©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	**Vol. 28**	Fasc. 2	229–236	15. 12. 1988

Kationen-Akkumulation durch *Silene*-Arten auf Serpentinböden Griechenlands

Von

Dimitrios BABALONAS*) und Roger REEVES**)

Eingelangt am 4. Oktober 1987

Key words: Serpentine soils, cation accumulation, *Silene, Caryophyllaceae.*

Summary

BABALONAS D. & REEVES R. 1988. Kation accumulation by *Silene* species grown on serpentine soils in Greece. – Phyton (Austria) 28 (2): 229–236. – German with English summary.

Samples of 13 species of *Silene* from 28 populations grown on serpentine substrate were analysed and the concentrations of Ca, Mg, Ni and other elements were estimated and compared. Apart of the high Mg concentrations in plant material, relatively high concentrations of Ca were found, it is due to a peculiarity of *Caryophyllaceae*. So the Ca/Mg ratio in the plant material amounts >1. The concentrations of Ni were normal as it concerns serpentine soils. Regarding the other elements, the concentrations of K were very high (up to 90.7 mg/g). This implies that there is no lack of this element in the serpentine substrate. There exist significantly positive correlations between Ca and Ni contents as well as negative ones between Ni, Cr and the nutrients P and K. *Silene haussknechtii* shows a peculiarity having the highest concentrations of almost all elements.

Zusammenfassung

BABALONAS D. & REEVES R. 1988. Kationenakkumulation durch *Silene*-Arten auf Serpentinböden Griechenlands. – Phyton (Austria) 28 (2): 229–236. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

13 *Silene*-Arten aus 28 auf Serpentinböden wachsenden Populationen wurden analysiert und die Konzentrationen von Ca, Mg, Ni und anderen Elementen wurden bestimmt und untereinander verglichen. Neben hohen Mg-Gehalten wurde in dem Pflanzenmaterial auch relativ viel Ca festgestellt, wie es für die Caryophyllaceen

*) D. BABALONAS, Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Aristoteles-Universität Thessaloniki, GR-54 006 Thessaloniki.

**) R. REEVES, Department of Chemistry and Biochemistry, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

charakteristisch ist. Daher ergibt sich für die Mehrzahl der Pflanzenproben ein Ca/Mg-Verhältnis >1. Die Ni-Konzentrationen entsprechen den normalerweise auf Serpentinböden gefundenen. Unter den anderen Elementen sind die K-Werte sehr hoch (bis 90,7 mg/g), was auf einen ausreichenden K-Vorrat in den Böden hinweist. Es bestehen signifikante positive Korrelationen zwischen den Gehalten an Ca und Ni sowie ebensolche negative von Ni und Cr gegenüber P und K. Eine Besonderheit weist *S. haussknechtii* auf, es zeigt die höchsten Konzentrationen an den meisten Elementen.

Einleitung

Eines der größten Serpentin- (bzw. Ophiolith-)Gebiete in Europa ist dasjenige, das sich von Mirdita (Albanien) durch das Pindos-Gebirge bis Argolida (Peloponnes) erstreckt (GAMS 1975).

Es ist bekannt, daß sowohl auf serpentinischen als auch auf schwermetallhaltigen Böden zahlreiche Pflanzenarten aus der Familie der *Caryophyllaceae* vorkommen, die in der Literatur als Bodenspezialisten oder schwermetalltolerante Pflanzen bekannt sind.

Innerhalb dieser Familie umfaßt *Silene* einige Sippen, die widerstandsfähig gegen Schwermetalle sind und die sich daher auf metallhaltigen Standorten ausbreiten. Solche Sippen sind u. a.: *Silene inflata, S. maritima, S. otites, S. cobalticola* (BAUMEISTER 1954, RITTER-STUDNIČKA & DURSUN-GROM 1973, HORVAT & al. 1974, GAMS 1975, KINZEL & WEBER 1982, BAKER 1978a, b, BAKER & al. 1983).

In dieser Arbeit und im Rahmen weiterer Untersuchungen, die wir an der Serpentinflora und -vegetation von Nordgriechenland durchführen, werden die Kationengehalte in Pflanzenmaterial von *Silene* untersucht und zueinander in Beziehung gebracht.

Material und Methode

Untersucht wurden Proben von 13 *Silene*-Arten, die aus 28 Populationen von Serpentinstandorten gesammelt worden waren. Die untersuchten Species und die Orte ihrer Aufsammlung sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Ein Teil der getrockneten und pulverisierten Blätter jeder Pflanzenprobe wurde auf ihren Gehalt an Ca, Mg, Ni und 11 anderen Elementen analysiert.

Die Analysen wurden im Department of Chemistry and Biochemistry, Massey University, Palmerston North, New Zealand, ausgeführt. Bezüglich der Methodik siehe REEVES & al. 1986

Ergebnisse und Diskussion

Die bei den Analysen erhaltenen Kationengehalte (Mittelwerte aus n-Analysen) sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Im Hinblick auf die niedrigen Ca-Gehalte in Serpentinböden (BABALONAS 1984, BABALONAS & al.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

Herkunft der untersuchten *Silene*-Arten
(Verbreitungsangaben und zugehörige Symbole nach Flora europaea. Die vorgesetzten Zahlen geben die jeweiligen Codenummern an.)

Silene paradoxa L. V: endemisch in S-Europa
61 Aridea, Ano Garefi, 2 km nördlich; 25. 6. 1980
62 Aridea, Ano Garefi, 3 km nordöstlich; 25. 6. 1980
63 Vourinos-Berg, 2 km westlich von Skoumtsa; 16. 6. 1982
65 Aridea, Ano Garefi, 1 km nordöstlich; 20. 7. 1981
66 Vourinos-Berg, in der Nähe von Skoumtsa; 19. 8. 1981
Silene fabarioides HAUSSKN. V: endemisch auf der Balkan-Halbinsel
68 Vourinos-Berg, Xirolivado; 16. 6. 1982
69 Vourinos-Berg, Aetorachi; 17. 6. 1982
70 Aridea, Ano Garefi, 2 km nördlich; 25. 6. 1982
71 In der Nähe von Thessaloniki, Galarinos; 18. 4. 1981
72 Aridea, Ano Garefi, 2 km nordöstlich; 20. 7. 1980
92 Vourinos-Berg, Xirolivado; 16. 6. 1982
Silene radicosa BOISS. & HELDR. V: endemisch in Al, Gr, Ju
73 Vourinos-Berg, in der Nähe von Skoumtsa; 19. 8. 1981
74 Vourinos-Berg, Xirolivado; 7. 8. 1980
Silene italica (L) PERS. V: S- u. Z-Europa
75 Vourinos-Berg, 2 km westlich von Skoumtsa; 16. 6. 1982
77 In der Nähe von Eretria (Thessalien); 11. 5. 1982
78 In der Nähe von Thessaloniki, Galarinos; 18. 4. 1981
80 Aridea, Ano Garefi, 2 km nördlich; 25. 6. 1980
Silene vulgaris (MOENCH) GARCKE V: verbr. in Europa
82 Vourinos-Berg, Xirolivado; 18. 8. 1981
Silene squamigera BOISS. V: endemisch in Z- u. S-Griechenland
83 Vourinos-Berg, Xirolivado; 16. 6. 1982
Silene gigantea L. V: Al, Bu, Gr, Cr, Ju
84 Vourinos-Berg, in der Nähe von Skoumtsa; 19. 8. 1981
Silene gracea BOISS. & SPRUN. V: Al, Gr, Ju
85 Vourinos-Berg, Xirolivade; 16. 6. 1982
86 In der Nähe von Eretria (Thessalien); 11. 5. 1982
Silene bupleuroides L. subsp. *staticifolia* (SIBTH. & SM.) CHOWD. V: S-Al, Gr, Bu
88 Aridea, Ano Garefi, 2 km nördlich; 7. 6. 1979
89 Vourinos-Berg, 2 km westlich von Skoumtsa; 16. 6. 1982
Silene haussknechtii HELDR. ex HAUSSKN. V: Z-Griechenland (Pindos)
90 Smolikas, in der Nähe von Distrato; 19. 8. 1981
Silene conica L. subsp. *conica* V: Z- u. S-Europa
93 Vourinos-Berg, Xirolivado; 16. 6. 1982
Silene waldsteinii GRISEB. V: endemisch in Al, Bu, Gr, Ju
94 Aridea, Ano Garefi, 3 km nordöstlich; 20. 7. 1981
Silene armeria L. V: endemisch in Z-, S- u. O-Europa
95 Aridea, Ano Garefi, 2 km nördlich; 20. 6. 1980

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

1984) sind die Ca-Gehalte, die in den Pflanzenproben gefunden wurden, als hoch anzusehen.

Die großen Magnesiummengen, die in den *Silene*-Arten gefunden wurden, spiegeln den hohen Gehalt des Bodens an diesem Element wider. So ist das molare Verhältnis von Ca zu Mg in 17 von insgesamt 28 Proben >1 (Tabelle 2).

Tabelle 2

Ca/Mg-Verhältnisse in den untersuchten *Silene*-Arten
(Der Berechnung der Verhältnisse wurden die Konzentrationen in meq/100 g Boden zugrundegelegt.)

Code Nr.	*Silene*	Ca/Mg		
		<1	±1	>1
61	*paradoxa*			1,94
62	*paradoxa*			2,53
63	*paradoxa*			1,75
65	*paradoxa*		0,98	
66	*paradoxa*		1,00	
92	*fabarioides*	0,52		
68	*fabarioides*	0,69		
69	*fabarioides*			1,51
70	*fabarioides*	0,38		
71	*fabarioides*			1,39
72	*fabarioides*			1,22
73	*radicosa*		0,97	
74	*radicosa*			1,59
75	*italica*			1,30
77	*italica*			4,74
78	*italica*			1,99
80	*italica*			1,68
82	*vulgaris*	0,48		
83	*squamigera*	0,46		
84	*gigantea*			2,32
85	*graeca*	0,40		
86	*graeca*			1,17
88	*bupleuroides*			1,17
89	*bupleuroides*			1,40
90	*haussknechtii*	0,71		
93	*conica*	0,50		
94	*waldsteinii*			2,54
95	*armeria*			1,32

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Das niedrige Verhältnis Ca/Mg, das in den Serpentinsubstraten regelmäßig beobachtet wird, ist für viele Pflanzen der wichtigste Faktor (PROCTOR 1971). KRAUSE 1958 erwähnt, daß unter den Gefäßpflanzen die *Caryophyllaceae, Polypodiaceae, Gramineae, Leguminoseae (Genisteae)* und *Ericaceae* niedrige Ca/Mg-Verhältnisse im Gewebe aufweisen. Deshalb treten diese Familien an Serpentinstandorten regelmäßig auf. In mehreren Fällen wird von den Vertretern der obengenannten Familien wenig Calcium aufgenommen. Eine Ausnahme bilden die *Caryophyllaceae* mit hohen Calciumkonzentrationen im Gewebe. Zusätzlich könnte die Widerstandsfähigkeit der auf Serpentinen wachsenden *Caryophyllaceae,* wie KINZEL & WEBER 1982 vermuten, mit der Anpassung dieser Familie an einen niedrigen inneren Ca-Spiegel und mit der Möglichkeit, überschüssiges Mg^{2+} durch Oxalatbildung zu neutralisieren (Oxalat-Typ), in Zusammenhang gebracht werden.

In unserem Fall erwarten wir, in den untersuchten *Silene*-Arten niedrigere Calciumkonzentrationen zu finden, da das Calcium des Serpentinsubstrats im Vergleich zu den Magnesium-Mengen zurücktritt (BABALONAS 1984, BABALONAS & al. 1984). Die untersuchten *Silene*-Arten zeigten Ca-Akkumulation (bis 44,9 mg/g; vgl. Tabelle 3), eine Besonderheit innerhalb der *Caryophyllaceae* (KRAUSE 1958).

Die gefundenen Ni-Mengen (5–100 µg/g) entsprechen den auf serpentinischen Standorten gefundenen. Einige Populationen von *Silene* zeigten Ni-Akkumulation <5 µg/g, zwei Proben *(S. conica, S. haussknechtii)* hingegen speicherten bis 100–105 µg/g.

Im Vergleich zu den bekannten Hyperakkumulatoren (>1000 µg/g) der Familie *Cruciferae* (d.s. *Thlaspi* ssp., *Alyssum* Sektion *Odontarrhena, Bornmuellera* ssp., *Peltaria* ssp.) sind die gefundenen Ni-Mengen sehr niedrig. Spezifisch für die griechische Art *Silene haussknechtii* sind nach REEVES (unveröf. Resultate) Konzentrationen von 80 µg/g (aus Metsovo), 104 µg/g (aus Smolika) und 228 µg/g (aus Samarina) (briefl. Mitteilung).

Bemerkenswert sind auch die K-Konzentrationen. Obwohl Serpentinböden gewöhnlich arm an Kalium sind, finden sich in einigen von uns untersuchten *Silene*-Arten *(S. fabarioides, S. vulgaris, S. graeca)* hohe K-Werte (40–80,7 mg/g). Es scheint, daß es hier keinen Kalium-Mangel gibt.

Es ist auch beachtenswert, daß sich *S. haussknechtii* wohl durch die höchsten Gehalte an Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Ni, Sr, Zn und Cr auszeichnet, hinsichtlich der Gehalte an Ca, K, P, Na und B aber hinter den übrigern untersuchten *Silene*-Arten zurückbleibt.

Schließlich trat Eisen, das in Konzentrationen >1000 µg/g als phytotoxisch anzusehen ist (RITTER-STUDNIČKA & DURSUN-GROM 1973), nur in drei Fällen (bei *S. gigantea, S. haussknechtii, S. conica*) in derart hohen Mengen auf, während in den übrigen Fällen Fe-Gehalte <1000 µg/g gefunden wurden (Tabelle 3).

Tabelle 3. Mittlere Gehalte an 14 untersuchten Elementen von 13 untersuchten *Silene*-Arten (mg/g bzw μg/g TG)

Silene	n	K	Ca	Mg	P	Fe	Na	Mn	Al	B	Cu	Ni	Sr	Zn	Cr
		mg/g						μg/g							
paradoxa	5	16,3	14,1	8,5	0,87	0,54	0,58	125	197	86	7,23	25,9	16,9	26,2	2,9
fabarioides	6	53,6	24,0	17,2	1,40	0,41	1,01	131	147	129	5,97	25,2	61,8	22,3	3,0
radicosa	2	12,6	21,4	10,8	0,87	0,37	0,63	82	137	90	2,49	13,4	48,0	31,2	1,7
italica	4	29,7	28,3	8,0	1,75	0,72	0,70	93	459	117	5,31	21,9	24,9	38,4	3,3
vulgaris	1	90,7	18,5	23,2	1,33	0,30	1,39	107	145	168	4,11	17,6	27,0	36,5	0,9
squamigera	1	36,1	22,1	29,2	2,49	0,79	0,64	96	211	79	8,51	28,7	32,0	27,7	4,1
gigantea	1	5,15	44,6	11,7	0,23	1,71	0,14	87	659	44	0,88	59,6	23,0	11,9	8,6
graeca	2	50,1	23,9	21,0	4,82	0,50	1,22	107	129	144	5,66	13,4	20,5	25,7	2,9
bupleuroides	2	23,6	14,6	6,8	1,78	0,34	0,67	63	163	120	4,89	17,5	19,0	25,9	1,7
haussknechtii	1	5,84	44,9	38,2	0,22	2,96	0,44	337	909	31	7,23	105,0	298,0	165,0	31,0
conica	1	22,7	31,1	37,4	1,14	2,30	0,85	91	569	66	4,59	100,0	77,0	32,5	14,0
waldsteinii	1	31,7	12,3	2,9	1,15	0,23	0,89	24	159	119	4,18	7,5	14,0	36,9	2,1
armeria	1	37,9	38,2	17,5	3,44	0,37	1,28	268	271	99	8,23	11,8	131,0	48,3	1,9

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Analysenergebnisse wurden einer Korrelationsanalyse unterworfen. Da die in Tabelle 3 angeführten Mittelwerte lognormal verteilt sind, wurden ihr deren Logarithmen zugrundegelegt. Es ergaben sich positive Korrelationen zwischen

Al und Fe, Ca, Ni;
B und K, P, Ni;
Fe und Ca;
K und P, Na;
Ca und Ni, Sr;
Mn und Sr;
Na und P.

Wir möchten besonders die Korrelation von Ca und Ni hervorheben, da Ca als Antagonist gegen das toxische Ni wirkt (PROCTOR & WOODELL 1975). Das für die griechischen Serpentinstandorte charakteristische Ni sowie Cr sind mit P und K negativ korreliert (Tabelle 4).

Tabelle 4. Korrelationsmatrix der Konzentrationen von 13 Elementen in *Silene*-Blättern

	Al	B	Cu	Fe	K	Ca	Mg	Mn	Na	Ni	P	Sr	Zn
B	−r***												
Cu	·	·											
Fe	+r***	−r***											
K	−r**	+r***	·	−r**									
Ca	+r***	−r**	·	+r**	·								
Mg	·	·	·	·	·	·							
Mn	·	·	·	·	·	·	·						
Na	·	·	·	−r*	·	·	·	·					
Ni	+r**	+r**	·	−r***	+r**	+r**	·	·	·				
P	−r*	+r***	·	−r*	−r*	·	·	·	+r*	−r*			
Sr	·	·	·	·	+r***	+r*	·	+r**	·	·	·		
Zn	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
Cr	·	−r*	·	·	−r**	·	·	·	·	·	−r+	·	·

Es bedeuten: +r, −r = positive bzw. negative Korrelation; r*= signifikante Korrelation ($r \geq 0{,}532$, $P \leq 0{,}05$); r**= sehr signifikante Korrelation ($r \geq 0{,}661$, $P \leq 0{,}01$); r***= hochsignifikante Korrelation ($r \geq 0{,}780$, $P \leq 0{,}001$).

Literatur

BABALONAS D. 1984. Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentin-Standorten Nordgriechenlands. I. Serpentinvegetation im Voras-Gebirge. – Feddes Rep. 95: 687–697.

– , KARATAGLIS S. & KABASSAKALIS V. 1984. The ecology of plant populations growing on serpentine soils. III Some plant species from North Greece in relation to the serpentine problem.–Phyton (Austria), 24: 225–238.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

BAKER A. 1978a. The uptake of zinc and calcium from solution culture by zinc-tolerant and non-tolerant *Silene maritima* WITH. in relation to calcium supply. –New Phytol. 81: 321–330.

– 1978b. Ecophysiological aspects of zinc tolerance in *Silene maritima* WITH. –New Phytol. 80: 635–642.

– , BROOKS R., PEASE A. & MALAISSE F. 1983. Studies on copper and cobalt tolerance in three closely related taxa within the genus *Silene* L. *(Caryophyllaceae)* from Zaïre.–Plant and Soil 73: 377–385.

BAUMEISTER W. 1954. Über den Einfluß des Zinks bei *Silene inflata* SMITH. – Ber. deutsch. bot. Ges. 67: 205–213.

GAMS H. 1975. Vergleichende Betrachtung europäischer Ophiolith-Floren. – Veröff. Geobot. Inst. E T H, Stiftung Rübel, Zürich, 55: 117–140.

HORVAT I., GLAVAČ V. & ELLENBERG H. 1974. Vegetation Südosteuropas. – Jena.

KINZEL H. & WEBER M., 1982. Serpentinpflanzen. – In: KINZEL H., Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. – Stuttgart.

KRAUSE W. 1958. Andere Bodenspezialisten. – Handb. Pfl.-Physiol. 4: 755–806. – Berlin

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.

– & WOODELL S.R.J. 1975. The ecology of serpentine soils.–Adv. ecol. Res. 9: 256–365.

REEVES R. D., KELEPERTSIS A., ANDRULAKIS I. & HILL L. F. 1986. Biogeochemical studies of areas of sulfide mineralization in northern Greece.–J. of Geoch. Expl. 26: 161–175.

RITTER-STUDNIČA H. & DURSUN-GROM K. 1973. Über den Eisen-, Nickel- und Chromgehalt in einigen Serpentinpflanzen Bosniens. – Österr. bot Z. 121: 29–49.

TUTIN T. G., HEYWOOD V. H., BURGES N. A., VALENTINE D. H., WALTERS S. M. & WEBB D. A. (Eds.) 1964–1980. Flora Europaea, Vols. 1–5.–Cambridge.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 28_2

Autor(en)/Author(s): Babalonas Dimitrios D., Reeves Roger

Artikel/Article: Kationen-Akkumulation durch Silene-Arten auf Serpentinböden. 229-236