

## Ulteriori dati sulla composizione minerale della vegetazione degli affioramenti ofiolitici dell'alta Valle di Ayas

ROBERTO GABBRIELLI - FRANCESCO PEDANI - ORNELLA VERGNANO GAMBI (\*)  
*Dipartimento di Biologia Vegetale, Laboratorio di Fisiologia Vegetale,  
Università degli Studi di Firenze*

In ricordo di Sebastiano Filipello

Da precedenti lavori (VERGNANO GAMBI e GABBRIELLI, 1981, VERGNANO GAMBI *et al.*, 1982), che avevano preso in considerazione la composizione minerale della vegetazione di alcuni affioramenti ofiolitici situati nella parte più alta della Valle di Ayas, erano emerse le notevoli differenze quantitative nell'assorbimento dei metalli pesanti, a seconda della specie e della località di raccolta, nonché la forte capacità di accumulo di nichel di alcune specie (dei generi *Thlaspi*, *Cardamine*, *Linaria*, ecc.).

Si è voluto ora presentare un quadro più dettagliato della distribuzione dei vari metalli pesanti, sia negli estratti del suolo, sia nelle piante, estendendo l'indagine anche allo zinco e al rame e a un numero maggiore di specie, in modo da documentare ulteriormente il metabolismo minerale di questa vegetazione, particolarmente negletta da questo punto di vista.

### MATERIALI E METODI

#### *Località di raccolta*

I campioni di piante e di suolo utilizzati per le analisi sono stati prelevati negli anni 1979-81 nelle località della Valle di Ayas già precedentemente descritte e illustrate (cf. VERGNANO GAMBI e GABBRIELLI 1981, fig. 1) e cioè sui due versanti, est e ovest, del colle della Bettaforca (m 2700), sulla morena destra (m 2200-2600) e sulla morena sinistra (m 2100) del ghiacciaio di Verra.

#### *Metodi di raccolta*

I campioni di suolo prelevati a livello della rizosfera delle varie piante, essiccati all'aria e passati a un setaccio con fori di 2 mm di diametro, sono stati posti singolarmente in barattoli di plastica a chiusura ermetica e conservati per le analisi.

I campioni vegetali, prelevati curando che la campionatura, effettuata su un'area abbastanza estesa, fosse rappresentativa, sono stati lavati accuratamente con acqua distillata e deionizzata e quindi asciugati all'aria e conservati in sacchetti di carta.

#### *Analisi dei campioni*

Sui campioni di suolo, oltre alla determinazione del contenuto totale dei vari ele-

\* Lavoro eseguito con il contributo M.P.I. 60%.

menti, si è proceduto a due tipi di estrazione onde individuare le frazioni solubili più facilmente assorbibili dalle radici.

L'estrazione con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N, pH 7 è stata effettuata tenendo a contatto 10 g di terreno con 20 ml di acetato di ammonio per circa 15 h in una beuta posta su un agitatore con frequenza di 100 colpi/min e filtrando la sospensione con filtri Whatman n. 42.

La soluzione del suolo è stata ottenuta facendo riferimento al metodo di HELYAR e ANDERSON (1971), cioè mantenendo il campione imbibito di  $\text{H}_2\text{O}$  alla capacità di campo per 2 giorni a  $5^\circ\text{C}$ , filtrandolo successivamente sotto vuoto e centrifugandolo a 12000 g per 20' a  $5^\circ\text{C}$ .

I campioni vegetali sono stati essiccati in stufa a  $80^\circ\text{C}$  per 24 h e quindi ca 0.2 g di sostanza secca digeriti per via umida, trattando il campione con 2.5 ml di  $\text{HNO}_3$  per 24 h a temperatura ambiente e poi con 1 ml di  $\text{HClO}_4$  su piastra a  $300^\circ\text{C}$ . La soluzione è stata quindi filtrata e portata a volume.

Su ogni campione di pianta o di suolo sono stati determinati i vari elementi usando uno spettrofotometro ad assorbimento atomico (Perkin Elmer mod. 370).

TABELLA I

Concentrazioni di Nichel, Cobalto, Cromo, Rame e Zinco, espressi in  $\mu\text{g g}^{-1}$ , e di Calcio e Magnesio, espressi in %, nei suoli dell'alta Valle di Ayas.

La concentrazione dei vari elementi nella soluzione del suolo è espressa in  $\mu\text{g ml}^{-1}$ .

	BETTAFORCA		MORENA	
	versante Ovest	versante Est	destra	sinistra
Nichel totale	1990	1610	1600	1790
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	19.9	7.3	14.5	19.5
soluzione suolo	0.4	0.6	2.3	3.2
Cobalto totale	207	149	160	129
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	0.24	0.61	tr	0.33
soluzione suolo	0.02	0.05	0.03	0.09
Cromo totale	2080	1950	2200	2070
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	0.07	0.11	0.09	0.07
soluzione suolo	0.04	0.04	0.01	0.05
Rame totale	92	83	144	85
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	0.16	0.28	0.17	0.88
soluzione suolo	0.02	0.03	0.02	0.21
Zinco totale	181	214	133	163
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	0.5	0.5	0.18	1.65
soluzione suolo	0.15	0.11	0.13	0.22
Calcio totale	0.25	0.34	3.0	1.34
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	202.4	770.6	53.4	171.9
soluzione suolo	10.4	2.8	35.1	25.6
Magnesio totale	17.45	14.9	16	13.85
1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 7	82.1	87.6	44.8	61.5
soluzione suolo	6.4	7.3	34.9	27.0
pH	6.8	6.5	6.9	6.7

TABELLA 2

Concentrazioni di Nichel, Cromo, Cobalto, Zinco e Rame ( $\mu\text{g g}^{-1}$  sul secco) nei campioni vegetali raccolti in corrispondenza del versante Ovest ed Est del Colle di Bettaforca. F = foglie, R = radici.

		Ni		Cr		Co		Zn		Cu	
		W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
<i>Armeria maritima</i> subs. <i>alpina</i> ,	F	380	270	6	17	4	10	120	196	11	16
<i>Armeria maritima</i> subs. <i>alpina</i> ,	R	287	230	99	54	18	5	214	50	18	
<i>Biscutella laevigata</i> ,	F	433		30		10		45			
<i>Campanula scheuchzeri</i> ,	F	368	153	9	28	14	30	147	150	7	12
<i>Campanula scheuchzeri</i> ,	R	453		86		tr		82			
<i>Cerastium latifolium</i> ,	F	194	158	67	29	14	8	111	192		12
<i>Hieracium</i> sp.,	F		269		tr		25		161		
<i>Hieracium</i> sp.,	R		502		20		13		156		
<i>Juncus jacquini</i> ,	F		60		tr		tr		47		
<i>Juncus jacquini</i> ,	R		351		8		10		57		
<i>Leucanthemopsis alpina</i> ,	F	3600	779	110	tr	54	22	51	163	4	
<i>Linaria alpina</i> ,	F	855		6		10		262		10	
<i>Pedicularis kemberi</i> ,	F	816	355	13	tr	11	9	232	152		23
<i>Pedicularis kemberi</i> ,	R		371		11		tr		100		
<i>Poa alpina</i> ,	F	430	35	56	tr	24	tr	151	47	2	
<i>Poa alpina</i> ,	R		428		80		19		53		
<i>Saxifraga paniculata</i> ,	F	3350	162	39	13	25	8	180	108	17	
<i>Silene vulgaris</i> ,	F	769		34		22					
<i>Silene vulgaris</i> ,	R	425		24		14		31		8	
<i>Thlaspi rotundifolium</i> ,	F	3260	4990	53		21		294	447	15	7
<i>Thlaspi rotundifolium</i> ,	R	2000	1430	85	43	51	35	110	225		9

I risultati delle analisi del suolo sono riportati nella Tab. 1, quelli relativi ai campioni vegetali, suddivisi in foglie e radici, nelle Tabelle 2, 3 e 4.

## RISULTATI

### Suolo

Le analisi del substrato (Tab. 1) mostrano come la concentrazione totale di nichel non abbia variazioni significative nelle quattro località esaminate (0.16-0.20%), mentre più diversificata è la quantità dell'elemento estratto con acetato di ammonio pH 7. Infatti il nichel scambiabile è marcatamente basso nel versante Est della Bettaforca (Gressoney) rispetto a quello Ovest (Ayas), che ha lo stesso valore presentato dalla morena sinistra. Le analisi relative alla estrazione con acqua distillata, considerata come rappresentativa della soluzione circolante nel suolo, mostrano valori di nichel piuttosto bassi nei due versanti del colle della Bettaforca ( $0.4-0.6 \mu\text{g ml}^{-1}$ ) rispetto

TABELLA 3

Concentrazioni di Nichel, Cromo, Cobalto, Zinco e Rame ( $\mu\text{g g}^{-1}$  sul secco) nei campioni vegetali raccolti in corrispondenza della morena destra. F = foglie, R = radici.

		Ni	Cr	Co	Zn	Cu
<i>Campanula scheuchzeri</i> ,	F	1090	60	59	114	41
<i>Campanula scheuchzeri</i> ,	R	550	56	26	65	18
<i>Cardamine resedifolia</i> ,	F	3270	107	84	422	17
<i>Cerastium latifolium</i> ,	F	770	125	17	95	20
<i>Euphrasia minima</i> ,	F	592	52	23	163	46
<i>Linaria alpina</i> ,	F	1650	28	23	113	19
<i>Luzula lutea</i> ,	F	2020	28	34	92	12
<i>Luzula lutea</i> ,	R	1060		41	65	17
<i>Minuartia laricifolia</i> ,	F	2710	77	36	92	22
<i>Minuartia verna</i> ,	F	1390		27	53	15
<i>Salix myrsinites</i> ,	F	925	11	20	130	10
<i>Saxifraga aizoides</i> ,	F	347	99	17	44	23
<i>Saxifraga oppositifolia</i> ,	F	680	97	20	40	17
<i>Saxifraga oppositifolia</i> ,	R	1550	73	8	44	14
<i>Silene vulgaris</i> ,	F	522	52	15	100	18
<i>Silene vulgaris</i> ,	R	429	66	17	33	
<i>Thlaspi rotundifolium</i> ,	F	12780	34	422	429	25
<i>Thlaspi rotundifolium</i> ,	R	4460	146	67	200	tr
<i>Trisetum distichophyllum</i> ,	F	1710	43	14	348	26

alle due morene, in cui il nichel raggiunge valori superiori di un ordine di grandezza ( $2.3\text{-}3.2 \mu\text{g ml}^{-1}$ ). Anche per il cobalto la concentrazione totale non presenta forti variazioni (0.01-0.02%), mentre l'estrazione con acetato di ammonio che non dà concentrazioni apprezzabili per la morena destra, presenta valori elevati per il suolo della Bettaforca Est ( $0.61 \mu\text{g g}^{-1}$ ). I dati relativi alla soluzione in acqua concordano però su quantità molto simili nei vari campioni ( $0.02\text{-}0.05 \mu\text{g ml}^{-1}$ ) con un arricchimento più marcato nella morena sinistra ( $0.09 \mu\text{g ml}^{-1}$ ), analogamente a quanto avveniva per il nichel.

Per il cromo la concentrazione totale varia dallo 0.19 allo 0.22%; i vari campioni non presentano differenze significative né con l'estrazione in acetato d'ammonio né in acqua distillata, salvo nel caso della morena destra in cui l'elemento è particolarmente scarso ( $0.01 \mu\text{g ml}^{-1}$ ).

La concentrazione in rame di questi suoli è piuttosto elevata ( $83\text{-}144 \mu\text{g g}^{-1}$ ) soprattutto a livello della morena destra, ma la frazione estraibile in acetato di ammonio è notevole solo nella morena sinistra ( $0.88 \mu\text{g g}^{-1}$ ), in cui anche la soluzione del suolo è più ricca di questo elemento ( $0.22 \mu\text{g ml}^{-1}$ ).

La concentrazione totale di zinco ( $130\text{-}214 \mu\text{g g}^{-1}$ ) è leggermente superiore a quella riscontrata in genere nei suoli ultramafici (KABATA-PENDIAS and PENDIAS, 1984);

TABELLA 4

Concentrazioni di Nichel, Cromo, Cobalto, Zinco e Rame ( $\mu\text{g g}^{-1}$  sul secco), nei campioni vegetali raccolti in corrispondenza della morena sinistra. F = foglie, R = radici.

		Ni	Cr	Co	Zn	Cu
<i>Anthyllis sp.</i> ,	F	990			580	38
<i>Anthyllis sp.</i> ,	R	469	8	28	55	
<i>Bupleurum alpinum</i> ,	R	747			161	29
<i>Cerastium strictum</i> ,	F	174	tr	7	95	7
<i>Dryas octopetala</i> ,	F	387	7	6	67	17
<i>Larix decidua</i> ,	F	59	7	tr	36	6
<i>Larix decidua</i> ,	R	316	23	12	18	
<i>Linaria alpina</i> ,	F	317	tr	14	49	
<i>Linaria alpina</i> ,	R	311	44	tr	310	
<i>Minuartia laricifolia</i> ,	F	162	tr	14	67	
<i>Salix nigricans</i> ,	F	136	7	15	85	16
<i>Saxifraga paniculata</i> ,	F	1100	tr	54	77	6
<i>Saxifraga paniculata</i> ,	R	995	tr	tr	194	
<i>Silene vulgaris</i> ,	F	486	tr	tr	106	13
<i>Thlaspi alpestre</i> ,	F	9050	12	85	445	
<i>Trifolium pallescens</i> ,	F	1990	30	34	33	21
<i>Trifolium pallescens</i> ,	R	634	13	33	45	13

valori elevati si osservano nella morena sinistra sia con l'estrazione in acetato di  $\text{NH}_4$  sia in acqua, a differenza di quanto avviene nella morena destra.

Per quanto riguarda il calcio e il magnesio, già in parte considerati nel precedente lavoro (VERGNANO GAMBI e GABBRIELLI, 1981), sono stati riportati anche i dati relativi all'estrazione con acetato e con acqua, oltre a quelli totali. Prendendo in considerazione le concentrazioni delle soluzioni del suolo, le due morene risultano le più ricche di calcio, poveri invece i due versanti del colle della Bettaforca, particolarmente quello Est.

Anche il magnesio, che presenta concentrazioni totali molto simili in tutte le località, ha valori molto discordanti tra estratto in acetato e in acqua. La soluzione del suolo risulta arricchita in magnesio sopra tutto nella morena destra e sinistra, più povera nei due versanti della Bettaforca, analogamente a quanto si verifica per il calcio.

#### Piante

Dalla media dei valori osservati in corrispondenza delle varie località risulta che le specie della morena destra hanno la maggiore concentrazione di nichel; in questa morena si riscontra anche il numero più alto di specie con elevata capacità di accumulo di questo elemento. Infatti, *Campanula scheuchzeri*, *Cardamine resedifolia*, *Linaria alpina*, *Luzula lutea*, *Minuartia laricifolia* e *M. verna*, *Thlaspi rotundifolium* e *Trisetum distichophyllum* superano la concentrazione di  $1000 \mu\text{g g}^{-1}$  di nichel e tali valori so-

no ben correlati con gli elevati livelli di Ni, estraibile con acetato o presente nella soluzione circolante delle morene, che superano quelli delle altre zone di prelievo (Bettaforca W e E).

Anche sulla morena sinistra le specie raccolte presentano valori notevoli di nichel, per quanto il valore medio sia inferiore a quello delle piante della morena destra, nonostante che le concentrazioni di questo elemento nell'estratto con acetato e nella soluzione del suolo siano particolarmente elevate. In questa località, *Thlaspi alpestre*, *Trifolium pallescens* e *Minuartia laricifolia* superano la concentrazione di 1000  $\mu\text{g g}^{-1}$  di nichel. *Thlaspi* e *Minuartia* hanno però valori nettamente superiori sulla morena destra, mentre un'altra specie comune, *Silene vulgaris*, non presenta delle differenze apprezzabili nella concentrazione fogliare di nichel su entrambe le morene.

Nel caso dei due versanti del colle della Bettaforca, la media più elevata per il nichel è presentata dalle piante raccolte sul versante Ovest (Ayas), che ha anche i valori più elevati nell'estratto in acetato del suolo.

Sul versante Ovest sono presenti tre specie a concentrazione elevata di nichel: *Leucanthemopsis alpina*, *Saxifraga paniculata* e *Thlaspi rotundifolium*, mentre, a parte *Thlaspi rotundifolium*, sul versante Est nessuna delle specie raccolte presenta valori superiori ai 1000  $\mu\text{g g}^{-1}\text{Ni}^{2+}$  in accordo con le analisi del suolo, in cui il nichel disponibile ha valori più modesti.

Se ora consideriamo i valori del rapporto Ca/Mg nei suoli delle varie località, tenendo conto degli estratti in acetato di ammonio a pH 7, che, pur con le limitazioni illustrate da PROCTOR (1971), sono largamente utilizzati (KOENIGS *et al.*, 1982) per avere un'indicazione della disponibilità di calcio e magnesio nelle soluzioni del suolo, possiamo notare che esistono differenze non piccole tra le quattro località.

Infatti nel suolo della morena destra il rapporto Ca/Mg è di poco superiore all'unità (1.2) per cui, pur essendo il calcio totale superiore a quello degli altri suoli, la concentrazione di  $\text{Ca}^{2+}$  scambiabile è la più bassa osservata. Con l'elevata concentrazione di nichel nella soluzione del suolo e la bassa concentrazione di calcio di scambio, l'assorbimento dei metalli pesanti, come il nichel, non è particolarmente depresso e la concentrazione media raggiunta dalle piante della morena destra è la maggiore osservata (ca 2200  $\mu\text{g g}^{-1}\text{Ni}^{2+}$ ).

Nel caso della morena sinistra il rapporto Ca/Mg è spostato a favore del calcio e quindi raggiunge valori maggiori di 1 (2.8), con una probabile influenza sull'assorbimento del nichel (ca 1350  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), che risulta minore nonostante l'elevato contenuto dell'elemento nella soluzione del suolo.

Situazione analoga si verifica sul versante occidentale della Bettaforca dove il rapporto Ca/Mg è uguale a 2.5 e l'assorbimento del nichel, presente però in minor concentrazione nella soluzione del suolo, da parte delle piante, risulta più basso (1100  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Le condizioni più favorevoli dal punto di vista del rapporto Ca/Mg si verificano infine in corrispondenza del versante orientale del colle della Bettaforca, dove si ha il maggior contenuto in calcio scambiabile, che potrebbe favorire un minor assorbimento di nichel. Le piante di questa zona infatti presentano la concentrazione media più bassa di nichel ( $\sim 700 \mu\text{g g}^{-1}$ ), pur essendo la concentrazione di questo elemento nella soluzione del suolo superiore a quella del versante occidentale del colle.

Pur non togliendo importanza ai molti altri fattori che possono influire sull'assorbimento dei metalli pesanti, è significativo il fatto che anche il rapporto Ca/Mg scambiabile sembra dare un'indicazione sul ruolo del calcio nel metabolismo di queste piante.

Completamente indipendente dal valore del rapporto Ca/Mg sembra essere invece l'assorbimento dello zinco, che raggiunge in tutte le località all'incirca la stessa concentrazione media ( $150-160 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Valori fogliari leggermente più elevati ( $166 \mu\text{g g}^{-1}$ ) sono presentati dai campioni raccolti sul versante Est del colle della Bettaforca, in cui l'analisi degli estratti del suolo non rivela particolari differenze con il versante Ovest; le concentrazioni fogliari sembrano invece ben correlate con il contenuto totale dell'elemento.

Le concentrazioni più basse ( $140 \mu\text{g g}^{-1}$ ) sono presentate dalle piante della morena sinistra, nonostante il maggior contenuto in zinco della soluzione del suolo.

Specie comuni alle varie zone di raccolta (dei generi *Campanula*, *Linaria*, *Minuartia*, *Silene*) mostrano l'accumulo preferenziale di zinco nelle piante dei due versanti della Bettaforca, generalmente a livello fogliare, per quanto scarsi siano i dati relativi alle radici.

In *Thlaspi* e in *Cardamine* l'elemento raggiunge valori notevolmente elevati (oltre  $400 \mu\text{g g}^{-1}$ ), mentre la più alta concentrazione è presentata dalle foglie di *Anthyllis* ( $580 \mu\text{g g}^{-1}$ ), raccolte sulla morena sinistra.

Per il rame si hanno dati meno numerosi, che mostrano notevoli variazioni da zona a zona. Il valore medio più basso ( $\sim 9 \mu\text{g g}^{-1}$ ) si riscontra nelle piante del versante Ovest della Bettaforca, mentre quello più elevato ( $22 \mu\text{g g}^{-1}$ ) è presentato dalla vegetazione della morena destra. Anche in questo caso le concentrazioni riscontrate nelle varie specie sembrano essere maggiormente correlate con il contenuto totale dell'elemento nel suolo. La concentrazione media di cobalto delle piante non è correlabile con i dati analitici del suolo o delle soluzioni, variando da  $13 \mu\text{g g}^{-1}$  nelle piante del versante Ovest della Bettaforca a  $54 \mu\text{g g}^{-1}$  nei campioni della morena destra, dove è presente *Thlaspi rotundifolium* che ha un accumulo fogliare eccezionale di nichel e cobalto. Ancor più difficile la correlazione tra contenuto di cromo nelle soluzioni o nel suolo, e quello delle piante, del resto già rilevata da altri Autori (PROCTOR, 1971, SHEWRY and PETERSON, 1976). La concentrazione media più elevata ( $60 \mu\text{g g}^{-1}$ ) si trova nelle piante della morena destra ed è dovuta alla presenza di *Cerastium latifolium*, già segnalato per l'accumulo di cromo (VERGNANO GAMBI e GABBRIELLI, 1981) e di *Cardamine resedifolia*. In *Thlaspi rotundifolium* all'accumulo fogliare di nichel e cobalto non corrisponde analogo comportamento del cromo, che è soprattutto concentrato a livello radicale. Pure notevole il livello di cromo riscontrato nelle piante del versante occidentale della Bettaforca ( $38 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Per quanto non sia stato possibile determinare il calcio e il magnesio in tutti i campioni per scarsità di materiale, risulta che il calcio ha valori piuttosto bassi in tutti i campioni ( $\sim 0.40\%$ ) ad eccezione di *Cardamine resedifolia* ( $2.21\%$ ) e, in misura minore, di *Thlaspi rotundifolium* ( $\sim 1\%$ ). Il magnesio non presenta variazioni ap-

prezzabili nei campioni dei due versanti della Bettaforca, come era logico aspettarsi, mentre i valori più alti sono caratteristici delle specie raccolte sulla morena destra (> 1%).

Consideriamo ora la distribuzione di quegli elementi (nichel, cobalto e zinco) di cui è disponibile un maggior numero di dati relativi a foglie e radici.

Per quanto riguarda il nichel, risulta (Fig. 1) che 16 specie su 29 presentano un arricchimento fogliare compreso tra 60 e 700  $\mu\text{g g}^{-1}$ , 3 specie raggiungono valori più elevati, ma al disotto di 1000  $\mu\text{g g}^{-1}$ , 8 hanno una concentrazione compresa tra 1700 e 3300  $\mu\text{g g}^{-1}$  e solo *Thlaspi alpestre* e *T. rotundifolium* raggiungono concentrazioni eccezionali (> 7000  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Nella distribuzione di questo elemento tra foglie e radici (Fig. 2) delle 13 specie esaminate, quattro (*Juncus jacquini*, *Poa alpina*, *Hieracium* sp. e *Saxifraga oppositifolia*) accumulano preferenzialmente l'elemento a livello radicale, mentre la maggioranza lo ripartisce tra radici e foglie, privilegiando però l'accumulo fogliare, che diventa la forma preferenziale di accumulo e di conseguenza di eliminazione dell'elemento, in *Trifolium*, *Luzula* e *Thlaspi*, che presentano le più elevate concentrazioni di nichel.

Nel caso del cobalto (Fig. 3), è in genere l'apparato fogliare quello che accumula preferenzialmente l'elemento, per quanto non siano rari i casi di uguale ripartizione per i due organi. Come si verifica un accumulo radicale di nichel in *Juncus* e *Poa*, così il cobalto in queste due specie è preferenzialmente concentrato a livello delle radici.

La quasi totalità delle specie accumula il cromo nelle radici e dove l'accumulo fogliare supera quello radicale i valori rispettivi si discostano di poche unità, non essendo quindi significativamente diversi.

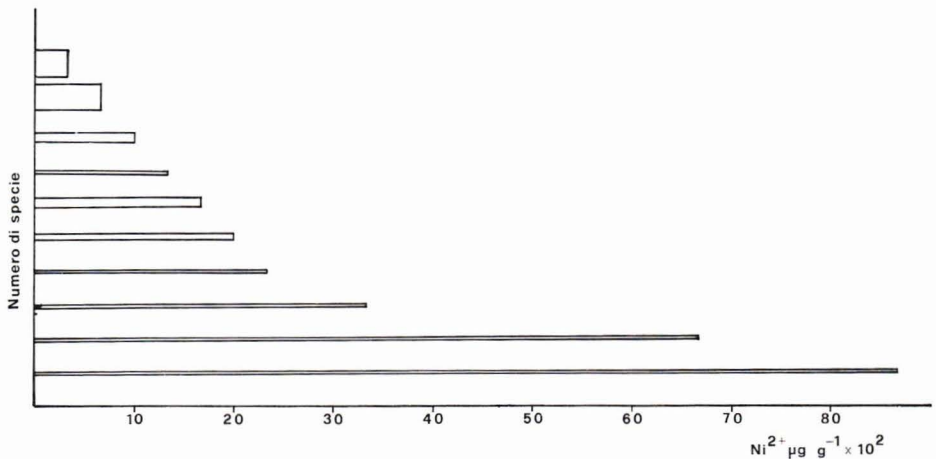


Fig. 1 — Distribuzione del nichel nelle varie specie esaminate.



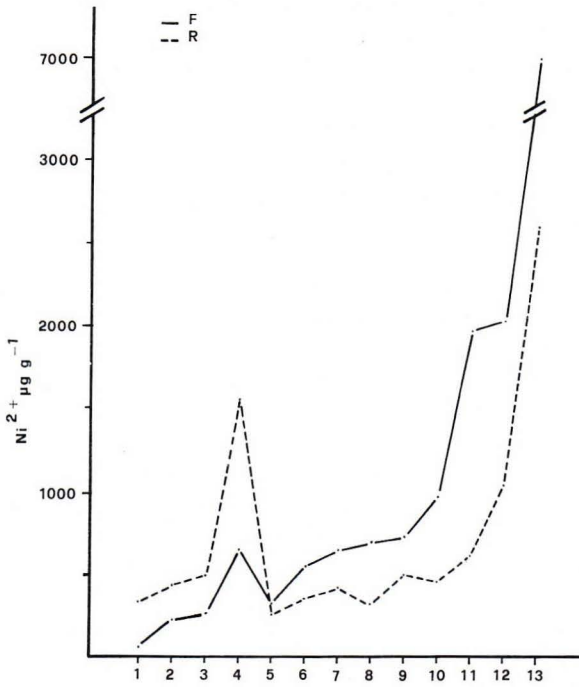


Fig. 2 — Ripartizione del nichel tra foglie (F) e radici (R) in: 1) *Juncus*, 2) *Poa*, 3) *Hieracium*, 4) *Saxifraga oppositifolia*, 5) *Armeria*, 6) *Pedicularis*, 7) *Silene*, 8) *Linaria*, 9) *Campanula*, 10) *Anthyllis*, 11) *Trifolium*, 12) *Luzula*, 13) *Thlaspi*.

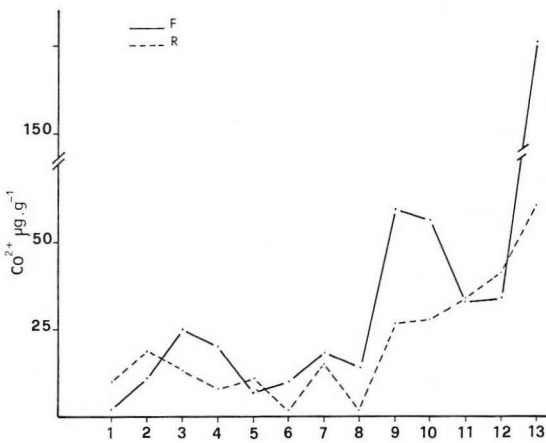


Fig. 3 — Ripartizione del cobalto tra foglie (F) e radici (R) nelle stesse piante della Fig. 2.

La distribuzione delle specie delle quattro località in funzione dell'arricchimento fogliare di zinco (Fig. 4), mostra un comportamento notevolmente diverso rispetto a quanto osservato per il nichel. Infatti questa è molto più omogenea, con 23 specie distribuite nella fascia compresa tra 30 e 200  $\mu\text{g g}^{-1}$  di Zn, mentre le altre 6 presentano concentrazioni superiori.

Inoltre nelle 13 specie considerate è chiara una quasi uguale ripartizione tra foglie e radici (Fig. 5), con un accumulo di netta prevalenza fogliare in due soli casi (*Thlaspi* e *Anthyllis*), che presentano livelli eccezionalmente elevati rispetto ai valori osservati nelle altre specie.

Nel caso dell'accumulo di zinco oltre che di nichel da parte del genere *Thlaspi*, il fenomeno non sorprende essendo caratteristico di molte specie di questo genere (REEVES and BROOKS, 1983), mentre nel caso di *Anthyllis* si tratta probabilmente di un fenomeno del tutto casuale.

In conclusione le piante degli affioramenti ofiolitici della valle di Ayas presentano elevate concentrazioni di nichel e di zinco.

A differenza però di quanto hanno osservato REEVES e BROOKS (1983) l'accumulo di zinco, anche nello stesso genere *Thlaspi*, non è molto notevole.

L'accumulo di nichel invece raggiunge livelli eccezionali e sembra essere in relazione con il rapporto Ca/Mg scambiabile del suolo, oltre che dipendere da condizioni riferibili alla temperatura, all'umidità e alle precipitazioni dell'annata di raccolta. Infatti solo in alcuni casi l'accumulo è una caratteristica specifica e costante (*Thlaspi*, *Cardamine*) mentre piante comuni a più stazioni presentano oscillazioni anche notevolissime di concentrazione (*Silene*, *Minuartia*, *Campanula*, *Linaria*), pur presentando talvolta valori elevati, variabili inoltre nel corso del tempo. Il fenomeno del resto era già stato messo in evidenza (VERGNANO GAMBÌ e GABBRIELLI, 1981).

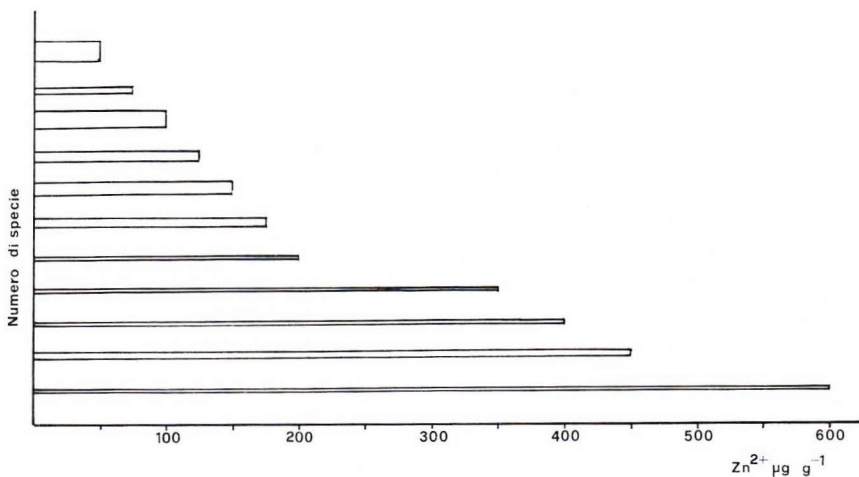


Fig. 4 — Distribuzione dello zinco nelle varie specie esaminate.

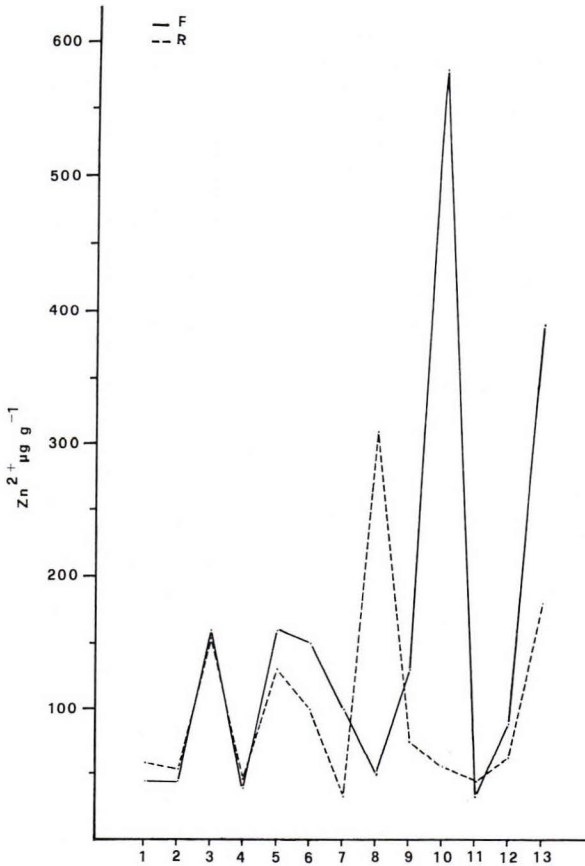


Fig. 5 — Ripartizione dello zinco tra foglie (F) e radici (R) nelle stesse piante della Fig. 2.

Nella distribuzione del nichel e dello zinco tra foglie e radici, è evidente che nel caso dello zinco, è favorito l'accumulo radicale: a questo si aggiunge l'accumulo fogliare quando le concentrazioni sono particolarmente alte (*Tblaspi*, *Anthyllis*). Nel caso del nichel, superata una certa soglia, l'apparato radicale non sembra essere più capace di limitare la traslocazione al fusto e alle foglie, per cui si verifica un accumulo fogliare che potrebbe permettere una eliminazione stagionale dell'elemento, salvaguardando l'apparato radicale che, essendo in queste piante l'organo perennante, dovrebbe essere mantenuto nelle condizioni di poter continuare efficacemente la sua attività.

#### BIBLIOGRAFIA

HELYAR K. R. and ANDERSON A. J., 1971 - *Effects of lime on the growth of five species, on aluminium toxicity, and on phosphorus availability*. Aust. J. Agric. Res., 22:707-721.

- KABATA-PENDIAS A. and KABATA H., 1984 - *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- KOENIGS R. L., WILLIAMS W. A., JONES M. B. and WALLACE A., 1982 - *Factors affecting vegetation on a serpentine soil. I. Principal components analysis of vegetation data*. *Hilgardia*, 50, 4:1-23.
- PROCTOR J., 1971 - *The plant ecology of serpentine. III. The influence of a high magnesium/calcium ratio and high nickel and chromium levels in some British and Swedish serpentine soils*. *J. Ecol.*, 59:827-842.
- PROCTOR J. and WOODSELL S. R. J., 1975 - *The ecology of serpentine soils*. *Adv. Ecol. Res.*, 9:255-366.
- REEVES R. D., and BROOKS R. R., 1983 - *European species of Thlaspi L. (Cruciferae) as indicators of nickel and zinc*. *J. Geoch. Expl.*, 18:275-283.
- SHEWRY P. R. and PETERSON P. J., 1976 - *Distribution of chromium and nickel in plants and soil from serpentine and other sites*. *J. Ecol.*, 64, 1:195-212.
- VERGNANO GAMBÌ O., GABBRIELLI R., 1981 - *La composizione minerale della vegetazione degli affioramenti ofiolitici dell'alta Valle di Ayas*. *Revue Vald. Hist. Nat.*, 35:51-61.
- VERGNANO GAMBÌ O., GABBRIELLI R. and PANCARO L., 1982 - *Nickel, chromium and cobalt in plants from Italian serpentine areas*. *Acta Oecologica, Oecol. Plant.*, 3:291-306.

### RIASSUNTO

Sono state ampliate le indagini sull'arricchimento in metalli pesanti (Ni, Co, Cr, Zn, Cu) della vegetazione degli affioramenti ofiolitici dell'alta Valle di Ayas. È stata osservata l'elevata concentrazione fogliare di zinco, oltre che di nichel, di *Thlaspi rotundifolium*. Nelle piante la distribuzione del nichel risulta essere prevalentemente fogliare mentre quella dello zinco è in prevalenza radicale, ad eccezione di *Thlaspi* e di *Anthyllis*. Questo dovrebbe favorire il mantenimento di una bassa concentrazione nelle radici di un elemento altamente tossico come il nichel, poché le radici sono in molte specie gli organi perennanti, mentre le foglie rappresentano una forma di eliminazione, che si osserva anche per lo zinco nei casi di accumulo superiore alla norma come in *Thlaspi* e *Anthyllis*.

### RÉSUMÉ

*Ulérieures données sur la composition minérale de la végétation des serpentines de la haute vallée d'Ayas.*

Les teneurs en Ni, Co, Cr, Cu et Zn de la végétation des serpentines de la haute vallée d'Ayas ont démontré une accumulation de zinc et de nickel dans les feuilles de *Thlaspi rotundifolium*. La distribution du nickel dans les diverses espèces est en majeure partie foliaire, celle du zinc radicale, à l'exception de *Thlaspi* et *Anthyllis*. La translocation aux feuilles du nickel maintient dans les racines, plutôt que dans les feuilles, utilisées comme organe d'excrétion, une basse teneur d'un élément très toxique. Dans le cas du zinc, un phénomène analogue se produit pour *Thlaspi* et *Anthyllis*, qui présentent des concentrations plus élevées de zinc.

### SUMMARY

*Further data on the mineral composition of the vegetation of serpentine outcrops of the Ayas Valley.*

Plants collected on the serpentine outcrops of the upper Ayas Valley show remarkable levels of nickel and zinc, particularly *Thlaspi rotundifolium*. Nickel is preferentially accumulated in the leaves, and zinc in the roots, with the exception of *Thlaspi* and *Anthyllis*. The preferential accumulation of nickel in the leaves should keep this toxic element at low concentration in the roots, which generally assure the survival of the species. The same occurs when zinc concentration reaches exceptional levels (*Thlaspi* and *Anthyllis*).