Zeitschrift: Botanica Helvetica
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 104 (1994)
Heft: 2

Artikel: Voruntersuchung der genetischen Variabilität eiszeitlicher Reliktpopulationen von Saxifraga cernua

Autor: Bauert, Martin R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71627

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bot Helv 104:215–220

0253-1453/94/020215-06 $ 1.50+0.20/0
© 1994 Birkhäuser Verlag, Basel

Voruntersuchung der genetischen Variabilität eiszeitlicher Reliktpopulationen von *Saxifraga cernua*

Martin R. Bauert

Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich, Zollikerstraße 107, CH-8008 Zürich

Manuskript angenommen am 8. November 1994

Abstract

Bauert M. R. 1994. A preliminary investigation on the genetic variability of relict ice-age populations of *Saxifraga cernua*. Bot. Helv. 104: 215–220.

Saxifraga cernua forms in the inflorescence a terminal flower and lateral bulbils. The investigation of isozymes in relict ice-age populations of *S. cernua* in the Alps revealed no detectable genetic diversity. In a population from Swedish-Lapland situated within the circumpolar distribution of the species, some genetic diversity was detected. Lacking genetic diversity in the relict alpine populations is regarded to be a result of fragmentation. Clonal diversity in the arctic population is probably due to occasional sexual reproduction. *Saxifraga cernua* plants from Swedish-Lapland and from the Alps were cultivated under identical conditions at Zurich. The arctic individuals flowered about two months later. They needed a much longer photoperiod for floral induction than the alpine ones. Alpine and arctic individuals of *S. cernua* turned out to be different ecotypes.

Key words: Saxifraga cernua, vegetative reproduction, genetic variability, fragmentation, ecotype, arctic, alpine.

Einleitung

Saxifraga cernua L. bildet im Blütenstand nebst einer endständigen Blüte vor allem vegetative Ausbreitungseinheiten (Bulbillen). In den meisten Florenwerken wird *S. cernua* als ausschließlich vegetativ reproduzierend beschrieben (Godfree 1979). Godfree (1979) und Molau (1992) konnten aber zeigen, daß *S. cernua* in Skandinavien, auf Spitzbergen, in Kanada und in Schottland (hier nach Handbestäubung) Samen bildet. *Saxifraga cernua* ist in der ganzen Arktis verbreitet und stellenweise recht häufig (Hultén und Fries 1986). In den Alpen sind von *S. cernua* nur wenige eiszeitliche Reliktpopulationen bekannt (Melchior 1934). In der Schweiz gibt es Vorkommen im Unterwallis (Sanetschpaß, Bella Lui) und im Unterengadin (Piz Arina und benachbarte Gipfel). Mehrere dieser Populationen von *S. cernua* konnten bei der Kartierung der schweizerischen Flora (Welten und Sutter 1982) nicht mehr gefunden werden (Abb. 1).

Durch die zunehmende Urbanisierung der Landschaft, welche in den Ballungsräumen weit fortgeschritten ist, werden die verbleibenden naturnahen Flächen immer stärker zerstückelt. Die Auswirkungen der zunehmenden Fragmentierung auf die genetische

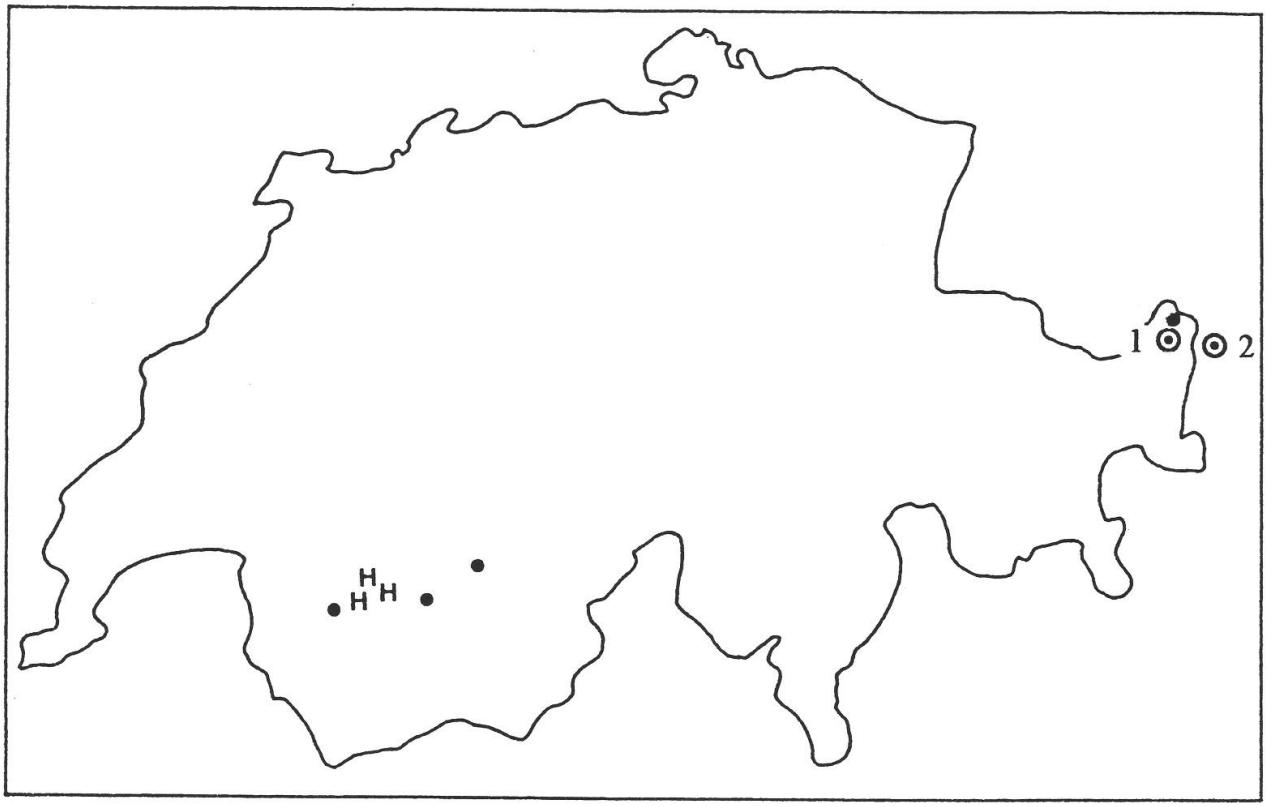

Abb. 1. Glaziale Reliktpopulationen von *Saxifraga cernua* in der Schweiz und angrenzend. H = 1982 nicht mehr nachgewiesene Populationen, ⊙ = untersuchte Populationen (1 = Piz Arina, 2 = Schmalzkopf). Nach Welten und Sutter (1982).

Struktur und langfristige Stabilität der Pflanzen- und Tierpopulationen beginnen sich erst abzuzeichnen (Ellstrand und Elam 1993). Mit dem Vergleich der genetischen Struktur der natürlicherweise seit der letzten Eiszeit stark fragmentierten Populationen von *S. cernua* im Alpenraum mit Populationen aus dem zirkumpolaren Areal sollen Erkenntnisse über die Folgen einer langzeitigen Fragmentierung gewonnen werden.

Durch den Vergleich des Blühzeitpunkts von kultivierten *S. cernua*-Individuen, die aus den Alpen und aus Schwedisch-Lappland stammen, soll abgeklärt werden, ob die arktischen und alpinen Vertreter eine unterschiedliche Blühinduktion aufweisen.

Material und Methoden

Mit Isozymelektrophorese wurden aus zwei alpinen Reliktpopulationen vom Piz Arina und vom Schmalzkopf (Abb. 1) 30 respektive 32 Individuen untersucht. Aus dem zirkumpolaren Areal wurden aus einer Population in Schwedisch-Lappland (Abisko) 14 Individuen untersucht. Stärkegel-Elektrophorese (fünf Systeme: 6-PGD, TPI, PGI, IDH und ADH) wurde nach Wendel und Weeden (1989) durchgeführt. Die Zubereitung des Elektrodenpuffers (No. 5) und die Entwicklung der Gele erfolgte nach Soltis et al. (1983). Für die einzelnen Populationen wurde der Simpson-Diversitätsindex, korrigiert für verschiedene Stichprobengrößen ($D_S = 1 - \sum\{[n_i(n_i-1)]/[N(N-1)]\}$, n_i = Anzahl Individuen mit Genotyp i, N = Stichprobengröße) berechnet (Peet 1974).

In Zürich wurde die Blühphänologie von *S. cernua*-Individuen, die unter einheitlichen Bedingungen aus Bulbillen gezogen wurden, verfolgt. Die Bulbillen stammten aus den Alpen (Piz Arina)

und aus Schwedisch-Lappland (Abisko). Ein Teil der Pflanzen von Abisko erhielt ab dem 1. April während der Nacht zusätzlich schwaches Glühlampenlicht (zwei 25 W-Glühlampen pro m^2, 40 cm über dem Boden).

Resultate

Mit der Isozymelektrophorese wurde in der Population aus Schwedisch-Lappland („Abisko") in den Systemen 6-PGD, TPI, PGI und IDH genetische Variabilität nachgewiesen (Abb. 2). In dieser Population konnten drei verschiedene Genotypen festgestellt

Population	Abisko			Piz Arina	Schmalzkopf
6 PGD	12x		2x	30x	32x
TPI	7x	5x	2x	30x	32x
PGI	7x	5x	2x	30x	32x
IDH	9x		5x	30x	32x
ADH		14x		30x	32x
Genotypen	A	B	C	D	D
	7x	5x	2x	30x	32x
Diversität (D_S)		0.65		0	0

Abb. 2. Isozymphänotypen und deren Anzahl in Populationen von *Saxifraga cernua* sowie genetische Diversität (D_S = Simpson-Diversitätsindex) im Hauptareal in Schwedisch-Lappland (Abisko) und in alpinen Reliktpopulationen (Piz Arina und Schmalzkopf).

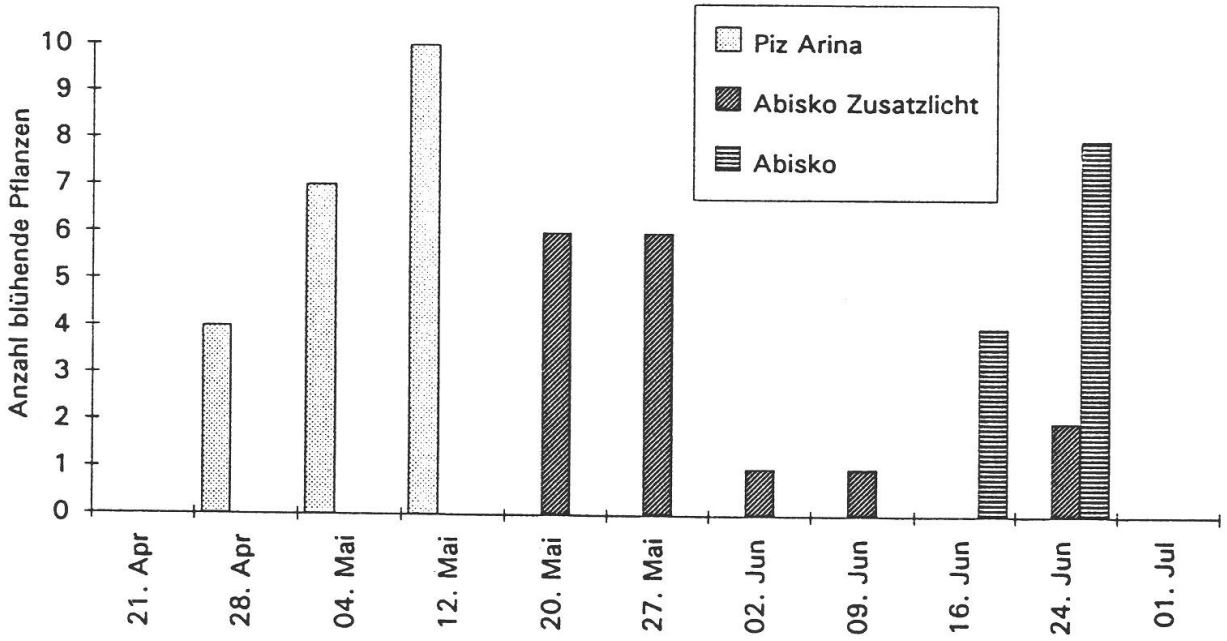

Abb. 3. Blühphänologie von *Saxifraga cernua*-Individuen verschiedener Herkunft unter gleichen Bedingungen in Zürich aus Bulbillen kultiviert. Herkunft: Piz Arina: Alpen, Abisko: Schwedisch-Lappland. Die Individuen „Abisko Zusatzlicht" erhielten während der Nacht schwaches Glühlampenlicht.

werden, die sich in mehreren Loci unterscheiden und vermutlich Klone darstellen. Diese Population („Abisko") weist eine mittlere genetische Diversität ($D_S = 0{,}65$) auf. In den eiszeitlichen Reliktpopulationen („Piz Arina", „Schmalzkopf") ließ sich keine genetische Variabilität erkennen (Abb. 2, $D_S = 0$). Die Isozymphänotypen dieser beiden Populationen unterscheiden sich nicht.

Die *S. cernua*-Individuen, die aus den Alpen („Piz Arina") stammen, blühten in Zürich fast zwei Monate früher als jene aus Abisko (Abb. 3). Die Pflanzen aus Abisko, welche in der Nacht zusätzlich schwaches Licht erhielten („Abisko Zusatzlicht"), blühten etwa einen Monat früher als die unbeeinflußte Kontrollgruppe („Abisko").

Diskussion

In kleinen, isolierten Populationen kann die genetische Diversität maßgebend durch Drift oder Gründereffekte reduziert werden (Ellstrand und Elam 1993). Genetische Drift führt zu einer Zunahme der Differenzierung zwischen kleinen, isolierten Populationen (Ellstand und Elam 1993). Holderegger und Schneller (1993) konnten dies an *Asplenium septentrionale*-Populationen, welche in der Umgebung von Zürich nur auf erratischen Blöcken gedeihen, exemplarisch nachweisen. Erstaunlicherweise unterscheiden sich die untersuchten *Saxifraga cernua* Individuen aus den beiden Reliktpopulationen „Piz Arina" und „Schmalzkopf" nicht in ihren Isozymphänotypen. Die in der Population „Abisko" nachgewiesenen genetischen Unterschiede zeigen, daß die angewandte Methode durchaus geeignet ist, genetische Variabilität bei *S. cernua* aufzuzeigen. Isozymuntersuchungen sind immer eine konservative Schätzung der genetischen Diversität und erfassen nur selten (wenn überhaupt) die gesamte Diversität (Ellstand und Roose 1987). Die geplanten,

weitergehenden genetischen Untersuchungen werden Aufschluß geben, ob die beiden alpinen Reliktpopulationen tatsächlich uniklonal sind und sich untereinander genetisch nicht unterscheiden. Die auf Grund der vorliegenden Daten zu vermutende genetische Identität dieser Populationen läßt auf einen gemeinsamen Ursprung oder auf eine vegetative Ausbreitung schließen.

Die beiden Reliktpopulationen, welche auf die Gipfelregion der betreffenden Berge beschränkt sind, sind durch den ca. 1700 m tief eingeschnittenen Inn und durch ca. 15 km Luftdistanz getrennt. Melchior (1934) erwähnt, daß Bulbillen von *S. cernua* gelegentlich durch Schafe und Ziegen verschleppt werden. Es ist aber unwahrscheinlich, daß Schafe oder Ziegen innert weniger Tage vom einen Gipfel auf den anderen gelangen und durch die Ausbreitung von Bulbillen eine neue Population von *S. cernua* begründeten. Unander et al. (1985) stellten auf Spitzbergen im Kropf von Schneehühnern häufig Bulbillen von *Polyonum viviparum* und wiederholt solche von *S. cernua* fest. Auf Spitzbergen konnte Bauert (1994) oft beobachten, daß im Kot von Schneehühnern keimfähige Bulbillen von *P. viviparum* zu finden sind. Schneehühner sind möglicherweise auch in den Alpen ein wichtiger und potentieller Ausbreitungsvektor für Bulbillen von *P. viviparum* oder *S. cernua*, weil sie ohne weiteres Gipfel und Talseite wechseln können. Die geplante Untersuchung isolierter Populationen von *S. cernua* im Wallis, in den Dolomiten, in den Salzburger Kalkalpen und in den Karpaten könnten hier weitere interessante Ergebnisse beitragen.

Die Reliktpopulationen in den Alpen weisen eine sehr eingeschränkte ökologische Amplitude im Vergleich mit den Vorkommen in Schwedisch-Lappland auf. Die alpinen Populationen sind hauptsächlich auf Gipfelregionen beschränkt, wo sie vor allem an schattigen Stellen unter Gesteinsblöcken und Überhängen wachsen. Diese eingeschränkte ökologische Amplitude steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der geringen genetischen Diversität dieser Population. Das Verschwinden einiger Populationen im Alpenraum steht eventuell im Zusammenhang mit der einsetzenden Klimaerwärmung.

Vorwiegend vegetative Reproduktion führt nach Mosquin (1965) und Bliss (1971) bei arktischen und alpinen Pflanzenarten zu genetisch einheitlichen Populationen. Untersuchungen an *P. viviparum* (Bauert 1993, 1994 und Diggle et al. 1994) und an *Antennaria rosea* (Bayer 1991) zeigen, daß die meisten Populationen dieser Arten aus mehreren verschiedenen Klonen bestehen. Molau und Prentice (1992) schlossen aus den großen Unterschieden im Blattschnitt von *S. cernua*, daß die Populationen in Schwedisch-Lappland genetisch variabel sind, was durch die hier vorliegenden Isozymuntersuchungen bestätigt wird. Ein geringer Anteil sexueller Vermehrung reicht bei vegetativer Fortpflanzung aus, um eine beträchtliche genetische Diversität aufrecht zu erhalten (Watkinson und Powell 1993). Die sexuelle Reproduktion spielt offenbar auch bei *S. cernua* eine wichtige Rolle in der Populationsdynamik und -struktur (Molau 1992, Molau und Prentice 1992). Vorwiegende vegetative Reproduktion führt auch bei arktischen und alpinen Pflanzen nicht unbedingt zu genetisch einheitlichen Populationen, wie dies Ellstrand und Roose (1987) für klonale Pflanzenarten aus wärmeren Gegenden nachgewiesen haben.

Aus dem früheren Blühzeitpunkt der Individuen aus Schwedisch-Lappland, welche Zusatzlicht erhielten, muß gefolgert werden, daß nicht eine minimale Temperatur oder Temperatursumme für die Blühinduktion maßgebend ist, sondern eine bestimmte Länge der Photoperiode entscheidend ist. Die *S. cernua*-Individuen aus den Alpen benötigen eine beträchtlich kürzere Photoperiode für die Induktion der Blüte, als die Pflanzen aus Schwedisch-Lappland und unterscheiden sich somit von diesen ökotypisch.

Der Autor dankt herzlich Herrn Nicolin Bischoff für die Hilfe bei der Suche der *S. cernua* Standorte im Engadin und Prof. Dr. Jakob Schneller für die Korrektur des Manuskriptes.

Literatur

Bauert M. R. 1993. Vivipary in *Polygonum viviparum*: an adaptation to cold climate? Nord. J. Bot. 13: 473–480

Bauert M. R. 1994. Biomasseallokation und genetische Diversität arktischer und alpiner *Polygonum viviparum*-Populationen. Dissertation, Universität Zürich. In Vorbereitung.

Bayer J. R. 1991. Patterns of clonal diversity in geographically marginal populations of *Antennaria rosea* (Steraceae: Inuleae) from subarctic Alaska and Yukon Territory. Bot. Gaz. 1523: 486–493.

Bliss L. C. 1971. Arctic and alpine life cycles. Annu. Rev. Ecol. Syst. 2: 405–438.

Diggle P. K., Lower S. S. and Ranker T. A. 1994. Clonal diversity and phenotypic plasticity in three alpine populations of *Polygonum viviparum* (Polygonaceae). Amer. J. Bot. 81 suppl.: 22.

Ellstrand N. C. and Roose M. L. 1987. Pattens of genotypic diversity in clonal plant species. Amer. J. Bot. 74: 123–131.

Ellstrand N. C. and Elam D. R. 1993. Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. Annu. Rev. Ecol. Syst. 24: 217–242.

Godfree J. S. 1979. *Saxifraga cernua* L. A report on seed formation. BSBI News 23: 27.

Holderegger R. and Schneller J. J. 1994. Are small isolated populations of *Asplenium septentrionale* variable? Biol. J. Linnean Soc. 51: 377–385.

Hultén E. and Fries M. 1986. Atlas of North European Vascular Plants. Koeltz, Königstein.

Melchior H. 1934. Zur Verbreitung der *Saxifraga cernua* L. in den Alpen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 52: 221–230.

Molau U. 1992. On the occurrence of sexual reproduction in *Saxifraga cernua* and *S. foliolosa* (Saxifragaceae). Nord. J. Bot. 12: 197–203.

Molau U. and Prentice H. C. 1992. Reproductive systems and population structure in three arctic *Saxifraga* species. J. Ecol. 80: 149–161.

Mosquin T. 1965. Reproductive specialization as a factor in the evolution of the Canadian Flora. In: Taylor R. L. and Ludwig R. A. (eds.): The Evolution of Canada's flora. University of Toronto Press, Toronto, pp. 43–65.

Peet R. K. 1974. The measurement of species diversity. Annu. Rev. Ecol. Syst. 5: 285–307.

Soltis D. E., Haufler Ch. H., Darrow D. C. and Gastony G. J. 1983. Starch gel electrophoresis of ferns: a compilation of grinding buffers, gel and electrode buffers, and staining schedules. Amer. Fern J. 73: 9–27.

Unander S., Mortensen A. and Elvebakk A. 1985. Seasonal changes in crop content of the Svalbard Ptarmigan *Lagopus mutus hyperboreus*. Polar Res. 3: 239–246.

Watkinson A. R. and Powell J. C. 1993. Seedling recruitment and the maintenance of clonal diversity in plant populations – a computer simulation of *Ranunculus repens*. J. Ecol. 81: 707–717.

Welten M. und Sutter R. 1982. Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Birkhäuser, Basel.

Wendel J. F. and Weeden N. F. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes. In: Soltis D. E. and Solits P. S. (eds.) Isozymes in Plant Biology. Dioscorides, Portland, Oregon.