

Charles Rey, Conthey

Erste Resultate der Inkulturnahme und der Inhaltsstoffanalysen von Edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.).

Das Original dieses Beitrags erschien in der Zeitschrift *Revue Suisse Vitic. Arboric.* 1999; 31: 89-96 in französischer Sprache. Übersetzung von Nicole Debrunner.

Einleitung

Das Edelweiss ist das Symbol der Alpen (Abb. 1). Im ganzen Alpenraum zwischen 1800 und 3000 m N.N. wachsend, wurde es für dekorative, aber auch für medizinische Zwecke, wie zum Beispiel gegen Durchfall, gesammelt. In unserem Land ist das Pflücken dieser Pflanze seit 1962 je nach Kanton verboten oder stark eingeschränkt. Sie ist heute ebenfalls in allen anderen Alpenländern geschützt.

Das Edelweiss ist bei Gärtnern, die mehrjährige Pflanzen kultivieren, seit längerer Zeit bekannt und wird für Steingärten verwendet.

Seit etwa fünf Jahren zeigen mehrere pharmazeutische und vor allem kosmetische Firmen in der Schweiz grosses Interesse für diese alpine Pflanze. Dies rührt sicher daher, dass es sich um den »Star der Alpen« handelt, aber die Nachfrage ist auch auf Grund seiner Wirkstoffe vorhanden. Das Potential dieser alpinen Pflanzenart für industrielle Zwecke muss jedoch noch bewiesen werden. Seitens der Industrie wird eine umfassende phytochemische Analyse verlangt, um dazu Stellung nehmen zu können. Mit der finanziellen Unterstützung von Ricola wurde ein erster Kultivierungsversuch durchgeführt.

Abb. 1



Botanische Aspekte, geographische Verbreitung und Standorte

Systematik

Leontopodium bedeutet auf griechisch »Fuss des Löwen« und deutet auf die Form der filzigen Blüte hin. Edelweiss ist ein deutscher Name, der im französischen und englischen neben den zahlreichen Volksnamen, die vorwiegend den äusseren Aspekt beschreiben, sehr häufig verwendet wird. Folgende Namen sind in verschiedenen Sprachen geläufig: Alpenstern, Gletscherstern, Schneestern, Silberstern, schöner Stern, pelziger Stern, unsterblicher Schnee, Löwentatze, Gletscherkönigin (Abb. 2). Das Edelweiss gehört in die Familie der Asteraceen. HANDEL-MAZZETTI (11) unterscheidet in seiner Monographie über die Gattung *Leontopodium* zwei

Unter-Gattungen, *Eu-Leontopodium* und *Pseudantennaria*, wobei das Edelweiss unserer Alpen, *Leontopodium alpinum*, der ersten zugeordnet wurde. WAGENITZ (32) erwähnt zwei Unterarten, *alpinum* und *nivale**.

Botanik

Das Edelweiss ist eine mehrjährige Pflanze, die in Büscheln wächst. Die Blätter sind rosettenartig angeordnet (Abb. 3) und das Wurzelsystem ist faserartig (Abb. 4). Die Blüten sind sternförmig auf dem aufrechten

Blütenstengel von 10 bis 30 cm Höhe aneinandergereiht. Die Köpfe in Wirklichkeit ganz klein sind doldenartig angehäuft und von weissfilzigen Blättern umgeben (1, 11, 31).

Geographische Verbreitung

Die Gattung *Leontopodium* hat ihren Ursprung in Eurasien und umfasst 41 Arten (11). Unser Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) ist nicht strikt an die Alpenkette gebunden. Ursprünglich verbreitete sich diese Pflanze von benachbarten Bergket-

*beschränkt auf den Zentral-Appenin, Ex-Jugoslawien und im Süd-Westen von Bulgarien

Zusammenfassung

Auf Grund der Nachfrage von Pharma-, Kosmetik- und Nahrungsmittelindustrie wurden mit finanzieller Hilfe der Firma Ricola AG in Bruson (VS, 1100 m N.N.) seit 1995 Kulturversuche bei Edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.) durchgeführt. Parallel haben einige Bergbauern diese neue Kultur bereits auf einigen tausend Quadratmetern mit Zufriedenheit getestet. Es konnte eine grosse Variabilität des Phentyps zwischen den getesteten Herkünften festgestellt werden. Die beste Herkunft erbrachte im zweiten Kulturjahr einen Ertrag des frischen Blütenstandes von 1,3 kg/m². Die Blütenbiologie

wurde mit dem Ziel einer zukünftigen Züchtung untersucht. Mittels phytochemischer Analysen wurden vor allem Tannine, Flavonoide und Phenylpropanderivate festgestellt. Diese Wirkstoffe stossen auf ein grosses Interesse in der Pharmakologie und Kosmetik. Zudem ist die Assoziation mit den Bergen, die das Edelweiss mit sich bringt, förderlich für das Marketing.

Key words

Edelweiss, *Leontopodium alpinum*, Botanik, Inhaltsstoffe, Kultivierung

ten auf die Alpen, wie es auch für eine grosse Anzahl anderer Arten der Fall ist (20). Daher ist das Edelweiss auch im Jura, in den Pyrenäen, den Karpaten, den Abruzzen, im Balkan, Sibirien, Afghanistan, Himalaya, Pamir, Tibet, in Japan und China zu finden (12). Die Gattung *Leontopodium* weist im Himalayagebiet eine grosse Artenvielfalt auf und liefert den Yaks Futtergras (Daniel Jeanmonod, mündl. Ueberlieferung). In China erreichen einige Arten eine Höhe von einem Meter und weisen gar verzweigte Stengel auf (Egidio Anchisi, mündl. Ueberlieferung). In der Schweiz ist die Verbreitung von Edelweiss auf den Alpenkamm und die Dôle im Jura begrenzt. Das übermässige Pflücken ist die Ursache für die heutige Seltenheit und den Rückzug dieser Pflanze auf schmale Streifen in alpinen Rasen oder auf abschüssigen Felsen (9).

Standort

Sein bevorzugter Boden ist trocken, nährstoffarm und steinig. Man findet es oft auf steinigem und kalkhaltigen Grasdecken, auf Geröll und auf steinigem, trockenem und sonnenexponiertem Hängen zwischen 1800 und 3000 m N.N. und meist an windigen Orten (Abb. 3). Es tritt oft in Begleitung mit anderen typischen Arten des trockenen alpinen Rasens auf, wie das bewimperte Sandkraut, die Alpenaster, den Alpen-Tragant, das Blaugras, Nacktried, einköpfiges Berufskraut. Bezüglich der Vegetationseinheiten haben Delarze *et al.* (6) das Edelweiss in die Gesellschaft des *Seslerion* und in die Klasse des *Elyinion* eingeteilt.

Eigenschaften und Verwendungen

Was die Verwendung von Edelweiss als Medizinalpflanze betrifft, sind seine In-



Abb. 2: Das Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) kennzeichnet sich vor allem durch seine wolligen Hüllblätter.

Fig. 2: The most distinctive characteristic of Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) is its woolly involucres.

haltsstoffe nur wenig untersucht. In Tirol wurde diese Pflanze in Form eines Teeaufgusses gegen Durchfall und Dysenterie und als adstringierend eingesetzt (13). Gekocht in Milch mit Butter und Honig wurde es ebenfalls als Brustmittel, gegen Dyphterie und sogar gegen Tuberkulose verwendet. Die Kosmetikindustrie interessiert sich auf Grund der geschmeidigen Eigenschaften sehr für diese Pflanze. Das Aussehen des Edelweisses vermittelt den Eindruck der Reinheit und Geschmeidigkeit und trägt damit zur Akzeptanz durch den Verbraucher bei (27).

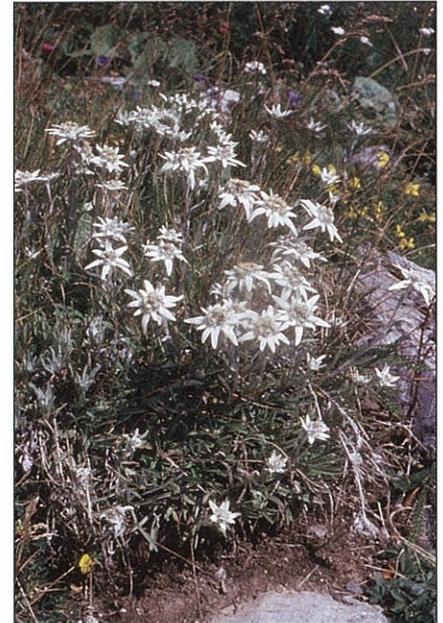


Abb. 3: Ein Edelweissstuf (*Leontopodium alpinum*) an seinem natürlichen Standort in Moiry (Wal d'Anniviers).

Fig. 3: An Edelweissstuf (*Leontopodium alpinum*) in its natural habitat in Moiry (Val d'Anniviers).

Inhaltsstoffe und therapeutische Wirkung

Tannine

Die Tannine sind wasserlösliche Phenolverbindungen mit einer relativen Molekularmasse zwischen 500 und 3000 AME (atomare Masseneinheit). Sie haben die Eigenschaft, Proteine zu fällen. Dank dieser Eigenschaft zeigen Tannine, oral eingenommen, eine adstringierende Wirkung. Sie sind auch gegen Durchfall wirksam, was die Verwendung von Edelweiss in der Volksmedizin erklärt.

Bei äusserlichem Gebrauch schützen die Tannine die Haut und machen sie wasserundurchlässig. Auf der anderen Seite haben sie bei Blutgefässen eine

First results of introduction and chemical evaluation of edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.)

Summary

Following demands having been addressed by drug, food and cosmetics industries, attempts have been made with the financial help from Ricola since 1995 Bruson (Valais, alt. 1100 m) to domesticate the edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.). Some growers in the neighbouring mountains tested by the same time this new crop at small scale (some thousands m²), with satisfying results. A broad

phenotypic variability has been noticed among the various sources of selected populations, the average yield being of 1,3 kg/m² of fresh inflorescences in the second year of cultivation with the best breed. Phytochemical analysis evidenced mainly tanins, flavonoids and phenylpropane derivatives. These active ingredients are of actual interest as constituents of drugs and cosmetics. Furthermore, the edelweiss is a strong symbol of mountain wilderness and purity, which should be a powerful marketing tool.

Key words

Leontopodium alpinum, edelweiss, botany, phytochemistry, cultivation.



Abb. 4: Das Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) hat ein faserartiges Wurzelsystem.

Fig. 4: edelweiss (*Leontopodium alpinum*) has a fibrous root system.



Abb. 6: Der manchmal atypische Blütenstand in Doldenform von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) der Herkunft Fotsch.

Fig. 6: Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) of Fotsch origin sometimes has an atypical umbellate inflorescence.

gefäßverengende Wirkung. Diese Substanzen begünstigen auch die Regeneration von Gewebe bei Verletzungen oder Verbrennungen, limitieren den Flüssigkeitsverlust und verhindern Entzündungen (durch ihre antibakterielle, antiseptische und antimykotische Wirkung). Kürzlich wurden die Tannine auch als Fänger von freien Radikalen und als Hemmer der Superoxid-Bildung entdeckt. Diese verschiedenen Eigenschaften machen das Edelweiss für die Kosmetikindustrie interessant.

Flavonoide

Flavonoide sind diejenigen phenolischen Verbindungen, die im Pflanzenreich am meisten verbreitet sind. Sie sind oft für die Farbe der Blüten und Früchte verantwortlich. Mehrere Eigenschaften werden den Flavonoiden zugeschrieben: krampflösender Effekt, Cholesterolsenkend, indirekt hemmender Effekt

auf die Blutplättchenaggregation und einen hemmenden Effekt auf die Oxidation von Arachinsäure (entzündungshemmender Effekt), etc., (22). Aber die Hauptfunktion, die den Flavonoiden zugeordnet wird, ist die Verminderung der Permeabilität der Kapillaren und deren Resistenzerhöhung (23). Dank dieser Eigenschaften konnten diese phenolischen Verbindungen für folgende Beschwerden eingesetzt werden: Venenkrankheiten (schwere Beine, Krämpfe), Hämorrhoiden, Kapillarbrüchigkeit (Besenreiser) etc. Heute muss die Wirksamkeit der Flavonoide in der Pharmazie und der Kosmetik nicht mehr bewiesen werden.

Phenylpropanderivate

Die im Pflanzenreich weit verbreiteten Phenylpropanderivate sind von Typ Ar-C₃; dazu gehörend die Hydroxyzimtsäurederivate, Cumarine und Chromone (18). Es ist sehr schwierig, die biologischen Eigenschaften dieser Substanzen zusammenzufassen. Die Extrakte von Edelweiss enthalten Hydroxyzimtsäurederivate, genauer die Chlorogen- und die Dicafeoylchinasäure. Verschiedene pharmakologische Studien zeigen eine Wirkung gegen Radikale (Chlorogensäure) (19) und einen choleretischen Effekt für einige Dicafeoylchinasäure-Verbindungen.

Material und Methoden

Da es sich um erste Analysen des Edelweisses handelt, haben alle Versuche und Ergebnisse Screening-Charakter.

Es wurden somit keine statistischen Auswertungen gemacht.

Sortenvergleich

Seit 1995 wurden zwei Sorten von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) in Bruson (Wallis, 1100 mN.N.) kultiviert. Eine Sorte stammt von der Firma Fotsch in Brienz (das Basis-Saatgut kommt ursprünglich von Jelitto Staudensamen in Hamburg) und die andere von Frédéric Roehken aus Auddes-sur-Riddes (Saatgut wurde unterhalb des Col de Fenêtre Durand zwischen dem Wallis und dem Valpelline geerntet). Das Saatgut von Fotsch wurde zusätzlich in einem Nebenversuch auf die phenotypische Variabilität untersucht. Eine einheimische Saatgutherkunft (Moiry, Val d'Anniviers, VS) wurde kürzlich für eine zukünftige Evaluation angepflanzt.

Zusätzlich wurden Pflanzenproben von Edelweiss aus Wildstandorten, so von der Violettes-sur-Montana Hütte und von Moiry entnommen, um die Inhaltsstoffe von Pflanzen aus natürlichen Standorten und Kulturen zu vergleichen.

Kulturtechnik

Die ersten Versuche der Inkulturnahme wurden nach den biologischen Anbau-Richtlinien (3) in Bruson realisiert. Seit zwei Jahren werden im Val d'Entremont (VS) parallel zu den Versuchen mehrere 1000 m² angebaut. Die technischen Daten der Versuche und Kulturen (» Kultur Michellod «) sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Inhaltsstoffanalyse

Mehrere Edelweissproben sind mit verschiedenen Lösungsmitteln (Hexan, Dichlormethan, Methanol, Propylenglykol, Glycerin und Wasser) extrahiert und durch das » Laboratoire Central « in Biel (BE) analysiert worden. Für die qualitative, sowie quantitative Analyse wurden gängige Methoden wie die Dünnschichtchromatographie (DC), die Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) gekoppelt an einen Diodenarray-UV-Vis-Detektor (DAD) und die Gaschromatographie (GC) gekoppelt an Flammenionisierung- (FID) und Massen-Detektion (MS) eingesetzt. Andere Methoden wie die Spektrophotometrie, die Volumetrie



Abb. 9: Eine Fliege auf der Suche nach Nektar auf den röhrenförmigen Blüten von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*).

Fig. 9: A fly looking for nectar on the tubular blossoms of Edelweiss (*Leontopodium alpinum*).

(Gerbstoffbestimmung), die superkritische Fluidphasen-Extraktion (SFE), Derivatisierungsreaktionen usw., wurden ebenfalls verwendet.

Resultate und Diskussion

Sortenvergleich Wahl der Pflanzenart und der Herkunft

Zur Zeit interessiert sich die Industrie nur für das Edelweiss aus den Alpen (*Leontopodium alpinum*), welches in allen Bereichen eine starke phenotypische Variabilität aufweist. In unseren Versuchen wiesen die Pflanzen der Firma Fotsch einen kräftigeren und massenreicheren Wuchs auf als diejenige

von Roehken (Abb. 5). Für die ersten Kulturen bei den Bauern wurde somit das Saatgut von Fotsch verwendet. Auf Grund des üppigen Wachstums wurde die Echtheit der Art (*L. alpinum*) der Firma Fotsch angezweifelt. So wiesen einige Pflanzen sehr breite Blätter und einen verlängerten, atypischen Blütenstand auf (Dolde, zusammengesetzt aus mehreren Sternen;

Abb. 6). Diese Merkmale sind für einige asiatische Arten und vor allem für *L. pallibinianum* typisch (8) und werden von einigen Saatguthändlern angeboten. Das einheimische Edelweiss kann jedoch, nach Ansicht des erfahrenen Egidio Anchisi, einmal kultiviert, einen solch üppigen Wuchs aufweisen.

Die phytochemischen Analysen zeigten zwischen den kultivierten und den wild gesammelten Pflanzen keine deutliche Differenz (Tab. 2).

Phenotypische Variabilität und Selektion

Die phenotypische Variabilität, wie sie von Resmerita (28) beschrieben wurde, konnte mit der Heterogenität innerhalb

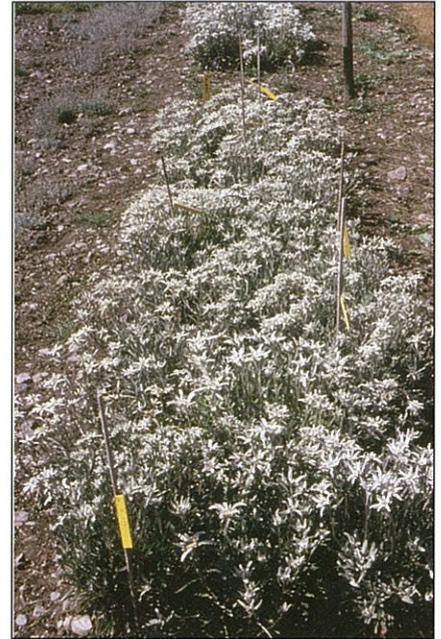


Abb. 8: Phenotypische Heterogenität einer Population von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) der Herkunft Fotsch.

Fig. 8: Phenotypical heterogeneity of a population of Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) of Fotsch origin.

einer Population von 78 Pflanzen der Firma Fotsch, die im zweiten Kulturjahr einen frischen Blütenertrag zwischen 10 und 300g pro Pflanze aufwies, bestätigt werden (Abb. 7 und 8). Diese Beobachtungen erhärten die Resultate aus mikromorphologischen, palynologischen und karyologischen Studien von Siljak *et al.* (29), die eine Korrelation zwischen der morphologischen Variabilität und der Anzahl Chromosomen feststellten.

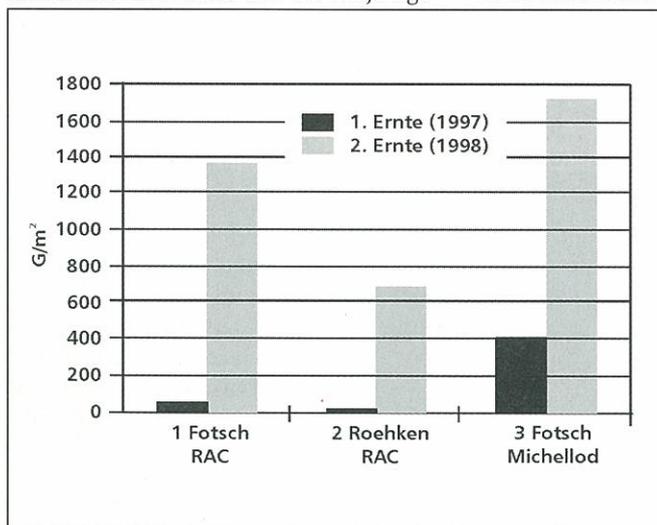


Abb. 5: Ertrag von frischen Blüten von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) in Brusson 1997-1998: Kulturversuch RAC, Herkünfte Fotsch (1) und Roehken (2); Kultur Michellod, Herkunft Fotsch (3).
Fig. 5: Yield of fresh Edelweiss blossoms (*Leontopodium alpinum*) in Brusson 1997 - 1998: Culture trial RAC, Fotsch (1) and Roehken (2) origins; Michellod culture, Fotsch (3) origin.

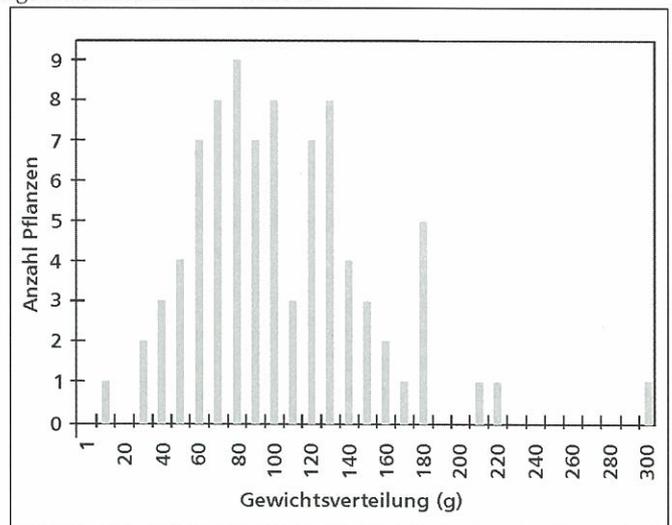


Abb. 7: Gewichtsverteilung Blütenstände/Pflanze einer Population mit 78 Edelweisspflanzen (*Leontopodium alpinum*) der Herkunft Fotsch.

Fig. 7: Weight distribution inflorescences: plants of a population of 78 Edelweiss plants (*Leontopodium alpinum*) of Fotsch origin.

Tabelle 1: Kulturdaten
Table 1: Culture data

Saatgut	Herkünfte: Fotsch und Roehken: 0,1-10 g/Pfl.; 8200 Samen/g; Keimfähigkeit: 80%
Aussaat	Versuchskultur: 17.02.1997 in Saatschalen im geheizten Glashaus Kultur Michellod: 28.02.1997, mit pneumatischer Sämaschine in Erdpresstöpfe (4x4 cm) gesät (3-5 Samen/Erdpresstopf), im geheizten Glashaus gelassen.
Pikieren	Versuchskultur: 4.04.1997 in Erdpresstöpfe (4x4 cm), Anzucht nun im ungeheizten Folientunnel. Kultur Michellod: Ab Anfang April 1997 im ungeheizten Folientunnel
Pflanzung	Versuchskultur: 5.06.1997, in Beeten von 4 Reihen, Abstand 25x25 cm und Weg von 75 cm (10,7 Pfl./m ²) Kultur Michellod: Anfang Juni 1997 in fortlaufenden Reihen, Abstand 30x30 cm (11,1 Pfl./m ²)
Dünger	Organische Grunddüngung: 100 m ³ /ha kompostierten Kuhmist vor der Pflanzung unterpflügen. Organische Düngung ab dem 2. Jahr: 2t/ha Optisol Standard (N3, P3, K1, 5) 200 kg/ha Patentkali (46% K)
Pflege	Zwischen den Reihen: 3 bis 4 Passagen (mechanisch) pro Jahr Beete: 3 bis 4 Passagen (manuell) pro Jahr
Bewässerung	3 bis 5 x 20mm/Jahr, vor allem im Pflanzungsjahr
Ernte (Versuchskultur)	1. Jahr: kleine Ernte am 28.10.1997 2. Jahr: 15.07.1998 auf 1100 m N.N., während der Vollblüte Methode: Die Blütenstände werden oberhalb der Blattrosetten mit einer Gartenschere geschnitten und vorsichtig in Standardkisten von 30x40x60 cm gesammelt
Trocknung	Ort und Bedingungen: Heisslufttrocknung (30-35 °C), max. Schicht von 30 cm Dauer: 2 bis 3 Tage
Versand	Verpackung: grosser Karton oder plastifizierte Jutesäcke

Tabelle 2: Gehalte an Tanninen, Chlorogensäure und Flavonoiden in Blüten von 19 Edelweiss Pflanzen (Leontopodium alpinum) der Herkunft Fotsch.
Table 2: Levels of tannin, chlorogenic acid and flavonoids in the blossoms of 19 Edelweiss plants (Leontopodium alpinum) of Fotsch origin.

Probe	Tannine (%)	Chlorogensäure (%)	Flavonoide* (%)			
			1	2	3	4
97/172	4,78	0,41	0,03	0,29	0,15	0,01
97/173	5,62	0,34	0,22	0,45	0,06	0,10
97/174	6,24	0,83	0,25	0,26	0,08	0,04
97/175	5,20	0,54	0,20	0,43	0,08	0,15
97/176	5,82	0,99	0,08	0,24	0,10	0,06
97/177	6,03	0,39	0,08	0,32	0,10	0,20
97/178	5,20	0,44	0,52	0,32	0,05	0,10
97/179	6,24	1,07	DL**	0,18	0,12	0,10
97/180	5,62	0,50	0,28	0,34	0,10	0,09
97/181	4,99	0,65	0,05	0,17	0,07	0,25
x354097/182	5,62	0,53	0,02	0,25	0,11	0,13
97/183	5,82	0,19	0,15	0,12	0,51	0,05
97/184	6,24	0,10	DL	0,04	0,33	0,04
97/185	4,99	0,13	DL	0,09	0,04	0,04
97/186	5,41	0,23	DL	0,08	0,49	0,05
97/187	6,03	0,15	0,04	0,06	0,52	0,04
97/188	5,82	0,17	DL	0,06	0,69	0,05
97/189	4,99	0,17	DL	0,03	0,02	0,01
97/191	6,03	0,18	DL	0,16	0,68	0,04
Violettes	5,86	0,17	0,13	0,14	0,69	0,03
Moiry	6,09	0,11	DL	0,07	0,72	0,04

*Flavonoide :

- 1 : Luteolin-3',7-Glukosid
- 2 : Luteolin-7-Glukosid
- 3 : Luteolin-4'-Glukosid
- 4 : Luteolin

*Flavonoids:

- 1 : lyteoline-3',7-glucoside
- 2 : lyteoline-7-glucoside
- 3 : lyteoline-4'-glucoside
- 4 : lyteoline

Eine genaue Studie über die Blütenbiologie sollte es erlauben, die Selektionsmethode zu bestimmen. Die Produzenten und die Industrie suchen eine homogene Sorte, die eine hohe Blütenproduktivität hat, hohe Inhaltsstoffe aufweist und gegenüber Krankheiten resistent ist. Die Bedeutung möglicher Selektionsarbeiten wird aber schlussendlich von den Bedürfnissen der Industrie abhängen.

Blütenbiologie

Nach unseren Beobachtungen weist das Edelweiss der Alpen gewöhnlich Blütenköpfe auf, die am Rand enge Röhren (weibliche Blüten) und in der Mitte gelbliche Röhren (zweigeschlechtliche Blüten) aufweisen. Die weiblichen Blüten sind aus vier Blütenblättern, einem zwispaltigen Griffel und einem seidenen, gezähnten Pappus zusammengesetzt. Die Zwitterblüten haben eine Blumenkrone mit fünf Blütenblättern, einen keulenförmigen Griffel und einen seidenen, gezähnten Pappus. Diese sind breiter und funktionieren als männliche Blüten. Ihr Griffel stösst die Pollen durch die Antherenhülle, wo sie für die bestäubenden Insekten zur Verfügung stehen, wie es Müller (24) auf wildwachsenden Populationen im Val d'Hérens (VS) beobachtet hat. Nach Tutin *et al.* (31) und Hess *et al.* (15), sind die Einzelblüten der Blütenstände von *Leontopodium alpinum* zweihäusig. Die Arbeiten von Handel-Mazetti (11), zitiert von Hegi (13) und Erhardt (7), beschreiben, auch wenn sie sich einige Male widersprechen, für das Edelweiss (*L. alpinum*) eine Hermaphroditismus (männliche und weibliche Blüten in derselben Blüte) und für die asiatischen Unterarten eine allgemeine Diözöie (männliche und weibliche Blüten sind auf verschiedenen Pflanzen verteilt). In der Regel sind 2-10 Blütenköpfe (ca. 5-6mm) pro Blütenstand vorhanden. Die Entwicklung des Blütenstandes ist zentripetal und protogyn, d.h. die weiblichen Blüten blühen ungefähr vier bis fünf Tage vor den Zwitterblüten. Der sternblütige Blütenstand wird von weissen filzigen Hüllblättern umgeben und zieht die bestäubenden Insekten visuell an (7).

Bestäubung

Während der Vollblüte wird ein Duft von Honig und Schweiß von den Blü-

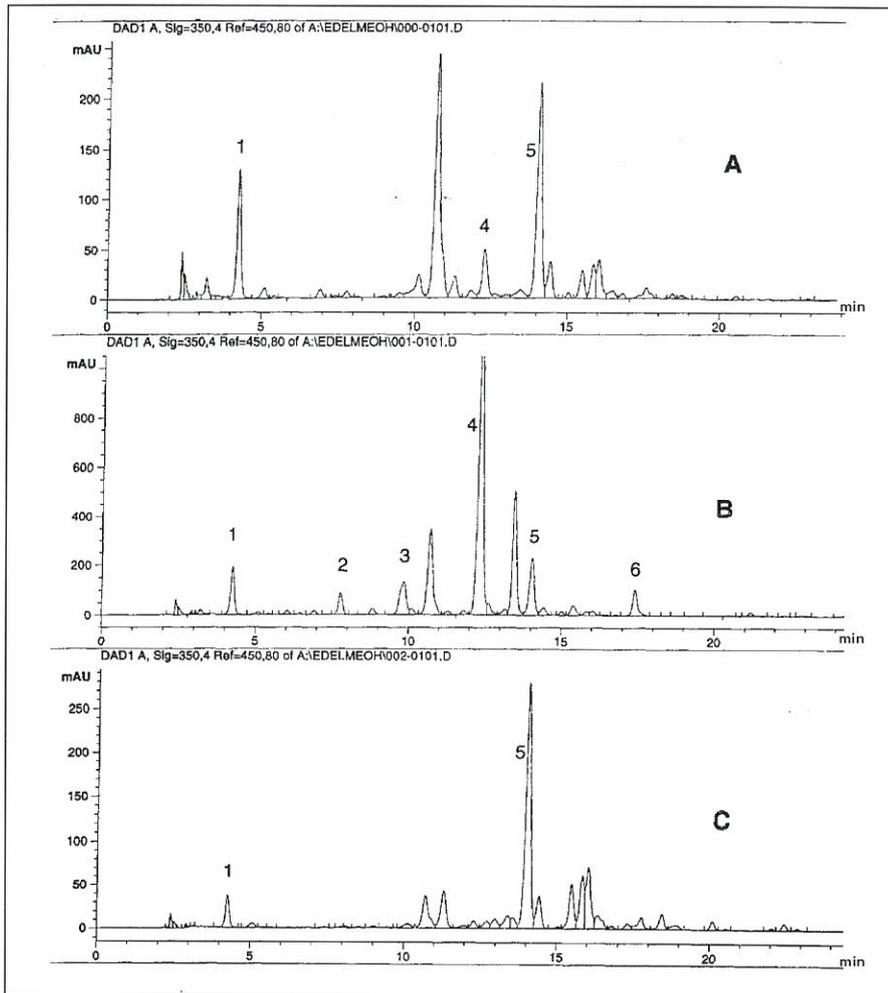


Abb. 11: HPLC Chromatogramm eines methanolischen Extraktes von Edelweissblüten (*Leontopodium alpinum*).

Fig. 11: HPLC chromatogram of a methanol extract from Edelweiss blossoms (*Leontopodium alpinum*).

ten ausgeströmt. Diese beiden Elemente stellen einen attraktiven Geruch für die Bestäuber dar, vor allem für die Fliegen (Abb. 9), seltener auch für Bienen, Schwebfliegen und Schmetterlinge.

Resultate der Inhaltsstoffanalysen

Die verschiedenen qualitativen und quantitativen Analysen wurden mit hydrophilen und lipophilen Extrakten von Edelweiss durchgeführt.

Hydrophile Extrakte

Verschiedene methanolische Extrakte von oberirdischen Teilen von Edelweiss wurden mittels DAD-HPLC untersucht und die Ergebnisse in Tabelle 2 zusammen gestellt. Diese Methode erlaubt es, die verschiedenen chemischen Gruppen, vor allem die Flavonoide und die Phenylpropanderivate des Extraktes zu trennen. Diese Verbindungen wurden mittels Massenspektrometer, verbunden mit einem HPLC, mit Referenzsubstanzen verglichen. Die Abbildung 10 zeigt eine HPLC-Analyse der Blüten von Edelweiss. Neben verschiedenen Flavonoidglykosiden ist vor allem Luteolin-4'-O-glukosid vorhanden. Auf Grund der Massenspektrometrie und des Vergleichs mit den Referenzsubstanzen können die Derivate der Phenylpropane, die nach einer Retentionszeit von 4,7 min, respektive 15,4 min gemessen wurden, als die Substanzen Chlorogensäure, beziehungsweise 3,4-Dicaffeoylchinasäure identifiziert werden. Die Produkte, die nach einer Retentionszeit von 11,9 min und 14,3 min gemessen wurden, sind Inhalt weiterer Untersuchungen.

Die Hauptkomponenten in methanolischen Extrakten der Blüten und Wurzeln von Edelweiss sind Phenylpropanderivate, darunter die Chlorogensäure und die 3,4-Dicaffeoylchinasäure (33, 14, 16, 17). Die Flavonoidgehalte (30, 5) sind in den Blüten und Wurzeln bedeutend höher als in den Blättern und Stengeln. Die Abbildung 11 zeigt diese Unterschiede mittels drei Chromatogrammen von methanolischen Edelweissextrakten. Der Gehalt an Tanninen wurde aus wässrigen Extrakten von oberirdischen Teilen analysiert.



Abb. 12: Kulturversuch von zwei verschiedenen Edelweiss-Herkünften im 2. Jahr in der Versuchstation in Brusson, 1998.

Fig. 12: Culture trial of two different Edelweiss origins in the 2nd year at the field station in Brusson, 1998.

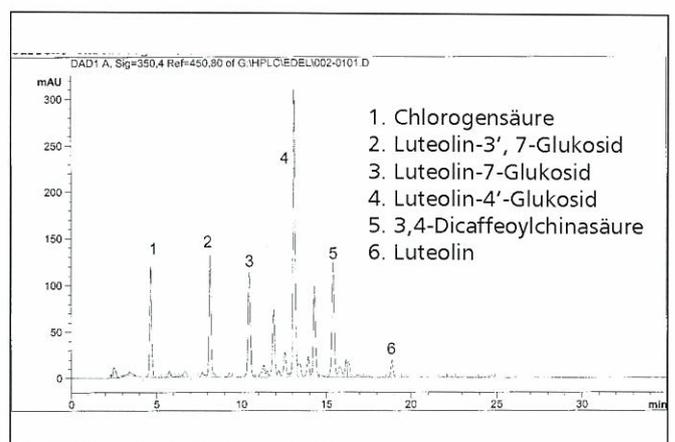


Abb. 10: HPLC Chromatogramm eines methanolischen Extraktes von Edelweissblüten (*Leontopodium alpinum*).

Fig. 10 HPLC chromatogram of a methanol extract from Edelweiss blossoms (*Leontopodium alpinum*).



Abb. 13: Kultur von Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) von D. Michellod in Bruson, 1998.

Fig. 13: Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) culture from D. Michellod in Bruson, 1998.

Lipophile Extrakte

Mittels GC-MS analysierte Hexanextrakte oberirdischer Teile von Edelweiss (qualitative Analyse) enthalten verschiedene gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe. Diese chemischen Verbindungen sind Hauptbestandteile des Waxes auf den Blättern und Früchten. Wie alle lipophilen Stoffe, limitiert auch der Wachs den Wasserverlust, kontrolliert den Gasaustausch und ist Teil des Schutzes gegen Krankheitserreger. Die Anzahl der Kohlenstoffatome in den Verbindungen, die im Edelweissextrakt vorhanden sind, schwanken zwischen 25 und 35. Es soll erwähnt sein, dass die biologische Aktivität, wie auch das pharmakologische Interesse an den gesättigten aliphatischen Kohlenwasserstoffen sehr begrenzt sind.

Die Wurzeln von Edelweiss enthalten ein ätherisches Öl, das mittels Wasserdampfdestillation gewonnen, und mit GC-MS und GC-FID analysiert wurde. Mit der gleichen Methode konnten verschiedene flüchtige, lipophile Substanzen, meist Terpenverbindungen, sowie γ -Selinene, α -Gurjunene, Berkheyarden, *trans*-Caryophyllene, β -Selinene, usw. nachgewiesen werden, wie auch Bisabolanderivate.

Die Blüten von Edelweiss enthalten ebenfalls flüchtige Verbindungen, wie z.B. Hexenylacetat, Limonene, α - und β -Pinene, Pentensäure-Methylester

und verschiedene flüchtige Säuren. Diese Substanzen, bereits von Erhardt (7) beschrieben, sind für den Honiggeruch, den die Blüten ausströmen verantwortlich. Um die Gerüche zu erfassen, wurde die SPME-Technik (Solid Phase Microextraction), gefolgt von einer GC-MS Analyse verwendet. Die Studie über den Nektar, die vom selben Autor durchgeführt wurde, zeigte, dass hohe Konzentrationen von proteinhaltigen und nicht proteinhaltigen Aminosäuren vorhanden sind, die als Hauptnahrungsquelle der Fliegen dienen. Andere Substanzen, wie Glukose oder Fruktose in schwachen Konzentrationen, Fette, Phenole und Proteine sind ebenfalls vorhanden. Es wurden keine Spuren von Alkaloiden oder organischen Säuren gefunden. Mehrere Substanzen, die im Hexanextrakt gefunden wurden, waren auch im Dichlormethanextrakt vorhanden. Die Identifikation von Inhaltsstoffen mit tiefen Gehalten ist Inhalt einer weiterführenden Studie von früheren Arbeiten (25, 17, 4).

Chemotypische Variabilität

Tabelle 2 zeigt die Variabilität der Inhaltsstoffgehalte der Blüten von 19 Pflanzen der Firma Fotsch. Diese Werte wurden auch mit denjenigen von wild gesammelten Pflanzen verglichen (Violettes s/Montana und Moiry, Val d'Anniviers).

Während die Tanningehalte nur gering variieren (4,78-6,24%), haben wir bei den Chlorogensäuregehalten grosse Unterschiede (0,10- 1,07%), wie auch bei den vier aufgeführten Flavonoiden. Für eine erfolgreiche Selektionsarbeit ist diese Variabilität der Inhaltsstoffe von grosser Bedeutung.

Kulturbedingungen

Standort für Kulturen

Das Edelweiss sollte hauptsächlich im Berggebiet zwischen 1000 und 1700 m N.N. und an sonnigen Standorten angebaut werden. Ein gut drainierter und nicht zu fruchtbarer Boden garantiert ein gutes Wachstum der Pflanzen.

Kulturtechnik

Bereits Grisvard *et al.* (10) und Hegi (13) haben erwähnt, dass die Kultur von Edelweiss keine grösseren Probleme aufweist. Pflanzen in Erdpresstöpfen, die ab Anfang März vorkultiviert werden, können Ende Mai ausgepflanzt werden. Auf Grund seiner schwachen Konkurrenzfähigkeit muss das Edelweiss in einer grossen Dichte gepflanzt werden: in Beeten mit 4 oder 5 Reihen (10-12 Pfl./m²) oder in fortlaufenden Reihen von 30x30 cm (11,1 Pfl./m²). Abhängig von der Höhenlage muss die Kultur drei- bis fünfmal pro Jahr gejätet werden, was insgesamt ungefähr 1000 Arbeitsstunden/ha bedeuten. Die hohen Qualitätsanforderungen verlangen ihren Preis. So müssen die Kulturen im Pflanzungsjahr grosszügig bewässert werden, um ein gutes Anwachsen der Jungpflanzen und eine gute Blattbildung zu garantieren. Ab dem zweiten Jahr sollte jedoch sparsam gegossen werden, um eine übermässige Entwicklung der Blüten zu verhindern und so eine gute Qualität garantieren zu können. Ein zu üppiges Wachstum kann Blattfäule verursachen.

Krankheiten

Ab dem zweiten Kulturjahr ist eine Mortalität von 2 bis 5% normal. Bis heute haben wir den Grund des Absterbens nicht analysieren können. In der Literatur werden dafür gewisse pathogene Erreger wie *Phytophthora cryptogea* genannt (19). Everett (8) hat in seiner Arbeit sicherlich darum die Edelweisskultur als nur zwei- und nicht mehrjährig angegeben.

Frischpflanzenertrag

Von den zwei untersuchten Herkunftsorten hat diejenige von der Firma Fotsch ab dem zweiten Kulturjahr einen grösseren Ertrag an frischen Blüten (durchschnittlich 1,3kg/ m²) erzielt (Abb. 5 und 12). Dank der geschlossenen Blütendecke ist das Resultat hervorragend. In der Kultur von Michellod in Bruson war die Produktivität noch höher (Abb. 5 und 13). Hier wurden bereits bei der Jungpflanzenproduktion mehrere Pflanzen pro Erdpresstopf zusammen gesetzt.

Produktionskosten

Gegenwärtig ist es noch verfrüht, die Produktionskosten für diese neue biologische Bergkultur zu berechnen, da ihre Lebensdauer noch nicht bekannt ist. Die Unterhalts- und Erntekosten, zusammen mit den Kosten für die Installation der Kultur sind mit denjenigen der echten Edelraute (*Artemisia umbelliformis*), einer weiteren kultivierten alpinen Pflanze, vergleichbar (26).

Wird die erste Produktion der frischen Blüten zu einem Preis von über 10 CHF festgelegt, ist die Bilanz für die Bauern der Walliser Genossenschaft Valplantes sicher positiv, vorausgesetzt die durchschnittlichen erwähnten Erträge werden leicht übertroffen.

Schlussfolgerung

- In tieferen Lagen ergeben sich für die Kultivierung einer alpinen Pflanzenart wie dem Edelweiss kaum Probleme, sofern der Standort sorgfältig ausgewählt wird.
- Die getesteten Saatgutherkünfte zeigten eine grosse phenotypische Variabilität, die für mögliche Selektionsarbeiten eine gute Voraussetzung darstellt.
- Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Edelweissextrakte erlaubt im Moment keine chemotypische Differenzierung.
- Einige Flavonoide, gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffverbindungen und einige flüchtige Substanzen in den ätherischen Ölen wurden das erste Mal in dieser Pflanzenart identifiziert.
- Mit der Selektion der Linien mit den höchsten Inhaltsstoffgehalten und der grössten Homogenität könnte das Interesse der Kosmetikindustrie an dieser schönen alpinen Pflanze sicherlich vergrössert werden.

Danksagungen

Ein grosser Dank geht an die Firma Ricola, die dieses Projekt finanziell unterstützt hat und an Peter Imhof für sein Interesse und Unterstützung. Ebenso möchte ich Christoph Carlen, von der Eidg. Forschungsanstalt in Conthey (RAC), für das kritische Durchlesen der deutschen Fassung danken.

Bibliographie

1. Aeschimann D, Burdet H : Flore de la suisse, le nouveau Binz. Griffon Neuchâtel 1994; 603 Seiten.
2. Bicchi C, Nano G.M, Tira S: *paraffin components of some Gnaphalieae*. *Planta Medica* 1975; 28 (4); 389-391.
3. Bio Suisse : Cahier des charges pour la production, la transformation et la commercialisation des produits de l'agriculture biologique (écologique). Bio Suisse 1999 ; keine Seitenzahlangebe.
4. Comey N, Hook I, Sheridan H, Walsh J: *isolation of (S)-(-)-2,3-Dihydro-2,6-dimethyl-4H-benzopyran-4-one from Roots of Leontopodium alpinum*. *J. Nat. Prod.* 1997; 60; 148-149.
5. Dashbalin T, Glyzin V.I : *flavonoid glycosides of edelweiss (Leontopodium ochroleucum)*. *Khimiya Prirodnykh Soedinenii*, 1978; 6; 807.
6. Delarze R, Gonseth Y, Galland P : Guide des milieux naturels de Suisse. Delachaux et Niestlé 1988: 413 Seiten.
7. Erhardt A : *pollination of the edelweiss, Leontopodium alpinum*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 1993; 111; 229-240.
8. Everett T.H: *New York Botanical Illustrated Encyclopedia of horticulture* 1981; Vol VI.
9. Fehlmann S.R: *Plantes protégées*. Ed. Silva, Zurich 1979; 124 Seiten.
10. Grisvard P, Chaudun V, Chouard P, Guillaumin A: *Le Bon Jardinier*. Encyclopédie agricole, Tome second, 152e éd., La Maison Rustique, Paris 1964; 799 p.
11. Handel-Mazzetti H: *Systematische Monographie der Gattung Leontopodium*. *Beih.Bot.Cent.* 1928 ;44 (2) ; 1-178.
12. Hegi G: *Alpine flowers*. Ed. Blackie & Son Limited, London and Glasgow 1930 ; 74 p.
13. Hegi G: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Band IV; 2 Aufl.; Parey, Berlin 1987; 1483 p.
14. Hennessy D, Hook I, Sheridan H, McGee A: *1989.hydroxycinnamic acid esters from cell suspension cultures and plants of Leontopodium alpinum*. *Phytochemistry* 1989 ; 28 (2) ; 489-490.
15. Hess E, Landolt E, Hirzel R: *Flora der Schweiz*. Bd3, Birkhäuser Verlag, Basel 1972 ; 876 Seiten.
16. Hook I : *Leontopodium alpinum* Cass. (Edelweiss): *In vitro* culture, micropropagation, and the production of secondary metabolites. *Biotechnology of Medicinal and Aromatic plants*, Part IV, Springer-Verlag, Berlin 1993 ; 217-232.
17. Hook I : *Secondary metabolites in hairy root cultures of Leontopodium alpinum* Cass. (edelweiss). Workshop "Primary and secondary metabolism of plants and plant cell cultures III", Leiden, Netherlands, 4-7 April, 1993. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 1994 ; 38 ; (2/3) ; 321-326.
18. Ibrahim R, Barron D, 1989. *Methods in Plant Biochemistry*, Harborne, J.B., Academic Press, London 1989 ; Vol. 1 ; 75 Seiten.
19. Ilieva E, Jamart G, Kamoen O : *characterisation of some isolates of Phytophthora cryptogea*, *Parasitica* 1992 ; 48(3) ; 113-122.
20. Landolt E, Aeschimann D, 1986. *Notre flore alpine*. Ed. du Club Alpin Suisse 1986 ; 331 Seiten.
21. Maffei Facino R, Carini M, Aldini G.-C, Saibene L, Pietta P, Mauri P : *echinacoside and caffeine conjugates protect collagen from free radical-induced degradation: a potential use of Echinacea extracts in the prevention of skin photodamage*. *Planta medica* 1995 ; 61 ; 510-514.
22. Markham K.R : *Flavonoids in Plant Biochemistry* ; Harborne, J.B., Academic Press, London 1989 ; Vol. 1 ; 197 Seiten.
23. Matsubara Y : *tennen Yuki Kagobutsu Toronkai Koen Yoshihu*. Ch. Abstr. 1989 ; 104.
24. Müller C : *Etude de quelques populations de Leontopodium alpinum (edelweiss) dans le val d'Hérens (Valais)*. Institut de Botanique systématique et de Géobotanique, Université de Lausanne 1998 ; 17 Seiten.
25. Paternostro M.P, Passannanti S, Venturilla P, Bellino A : *alkanes and sterols from some Sideritis, Stachys, Leontopodium espletia and Cistus species*. *Atti Accad. Sci., Lett. Arti., Palermo* 1973 ; Parte 1 ; 32, 39-43.
26. Rey Ch : *domestication du genépi blanc (Artemisia umbelliformis Lam.)*. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 1997 ; Vol. 29 (3) ; I-VIII.
27. Rey Ch : *La domestication actuelle*. In: *Catalogue de la 3e Exposition nationale des variétés végétales et races animales domestiques menacées*. Série documentaire no 33 des Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève 1998 ; 77-82.
28. Resmerita I : *cartarea speciei Leontopodium alpinum Cass. din Carpatii Romanesti*. *St.Si Cerc. Biol. Seria Botanica Bucarest* 1973 ; T.25 ; Nr 5 ; 385-398.
29. Siljak S, Cartier D, Gorenflot R : *introduction à l'étude du Leontopodium alpinum Cass. : Variabilité morphologique et nombre chromosomique dans les populations naturelles*. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris* 1974 ; Sér. D ; T. 278 ; 2905-2908.
30. Tira S, Galeffi C, Midica G : *Flavonoids of Gnaphalieae-D Leontopodium alpinum-D*. *Experientia-Basel* 1970 ; 26 (11) ; 1192.
31. Tutin T. G, Heywood V. H, Burgess N. A, Valentin D. H, Walters S. M, Webb D. A : *Flora Europaea*. The University Press, Cambridge 1976 ; Vol. 4 ; 505 Seiten.
32. Wagenitz G : *Leontopodium alpinum*. In: *Hegi G., Flora Mitteleuropa*. Paul Parey, Berlin 1979 ; Vol. 3 ; 131-136.
33. Zhao-Quancheng, Lu-Jintian, Xu-Dongming., 1984. *chemical constituents of Lao Tou Cao (Leontopodium leontopoides Beauv.)*. *Zhongcaoyao* 1984 ; 15 (3) ; 103-104.

Anschrift des Verfassers:

Ch. Rey, Eidg. Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Changins. Centre des Fougères, CH-1964 Conthey; e-mail: Charles.Rey@rac.admin.ch
I. Slacanin, SCITEC, avenue de Provence, CH-1000 Lausanne