

Indagini morfologiche e valutazione dei proazuleni sul complesso di *Achillea millefolium* in Friuli Venezia Giulia

V. CASOLO, N. ZAMPARUTTI, F. MARTINI

ABSTRACT - *Morphological investigations and proazulene evaluation on the Achillea millefolium group in Friuli Venezia Giulia* - *Achillea millefolium* is a polyploid complex whose description is critical. In this work, aiming to clarify the situation in Friuli Venezia Giulia, many populations have been studied by an approach that combines a morphometric analysis with an evaluation of the proazulene content. The presence of eight taxa considering species and subspecies is proved. The proazulene test is effective in *Achillea roseoalba*, but not completely in *Achillea collina*. With regards to chorology the position of *Achillea pannonica*, the presence of which in the Italian Karst must be confirmed, is critical. Finally it is considered the putative presence of a population of *Achillea pratensis* in the area neighbouring San Daniele del Friuli. The morphological complexity inside the group is here discussed.

Key words: *Achillea millefolium* group, Friuli Venezia Giulia, morphology, proazulene, taxonomy

Ricevuto il 7 Aprile 2014
Accettato il 26 Giugno 2014

INTRODUZIONE

L'aggregato di *Achillea millefolium* è composto da numerosi *taxa* di difficile discriminazione, infatti sono fra loro ibridogeni, ad alta variabilità fenotipica e cariologica. È un tipico gruppo tassonomicamente complesso che comprende specie diploidi, auto- e allo-poliploidi derivate e numerosi ibridi che lo rendono il raggruppamento più eterogeneo e largamente diffuso di *Achillea* (EHRENDORFER, 1959b, 1973; SAUKEL *et al.*, 2003), rappresentato in Friuli Venezia Giulia da nove entità tra specie e sottospecie. Secondo la recente revisione tassonomica APG III (2009, 2012), il genere *Achillea* fa parte della tribù delle *Matricariinae*, rientra nella sottofamiglia delle *Anthemideae* e appartiene alla famiglia delle *Asteraceae*.

Il centro di origine di *A. millefolium* s.l. è riferibile a un vasto territorio che va dall'Europa sud-orientale all'Asia sud-occidentale, da dove sembra essersi diffusa in tutto l'emisfero settentrionale (GUO *et al.*, 2008). Le trattazioni tassonomiche che si sono susseguite nel tempo sono state molto diverse tra loro: dall'estrema suddivisione in più di 40 microspecie fino al loro raggruppamento in un'unica macrospecie, *A. millefolium* s.l. (EHRENDORFER, GUO, 2006). *A. millefolium* aggr. ha un corredo cromosomico base

$x = 9$ dal quale sono derivati diversi gradi di ploidia. Le specie diploidi sono meno variabili, circoscritte (stenoecie), regressive e limitate ad aree distinte dell'Eurasia. All'opposto i *taxa* poliploidi sono polimorfici, geneticamente interconnessi, eurieci, spesso apofitici e dal punto di vista distributivo, possono occupare aree anche molto vaste: ad esempio *A. millefolium* s.s., specie esaploide ($6x=54$) in origine a distribuzione circumboreale, è ora diffusa in tutto il pianeta come pianta infestante le vegetazioni antropogene (GUO *et al.*, 2008).

I fattori citogenetici che stanno alla base della differenziazione e dell'adattamento fenotipico ed ecologico di *A. millefolium* aggr. sono stati investigati nei *taxa* nordamericani a partire dal 1948 da Clausen e collaboratori. Da allora gli studi su tale gruppo hanno condotto a una quantità notevole di dati relativi a morfologia, cariologia, riproduzione, comportamento d'incrocio, fitochimica, ecologia e distribuzione (EHRENDORFER, 1952, 1953, 1959a, b; 1973; HIESEY, NOBS, 1970; TYRL, 1975; VETTER *et al.*, 1996a, b; WLACH, 2002; SAUKEL *et al.*, 2003). Recenti analisi del DNA suggeriscono che *A. millefolium* aggr. formi il principale gruppo monofiletico del genere (Guo *et al.*, 2004, 2005, 2008, 2013).

L'ibridazione ha permesso la ricombinazione tra i caratteri morfo-fisiologici che garantiscono gli adattamenti ai diversi ambienti; la successiva speciazione ibrida (avvenuta grazie alla presenza di barriere geografiche o alla comparsa di barriere genetiche, fenotipiche ed ecologiche) ha consentito la separazione dei vari *taxa*. Tali fenomeni sono entrambi ubiquitari in questo complesso poliploide.

Le specie che compongono l'aggregato possono riprodursi vegetativamente per frammentazione dei rizomi e sessualmente tramite impollinazione entomogama incrociata (*outbreeding*) obbligata (a causa di auto-sterilità, SAUKEL *et al.*, 2003). Considerando i soli *taxa* basali (diploidi), l'aggregato non includerebbe più di sette specie. Tuttavia, nel corso di ripetuti cicli di ibridazione-differenziazione, questo gruppo ha dato vita a notevoli sistemi polifletici e politopici di discendenze, che hanno creato una rete di poliploidi (tetra-, esa- e ottaploidi). Ad oggi, la diversità complessiva del gruppo ha raggiunto il numero di 20-40 specie (la suddivisione nei diversi *taxa*, specie o sottospecie, dipende dal concetto impiegato dai diversi autori (cfr. EHRENDORFER, 1959b, 1973; VETTER *et al.*, 1996a, b; EHRENDORFER, GUO, 2006). In riferimento alle entità conosciute per il Friuli Venezia Giulia (POLDINI *et al.*, 2001; CONTI *et al.*, 2005), studi genetici basati sulla distribuzione degli AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) (GUO *et al.*, 2008; MA *et al.*, 2010) suggeriscono una complicata rete di rapporti parentali che sono illustrati in Fig. 1.

Da tali riscontri risulta che le specie diploidi, da cui

hanno avuto origine gli altri *taxa* sono *A. setacea* (2x) e *A. asplenifolia* (2x) - diffusa in Centro Europa - e *A. ceretanica* (2x), endemica dei Pirenei. *A. roseoalba* (2x) potrebbe avere un'origine piuttosto recente, dovuta a introgressione ibrida tra *A. asplenifolia* e un *taxon* diploide ancora sconosciuto, ma vicino ad *A. setacea* o *A. ceretanica*. Prove di incrocio artificiale, dati fitochimici e lo studio dei marcatori AFLP suggeriscono che *A. collina* (4x) sia derivata dall'incrocio tra *A. setacea* e *A. asplenifolia*. Per *A. pratensis* (4x) e *A. styriaca* (4x), non presente in Friuli Venezia Giulia) si ipotizza un'origine ibrida a partire da *A. asplenifolia* e *A. roseoalba*; tuttavia alcune somiglianze sono state osservate anche con i profili AFLP di *A. ceretanica*. I profili AFLP degli esaploidi *A. millefolium* (6x), *A. distans* (6x), *A. stricta* (6x) evidenziano un'alta affinità con *A. collina*, *A. pratensis* e *A. submillefolium* (4x). Questi dati rendono molto probabile per tali specie un'origine polifletica dal momento che condividono bande AFLP specifiche con la maggior parte dei *taxa* europei di- e tetraploidi. Infine *A. pannonica* (8x) appare correlata con *A. collina*, *A. stepposa* (4x) (originaria dell'Ucraina) e *A. setacea*, che si ritengono, quindi, i genitori putativi.

L'aggregato *A. millefolium* presenta inoltre notevole variabilità e plasticità morfologica e fitochimica. Questa complessità è stata evidenziata in numerosi lavori che hanno affrontato il problema con diversi approcci genetici. Lo studio dei cromosomi tramite analisi cariotipica di Feulgen, Giemsa-C banding (SCHWEIZER, EHRENDORFER, 1983; EHRENDORFER, 1986), DAPI e FISH banding (LAMBROU,

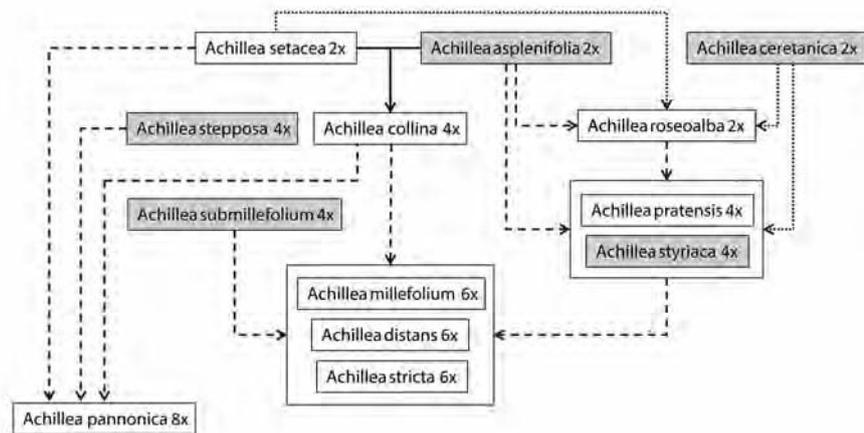


Fig. 1

Rapporti parentali all'interno del gruppo di *Achillea millefolium* secondo l'interpretazione dei marcatori AFLP, dati desunti da GUO *et al.* (2008) e MA *et al.* (2010). Caselle bianche: *taxa* presenti in Friuli Venezia Giulia; caselle grigie: *taxa* non segnalati in Friuli Venezia Giulia; linee continue: relazione parentale dimostrata con dati di ibridazione artificiale, dati fitochimici e marcatori molecolari; linee tratteggiate: relazione parentale evidenziata per affinità molecolare; linee puntinate: relazione parentale putativa proposta sulla base di similitudine molecolare.

Parental relationships within the *Achillea millefolium* group following the interpretation of AFLP markers, from GUO *et al.* (2008) e MA *et al.* (2010). White boxes: *taxa* observed in Friuli Venezia Giulia; grey boxes: *taxa* not observed in Friuli Venezia Giulia; full lines: parental relationship demonstrated on the basis of artificial hybridization data, phytochemistry and molecular markers; dotted lines: parental relationship evidenced by molecular affinity; pointed lines: putative parental relationship on the basis of molecular affinity.

EHRENDORFER, 2000) ha mostrato che i cariotipi evidenziabili nei *taxa* di *A. millefolium* aggr. sono fra loro piuttosto simili e con limitata differenziazione strutturale; inoltre non sono stati messi in luce ostacoli evidenti all'ibridazione. Tale circostanza è stata successivamente confermata dall'analisi delle sequenze di DNA nucleare ribosomiale (nrITS) e plastidiale (trnL-F), tramite la tecnica del barcoding; questi studi hanno caratterizzato l'aggregato come una "politomia" scarsamente distinta e che possono mettere in dubbio la definizione di alcune fra le specie precedentemente illustrate (GUO *et al.*, 2004). Le difficoltà nel chiarire i rapporti filogenetici attraverso l'utilizzo di algoritmi che esprimono le affinità genetiche sotto forma di dendrogrammi sono state confermate anche da GOBERT *et al.* (2006): si sono potuti evidenziare infatti cicli di ibridazione e differenziazione attraverso vari livelli di ploidia (GUO *et al.*, 2005). Tali criticità sarebbero dovute alla diffusa ibridazione secondaria avvenuta tra popolazioni simpatriche di differenti *taxa* poliploidi, fenomeno che ha condotto, nella costruzione degli alberi AFLP, alla separazione di gruppi geografici piuttosto che filogenetici. Questo scenario suggerisce l'esistenza di una rete di relazioni ad anello tra i diversi gruppi così discriminati (GUO *et al.*, 2008).

La notevole complessità dell'aggregato di *A. millefolium*, collegata alla grande variabilità dovuta a quanto sopra argomentato, ha per molto tempo limitato la conoscenza dei singoli *taxa* costituenti il gruppo. Questo lavoro intende approfondire, attraverso analisi morfologiche, morfometriche e attraverso un test rapido dei proazuleni, la conoscenza della complessità biologica, tuttora irrisolta, del gruppo di *A. millefolium* sul territorio del Friuli Venezia Giulia.

MATERIALI E METODI

Stazioni di campionamento

L'area di indagine del presente lavoro ricade nell'ambito amministrativo Friuli Venezia Giulia e in tre stazioni esterne, situate rispettivamente sulle Dolomiti e in una località slovena limitrofa al confine. Nel dettaglio: *A. setacea*: Slivia, Duino-Aurisina (Trieste), 45°46'18" N, 13°39'39" E; *A. roseoalba*: Bagni di Lusnizza, Malborghetto (Udine), 46°30'10" N, 13°22'11" E; San Eliseo, Majano (Udine), 46°09'47" N, 13°05'52" E; *A. cfr. pratensis*: Soprapaludo, San Daniele del Friuli (Udine), 46°10'14" N, 13°02'14" E; *A. millefolium* subsp. *millefolium*: Duino-Aurisina (Trieste), 45°45'40" N, 13°39'08" E; Fontanabona, Pagnacco (Udine), 46°07'54" N, 13°11'02" E; *A. collina*: Grozzana, Basovizza (Trieste), 45°37'49" N, 13°54'01" E; San Martino al Tagliamento, (Pordenone), 46°04'12" N, 12°84'80" E; *A. millefolium* subsp. *sudetica*: Lusia, Val di Fassa (Trento), 46°34'39" N, 11°69'64" E; Monte Croce Comelico, Padola (Belluno), 46°39'16" N, 12°25'18" E; *A. distans*: M. Matajur, Savogna (Udine), 46°12'13" N, 13°32'19" E; *A. stricta*: Pian del Cansiglio, Tambre (Belluno), 46°37'26" N, 12°25'01" E; *A. pannonica*: Divača, Carso sloveno, 45°40'45" N, 13°58'01" E.

La campagna di rilevamento si è svolta nell'arco di due stagioni (2012-2013), durante il periodo di sviluppo vegetativo che va da inizio giugno a fine ottobre.

Analisi morfologiche e morfometriche

Il campionamento del materiale vegetale è stato svolto asportando la pianta intera. Le analisi morfologiche e morfometriche sono state effettuate su campioni essiccati. I caratteri diacritici presi in considerazione (Tab. 1) sono stati ricavati dal confronto di descrizioni presenti in diverse flore analitiche (PIGNATTI, 1982; AESCHIMANN, BURDET, 1994; EGGENBERG, MOHL, 2008; SAUKEL, 2008), con particolare riferimento a quanto proposto in SAUKEL, LÄNGER (1992a).

Per definire alcune parti dei campioni (ligula, tubo corollino, ovario, lacinie fogliari), le misure sono state prese al microscopio ottico (Leica BF200) con obiettivo Achro 4/1.0 e oculare micrometrico (Leitz 10x); il diametro del fusto è stato misurato per mezzo di un calibro.

Analisi dei proazuleni e altri lattoni sesquiterpenici

Fiori ligulati, ottenuti da piante essiccate, sono stati montati su un vetrino e messi in contatto con una goccia (15 µl/fiore) di cloralio-fosfato (due parti di idrato di cloralio 60% e una parte di acido fosforico 85%). Il vetrino è stato passato alla fiamma per pochi secondi, fino all'ebollizione e, quindi, immediatamente rimosso dalla fonte di calore. In seguito alla reazione chimica, le ghiandole dei fiori (Fig. 2) assumono una colorazione che viene osservata al microscopio: blu e nero indicano la presenza di proazuleni, mentre qualsiasi altro colore (o mancanza di colore) indica una diversa composizione dei lattoni sesquiterpenici. Un'avvertenza importante concerne l'utilizzo di solo materiale secco; infatti utilizzando materiale fresco è frequente ottenere una reazione di falso positivo (RAUCHENSTEINER *et al.*, 2002).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel valutare la variabilità morfologica delle popolazioni è fondamentale la distinzione tra i caratteri conservati a livello genetico e quelli che, invece, subiscono variazioni dovute alle condizioni ambientali (HIESEY, NOBS, 1970; WARWICK, BRIGGS, 1979; GUREVITCH, 1988). In questo lavoro sono state valutate le diverse caratteristiche appartenenti a individui di una stessa specie cresciuti in una o più popolazioni (Tab. 1). Di seguito sono discussi solo i risultati relativi ai caratteri utili nel discriminare i vari *taxa*.

Habitus e fusto

L'altezza della pianta è un carattere molto variabile, sia tra individui, sia tra popolazioni di una stessa specie, in particolare in *A. millefolium* subsp. *millefolium*. Le specie diploidi (*A. setacea* e *A. roseoalba*) mostrano un aspetto meno vigoroso, con piante di taglia ridotta e con ramificazioni assenti o poco numerose, congiuntamente a una sezione del caule cilindrica o poco angolosa, minore di 2 mm di dia-

TABELLA 1

Caratteri diagnostici valutati negli individui studiati di *Achillea millefolium* agg. I dati sono espressi come media \pm deviazione standard. Diagnostic characters evaluated in the studied specimens of *Achillea millefolium* agg. Data are expressed as average \pm standard deviation.

	<i>A. setacea</i>	<i>A. roseocalba</i>	<i>A. collina</i>	<i>A. cfr. pratensis</i>	<i>A. millefolium</i> subsp. <i>millefolium</i>	<i>A. millefolium</i> subsp. <i>sudetica</i>	<i>A. stricta</i>	<i>A. distans</i>	<i>A. pannonica</i>
HABITUS E FUSTO									
Altezza pianta (cm)	38,1 \pm 8,1	22,0 \pm 4,7	42,0 \pm 8,8	48,8 \pm 8,8	62,2 \pm 17,9	42,6 \pm 5,1	51,0 \pm 7,0	37,7 \pm 9,7	63,3 \pm 9,3
Lunghezza internodi (cm)	2,3 \pm 0,4	5,8 \pm 2,0	2,8 \pm 0,6	5,0 \pm 0,7	4,6 \pm 1,9	5,0 \pm 2,2	6,0 \pm 1,3	6,0 \pm 1,3	4,1 \pm 0,3
Lunghezza internodi mediali (cm)	3,1 \pm 0,4	4,8 \pm 1,0	2,3 \pm 1,0	5,3 \pm 1,5	2,4 \pm 0,8	4,0 \pm 2,2	4,3 \pm 1,2	4,8 \pm 1,1	2,6 \pm 0,3
Numero nodi	17,1 \pm 4,1	4,2 \pm 1,9	18,9 \pm 6,4	9,8 \pm 1,8	14,0 \pm 2,2	9,5 \pm 3,0	12,7 \pm 4,2	6,6 \pm 2,4	15,4 \pm 2,4
Larghezza caule al secondo internodo (mm)	1,4 \pm 0,2	1,4 \pm 0,2	2,4 \pm 0,6	1,9 \pm 0,1	3,8 \pm 0,9	3,1 \pm 0,5	2,8 \pm 0,7	3,5 \pm 1,0	2,8 \pm 0,5
Pelosità	densa con peli lunghi	rada	densa con peli lunghi	rada	rada con peli lunghi	rada con peli lunghi	rada con peli lunghi	rada con peli lunghi	densa con peli lunghi
Ramificazioni	nessuna	poche	molte	poche	molte	molte	molte	molte	poche
Sezione fusto alla base	cilindrica	cilindrica	angolosa	poco angolosa	angolosa	angolosa	angolosa	angolosa	angolosa
FOGLIA									
Lunghezza foglie mediane (cm)	4,3 \pm 0,9	5,8 \pm 1,9	4,4 \pm 1,1	6,0 \pm 0,6	6,9 \pm 1,9	6,1 \pm 0,5	8,2 \pm 2,1	7,5 \pm 1,3	5,9 \pm 0,4
Larghezza foglie mediane (cm)	0,4 \pm 0,1	1,2 \pm 0,4	0,7 \pm 0,2	1,2 \pm 0,2	1,5 \pm 0,7	1,1 \pm 0,2	1,9 \pm 0,3	1,8 \pm 0,3	0,9 \pm 0,1
Lunghezza pinna (mm)	3,21 \pm 0,41	5,75 \pm 0,90	4,11 \pm 0,17	6,31 \pm 0,80	7,56 \pm 3,45	6,86 \pm 1,03	10,20 \pm 2,00	2,76 \pm 0,47	6,30 \pm 1,15
Larghezza pinna (mm)	2,30 \pm 0,63	3,06 \pm 0,58	2,19 \pm 0,65	4,00 \pm 0,12	1,93 \pm 0,88	3,43 \pm 1,09	3,53 \pm 0,55	1,09 \pm 0,07	4,13 \pm 0,36
Distanza pinne (mm)	1,0 \pm 0,2	3,1 \pm 0,8	2,3 \pm 0,7	3,2 \pm 0,1	2,5 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	0,52 \pm 0,13	5,0 \pm 2,8	2,3 \pm 0,1
Lunghezza lacinia (mm)	1,44 \pm 0,66	1,80 \pm 0,34	1,29 \pm 0,38	2,35 \pm 0,62	1,13 \pm 0,52	2,02 \pm 0,64	1,81 \pm 0,49	n. d.	2,43 \pm 0,21
Larghezza rachide della lacinia (mm)	0,29 \pm 0,07	0,48 \pm 0,15	0,26 \pm 0,05	0,33 \pm 0,13	0,44 \pm 0,11	0,37 \pm 0,09	0,59 \pm 0,10	n. d.	0,31 \pm 0,09
Lunghezza lobo terminale (mm)	0,85 \pm 0,19	1,52 \pm 0,37	1,14 \pm 0,17	1,52 \pm 0,32	1,28 \pm 0,08	2,25 \pm 0,15	1,52 \pm 0,56	1,00 \pm 0,23	1,08 \pm 0,29
Larghezza lobo terminale (mm)	0,31 \pm 0,07	0,68 \pm 0,11	0,31 \pm 0,07	0,72 \pm 0,31	0,61 \pm 0,21	0,46 \pm 0,12	0,74 \pm 0,32	1,26 \pm 0,14	0,44 \pm 0,13
Rachide alata (> 2 mm)	no	no	no	no	no	no	si	si	no
Rachide dentata	no	no	no	no	no	no	si	no	no
INFIORESCENZA									
Lunghezza involucri (mm)	4,89 \pm 2,02	5,20 \pm 0,28	7,00 \pm 0,89	4,44 \pm 0,06	7,26 \pm 1,25	5,42 \pm 1,45	4,93 \pm 1,45	7,76 \pm 0,54	4,54 \pm 0,32
Lunghezza involucro (mm)	2,95 \pm 1,31	3,47 \pm 0,46	3,68 \pm 0,70	1,99 \pm 0,11	4,49 \pm 0,86	3,14 \pm 0,73	3,00 \pm 0,60	4,73 \pm 0,30	2,43 \pm 0,55
Lunghezza squame mediane (mm)	2,45 \pm 0,09	2,56 \pm 0,22	2,80 \pm 0,36	2,67 \pm 0,03	2,64 \pm 0,36	3,16 \pm 0,12	3,14 \pm 0,29	3,33 \pm 0,43	3,24 \pm 0,31
Lunghezza squame mediane (mm)	0,85 \pm 0,10	0,88 \pm 0,12	0,97 \pm 0,12	0,89 \pm 0,08	0,98 \pm 0,09	0,94 \pm 0,25	0,88 \pm 0,10	1,11 \pm 0,09	0,97 \pm 0,16
Colore bordo squame	verde, marrone	verde	verde	verde	verde, marrone	marrone	verde	verde,	verde, marrone
Indumento	chiaro	glabrescente	fitto, peli lunghi e corti	glabrescente	chiaro	scuro/nero	verde	marrone	chiaro
Fitto, peli lunghi e corti	fitto, peli lunghi e corti	glabrescente	fitto, peli lunghi e corti	glabrescente	chiaro	scuro/nero	verde	marrone	chiaro
Lunghezza tubo corollino (mm)	1,13 \pm 0,11	1,25 \pm 0,09	1,26 \pm 0,13	1,26 \pm 0,14	1,46 \pm 0,17	1,28 \pm 0,15	1,44 \pm 0,12	1,43 \pm 0,12	1,46 \pm 0,08
Lunghezza tubo corollino (mm)	0,32 \pm 0,13	0,30 \pm 0,09	0,29 \pm 0,08	0,39 \pm 0,19	0,25 \pm 0,03	0,30 \pm 0,09	0,34 \pm 0,07	0,34 \pm 0,15	0,31 \pm 0,08
Lunghezza ligula (mm)	0,99 \pm 0,21	1,31 \pm 0,21	1,34 \pm 0,24	1,67 \pm 0,11	1,44 \pm 0,27	1,87 \pm 0,17	1,62 \pm 0,30	1,89 \pm 0,34	1,45 \pm 0,16
Lunghezza ligula (mm)	1,26 \pm 0,25	1,27 \pm 0,18	1,54 \pm 0,34	1,50 \pm 0,18	1,49 \pm 0,28	2,03 \pm 0,32	1,52 \pm 0,28	2,09 \pm 0,43	1,51 \pm 0,31
Rapporto lunghezza tubo corollino/ligula (mm)	1,17 \pm 0,23	0,97 \pm 0,16	0,96 \pm 0,15	0,75 \pm 0,06	1,03 \pm 0,14	0,68 \pm 0,06	0,89 \pm 0,16	0,78 \pm 0,16	1,02 \pm 0,12
Lunghezza ovario	1,04 \pm 0,13	1,45 \pm 0,17	1,57 \pm 0,13	1,62 \pm 0,18	1,67 \pm 0,15	1,67 \pm 0,19	1,61 \pm 0,20	1,69 \pm 0,16	1,43 \pm 0,10
Colore ligule	bianco	rosa	bianco	bianco-rosa	bianco-rosa	bianco-rosa	bianco	bianco-rosa	bianco

metro al secondo internodo. Questi ultimi caratteri sono condivisi anche con la popolazione putativa di *A. pratensis*. Al contrario, *A. distans* presenta individui tozzi, spesso di bassa statura, molto ramificati e con caule decisamente angoloso e diametro piuttosto rilevante. Infine, rispetto a tutte gli altri *taxa*, in *A. millefolium* subsp. *millefolium* e *A. stricta*, è evidente il raccorciamento di 1-3 internodi mediani del caule.

Indumento

La densità e il tipo di tricomi, che costituiscono l'indumento distribuito sui diversi organi della pianta, sono attributi distintivi utilizzati in alcune flore critiche (SAUKEL, 2008; EGGENBERG, MOHL, 2008). Si tratta, tuttavia, di un insieme di caratteri relativamente difficile da rilevare, poiché l'impressione visiva è determinata da due parametri non collegabili in modo assoluto: lunghezza e densità dei peli (SAUKEL, LÄNGER, 1992a); per tale motivo è opportuno valutare la densità in relazione alla parziale o totale copertura dell'organo considerato. Dall'osservazione dei campioni a disposizione è risultato che nelle specie sud-est europee xerofile, *A. setacea*, *A. collina* e *A. pannonica*, vi è una copresenza di peli corti e fitti e peli più lunghi e sparsi, tanto da ricoprire fusto e foglie con un vello biancastro. Al contrario, *A. roseoalba* e *A. pratensis* sono quasi glabre, con pochi, corti peli, in particolare su fusto e squame involucri. Per quanto concerne gli altri *taxa*, la valutazione del tipo di tomento è spesso problematica in relazione alla soggettività nel giudizio sulla lunghezza e densità dei peli: ad esempio, la maggior parte degli esemplari di *A. millefolium* subsp. *millefolium* confrontati possiedono una peluria sparsa, data da peli lanosi lunghi con aspetto ragnateloso, carattere, questo, molto variabile. Si raccomanda di effettuare l'osservazione su materiale fresco.

Foglia

I caratteri fogliari permettono di discriminare con relativa sicurezza alcune delle specie dell'aggregato (Tab. 1). *A. distans* presenta foglie con pinne grossolane e rachide delle foglie cauline superiori provvista di ala di grandi dimensioni (2-4 mm); inoltre le pinne sono tozze, con distanza elevata tra le inserzioni ed è spesso evidente un solo ordine di partitura: la pinna appare quindi lobata e non divisa in lacinie. La rachide alata è distintiva anche per *A. stricta*, che possiede evidenti denti intercalari fra le pinne e mostra, anche sul margine delle lacinie fogliari, numerose dentellature. La lamina fogliare nel suo complesso è sempre lanceolata, tuttavia il rapporto tra lunghezza e larghezza distingue bene *A. setacea*, con foglie sottili e forma allungata; questi caratteri, mediamente, sono riscontrabili anche in *A. collina* e *A. pannonica*. Inoltre, valutata sul fresco, la sezione trasversale delle foglie di queste specie appare carenata, attributo che potrebbe essere legato agli ambienti xerici in cui esse vegetano. L'aspetto degli elementi fogliari, il rapporto tra lunghezza e larghezza della lacinia e del lobo terminale, che conferiscono alla pinna una figura

slanciata oppure tozza, è utilizzato come indicativo del *taxon* da RAUCHENSTEINER *et al.* (2002). Per quanto in alcune specie le misure rispecchino un certo tipo morfologico (ad esempio le sottili e distinte lacinie di *A. setacea*), molto dipende dalla parte della pinna presa in esame e dalla posizione della stessa sulla foglia considerata; inoltre, soprattutto per quanto riguarda il lobo terminale, non è sempre immediato capire dove inizi una nuova lacinia e dove, invece, sia presente un semplice abbozzo di partitura della lamina. La distanza tra le pinne sulla rachide è un carattere relativamente riconoscibile tra le specie dell'aggregato; *A. roseoalba* e *A. pratensis* si caratterizzano per avere pinne distanziate, contrariamente ad *A. setacea*, dove sono molto ravvicinate (ca. 1 mm). Nella valutazione della foglia, grande attenzione va posta agli individui ricresciuti in seguito a sfalcio che, rispetto agli esemplari primari, possono presentare foglie cauline di maggiori dimensioni e con pinne molto distanziate (SAUKEL, LÄNGER, 1992a).

Capolino

L'osservazione dell'involucro del capolino (Tab. 1) permette alcune significative valutazioni.

Il colore del bordo delle squame consente di riconoscere immediatamente gli individui di *A. millefolium* subsp. *sudetica*. Infatti, per quanto la variabilità di questo carattere sia elevata, con squame il cui margine va dal verde-giallastro, al verde, al marrone chiaro, è solo in questa sottospecie che si riscontra un colore molto scuro, quasi nero.

Per quanto riguarda la densità dell'indumento (peli corti e peli lunghi lanosi), si rimanda a quanto descritto per la pianta intera. Squame glabre o al più con pochi peli al margine consentono di riconoscere *A. roseoalba*. Le dimensioni complessive dell'involucro rispecchiano l'aspetto vigoroso dei capolini di *A. millefolium* subsp. *millefolium* e *A. distans*. La dimensione delle squame mediane è in rapporto con il grado di ploidia: sono piccole in *A. setacea* e *A. roseoalba*, maggiori negli esaploidi e in *A. pannonica* (8x).

I caratteri del fiore, come atteso, presentano una bassa variabilità fra gli individui della stessa specie, tuttavia non sono di grande aiuto per la discriminazione dei diversi *taxa*. Infatti, per quanto vi sia una chiara correlazione delle dimensioni del fiore e dell'ovario con il grado di ploidia delle specie, l'unica che si mostra discriminabile sotto questo profilo è *A. setacea*, che presenta fiori e ovario di dimensioni inferiori, con tubo corollino sempre più lungo rispetto alla ligula. In generale, *A. distans* e *A. millefolium* sono le specie con organi fiorali maggiormente sviluppati.

Contenuto in proazuleni

La reazione dei proazuleni con l'idrato di cloralio ha portato a quattro diversi tipi di colorazione: i) assente; ii) azzurro-blu; iii) nera; iv) altri colori (rosa, grigio). Lo sviluppo del colore dipende dalla diversa composizione in sesquiterpeni (KUBELKA *et al.*,

1999). Secondo quanto riportato in letteratura (SAUKEL, 1993; RAUCHENSTEINER *et al.*, 2002), la presenza di proazuleni è manifesta solo con colore da azzurro a nero.

Gli individui che sono stati riconosciuti come *A. roseoalba* hanno sempre mostrato ghiandole del fiore (presenti principalmente nel tubo corollino) colorate in azzurro-blu (Fig. 2 b).

Questa evidenza sperimentale ha permesso di attribuire le popolazioni, morfologicamente non tipiche, di Forni di Sopra, Bagni di Lusnizza e Valbruna ad *A. roseoalba*, escludendo quindi che fossero compatibili con gli individui, identificati come *A. pratensis*, che SAUKEL, LÄNGER (1992c) riportano per il Tarvisiano. Altre popolazioni non ben caratterizzabili (San Daniele del Friuli, loc. Soprapaludo), ma riferibili ad *A. roseoalba*, di dimensioni maggiori e con crescita a tappeto, non hanno mostrato colorazione ai proazuleni; questo carattere discriminante, in sinergia con le osservazioni morfologiche, ha portato a considerare la possibilità che tali piante appartengano ad *A. pratensis*.

Criticità sono emerse nella risposta alla colorazione in piante attribuite, su base morfologica, ad *A. collina*. Solo i campioni provenienti da S. Martino al Tagliamento infatti hanno confermato una risposta apprezzabile al contenuto in proazuleni, con ghiandole che si sono colorate di nero (Fig. 2 c); gli individui di Grozzana non hanno dato reazione positiva, al più si sono osservate ghiandole color grigio chiaro; anche gli esemplari del Cansiglio e altri provenienti da materiale di erbario non hanno risposto all'analisi dei proazuleni, non mostrando colorazione. Questi risultati mettono in luce la possibilità di attribuzioni inesatte ad *A. collina* basate unicamente su caratteri morfologici.

Tutti gli altri campioni attribuiti agli altri *taxa* dell'aggregato non hanno dato alcuna reazione, oppure si sono evidenziati colori diversi dal blu e nero (Fig. 2 d).

Descrizione dei taxa in base ai caratteri esaminati

AVVERTENZA: le annotazioni che seguono hanno lo scopo di porre in evidenza la variabilità dei caratteri morfologici verificati all'interno dei *taxa* presenti nell'area di studio. Si tratta quindi di integrazioni alle descrizioni presenti in letteratura, il cui significato, al momento, è da ritenersi limitato al territorio preso in considerazione.

Achillea setacea Waldst. et Kit. (2x = 18)

Syn: *Achillea millefolium* L. subsp. *setacea* (Waldst. et Kit.) Čelak.

Pianta gracile di piccole dimensioni (25-50 cm), non ramosa, di colore grigio-verde per la presenza di denso indumento costituito da peli brevi e peli lanosi di lunghezza maggiore; fusto non angoloso, con diametro di 1,1-1,7 mm al secondo internodo, a 11-22 nodi e internodi brevi (16-26 mm).

Foglie lanceolato-lineari, quelle della rosetta e le basali con tipico aspetto tridimensionale (a spazzola);

foglie cauline a sezione carenata con dimensioni decrescenti, le centrali mediamente misurano 40 × 4 mm; pinne di piccole dimensioni (ca. 3,2 mm), poco distanziate (1 mm); lacinie di lunghezza molto variabile, ma non superiore a 2,5 mm; lobo terminale di 0,85 × 0,31 mm, mucronulato.

Infiorescenza principale piccola, con aspetto appiattito; involucri di 4,9 × 3 mm; squame verdi-giallognole (2,5 × 0,9 mm), densamente pelose.

Fiori piccoli, bianco-giallastri, i ligulati con tubo (1,1 mm) appena maggiore della ligula (1 mm), più larga (1,26 mm) che lunga. Ovario di 0,8-1,2 mm (Fig. 3). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. L'unica popolazione di *A. setacea* esaminata mostra caratteri molto costanti. Altre popolazioni riscontrate nel territorio regionale, con aspetto simile ad *A. setacea*, a un'attenta analisi morfologica si sono rivelate essere forme gracili di *A. collina*; tuttavia esse non hanno evidenziato colorazione ai proazuleni.

Achillea roseoalba Ehrend. (2x = 18)

Pianta di dimensioni molto variabili, ma tendenzialmente gracile (20-60 cm), poco ramosa (ramosità più marcata in esemplari ricresciuti in seguito a sfalcio), di colore verde intenso, poco pelosa; fusto angoloso alla base con diametro di 1,2-1,8 mm, a 4-8 nodi, con internodi lunghi 34-95 mm.

Foglie lanceolate, quelle della rosetta picciolate e con lamina di dimensioni nettamente superiori rispetto alle cauline, che misurano mediamente 58 × 12 mm e presentano dimensioni maggiori nella zona mediana del fusto; rachide della foglia debolmente alata; pinne lunghe ca. 5,8 mm, molto distanziate (3 mm); lacinie lunghe ca. 1,8 mm; lobo terminale di 1,5 × 0,7 mm, mucronulato.

Infiorescenza principale concava, medio-piccola; involucri dei capolini di 5,2 × 3,5 mm; squame verde chiaro (2,6 × 0,9 mm) con linea mediana più scura e margine marrone chiaro, generalmente glabre o con radi peli.

Fiori piccoli, rosa intenso (raramente bianchi), i ligulati con tubo lungo fino a 1,3 mm; ligula di 1,3 × 1,3 mm. Ovario di 1,2-1,6 mm (Fig. 4). Proazuleni presenti.

OSSERVAZIONI. Le popolazioni di *A. roseoalba* sono riconoscibili per l'aspetto tipicamente gracile e il colore verde brillante, non mascherato dal rado indumento. Popolazioni tipiche sono tuttavia riscontrabili solo negli habitat di elezione (prati fertili non eccessivamente eutrofizzati), mentre al di fuori di questi sono osservabili forme di transizione verso altre entità del ciclo. In ambienti xerici (prati magri, scarpate, ecc.) si notano spesso esemplari con indumento più denso, forse ibridi con *A. collina*.

In formazioni erbacee tendenzialmente igrofile esemplari identificati come *A. roseoalba* vanno rivisti criticamente, confrontando i caratteri relativi ad *A. pratensis*.

NOTA. Nel corso delle ricerche si sono riscontrati esemplari di incerta attribuzione, piuttosto esili e

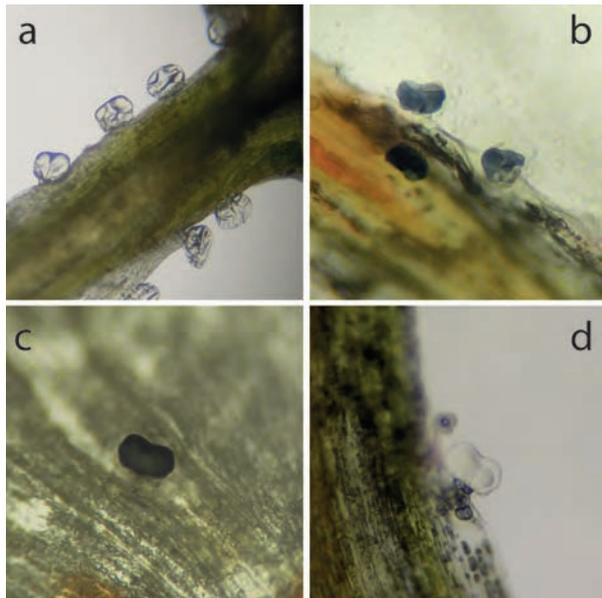


Fig. 2

Ghiandole fiorali in *Achillea millefolium* aggr. a) prima della colorazione; b), c), d), colorazione con idrato di clorallio: b) blu: *Achillea roseoalba*; c) nero: *Achillea collina*; d) incolore: *Achillea millefolium* subsp. *millefolium*.

Flower glands in *Achillea millefolium* aggr. a) before stain; b), c), d), chloralium hydrate stained: b) blue: *Achillea roseoalba*; c) black: *Achillea collina*; d) colourless: *Achillea millefolium* subsp. *millefolium*.

slanciati, alti 30-60 cm, da glabri a poco tomentosi per corta pelosità, non ramosi, a fusti (diam. < 3 mm) con ridotto numero di nodi (8-12) e raccorciati in alto, crescita a tappeto con presenza di nuovi germogli nelle piante in piena fioritura. Foglie della rosetta e basali con pinne molto distanziate. Infiorescenza principale mediamente piccola (diam. max 6 cm) con capolini minuti (4,4 × 2,9 mm). Corolla rosata con tubo lungo ca. 1 mm e ligula di 0,95 × 0,81 mm (Fig. 5). Assenza di proazuleni. I caratteri descritti farebbero propendere per l'attribuzione degli individui ad *A. pratensis*, la cui presenza in Friuli sarebbe così confermata. Il ritrovamento suggerisce la potenziale diffusione in altri contesti territoriali, a partire dalla fascia collinare. La difficoltà del riconoscimento, che poggia sulla valutazione statistica di alcuni parametri morfologici, pone però seri problemi nella distinzione di questa specie rispetto a popolazioni atipiche di *A. millefolium* subsp. *millefolium* e di *A. roseoalba*. La distinzione da quest'ultima può essere tuttavia facilitata dal test dei proazuleni.

Achillea collina Becker ex Rchb. (2x = 36)

Syn: *Achillea millefolium* L. subsp. *collina* (Becker) Weiss; *Achillea millefolium sensu* Marches. non L. p.m.p.

Pianta di aspetto e dimensioni molto variabili (attenzione a forme ibride!), mediamente robusta (30-60 cm e oltre), ramosa, di colore verde tendente al gri-

gio, tomentosa (copresenza di peli brevi e lunghi con peli lanosi); fusto angoloso con diametro di 1,6-3,7 mm alla base, a 9-29 nodi e internodi di lunghezza molto variabile (8-41 mm).

Foglie lanceolate, quelle della rosetta di dimensioni maggiori; le cauline, decrescenti lungo il fusto e in alto, sono caratterizzate da un ciuffo di lacinie abbraccianti il caule (simulanti stipole); le foglie mediane (44 × 7 mm) risultano uguali o appena superiori a quelle terminali; pinne lunghe ca. 4,1 mm, distanziate (2,3 mm); lacinie lunghe ca. 1,3 mm con lobo terminale (1,1 × 0,3 mm) mucronulato.

Infiorescenza principale fortemente convessa, medio-grande; involucri di 7 × 3,7 mm; squame (2,8 × 1 mm) verde-giallastre con linea mediana più scura, pubescenti.

Fiori bianchi di medie dimensioni; fiori ligulati con tubo di 1,3 mm; lunghezza della ligula (1,3 mm) solitamente inferiore alla larghezza (1,5 mm). Ovario di 1,4-1,8 mm (Fig. 6). Tra i casi studiati la presenza di proazuleni è stata rilevata unicamente nella popolazione di San Martino al Tagliamento.

OSSERVAZIONI. Per la sua ampia distribuzione geografica *A. collina* è, con *A. millefolium* subsp. *millefolium*, l'entità più facilmente reperibile. Nella sua forma tipica è presente in habitat termofili e/o xerofili, raggiungendo il piano montano superiore (pascoli aridi con esposizione meridionale). In ambienti ecotonali sono state osservate popolazioni con crescita a tappeto, caratteristica che in letteratura è riferita ad *A. pratensis* e *A. setacea* (SAUKEL, 2008). Spesso s'incontrano forme di transizione che non permettono un'immediata attribuzione. Particolare attenzione va posta nei confronti di *A. pannonica*, distinguibile per caratteri che necessitano di un'attenta quantificazione (nodi, dimensioni della pinna).

Achillea millefolium L. subsp. *millefolium* (6x = 54)

Syn: *Achillea millefolium* L. subsp. *asplenifolia* Vent.

Pianta robusta, molto ramosa, di notevoli dimensioni (40-80 cm e oltre) e di colore verde scuro; indumento molto variabile, anche denso e con peli lanosi in alcuni esemplari, ma mai diffuso in modo continuo e su tutti gli organi; fusto decisamente angoloso, con diametro in basso di 2,5-4,6 mm, ad alto numero di nodi (maggiore di 15 fino alla prima ramificazione) e internodi di lunghezza molto variabile (29-68 mm), raccorciati nella parte centrale e progressivamente allungati.

Foglie lanceolate (70 × 15 mm), le superiori leggermente ridotte rispetto alle mediane; pinne lunghe ca. 8 mm, piuttosto distanziate (2,5 mm); lacinie lunghe ca. 1,1 mm con lobo terminale (1,3 × 0,6 mm) mucronulato.

Infiorescenza principale piuttosto grande, formata da corimbi secondari portati più o meno alla stessa altezza; involucri di 7,3 × 4,5 mm; squame di 2,6 × 1 mm, verde chiaro, pubescenti, con striscia centrale verde scuro e linea mediana bianca.

Fiori bianchi o rosei; fiori ligulati con tubo di 1,5



Fig. 3
Achillea setacea. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea setacea. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.

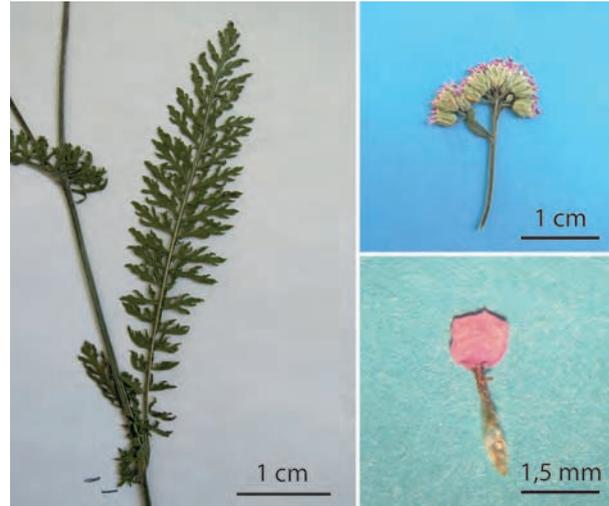


Fig. 4
Achillea roseoalba. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea roseoalba. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.



Fig. 5
Achillea cfr. *pratensis*. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea cfr. *pratensis*. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.



Fig. 6
Achillea collina. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea collina. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.

mm e ligula di $1,4 \times 1,5$ mm. Ovario 1,5-1,8 mm (Fig. 7). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. Pianta sinantropica che popola ambienti disturbati, distinguibile per l'habitus vigoroso molto ramificato. Quando cresce in vegetazioni sub- o semi-naturali la determinazione richiede l'osservazione accurata dei caratteri diacritici per la possibile confusione con *A. collina* o *A. roseoalba*. Nel piano montano si possono osservare frequentemente forme di transizione verso la sottospecie *sudetica*.

Achillea millefolium L. subsp. *sudetica* (Opiz) Weiss
(6x = 54)

Syn: *Achillea sudetica* Opiz

Pianta di medie dimensioni (40-60 cm) con densa pubescenza appressata dovuta a peli di corte dimensioni; fusto decisamente angoloso, con diametro di 2,2-3,7 mm alla base, ad alto numeri di nodi (8-13 fino alla prima ramificazione) e lunghezza molto variabile degli internodi (32-85 mm), raccorciati nella parte mediana.



Fig. 7
Achillea millefolium subsp. *millefolium*. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea millefolium subsp. *millefolium*. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.



Fig. 8
Achillea millefolium subsp. *sudetica*. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea millefolium subsp. *sudetica*. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.

Foglie lanceolate, le cauline leggermente decrescenti in dimensione lungo il fusto; foglie medie di 61 × 12 mm; pinne lunghe ca. 7 mm, abbastanza distanziate (2,6 mm); lacinie lunghe più di 2 mm; lobo terminale (2,3 × 0,5 mm) mucronulato.

Infiorescenza principale relativamente grande, con corimbi laterali spesso superanti quello centrale; involucri di 5,4 × 3,1 mm; squame di 3,2 × 0,9 mm con radi peli lanosi e bordo da bruno scuro a nero. Fiori da intensamente rosei a bianchi; fiori ligulati con tubo di 1,3 mm e ligula di dimensioni cospicue (1,9 × 2 mm). Ovario di 1,3-1,9 mm (Fig. 8). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. Vicariante altimetrica di *A. millefolium* subsp. *millefolium*, la sua identificazione non risulta problematica grazie alla caratteristica peculiare del bordo delle squame di colore bruno scuro o nerastro.

Achillea stricta Greml (6x = 54)

Syn.: *A. distans* Willd. subsp. *stricta* (Greml) Janch.

Pianta piuttosto alta (50-70 cm) di colore verde scuro con indumento costituito da peli sia lunghi e lanosi, sia brevi; il tomento non è diffuso su tutti gli organi, non appare continuo e presente in tutti gli individui; fusto decisamente angoloso, con diametro di 2-3,7 mm al secondo internodo, a numero di nodi elevato e variabile (7-17 fino alla prima ramificazione), internodi (lunghezza media 43 mm) raccorciati nella parte apicale.

Foglie lanceolate a rachide alata larga oltre 2 mm con evidenti dentellature; foglie cauline visibilmente decrescenti lungo il fusto; foglie medie lunghe 81 × 19 mm; pinne lunghe ca. 10 mm, molto distanziate (fino a 5 mm); lacinie non superanti i 2,5 mm;

lobo terminale (1,5 × 0,7 mm) mucronulato.

Infiorescenza principale grande (diametro fino a 10 cm), con corimbi laterali che raramente superano in altezza quello centrale; involucri di 4,9 × 3 mm; squame di 3,1 × 0,9 mm, bianche al centro, marrone chiaro sul bordo, con radi peli lanosi.

Fiori da bianchi a rosati; fiori ligulati con tubo di 1,4 mm e ligula pressoché isodiametrica (1,62 × 1,52 mm). Ovario di 1,4-1,8 mm (Fig. 9). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. *A. stricta* frequenta preferenzialmente orli nitrofilici del piano collinare e montano, in particolare sui versanti meridionali. Pur essendo generalmente di agevole determinazione per la presenza di rachide alata e dotata di dentelli, non sono tuttavia rari individui atipici, probabilmente generati per ibridazione con *A. collina* (peluria più densa e foglie con ciuffo di lacinie abbracciate il fusto), *A. millefolium* (dentellatura appena evidente) e *A. roseoalba* (piante di dimensioni ridotte, di un verde più vivace e corolla rosea).

Achillea distans Willd. (2x = 54)

Syn.: *A. tanacetifolia* All. subsp. *distans* (Willd.) Gajić

Pianta robusta, piuttosto tozza, ramosa (30-60 cm) di colore verde scuro a pelosità diffusa, talvolta lanosa; fusto angoloso con diametro di 2-4,9 mm alla base, a ridotto numero di nodi (4-10 fino alla prima ramificazione) e internodi di 4-8 cm, i più lunghi nella zona mediana.

Foglie lanceolate; foglie cauline di dimensioni molto variabili (75 × 18 mm), minori nelle ramificazioni laterali; lamina con rachide fortemente alata (nelle foglie superiori fino oltre 4 mm) e spesso dentata; pinne lunghe circa 1 cm al netto dell'ala, lobate, molto distanziate (fino a 5 mm); partiture di terzo



Fig. 9
Achillea stricta. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea stricta. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.



Fig. 10
Achillea distans. Foglia apicale; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea distans. Apical leaf; terminal corymb; ligulate flower.

ordine quasi mai osservabili, la lamina della pinna appare quindi incisa, ma non divisa; lobo terminale di $2,8 \times 1,1$ mm. Le grandi dimensioni della pinna con ridotti rapporti di incisione sono caratteri chiaramente visibili anche nelle foglie basali.

Infiorescenze molto grandi, con corimbo centrale rilevato rispetto ai laterali; involucri di $7,8 \times 4,7$ mm; squame di $3,3 \times 1,1$ mm, a pelosità appressata, di colore verde chiaro con parte centrale verde scuro e prive della linea mediana più chiara.

Fiori da bianchi a rosa intenso, di grandi dimensioni; fiori ligulati con tubo di 1,4 mm; ligula più larga (2,1 mm) che lunga (1,9 mm). Ovario di 1,4-1,9 mm (Fig. 10). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. Specie facilmente riconoscibile per la forma caratteristica delle foglie superiori. Nella stazione di campionamento sono state osservate forme intermedie con *A. collina*, presente nella sua forma tipica in una popolazione limitrofa.

Achillea pannonica Scheele (2x = 72)

Pianta slanciata non ramosa (50-80 cm) di colore verde-grigio e pelosità diffusa in tutta la pianta, costituita dalla combinazione di una fitta pubescenza di peli brevi e peli lunghi e lanosi; fusto angoloso con diametro di 2,1-3,4 mm, con molti nodi (12-18) e internodi brevi (3-5 cm), raccorciati nella parte superiore.

Foglie lanceolate; foglie medie (53×63 mm) decrescenti dalla base alla sommità del fusto; pinne lunghe ca. 6,5 mm, poco distanziate (2,0-2,5 mm). Lacinie di 2,2-2,8 mm con lobo terminale di 1,1 x 0,4 mm.

Infiorescenze grandi, con profilo convesso; involucri di $4,5 \times 2,4$ mm; squame di $3,2 \times 1$ mm, verde pallido e bordate di marrone chiaro, con tomento lungo e denso.

Fiori bianchi; fiori ligulati con tubo avente dimensio-

ne pressoché uguale alla lunghezza e larghezza della ligula: rispettivamente, 1,46, 1,45, 1,51 mm. Ovario di 1,26-1,50 mm (Fig. 11). Proazuleni assenti.

OSSERVAZIONI. Specie riconoscibile per il denso indumento che copre tutta la pianta, molto simile ad *A. collina*, dalla quale si distingue per la distanza nodale, l'assenza di un fitto ciuffo di lacinie alla base delle foglie cauline superiori e per le maggiori dimensioni della pinna. Nella zona di Grozzana, sono state riscontrate popolazioni che al primo esame sono state attribuite ad *A. pannonica*, ma che presentano caratteri non completamente coerenti con quanto proposto in letteratura.



Fig. 11
Achillea pannonica. Foglia mediana; corimbo terminale; fiore ligulato.
Achillea pannonica. Median leaf; terminal corymb; ligulate flower.

CONCLUSIONI

L'alta variabilità che caratterizza il gruppo di *A. millefolium* è un aspetto che è stato largamente affrontato sotto diversi punti di vista (EHRENDORFER, 1953; 1959a, b; RAUCHENSTEINER *et al.*, 2002; SAUKEL *et al.*, 2003; GUO *et al.*, 2006). L'indagine sistematica basata sull'analisi morfologica risulta assolutamente insufficiente a inquadrare la diversità osservabile, problema che ha portato in passato alle numerose proposte nomenclaturali e tassonomiche. Infatti, in natura, sono facilmente distinguibili, oltre ai tipi specifici sopra descritti, numerose forme intermedie. Il fenomeno dell'ibridazione fra le specie appartenenti all'aggregato è stato dimostrato in numerosi lavori (EHRENDORFER, 1959b; VETTER *et al.*, 1996a, b; SAUKEL *et al.*, 2003) anche fra specie fra loro distanti come *A. chyeolata* e *A. collina* (SAUKEL *et al.*, 2003) e l'importanza fondamentale dell'alloploidia quale meccanismo evolutivo funzionale è stata evidenziata in tutto il genere *Achillea* (GUO *et al.*, 2012, 2013). Inoltre, la diversità fenotipica è sicuramente amplificata da forme di adattamento ecologico, alcune delle quali appaiono fissate, come dimostrato anche da esperimenti di coltivazione *ex-situ* (SAUKEL, LÄNGER, 1992a).

Come precedentemente emerso in altri studi sviluppati in Centro-Europa (EHRENDORFER, 1953, 1959a, b; SAUKEL, LÄNGER, 1992a, b; KUBELKA *et al.*, 1999; GUO *et al.*, 2006), le analisi effettuate confermano che le specie componenti il gruppo di *Achillea millefolium* formano anche in Friuli Venezia Giulia un complesso molto difficile da interpretare per la scarsa delimitazione fra le entità e la controversa consistenza tassonomica.

Ai fini della determinazione, data la complessità all'interno dell'aggregato, è necessaria la valutazione sia di caratteristiche morfologiche, sia biochimiche (presenza proazuleni). Inoltre, la variabilità tra gli individui e le popolazioni richiede un'adeguata trattazione statistica, approccio non compatibile con l'esigenza di un rapido riconoscimento sul campo.

L'osservazione dei caratteri diacritici proposti da SAUKEL, LÄNGER (1992a) non ha sempre rispecchiato gli intervalli di valori indicati. In particolare, le difficoltà maggiori si sono riscontrate nella valutazione dei caratteri collegati al corimbo principale e alla lacinia fogliare, problematica dovuta all'interpretazione spesso soggettiva nella scelta dei punti di misurazione (dicotomie nei corimbi e abbozzi di lacinia nella foglia). Un altro aspetto discutibile è l'utilizzo frequente, come carattere diacritico, dell'area delle squame e delle ligule che, non avendo forma regolare, non può essere calcolata in modo preciso, se non con l'utilizzo di strumenti informatici di scansione e analisi dell'immagine.

Il tipo di indumento e l'assenza o presenza di peli densi e lunghi sono alla base di molte chiavi proposte per la determinazione (AESCHIMANN, BURDET, 1994; EGGENBERG, MOHL, 2008; SAUKEL, 2008). Questi caratteri, apparentemente di facile utilizzo, in realtà non sono esattamente definiti. Infatti, vi sono specie quasi glabre (*A. roseoalba*) o con tomento fitto

(*A. pannonica* e *A. setacea*) per le quali non vi è criticità, mentre per altre entità la descrizione dell'indumento non è sempre univoca, in particolare se osservata su campioni di erbario.

L'indagine svolta è basata sui lavori prodotti in Centro-Europa e introduce per la prima volta in popolazioni a sud dell'arco alpino la valutazione del contenuto in proazuleni. Tale strumento istochimico, il cui potenziale tassonomico è stato ampiamente dimostrato (KUBELKA *et al.*, 1999), è stato utile per discriminare gli esemplari di *A. roseoalba* da quelli putativi di *A. pratensis*. Lo scenario che emerge ricalca in linea di massima quanto già proposto nelle precedenti flore regionali (POLDINI, 1991; 2002).

La criticità maggiore probabilmente riguarda *A. collina*. Infatti, per quanto le popolazioni osservate fossero morfologicamente ed ecologicamente compatibili con quanto proposto in letteratura (SAUKEL, LÄNGER, 1992a; KUBELKA *et al.*, 1999; RAUCHENSTEINER *et al.*, 2002; SAUKEL, 2008), una sola fra queste (S. Martino al Tagliamento) da un punto di vista istochimico ha rivelato il contenuto in proazuleni. Si ritiene che questo dipenda dalla notevole capacità ibridogena di questa specie che conduce alla presenza massiva di popolazioni ibride non facilmente riconoscibili come tali (SAUKEL, 2008) e dove la via dei proazuleni è silenziata.

Un'ulteriore problematica si è riscontrata con *A. pannonica*, in quanto le popolazioni raccolte nel Carso (Grozzana), zona indicata da MARCHESETTI (1896-97) - dato ripreso da POLDINI (2009) - e inizialmente attribuite a tale specie, alla luce dell'analisi morfologica riguardante i caratteri dell'involucro e dell'ovario sono da attribuire ad altra entità (forse ibridi o forme xerofile di *A. millefolium*). Al contrario, gli individui raccolti pochi chilometri oltre il confine con la Slovenia (Divača) rispondono pienamente al tipo. A questo proposito, una revisione dei materiali depositati negli erbari risulterà necessaria al fine di chiarirne la presenza nel territorio italiano. La seconda unicità relativa all'aggregato di *A. millefolium* nel Carso triestino è *A. setacea*, la cui presenza è pienamente confermata dalla stazione di Slivia.

In riferimento alle altre specie, *A. millefolium* subsp. *millefolium* e *A. roseoalba* sono le stirpi più diffuse nella Regione; inoltre, è comprovata la presenza di *A. distans*, *A. stricta* e *A. millefolium* subsp. *sudetica*, limitate all'intervallo tra la fascia collinare (raro) e quella alpina.

La ricerca di *A. pratensis*, stimolata da quanto riportato da SAUKEL, LÄNGER (1992c) e suggerita dal ritrovamento della stessa nei territori limitrofi (AESCHIMANN *et al.*, 2004), mette in luce la grande difficoltà nel suo riconoscimento, dato che può essere facilmente confusa con forme vigorose di *A. roseoalba*, con forme gracili di *A. millefolium* subsp. *millefolium* oppure con ibridi estemporanei fra le due.

Ringraziamenti - Si ringrazia Johannes Saukel (Vienna) per i consigli relativi al materiale bibliografico.

LETTERATURA CITATA

AESCHIMANN D., BURDET H.M., 1994 - *Flore de la Suisse et des territoires limitrophes. Le nouveau Binz*, 2a ed., du

- Griffon, Neuchâtel.
- AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M., THEURILLAT J.-P., 2004 – *Flora alpina*. Zanichelli, Bologna.
- APG III, 2009 – *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III*. Bot. J. Linn. Soc., 161: 105-121.
- , 2012 – www.mobot.org/MOBOT/research/APweb
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C., 2005 – *An annotated Checklist of the Italian vascular flora*. Min. Ambiente e Tutela Territorio. Palombi Editori, Roma.
- EGGENBERG S., MOHL A., 2008 – *Flora vegetativa. Un guide pour déterminer les plantes de Suisse à l'état végétatif*. Rossolis, Bussigny, Suisse.
- EHRENDORFER F., 1952 – *Cytology of Achillea hybrids*. Carnegie Inst. Wash. Year Book, 51: 124-125.
- , 1953 – *Systematische und zytogenetische Untersuchungen an europäischen Rassen des Achillea millefolium-Komplexes*. (Vorläufige Mitteilung). Österr. Bot. Zeitschr., 100: 583-592.
- , 1959a – *Achillea roseoalba Ehrendf., spec. Nov., eine hybridogene, di- und tetraploide Sippe des Achillea millefolium-Komplexes*. Österr. Bot. Zeitschr., 106: 363-368.
- , 1959b – *Differentiation-hybridization cycles and polyploidy in Achillea*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 24: 141-152.
- , 1973 – *New chromosome numbers and remarks on the Achillea millefolium polyploid complex in North America*. Österr. Bot. Zeitschr., 122: 133-143.
- , 1986 – *Chromosome differentiation and evolution in angiosperm groups*. In: IWATSUKI, K., RAVEN, P.H., BOCK, W.J. (Eds), *Modern Aspects of Species*: 59-86. Tokyo Univ. Press, Tokyo.
- EHRENDORFER F., GUO, Y.-P., 2006 – *Multidisciplinary studies on Achillea sensu lato (Compositae-Anthemideae): new data on systematics and phylogeography*. Willdenowia, 36: 69-87.
- GOBERT V., MOJA S., TABERLET P., WINK M., 2006 – *Heterogeneity of three molecular data partition phylogenies of mints related to M. x piperita (Mentha; Lamiaceae)*. Plant Biol., 8: 470-485.
- GUO Y.-P., EHRENDORFER F., SAMUEL R., 2004 – *Phylogeny and systematics of Achillea (Asteraceae-Anthemideae) inferred from nrITS and plastid trnL-F DNA sequences*. Taxon, 53: 657-672.
- GUO Y.-P., SAUKEL J., EHRENDORFER F., 2008 – *AFLP trees versus scatterplots: evolution and phylogeography of the polyploid complex Achillea millefolium agg. (Asteraceae)*. Taxon, 57: 153-169.
- GUO Y.-P., SAUKEL J., MITTERMAYR R., EHRENDORFER F., 2005 – *AFLP analyses demonstrate genetic divergence, hybridization, and multiple polyploidization in the evolution of Achillea (Asteraceae-Anthemideae)*. New Phytol., 166: 273-290.
- GUO Y.-P., TONG X.-Y., WANG L.-W., VOGL C., 2013 – *A population genetic model to infer allotetraploid speciation and long-term evolution applied to two yarrow species*. New Phytol., 199: 609-621.
- GUO Y.-P., VOGL C., VAN LOO M., EHRENDORFER F., 2006 – *Hybrid origin and differentiation of two tetraploid Achillea species in East Asia: molecular, morphological and ecogeographical evidence*. Mol. Ecol., 15: 133-144.
- GUO Y.-P., WANG L.-W., VOGL C., EHRENDORFER F., 2012 – *Nuclear and plastid haplotypes suggest rapid diploid and polyploid speciation in the N Hemisphere Achillea millefolium complex (Asteraceae)*. Evol. Biol., 12: 2. <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/12/2>.
- GUREVITCH J., 1988 – *Variation in leaf dissection and leaf energy budgets among populations of Achillea from an altitudinal gradient*. Am. J. Bot., 75: 1298-1306.
- HIESEY W.M., NOBS M.A., 1970 – *Genetic and transplant studies on contrasting species and ecological races of the Achillea millefolium complex*. Bot. Gaz., 131: 245-259.
- KUBELKA W., KASTNER U., GLASL S., SAUKEL J., JURENITSCH J., 1999 – *Chemotaxonomic relevance of sesquiterpenes within the Achillea millefolium group*. Biochem. Syst. Ecol., 27: 437-444.
- LAMBROU M., EHRENDORFER F., 2000 – *DAPI-banded karyotypes and hybrid compatibility in diploid and tetraploid taxa of Achillea millefolium agg.* Botanikertagung Jena, 17-22 September 2001, Tagungsband, p. 207.
- MA J.-X., LI Y.-N., VOGL C., EHRENDORFER F., GUO, Y.-P., 2010 – *Allopolyploid speciation and ongoing backcrossing between diploid progenitor and tetraploid progeny lineages in the Achillea millefolium species complex: analyses of single-copy nuclear genes and genomic AFLP*. Evol. Biol. <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/10/100>.
- MARCHESETTI C., 1896-97 – *Flora di Trieste e de' suoi dintorni*. Museo Civico Trieste.
- PIGNATTI, S., 1982 – *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- POLDINI L., 1991 – *Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli-Venezia Giulia. Inventario floristico regionale*. Reg. Autonoma Friuli-Venezia Giulia. Dir. Reg. Foreste e Parchi, Udine; Dip. Biologia, Univ. Trieste.
- , 2002 – *Nuovo atlante corologico delle piante vascolari in Friuli-Venezia Giulia*. Reg. Autonoma Friuli-Venezia Giulia. Azienda Parchi e Foreste Regionali, Udine; Dip. Biologia, Univ. Trieste. Arti Grafiche Friulane, Udine.
- , 2009 – *La diversità vegetale del Carso fra Trieste e Gorizia*. Guide alla flora IV. Edizioni Goliardiche, Trieste.
- POLDINI L., ORIOLO G., VIDALI M., 2001 – *Vascular flora of Friuli-Venezia Giulia. An annotated catalogue and synonymic index*. Studia Geobot., 21: 3-227.
- RAUCHENSTEINER F., NEJATI S., WERNER I., GLASL S., SAUKEL J., JURENITSCH J., KUBELKA W., 2002 – *Determination of taxa of the Achillea millefolium group and Achillea crithmifolia by morphological and phytochemical methods I. Characterisation of Central European taxa*. Scientia Pharmaceutica, 70: 199-230.
- SAUKEL J., 1993 – *Schnellnachweis von Proazulenolen und anderen Sesquiterpenen in mikroskopischen Präparaten*. Scientia Pharmaceutica, 61: 59-63.
- , 2008 – *Achillea millefolium*. In: FISCHER M., OSWALD K., ADLER W., *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein, Südtirol*: 910-917. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, Linz.
- SAUKEL J., ANCHEV M., GUO Y.-P., VITKOVA A., NEDELICHEVA A., GORANOVA V., KONAKCHIEV A., LAMBROU M., NEJATI S., RAUCHENSTEINER F., EHRENDORFER F., 2003 – *Comments on the Biosystematics of Achillea (Asteraceae-Anthemideae) in Bulgaria*. Phytol. Balc., 9: 361-400.
- SAUKEL J., LÄNGER R., 1992a – *Die Achillea millefolium-Gruppe (Asteraceae) in Mitteleuropa, 1. Problemstellung, Merkmalshebung und Untersuchungsmaterial*. Phytol., 31: 185-207.
- , 1992b – *Die Achillea millefolium-Gruppe (Asteraceae) in Mitteleuropa, 2. Populationsvergleich, multivariate Analyse und biosystematische Anmerkungen*. Phytol., 32: 47-78.

- , 1992c – *Achillea pratensis* Saukel & Länger, *spec. nova, eine tetraploide Sippe der Achillea millefolium-Gruppe*. *Phyton*, 32: 159-172.
- SCHWEIZER D., EHRENDORFER F., 1983 – *Evolution of C-band pattern in Asteraceae-Anthemideae*. *Biol. Zentralbl.*, 102: 637-655.
- TYRL R.J., 1975 – *Origin and distribution of polyploid Achillea (Compositae) in western North America*. *Brittonia*, 27: 187-196.
- VETTER S., LAMBROU M., FRANZ C.H., EHRENDORFER F., 1996a – *Cytogenetics of experimental hybrids within the Achillea millefolium complex (yarrow)*. *Caryologia*, 49: 1-12.
- VETTER S., LAMBROU M., FRANZ C.H., EHRENDORFER F., SAUKEL J., 1996b – *Chromosome numbers of experimental tetraploid hybrids and selfpollinated progenies within the Achillea millefolium complex (Compositae)*. *Caryologia*, 49: 227-231.
- WARWICK S.I., BRIGGS D., 1979 – *The genecology of lawn weeds. III Cultivation experiments with Achillea millefolium L., Bellis perennis L., Plantago lanceolata L., Plantago major L. and Prunella vulgaris L. collected from lawns and contrasting grassland habitats*. *New Phytol.*, 83: 509-536.
- WLACH, W., 2002 – *Biosystematische Untersuchungen europäischer Arten der Achillea millefolium-Gruppe*. Dissertation Univ. Vienna.
- RIASSUNTO - *Achillea millefolium* aggr. è un complesso poliploide di difficile interpretazione. In questo lavoro diverse popolazioni sono state sottoposte a uno studio che unisce l'analisi morfometrica alla valutazione del contenuto in proazuleni al fine di fornire un approfondimento alla conoscenza delle entità presenti in Friuli Venezia Giulia. È comprovata la presenza di otto *taxa* tra specie e sottospecie. Il test dei proazuleni si è dimostrato efficace per isolare *Achillea roseoalba*, ma non completamente esaustivo per *Achillea collina*. Dal punto di vista corologico si segnala una criticità relativa alla distribuzione di *Achillea pannonica*, la cui diffusione nel territorio del Carso italiano rimane da confermare. È considerato il ritrovamento di una popolazione putativa di *Achillea pratensis* nella zona di San Daniele del Friuli. Infine è discussa la complessità morfologica interna al gruppo.

AUTORI

Valentino Casolo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università di Udine, Via delle Scienze 91, 33100 Udine
 Nathalie Zamparutti, Via San Giorgio, 9, San Tomaso, 33030 Majano (Udine)
 Fabrizio Martini, Via Fortunio 10, 34141 Trieste