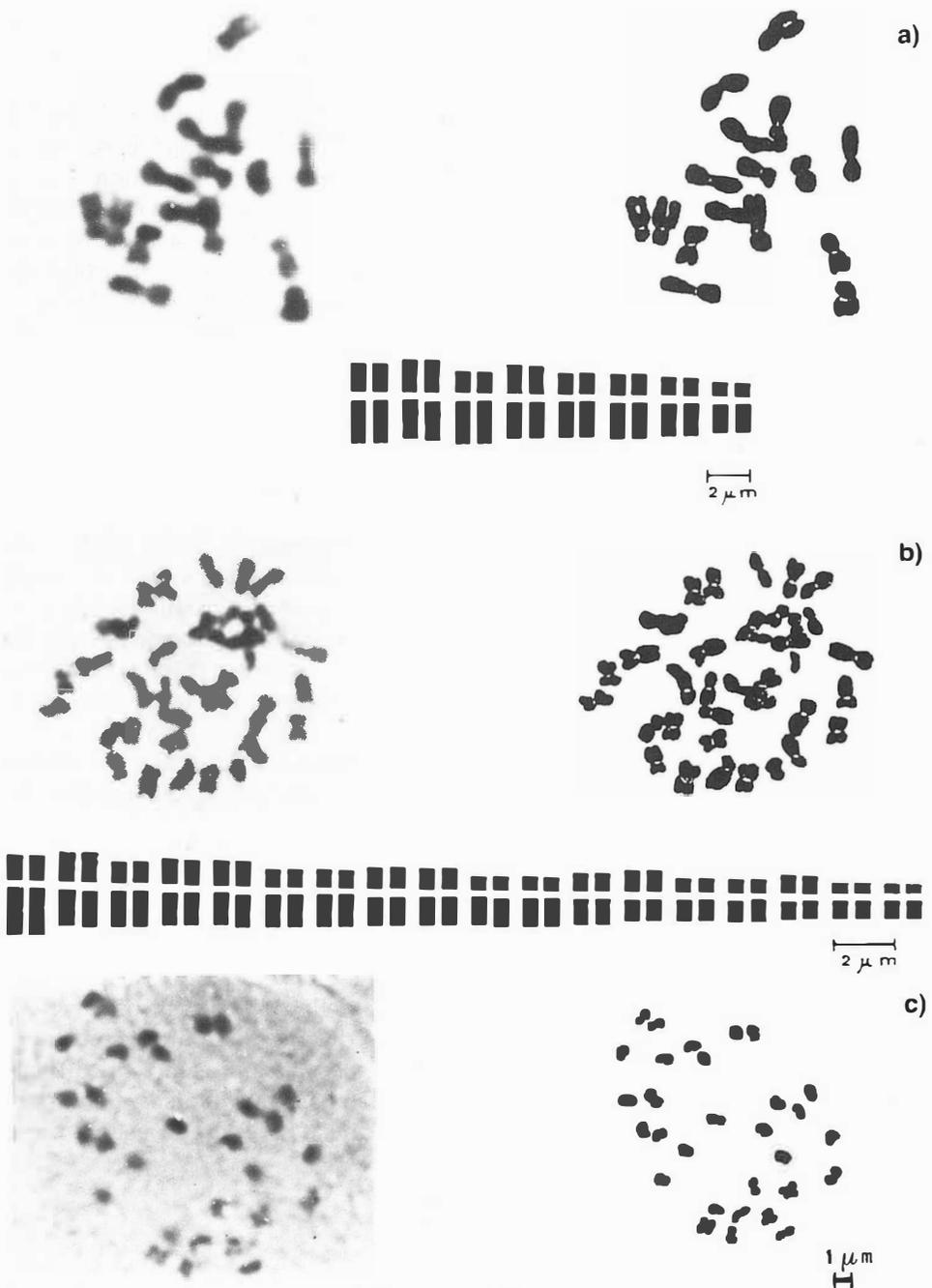


Fig. 1 - Cariotipo ed idiogramma di: a) *Alysium wulfenianum*; b) *Biscutella laevigata* subsp. *laevigata*; c) cariotipo di *Dianthus sylvestris*.

meridionale; Larsen (1956) riporta pure $2n = 18$ determinato su esemplari dell'Italia meridionale.

Secondo altri autori, le differenze corologiche fra stirpi diploidi e tetraploidi non sarebbero però così marcate. Popolazioni diploidi sono state segnalate da Favarger (1962) nelle Alpi Marittime. Lausi, in base a ricerche non ancora pubblicate, ha rilevato popolazioni diploidi nelle Alpi Giulie (Passo degli Scalini e Gruppo del M. Jof Fuart) e sul Carso Sloveno (Valle di Brestovica), mentre sul Carso Triestino (Val Rosandra), ha riscontrato la presenza di popolazioni diploidi, esclusive dei macereti, in contatto con popolazioni tri- e tetraploidi. La diploide *B. laevigata* var. *mollis* Schur. sembra inoltre confinata a poche vette nelle Alpi Orientali e forse in Romania (Manton, 1937); Bresinsky & Grau (1970) segnalano sia diploidi che tetraploidi nell'avanterra delle Alpi Bavaresi.

Recentemente Olowokudejo & Heywood (1984), in base ad un'ampia analisi svolta su 46 popolazioni di *Biscutella* provenienti da Spagna, Svizzera, Austria, Francia, Cecoslovacchia e Italia, propongono di considerare le stirpi dell'aggregato *B. laevigata* come appartenenti ad una singola specie, cui afferiscono una serie di sottospecie più o meno differenziate, alcune delle quali sono diploidi ($2n = 18$) e altre tetraploidi ($2n = 36$). Questa specie è l'unica, nell'ambito del genere, a mostrare poliploidia intraspecifica. Difatti, dal punto di vista morfologico, esiste un passaggio graduale con sovrapposizione di caratteri dei diploidi e dei tetraploidi, ed ogni separazione tassonomica proposta è quindi da considerare arbitraria. Gli stessi autori sottolineano che la possibilità di identificazioni errate è molto alta.

Dal punto di vista cariologico, la popolazione di Cave del Predil è tetraploide con numero cromosomico $2n = 36$. Il cariotipo presenta 12 coppie di cromosomi metacentrici, di cui 2 in senso stretto, e 6 coppie di cromosomi submetacentrici (Fig. 1b). La lunghezza dei cromosomi varia da 0,95 a 2,40 μm . La formula cromosomica è: $2n = 4x = 36: 4M + 20m + 12sm$. I cromosomi sono in prevalenza metacentrici di tipo m.

I caratteri morfologici, che secondo le osservazioni di Bresinsky & Grau (1970) sono i più diacritici per l'identificazione del grado di plodia delle diverse stirpi di *Biscutella*, non risultano validi nel caso delle popolazioni di Cave del Predil. Difatti, in queste popolazioni, alcuni di questi caratteri mostrano un'ampia variabilità. Per questo motivo tali popolazioni sono di difficile collocazione tassonomica a livello infraspecifico su base morfologica. Per il dato cariologico rilevato, la popolazione tetraploide di Cave del Predil è stata per il momento attribuita alla sottospecie tipica.

Dianthus sylvestris (Fig. 1c)

Numero cromosomico: $2n=30$

Exsiccatum: Cave del Predil (UD), 1300 m, Ig. T. Cusma Velari, 14.10.1981.

D. sylvestris è una specie ad ampia distribuzione centro-sudeuropea con una notevole variabilità morfologica, non ancora chiarita dal punto di vista tassonomico (Pignatti, 1982).

Il numero cromosomico di questa specie risulta $2n = 30$ ($x = 15$) da osservazioni su popolazioni provenienti da diverse zone del suo ampio areale (Ishii, 1930; Anderson-Kottö & Gairdner, 1931; Rohweder, 1934, 1937, Gentscheff, 1937; Ribaupierre, 1957; Arrigoni & Mori, 1971; Nilsson & Lassen, 1971; Raimondo & al., 1983). Jones & Hooper (1968) riportano invece $2n = 60$ ca. per popolazioni delle Alpi Marittime francesi.

Le popolazioni di Cave del Predil presentano alcuni caratteri morfologici particolari, il cui significato tassonomico necessita di ulteriori indagini. Il corredo cromosomico risulta essere $2n = 30$ con cromosomi molto piccoli (da 0,72 a 1,20 μm) e per lo più metacentrici (Fig. 1c). Per le ridotte dimensioni dei cromosomi non è stato possibile identificare la morfologia del cariotipo.

Erysimum sylvestre (Fig. 2a)

Numero cromosomico: $2n=14$

Exsiccatum: Cave del Predil (UD), 1060 m, lg. T. Cusma Velari, 30.8.1981.

E. sylvestre è una pianta che spesso colonizza accumuli detritici calaminari (Ernst, 1965; Maier & al., 1981). È specie illirica distribuita dall'Albania fino alle Alpi sudorientali.

Il genere *Erysimum* è ancora poco studiato dal punto di vista cariologico. Inoltre è stata rilevata una notevole difficoltà ad ottenere ottime fissazioni e colorazioni del materiale in quanto i cromosomi tendono spesso ad aderire fra loro (Manton, 1932; Favarger, 1964). I numeri cromosomici base del genere sono probabilmente $x = 7, 8, 9$ (Manton, 1932; Favarger, 1964; Polatschek, 1966). Per *E. sylvestre* Jaretzky (1928) riporta $n = 24$ per materiale in coltura nel Giardino Botanico di Kiel; Favarger (1964) e Polatschek (1966) riportano $2n = 14$ per popolazioni di diverse stazioni dell' Austria.

Il numero cromosomico degli esemplari di Cave del Predil risulta essere $2n = 14$. Nonostante le difficoltà suesposte, dopo numerose prove, è stato possibile individuare il seguente cariotipo: 5 coppie di cromosomi metacentrici, di cui 2 in senso stretto, e 2 coppie di cromosomi submetacentrici (Fig. 2a). La lunghezza dei cromosomi varia da 0,86 a 1,72 μm . La formula cromosomica è la seguente: $2n = 2x = 14: 2M + 8m + 4sm$.

Minuartia verna (Fig. 2b)

Numero cromosomico: $2n=24$.

Exsiccatum: Cave del Predil (UD), 1180 m, lg. T. Cusma Velari, 14.10.1981.

L'aggregato di *M. verna* comprende entità molto diverse morfologicamente e cariologicamente. Dalle conoscenze attuali, i numeri cromosomici di questo gruppo presentano due livelli di ploidia con $x = 12$: uno diploide $2n = 24$ ed uno

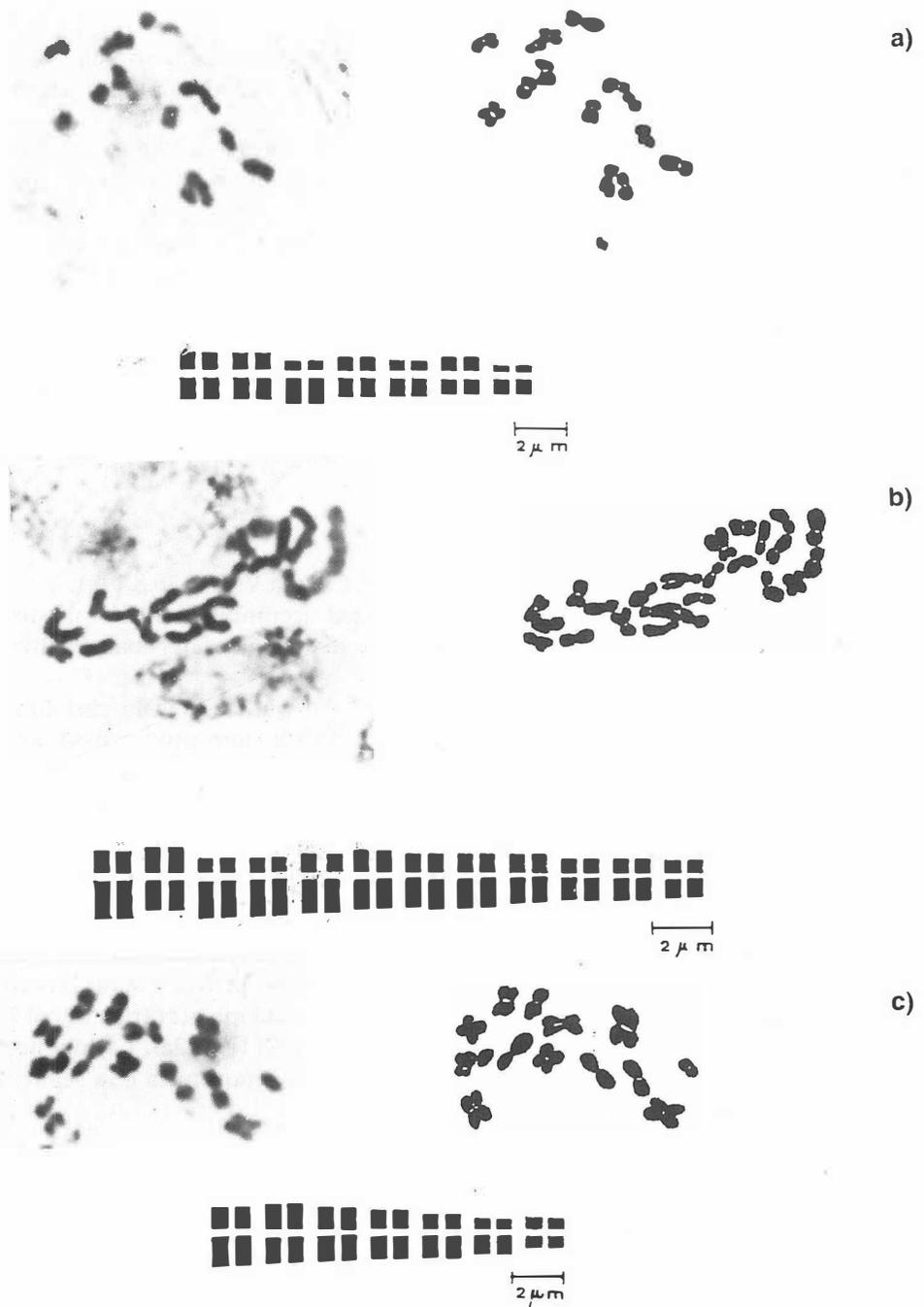


Fig. 2 - Cariotipo ed idiogramma di: a) *Erysimum sylvestre*; b) *Minuartia verna*; c) *Thlaspi cepaeifolium*.

tetraploide $2n = 48$ (Favarger, 1967). Dvořaková (1985) rileva che le popolazioni dell'Europa settentrionale ed occidentale, dei Pirenei, delle Alpi e dei Carpazi presentano esclusivamente cariotipi diploidi, mentre i taxa balcanici e mediterranei sono sia diploidi che tetraploidi. La definizione delle unità tassonomiche dell'aggregato sia in base ai caratteri morfologici sia in base a quelli cariologici è ancora molto critica. Secondo Favarger (1967), la subsp. *verna* sarebbe un taxon diploide, mentre la subsp. *collina* tetraploide. Gadella & Kliphuis (1972) hanno messo in discussione questa ipotesi e, in base a caratteri morfologici, hanno ascritto alla subsp. *collina* esemplari diploidi ($2n = 24$) raccolti in Macedonia (Sar Planina).

Il cariotipo delle popolazioni di *M. verna* del comprensorio minerario di Cave del Predil è $2n = 24$ con 9 coppie di cromosomi metacentrici e 3 coppie di cromosomi submetacentrici (Fig. 2b). La lunghezza dei cromosomi varia da 1,1 a 1,9 μm . La formula cromosomica è la seguente $2n = 2x = 24: 18m + 6sm$. I cromosomi sono piccoli e in prevalenza metacentrici.

Esemplari raccolti a Cave del Predil sono stati identificati come subsp. *collina* (Neilr.) Halliday da Pignatti (1974). Halliday (1993) riporta però per questa sottospecie un numero cromosomico $2n = 4x = 48$. Dvořaková (1985) eleva questo taxon tetraploide al livello di specie con il binomio *M. glaucina*. Lo stesso autore (1991) riporta per i Balcani *M. ortophylla*, specie diploide ($2n = 24$) affine a *M. glaucina*, nel cui gruppo andrebbero incluse pure popolazioni su serpentini della Serbia occidentale.

Ernst (1965), in un rilievo fitosociologico eseguito nell'area di Cave del Predil, identifica le popolazioni di quest'area come appartenenti alla subsp. *hercynica* (Willk.) O. Schwarz, che caratterizza le fitocenosi di stazioni minerarie della regione centroeuropea. Secondo Melzer (1973), allo stato attuale delle conoscenze, non è possibile l'identificazione suddetta.

In questo lavoro, viste le succitate diverse ipotesi di delimitazione dei taxa, rimane valida solamente l'inclusione delle popolazioni indagate nell'aggregato (*sensu* Heywood, 1963) di *Minuartia verna*. Lo studio morfologico necessario per una identificazione tassonomica di tali popolazioni è oggetto di ulteriori ricerche.

Thlaspi cepaeifolium subsp. *cepaefolium* (Fig. 2c)

Numero cromosomico: $2n=14$.

Exsiccatum: Cave del Predil (UD), 1200 m, Ig. T. Cusma Velari, 14.10.1981.

In Clapham & Akeroyd (1993) *T. rotundifolium* (L.) Gaudin subsp. *cepaefolium* (Wulfen) Rouy et Fouc. viene elevato al rango di specie, mentre *T. rotundifolium* (L.) Gaudin è considerato una sua sottospecie.

T. cepaeifolium subsp. *cepaefolium* è un endemismo limitato alle popolazioni che colonizzano i suoli calaminari dell'area di Cave del Predil e che forma popolazioni eterotopiche lungo il greto del Torrente Slizza (Gailitz), che

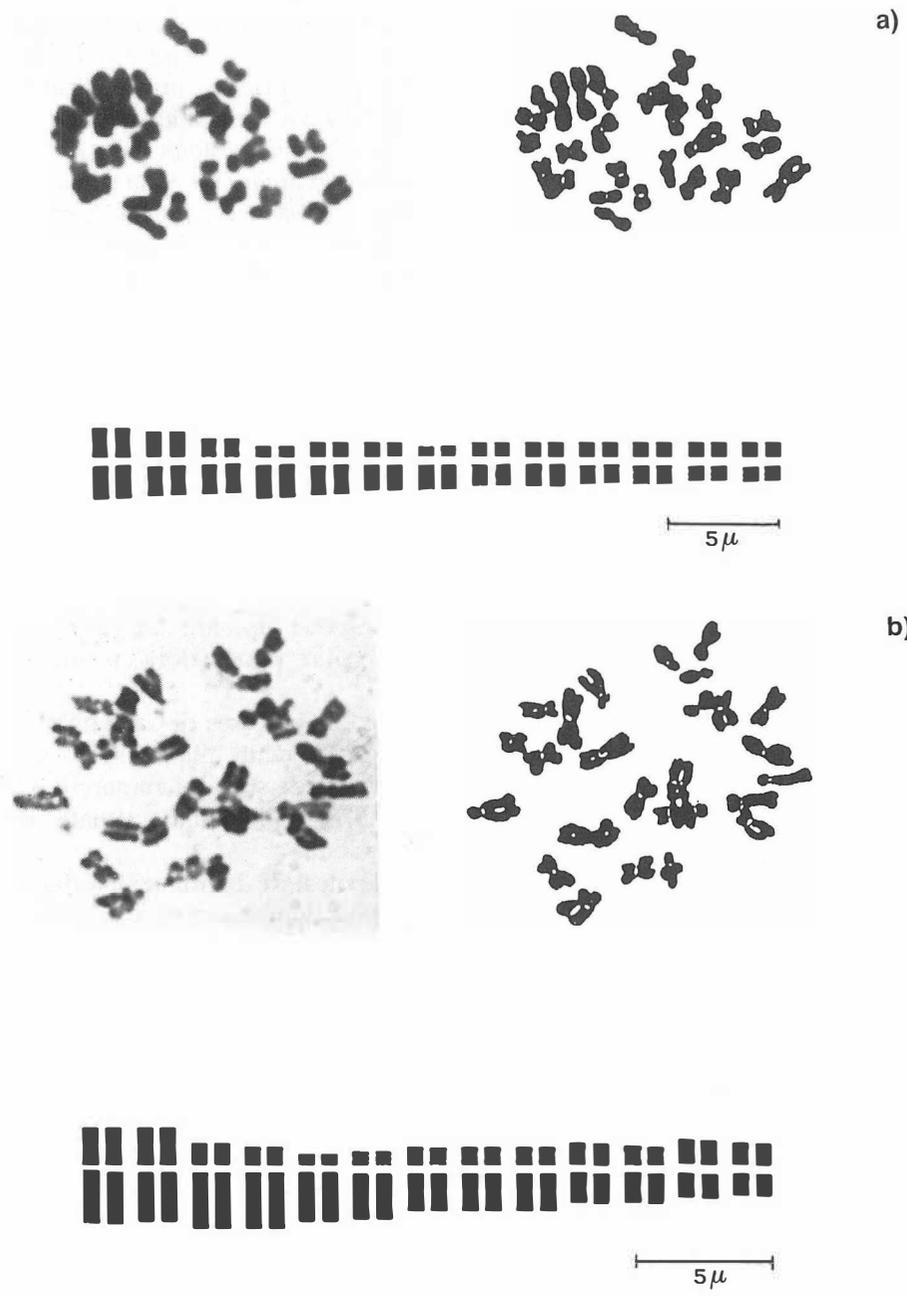


Fig. 3 - Cariotipo ed idiogramma di: a) *Viola tricolor* subsp. *subalpina*; b) *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis*.

raccoglie le acque provenienti dal comprensorio minerario di Cave del Predil, sia in Italia che in Austria (Maglern, Carinzia) (Polatschek, 1972). Questa sottospecie è stata riportata anche per numerose stazioni delle Alpi meridionali (Markgraf, 1959-1963; Mayer, 1960). Però, secondo Polatschek (1966) e Melzer (1973), solo le popolazioni del *locus classicus* si differenzierebbero nettamente dalla subsp. *rotundifolium*, mentre tutte le altre popolazioni segnalate per le Alpi meridionali sarebbero solo forme diverse della subsp. *rotundifolium*.

Polatschek (1972) riporta per *T. cepaeifolium* s. str. un numero cromosomico $2n = 14$ ($x = 7$) determinato su materiale proveniente dalla stazione eterotopica di Maglern (Carinzia, Austria). Questo valore concorda con quello riportato da Manton (1932) determinato su piante in coltura nell'Orto Botanico di Kew di provenienza ignota.

Gli esemplari delle popolazioni di Cave del Predil, *locus classicus* di questa specie, sono stati esaminati cariologicamente per la prima volta. Il cariotipo è costituito da 7 coppie di cromosomi metacentrici, di cui due in senso stretto (Fig. 2c). La lunghezza dei cromosomi varia da 0,85 a 2,0 μm . La formula cromosomica è la seguente: $2n = 2x = 14: 4M + 10m$.

Analisi dell'asimmetria del cariotipo

Per quanto concerne l'asimmetria del cariotipo, la Tab. 1 riporta per ogni taxon la categoria di appartenenza (AS) secondo il metodo di Stebbins (1971). La Fig. 4 mostra la dispersione delle specie indagate secondo gli indici di asimmetria di Romero Zarco (1986).

Si nota che con entrambi i metodi si possono distinguere quattro gruppi con diverso grado di asimmetria:

- 1) *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis*;
- 2) *Alyssum wulfenianum*, *Minuartia verna*;
- 3) *Biscutella laevigata*, *Erysimum sylvestre*, *Viola tricolor* subsp. *subalpina*;
- 4) *Thlaspi cepaeifolium*.

I risultati più interessanti dell'analisi dell'asimmetria dei cariotipi riguardano *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis* e *Thlaspi cepaeifolium*. Secondo Levitsky (1931) e Stebbins (1971), nelle stirpi affini il cariotipo più simmetrico è più primitivo e quello più asimmetrico più derivato. In base a queste considerazioni, i taxa succitati possono venir interpretati nel modo seguente:

a) *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis*, che presenta un notevole aumento del grado di asimmetria (Tab. 1, Fig. 3 e 4) rispetto al taxon tipico corrispondente, potrebbe esser considerata un neoendemismo dei suoli calaminari.

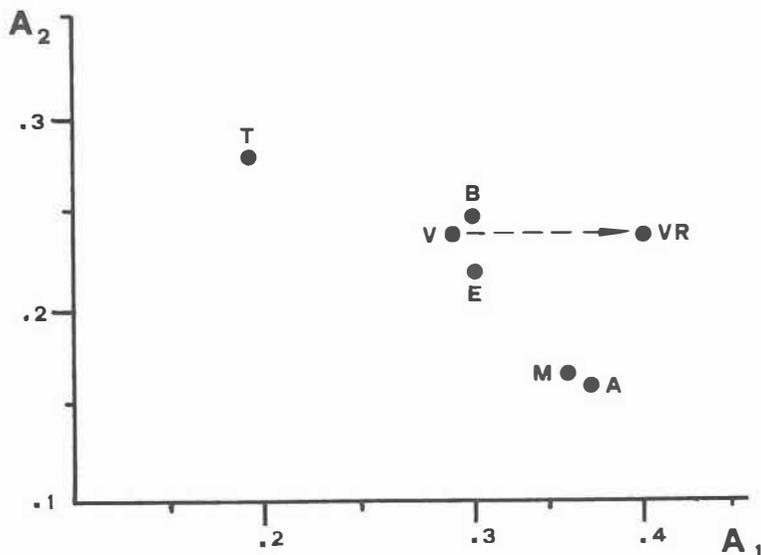


Fig. 4 - Diagramma di dispersione dell'asimmetria dei cariotipi. A_1 = indice di asimmetria intracromosomale; A_2 = indice di asimmetria intercromosomale. A: *Alyssum wulfenianum*; B: *Biscutella laevigata* subsp. *laevigata*; D: *Dianthus sylvestris*; E: *Erysimum sylvestre*; M: *Minuartia verna*; T: *Thlaspi cepaeifolium*; V: *Viola tricolor* subsp. *subalpina*; VR: *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis*. La freccia tratteggiata indica l'incremento dell'asimmetria da V a VR. (Spiegaz. nel testo).

b) *Thlaspi cepaeifolium*, che possiede un complemento cromosomico poco asimmetrico, potrebbe venir interpretato, dal punto di vista cariologico, un paleoendemismo.

Conclusioni

I risultati ottenuti con l'analisi cariologica hanno portato un notevole contributo alla tassonomia dei taxa più critici che colonizzano i suoli calaminari di Cave del Predil ed hanno generato varie ipotesi di lavoro per ulteriori studi di carattere morfologico. Difatti, le analisi cariologiche su popolazioni di taxa critici e colonizzatori di substrati che influenzano notevolmente il loro fenotipo, danno un contributo notevole per la delimitazione sistematica delle stirpi e forniscono ipotesi sulla loro origine.

Bibliografia

- Aichinger, E. 1971. *Geologische Zeiger*. Carinthia II, 28: 331-344.
- Anderson-Kottö, I. & Gaidner, A. E. 1931. *Interspecific crosses in the genus Dianthus*. *Genetica*, 13: 77-112.
- Arrigoni, P. V. & Mori, B. 1971. *Numeri cromosomici per la flora italiana*: 92-97. *Inform. Bot. Ital.*, 3: 226-233.
- Bresinsky, A. & Grau, J. 1970. *Zur Chorologie und Systematik von Biscutella im bayerischen Alpenvorland*. *Ber. Bayer Bot. Ges.*, 42: 101-108.
- Clapham, A. R. & Akeroyd, J. R. 1993. *Thlaspi L.* In: *Flora Europaea*, 1: 384-388.
- Contandriopoulos, J. & Afzal-Rafii, Z. 1973. *Contribution à l'étude cytotoxinomique des Alyssum de Turquie*. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, 83, 1: 14-29.
- Dvořáková, M. 1985. *Minuartia glaucina, eine neue Art aus der Minuartia verna-Gruppe*. *Preslia, Praha*, 57: 1-8.
- Dvořáková, M. 1991. *Zur Taxonomie und Chorologie von Minuartia orthophylla (Caryophyllaceae)*. *Preslia, Praha*, 63: 1-7.
- Ernst, W. 1965. *Ökologisch-Soziologische Untersuchungen der Schwermetall - Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluss der Alpen*. *Abhandl. Landesmuseum für Naturkunde, Münster, Westfalen*, 1: 5-54.
- Ernst, W. 1972. *Zink - und Cadmium - Immissionen auf Boden und Pflanzen in der Umgebung einer Zinkhütte*. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 85, 7-9: 295-300.
- Favarger, C. 1962. *Contribution de la biosystématique à l'étude des flores alpine et jurassienne*. *Rev. Cytol. Biol. Veg.*, 25: 397-410.
- Favarger, C. 1964. *Récherches cytotoxinomiques sur quelques Erysimum*. *Ber. Schweiz. Bot. Ges. (Bull. Soc. Bot. Suisse)*, 74: 5-40.
- Favarger, C. 1967. *Nombres Chromosomiques de quelques taxa principalement balkaniques du genre Minuartia (L.) Hiern*. *Botanische Jahrbücher*, 86: 280-293.
- Gadella, Th. W. J. & Kliphuis, E. 1970. *Chromosome studies in some flowering plants collected in the French Alps (Haute Savoie)*. *Rev. Gén. Bot.*, 77: 487-497.
- Gadella, T. & Kliphuis, E. 1972. *Studies in Chromosome Numbers of Yugoslavian Angiosperms*. *Acta Bot. Croat.*, 31: 91-103.
- Gentscheff, G. 1937. *Experimental and caryological investigation of the relationships among the species of the genus Dianthus*. *Diss. Univ. Sofia*, 55 p.
- Guinea, E. & Heywood, V. H. 1993. *Biscutella L.* In: *Flora Europaea*, 1: 393-398.
- Halliday, G. 1993. *Minuartia L.* In: *Flora Europaea*, 1: 152-160.
- Heywood, V. H. 1963. *The "species aggregate" in theory and practice*. *Regn. Veg.*, 27: 26-37.
- Ishii, T. 1930. *Chromosome studies in Dianthus*. *Cytologia*, 1: 335-339.
- Jaretsky, R. 1928. *Untersuchungen über Chromosomen und Phylogenie bei einigen Cruciferen*. *Jahrb. wiss. Bot.*, 68: 1-45.
- Jones, K. & Hooper, S. S. 1968. In: *IOPB chromosome number reports XVIII*. *Taxon*, 17: 419-422.
- Larsen, K. 1956. *Chromosome Studies in Some Mediterranean and South European Flowering Plants*. *Bot. Notiser*, 109, 3: 293-307.
- Lausi, D. & Cusma Velari, T. 1986. *Caryological and morphological investigations on a new zinc violet (Cave del Predil, Western Julian Alps, NE Italy)*. *Studia Geobotanica*, 6: 123-129.
- Lawalrée, A. 1956. *Les Biscutella de Belgique*. *Bull. Jard. Bruxelles*, 24: 129-136.
- Levan, A., Fredga, K. & Sandberg, A. A. 1964. *Nomenclature for centromeric position on chromosomes*. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Levitsky, G. A. 1931. *The karyotype in systematics*. *Bull. Appl. Bot. Genet. Plant. Breed.*, 27: 220-240.
- Maier, R., Punz, W., Sieghardt, H., Domschitz E., Nagl A., Wiener, S., Kulhanek, A. & Mühlerebner, W. 1981. *Zur Ökologie einiger Pflanzen auf den schwermetallhaltigen Halden in Bleiberg / Kärnten*.

- Carinthia II, 171, 91: 201-222.
- Manton, I. 1932. *Introduction to the General Cytology of the Cruciferae*. Ann. Botany, 46, 183: 509-556.
- Manton, I. 1934. *The Problem of Biscutella laevigata L.* Zeitschr. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre, 67: 41-57.
- Manton, I. 1937. *The Problem of Biscutella laevigata L. II. The Evidence from Meiosis*. Ann. Botany, 1, 3: 439-462.
- Markgraf, F. 1959-1963. Cruciferae. In: Hegi G. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. 2 ed., 4, 1: 73-508.
- Mayer, E. 1960. *Endemische Blütenpflanzen der südöstlichen Kalkalpen, ihres Voralpen- und illyrischen Übergangsgebietes*. Ad annum Horti Bot. Labac. Sol., Ljubljana.
- Melzer, H. 1973. *Beiträge zur floristischen Erforschung Kärntens*. Carinthia II, 163, 83: 425-439.
- Nilsson, O. & Lassen, P. 1971. *Chromosome Numbers of vascular Plants from Austria, Mallorca and Yugoslavia*. Bot. Notiser, 124: 270-276.
- Olowokudejo, J. D. & Heywood, V. H. 1984. *Cytotaxonomy and Breeding System of the Genus Biscutella (Cruciferae)*. Pl. Syst. Evol., 145: 291-309.
- Persson, J. 1971. *Studies in the Aegean flora. XIX. Notes on Alyssum and some other genera of Cruciferae*. Bot. Notiser, 124, 3: 399-418.
- Pignatti, S. 1974. *Note critiche sulla flora d'Italia. II. Il gruppo di Minuartia verna*. Giorn. Bot. Ital., 108, 3-4: 95-104.
- Pignatti, S. 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- Polatschek, A. 1966. *Cytotaxonomische Beiträge zur Flora der Ostalpenländer, I. Österreich*. Bot. Zeitschr., 113, 1: 1-46.
- Polatschek, A. 1972. *Beitrag zur Cytotaxonomie der Gattung Thlaspi*. Österreich. Bot. Zeitschr., 121: 201-206.
- Raimondo, F. M., Rossitto, M. & Ottonello, D. 1983. *Numeri cromosomici per la Flora Italiana: 967-976*. Inf. Bot. Ital., 15: 58-65.
- Ribaupierre, R. de 1957. *Cariologie des formes suisses de Dianthus carthusianorum L. et de D. aryophyllus L. ssp. silvester Wulfen Rouy et Foucaud*. Arch. Julius Klausstift, 32: 574-576.
- Rohweder, H. 1934. *Beiträge zur Systematik und Phylogenie des Genus Dianthus unter Berücksichtigung der karyologischen Verhältnisse*. Bot. Jahrb., 66: 249-368.
- Rohweder, H. 1937. *Beziehungen zwischen Chromosomengröße und Vitalität innerhalb der Gattung Dianthus*. Planta, 27: 478-499.
- Romero Zarco, C. 1986. *A new method for estimating karyotype asymmetry*. Taxon, 35, 3: 526-530.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., Webb, J. S. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. II ed. Academic Press London, New York, Toronto, Sydney, S.Francisco.
- Sasse, F. 1979. *Untersuchungen an Serpentinstandorten in Frankreich, Italien, Österreich und der Bundesrepublik Deutschland. II. Pflanzenanalysen*. Flora, 168: 578-594.
- Schönfelder, P. 1968. *Chromosomenzahlen einiger Arten der Gattung Biscutella L.* Österr. Bot. Zeitsch., 115: 363-371.
- Schönfelder, P. 1970. *Südwestliche Einstrahlungen in der Flora und Vegetation Nordbayerns*. Ber. Bayer. Bot. Ges., 42: 17-100.
- Simon, E. 1978. *Heavy metals in soil, vegetation development and heavy metal tolerance in plant populations from metalliferous areas*. New Phytol., 81: 175-188.
- Stebbins, G. L. 1960. *Variation and Evolution in Plants*. 4 ed., Columbia Univ., New York.
- Stebbins, G. L. 1971. *Chromosomal evolution in higher plants*. Edward Arnold Ltd., London.
- Vergnano Gambi, O., Brooks, R. R. & Radford, C. C. 1979. *L'accumulo di nichel nelle specie italiane del genere Alyssum*. Webbia, 33, 2: 269-277.
- White, M. D. J. 1973. *The chromosomes*. 6th. Ed. London.

Prof. Duilio Lausi
Dr.ssa Tiziana Cusma Velari

Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Trieste
Via L. Giorgieri 10
34127 Trieste (Italy)