

Mittl. Ostalp.-din. Ges. f. Vegetkde.	Band 11	S. 121–134	Obergurgl Innsbruck, Juli 1970
---------------------------------------	---------	------------	-----------------------------------

ÖKOPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN NIVALPFLANZEN

von

W. MOSER*

Der Erinnerung an Prof. Dr. Engelbert CARTELLIERI gewidmet, der vor 25 Jahren
in Kriegsgefangenschaft den Tod fand.

Z u s a m m e n f a s s u n g : 1. Die Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Photosynthese von *Ranunculus glacialis* L. wurden im Laboratorium in Innsbruck sowie im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes am natürlichen Standort in 3184 m Seehöhe auf dem Hohen Nebelkogel (Stubai Alpen) mittels IRGA gemessen. Es ergab sich ein Lebensbereich der Blätter von -6°C (erste Frostschäden) bis 46°C (Hitzeschäden). Stoffgewinn wird von etwa -5°C bis um 40°C , am besten im Bereich von 12°C bis 28°C erzielt. Die Photosynthese nimmt mit der Helligkeit bis zu hoher Beleuchtungsstärke (75 Kilolux) zu.

2. Seit 1968 werden auf dem Hohen Nebelkogel die wichtigsten klimatischen Standortfaktoren (Blatt- und Bodentemperaturen, Lufttemperatur, Globalstrahlung, Helligkeit) registriert. Methode und einige Ergebnisse aus der Vegetationsperiode 1968 werden mitgeteilt.

3. Ein Vergleich des Verhaltens der Pflanze mit den 1968 gemessenen Umweltbedingungen zeigt eine gute Anpassung von *Ranunculus glacialis* an den nivalen Standort:

- Der Sonnenblattcharakter entspricht dem häufig grellen Licht.
- Die relativ geringe sommerliche Kälteresistenz (-6°C) genügt, weil anhaltende Abkühlung während der Vegetationsperiode fast immer bei Schlechtwetter erfolgt, sodaß die Pflanze durch Schneebedeckung meist vor dem Erfrieren bewahrt wird.
- Das bei relativ hoher Temperatur liegende Optimum der CO_2 -Aufnahme ist für *Ranunculus glacialis* vorteilhaft, da an einem Standort mit nahezu täglich eintretendem oberflächlichem Bodenfrost nur bei kräftiger Erwärmung die für volle Aktivität notwendige Wasserversorgung gewährleistet ist.

I. Einleitung

Die Vegetation der Alpen ist gekennzeichnet durch die verschiedenen Höhenstufen, die am meist deutlich sichtbaren Grenzen voneinander abgesetzt sind.

Einer der interessantesten dieser Grenzbereiche liegt in der nivalen Stufe, wo die mit der Höhe oder mit der Exposition zunehmende Verschlechterung der Lebensbedingungen

* Anschrift des Verfassers: Dr. Walter MOSER, Institut für Allgemeine Botanik, Sternwarte-
straße 15, A – 6020 Innsbruck.

vorerst selektiv, schließlich begrenzend für die kompliziert gebauten Samenpflanzen wirkt.

Nur einige wenige Arten der Phanerogamen vermögen also, bis in diesen Bereich des Hochgebirges vorzudringen, und deren Überleben wird immer wieder vom scharfen Tageszeitenklima, vom häufigen Frost, von langer Schneebedeckung und von manch anderen bedrohlichen Einflüssen in Frage gestellt, sodaß sich hier für die experimentelle Botanik ausgezeichnete Möglichkeiten eröffnen, die Wirkung extremer Umweltbedingungen auf die Pflanze am natürlichen Standort zu prüfen. Durch die gute Überblickbarkeit des Ökosystems der offenen Vegetation dieser Stufe werden solche Untersuchungen noch entscheidend begünstigt; denn hier treten Ursache und Wirkung weit deutlicher in Erscheinung als in den komplexen Systemen anderer Regionen. Erschwert dagegen werden Experimente in der Nivalstufe durch die Tatsache, daß die lebensfeindlichen Umweltbedingungen den Meßapparaturen sowie den Experimentatoren nicht minder zusetzen als den Pflanzen, wodurch es am nivalen Standort bislang fast immer bei kurzfristigen Analysen geblieben ist.

Die Vielzahl solcher Untersuchungen im Hochgebirge, von denen hier nur die ersten ausführlichen Messungen der Photosynthese an Nivalpflanzen durch CARTELLIERI (1940) erwähnt seien, sind in den vorzüglichen referierenden Bearbeitungen durch PISEK (1960), TRANQUILLINI (1964) sowie BILLINGS und MOONEY (1968) dargelegt und zeigen ein recht unterschiedliches Bild des physiologischen Verhaltens von Hochgebirgspflanzen.

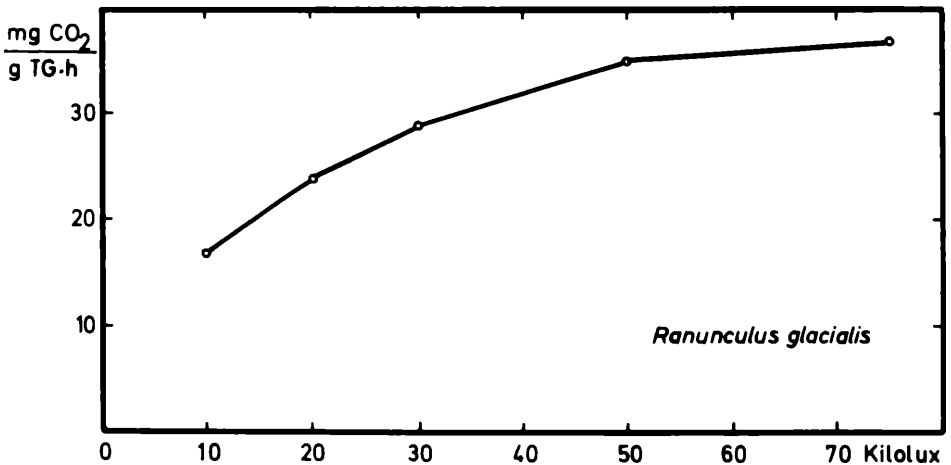


Abb. 1: *Ranunculus glacialis*. Lichtabhängigkeit der Nettophotosynthese im Laboratorium. Auf der Ordinate ist die CO₂-Aufnahme in Milligramm CO₂ je Gramm Trockengewicht der Blätter und Stunde aufgetragen.

Zwar fand man auch in der Physiologie – so wie man das seit langem in der Morphologie dieser Pflanzen kennt – Anpassungen an den besonderen Standort. Aber hier wie dort gibt es Ausnahmen, und man kann nicht von einem einzigen Typus des physiologischen Verhaltens von Hochgebirgspflanzen sprechen. Weit mehr muß mit einer

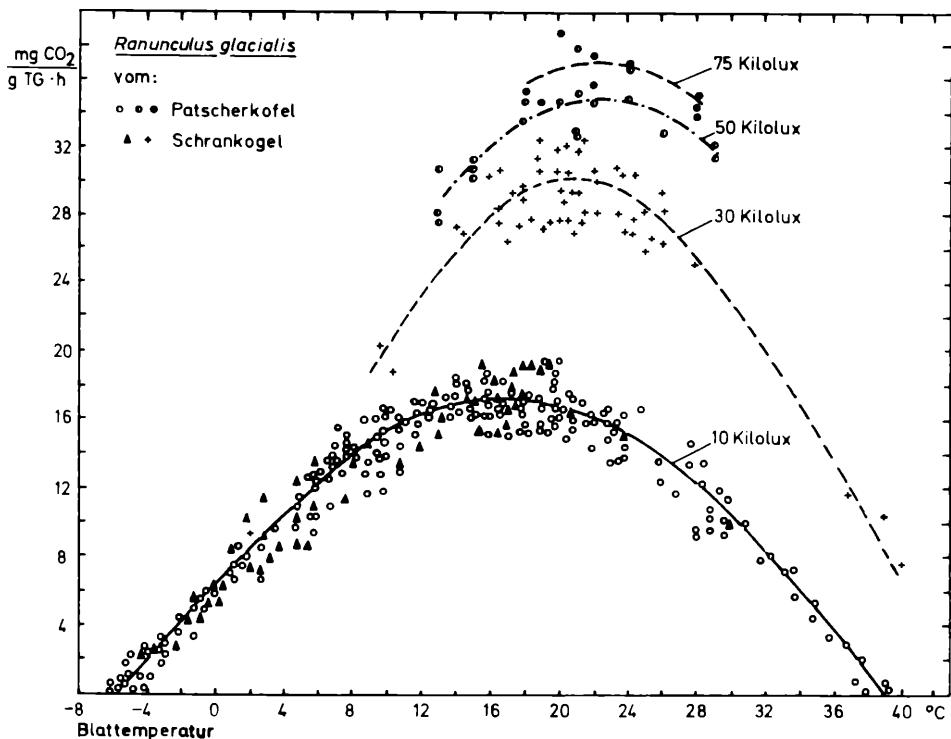


Abb. 2: *Ranunculus glacialis*. Temperaturabhängigkeit der Netto-Photosynthese im Laboratorium. ▲ + = im Gebiete des Schrankogels in 2700 m bis 3100 m Seehöhe entnommene Pflanzen; ○ ● = ebendort entnommene und im Alpengarten auf dem Patscherkofel bei Innsbruck in 2000 m Höhe vorkultivierte Pflanzen. Auf der Ordinate ist die CO₂-Aufnahme in Milligramm CO₂ je Gramm Trockengewicht der Blätter und Stunde aufgetragen.

Vielfalt von Möglichkeiten des Überlebens am extremen Standort im Gebirge gerechnet werden.

Zur vollen Aufklärung dieser Möglichkeiten bedarf es jedoch noch mancher Anstrengung.

Insbesondere lassen sich die für eine Art spezifischen differenzierteren Reaktionen der Pflanze auf ihre Umwelteinflüsse vorerst nur durch längerfristige und detaillierte ökophysiologische Beobachtungen und Messungen erfassen. Knapp angesetzten Experimenten, die nur einige wenige Parameter kurzfristig einschließen, entgehen zu leicht wesentliche Zusammenhänge.

Im folgenden wird eine längerfristige Untersuchung zur Überlebensfrage in der Nivalstufe am Beispiel des Gletscherhahnenfußes (*Ranunculus glacialis* L.) dargestellt.

II. Problemstellung

Als Grundlage dieser Darstellung diene die von ELLENBERG (1968) beschriebene Tatsache, daß Pflanzen zumindest auf zweierlei Art, extreme Standorte zu besiedeln vermögen:

1. Zahlreiche Sippen sind an einen besonderen Wuchsort nur geringfügig angepaßt; sie wurden nur wegen ihrer Konkurrenzschwäche hierher verdrängt und führen so ein kümmerliches Dasein am Rande ihrer physiologischen Amplitude. Sie vermögen aber nur hier durchzuhalten und tun sich nun als "Trockenheitszeiger", "Magerkeitszeiger", "Felsbewohner" oder anderer "Sonderling" hervor.
2. Andere Sippen sind den speziellen Gegebenheiten eines extremen Standortes genau angepaßt und vermögen die Umweltbedingungen optimal auszunützen. Sie werden von ELLENBERG als "Spezialisten" bezeichnet.

Es soll nun versucht werden, den Gletscherhahnenfuß, der bekanntlich in seinem Äußeren keinerlei Anpassung an den Hochgebirgsstandort zeigt, einer der beiden Gruppen zuzuordnen. Die Voraussetzungen hierfür – Kenntnis der physiologischen Amplitude und der Standortbedingungen – wurden durch Untersuchungen im Laboratorium und im Freiland erarbeitet.

III. Die physiologische Amplitude

In einer Dissertation bei PISEK maß ich den CO₂-Gaswechsel von *Oxyria digyna*, *Geum reptans* und *Ranunculus glacialis* bei verschiedenen Lichtstärken und Temperaturen sowie die Frost- und Hitzeresistenz der Blätter.

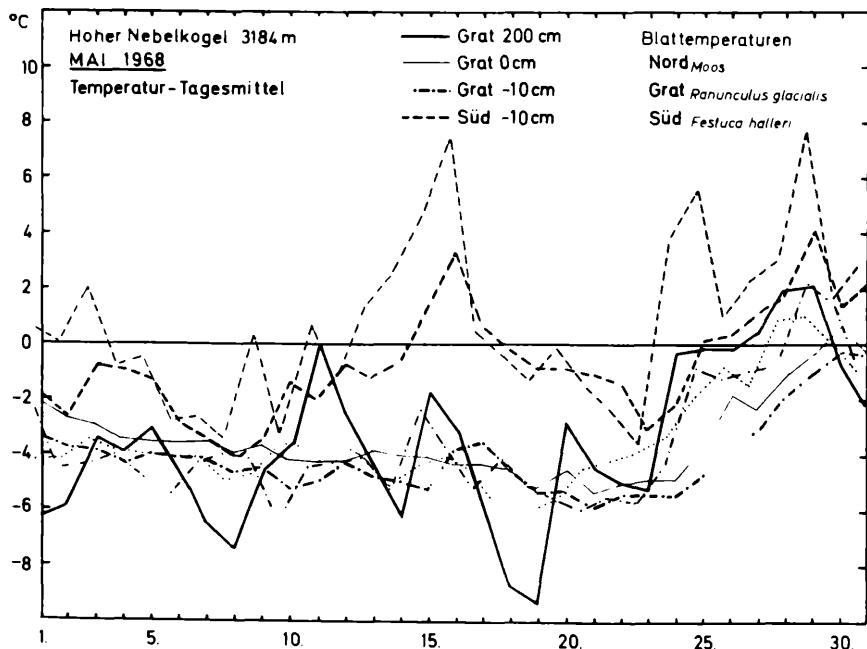


Abb. 3: Mai 1968. Temperatur-Tagesmittel an verschiedenen Stellen des Versuchsgebietes auf dem Hohen Nebelkogel in den Stubai Alpen. Süd = Meßstelle in der steil nach SSE abfallenden Südwand, etwa 30 m unterhalb des Grates. Nord = Meßstelle auf dem mäßig steil nach NNW geneigten Hang des Versuchsgebietes, etwa 15 m unterhalb des Grates. - 10 cm = Boden- und Wurzeltemperaturen in 10 cm Tiefe. Jeder Tagesmittelwert beruht in der Regel auf 120 Einzelmessungen (Registrierung in 12-Minuten-Intervallen).

1. Material und Methode

Die Pflanzen wurden zum Teil auf ihrem natürlichen Standort im Gebiete des Schrankogel in den Stubai Alpen in verschiedenen Höhen von 2700 m bis 3100 m in Töpfen angezogen; zum Teil wurden sie in den Alpengarten der Universität Innsbruck auf den Patscherkofel übertragen und dort in 2000 m Höhe ebenfalls in Töpfen kultiviert.

Kurz vor Beginn einer Meßreihe, die jeweils rund eine Woche dauerte, brachte ich die Pflanzen nach Innsbruck. Hier wurden sie unter standardisierten Bedingungen mit dem Infrarot-Gasanalysator (IRGA) auf ihren CO_2 -Gaswechsel im Laboratorium untersucht. Eine nähere Beschreibung der Apparatur und Methode wird bei PISEK und WINKLER (1959), LARCHER (1961, 1963) und MOSER (1965) gegeben.

2. Ergebnisse

a) Lichtabhängigkeit der Photosynthese bei *Ranunculus glacialis*

Der Gletscherhahnenfuß hat ausgesprochene Sonnenblätter, die auf steigende Helligkeit auch noch bei Beleuchtungsstärken um 75 Kilolux mit zunehmender Photosynthese reagieren.

Das optimale Leistungsvermögen beträgt im Laboratorium 30 bis 35 mg CO_2 -Aufnahme pro Gramm Trockenmasse der Blätter und Stunde, ist also besonders lebhaft und reicht an die Leistung krautiger Nutzpflanzen heran. (Auf dem natürlichen Standort ist die Leistung wegen des geringeren CO_2 -Angebotes und der gegenseitigen Beschattung der Blätter bis um 1/3 niedriger, vgl. MOSER 1969).

b) Temperaturabhängigkeit der Photosynthese bei *Ranunculus glacialis*

Der Atmungsverlust wird um -5°C Blattemperatur kompensiert; bei 3°C ist bereits erheblicher Stoffgewinn möglich. Von 12°C bis 28°C wird im Laboratorium am meisten

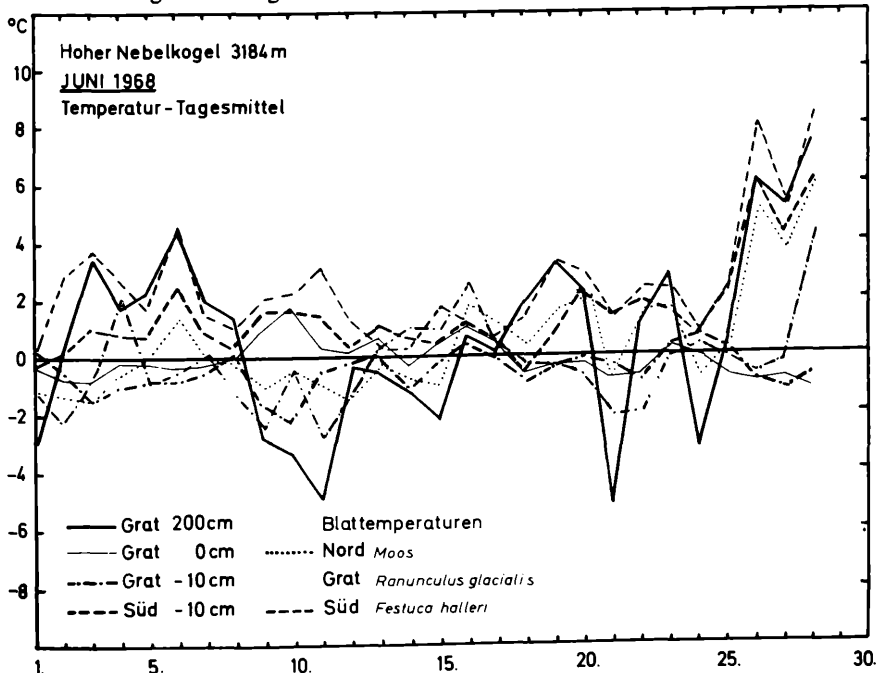


Abb. 4: Juni 1968. Temperatur-Tagesmittel an verschiedenen Stellen des Versuchsgebietes auf dem Hohen Nebelkogel in den Stubai Alpen. Weitere Erläuterungen siehe Abb. 3,

CO₂ aufgenommen. Das Optimum wandert hierbei mit zunehmender Beleuchtungsstärke in den hohen Temperaturbereich. Bei 40 °C liegt der zweite Kompensationspunkt.

c) Frost- und Hitzeresistenz der Blätter (Methode siehe PISEK und Mitarbeiter (1967, 1968))

Die Blätter von *Ranunculus glacialis* ertragen schadlos Temperaturen von – 5 ° (erste Frostschäden bei – 6 °C) bis 46 °C.

3. Zusammenfassung

Die wichtigsten Erkenntnisse, die aus den Laboratoriumsversuchen zu gewinnen waren, sind folgende:

- Der Gletscherhahnenfuß hat Sonnenblätter.
- Die Photosynthese läuft auch bei Kälte (bis – 5°C) rasch an und arbeitet im optimalen Bereich mit hohem Gewinn.
- Der Photosynthese sind weite Temperaturgrenzen gesteckt (– 5 °C bis um 40 °C).
- Der für die Photosynthese optimale Temperaturbereich ist breit und liegt höher als erwartet (Vergleiche PISEK und Mitarbeiter 1969).
- Die Resistenz der Blätter gegen Kälte (erste Schäden bei – 6 °C) erscheint für das Überleben am extremen Hochgebirgsstandort als gering.

IV. Die Standortbedingungen

Nach standortkundlichen Messungen in der Nivalzone während der Vegetationsperioden 1963 und 1964 am Schrankogel (WINKLER und MOSER 1967) wurde 1966 im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes und in Zusammenarbeit mit der Alpenen Forschungsstelle Obergurgl der Universität Innsbruck, auf dem Ostgrat des Hohen Nebelkogels (3211 m) in den Stubai Alpen ein Forschungsstützpunkt errichtet (vgl. LARCHER 1967; MOSER 1967, 1968).

1. Das Versuchsgelände

Das rund 1000 m² große Versuchsgebiet umfaßt drei charakteristische Areale der offenen Vegetation der nivalen Stufe:

- a) Berghang, steil nach SSE geneigt, mit reichem Bewuchs (Kryptogamen, 10 Arten Phanerogamen), zum Teil von einem mitunter den Sommer überdauernden Schneefeld bedeckt,
- b) Horizontale Fläche auf dem Grat. Stark mit dem Kleinrelief wechselnder Bewuchs (Kryptogamen, 7 Arten Phanerogamen),
- c) Berghang, mäßig steil nach NNW geneigt mit dürrtigem Kryptogamenbewuchs und nur noch vereinzelter Phanerogamen.

Eine kleine Baracke (9 m² Grundfläche) dient der Aufnahme der Meßapparatur und als Unterkunft.

2. Das Meßprogramm

a) Ökophysiologische Messungen

Während der Vegetationsperioden 1966 bis 1969 wurden insgesamt einige hundert Tagesgänge der Photosynthese und der nächtlichen Respiration an verschiedenen Arten

von Nivalpflanzen bei allen Wetterlagen mittels IRGA bei gleichzeitiger Registrierung der Helligkeit und der Blattemperaturen aufgenommen. Hierbei wurden durch einige Monate auch eine von A. CERNUSCA (1968, 1969) entwickelte Datenerfassungsanlage zur Registrierung der Meßdaten auf Lochstreifen sowie eine SIEMENS-Sirigor-Klimakammer eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Messungen werden an anderer Stelle veröffentlicht.

Stoffproduktion und Energiehaushalt von Nivalpflanzen untersuchte BRZOSKA (1969) zuwachsanalytisch und kalorimetrisch. ZACHHUBER bearbeitete den Entwicklungsrhythmus der reproduktiven Organe von Nivalpflanzen.

b) Standortkundliche Messungen

Durch die Registrierung von Blattemperaturen, Strahlung und Helligkeit in dichter Folge sowie durch Messung von Niederschlägen, Wind, Bodentemperaturen und Luftfeuchtigkeit sind zumindest die kleinklimatischen Umweltbedingungen, unter denen die Produktivitätsphasen der letzten drei Vegetationsperioden abließen, gut bekannt.

Das Überleben der Pflanzen ist auf lange Sicht jedoch stets vom Energiehaushalt bestimmt, und hier spielt die ganzjährig andauernde Erhaltungsaerung der unterirdischen Pflanzenteile auf der Verlustseite der Stoffbilanz eine wesentliche Rolle. Da die Intensität dieses Substanzverlustes stark von der Temperatur abhängt, wurde auf dem Stützpunkt auch eine Apparatur zur ganzjährigen Aufzeichnung wichtiger Klimafaktoren installiert. Die mit geringstem Stromverbrauch arbeitende Anlage verfügt über 11 Meßkanäle und registriert in jeder Minute einen Wert. Die Anlage ist eine Spezialausführung der von

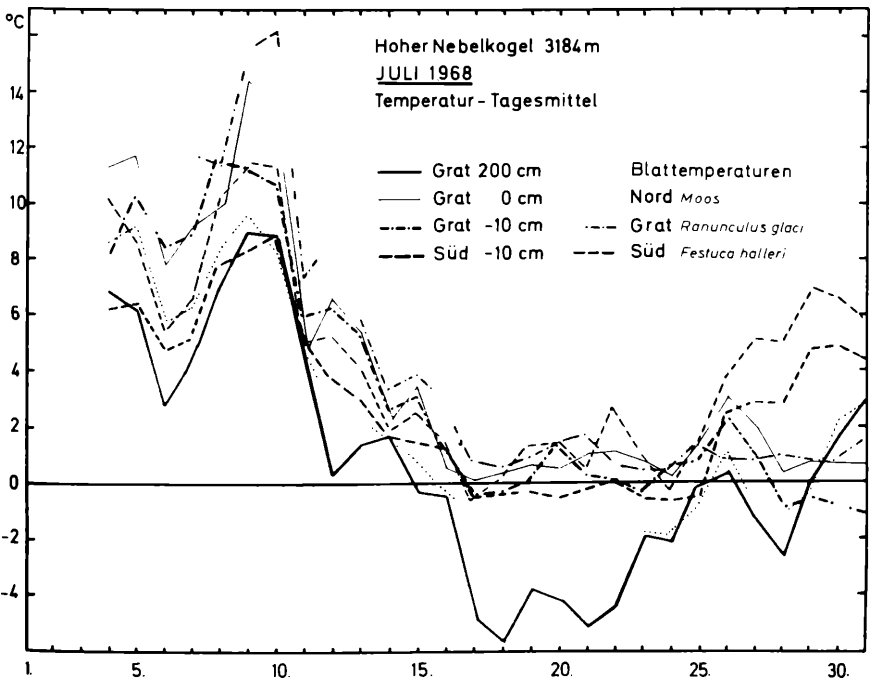


Abb. 5: Juli 1968. Temperatur-Tagesmittel an verschiedenen Stellen des Versuchsgebietes auf dem Hohen Nebelkogel in den Stubaiäer Alpen. Weitere Erläuterungen siehe Abb. 3,

G. CERNUSCA (1969; im Druck) beschrieben integratorisch-photographisch arbeitenden Meßapparatur. (Für die Installation der Anlage auf der Station sowie für die Erstellung des Computerprogrammes zur Auswertung der Daten gebührt Herrn Dr. A. CERNUSCA herzlicher Dank).

Bisher konnte eine große Zahl repräsentativer Meßdaten aus allen Monaten der Jahre 1968 und 1969 gesammelt werden.

3. Ergebnisse

Aus der Fülle der standortkundlichen Messungen wurden zur vorläufigen Beurteilung des Angepaßtseins von *Ranunculus glacialis* an den Standort Licht- und Temperaturverhältnisse aus der Vegetationsperiode 1968 herangezogen.

a) Licht

Die Pflanze am nivalen Standort erfährt sehr oft hohen Lichtgenuß. Beleuchtungsstärken über 100 Kilolux sind keine Seltenheit, und auch bei Nebel maß ich mehrfach Werte über 30 Kilolux.

b) Temperatur

Wie aus der Abbildung 3 ersichtlich ist, blieben die Temperaturtagesmittel im Mai bis gegen Ende des Monats fast durchgehend unter dem Gefrierpunkt. Lediglich auf der Südseite des Versuchsfeldes kam es in der Mitte des Monats zu kräftiger Erwärmung der bodennahen Luftschichte.

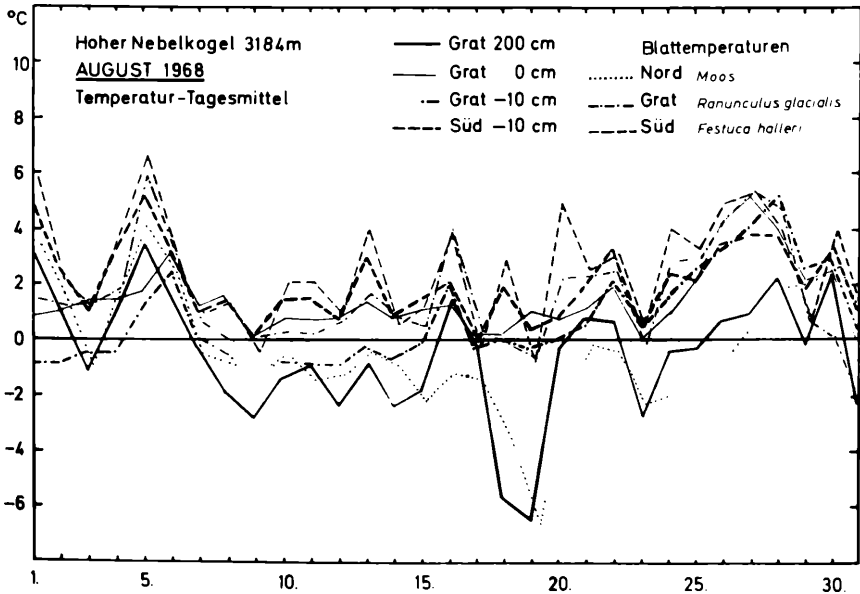


Abb. 6: August 1968. Temperatur-Tagesmittel an verschiedenen Stellen des Versuchsgebietes auf dem Hohen Nebelkogel in den Stubaier Alpen. Weitere Erläuterungen siehe Abb. 3,

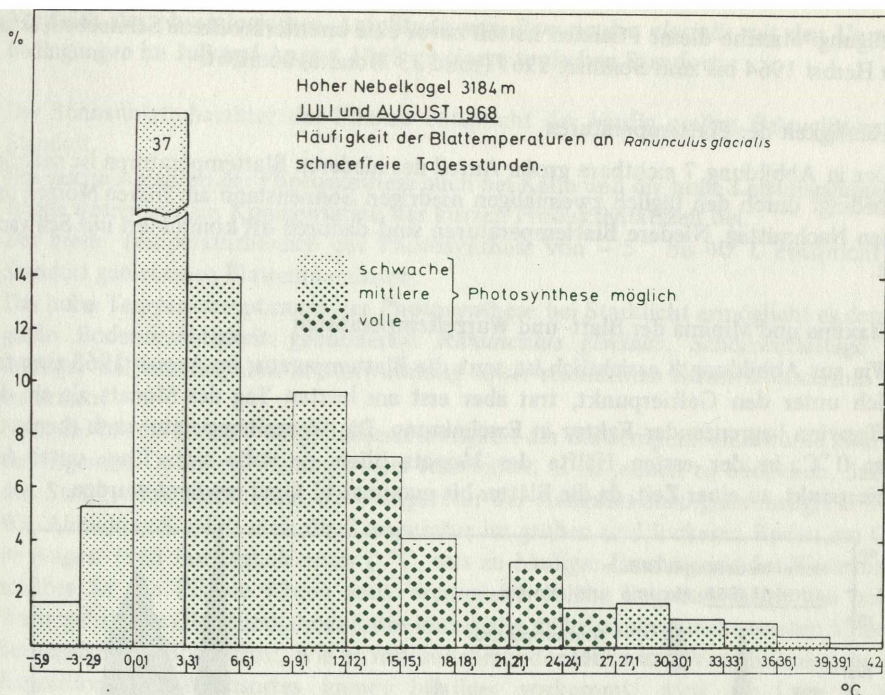


Abb. 7: *Ranunculus glacialis*. Häufigkeit der verschiedenen Blattertemperaturen während der schneefreien Tagesstunden in den Monaten Juli (4. bis 31. 7.) und August (1. bis 31. 8.) 1968 an einer Pflanze auf dem Grat des Hohen Nebelkogels in 3184 m Seehöhe. Die mit grünem Raster dargestellte mögliche Intensität der Photosynthese beruht auf Laboratoriumsergebnissen und berücksichtigt nicht allenfalls mögliche geringfügige Verschiebungen der Bereiche am natürlichen Standort (vgl. PISEK und Mitarbeiter 1969, S. 618).

Vereinzelte frisch ausgetriebene Hahnenfußblätter fand ich auf dem Grat am 25. Mai. Im Juni pendelten die Temperatur-Tagesmittel an allen Meßstellen nur mit geringer Amplitude um den Gefrierpunkt. Erst nach Abschluß der Schneeschmelze kam es am Ende des Monats zu kräftiger Erwärmung. Die Tagesmittel der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe auf dem Grat lagen im Juni 1968 nur an sechs Tagen über dem Gefrierpunkt. Die erste Hälfte des Juli war sehr warm. Vom 17. bis 26. 7. 1968 fiel mehrfach Schnee, der auf einem Teil des Versuchsfeldes erst im August des darauffolgenden Jahres wieder abschmolz. Der August 1968 war gekennzeichnet durch mehrere Kaltwettereinbrüche; an 10 Tagen fiel Schnee.

c) Vegetationszeit

Auf dem Grat betrug die Vegetationszeit für *Ranunculus glacialis* von Ende Mai bis Anfang September rund 100 Tage. Nach Abzug der Eis- und Schneetage verblieben davon an den günstigen Stellen des Grates knapp die Hälfte als Produktivitätszeit im Sinne von LARCHER (1969). An benachteiligten Standorten, an denen der Schnee angeweht worden war, standen den Pflanzen 1968 nur etwa 15 bis 20 Tage für den Stoffgewinn zur

Verfügung. Manche dieser Pflanzen hatten zuvor eine ununterbrochene Schneebedeckung vom Herbst 1964 bis zum Sommer 1967 (rund 33 Monate) überlebt.

d) Häufigkeit der Blattertemperaturen

Der in Abbildung 7 sichtbare große Anteil der niederen Blattertemperaturen ist natürlich mitbedingt durch den täglich zweimaligen niedrigen Sonnenstand am frühen Morgen und späten Nachmittag. Niedere Blattertemperaturen sind dadurch oft kombiniert mit Schwachlicht.

e) Maxima und Minima der Blatt- und Wurzeltemperaturen

Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, sank die Blattertemperatur im August 1968 zwar fast täglich unter den Gefrierpunkt, trat aber erst am letzten Tag des Monats als ein den Stoffgewinn begrenzender Faktor in Erscheinung. Die Wurzeltemperatur sank ebenso oft unter 0 °C; in der ersten Hälfte des Monats blieb sie volle sechs Tage unter dem Gefrierpunkt, zu einer Zeit, da die Blätter bis maximal 11 Grad erwärmt wurden.

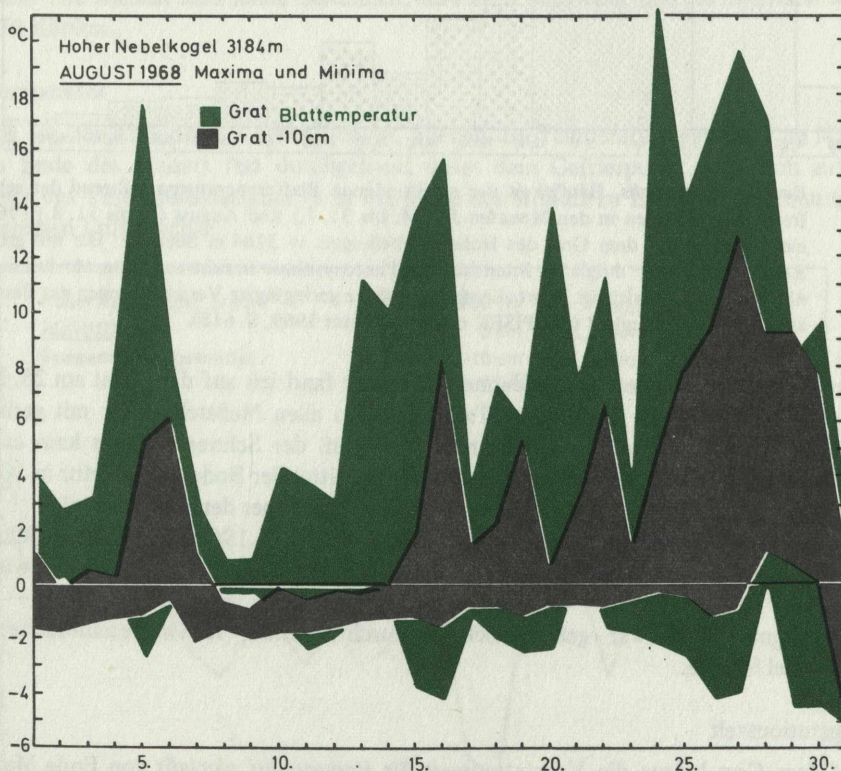


Abb. 8: *Ranunculus glacialis*. Maximale und minimale Mittelwerte der Blatt- und Wurzeltemperatur an einer Pflanze auf dem Grat des Hohen Nebelkogels in 3184 m Seehöhe im August 1968. Die Mittelwerte entstanden aus jeweils 4 Einzelmessungen innerhalb 48 Minuten pro Meßstelle (= in der Regel 120 Einzelmessungen und 30 Mittelwertbildungen pro Meßstelle und Tag).

V. Vergleich der physiologischen Amplitude von *Ranunculus glacialis* mit den Umweltbedingungen im Juli und August 1968 an einem typischen Standort.

1. Der Sonnenblattcharakter der Pflanze entspricht der häufig grellen Beleuchtung am Standort.
2. Das rasche Anlaufen der Photosynthese auch bei Kälte und die hohe Leistungsfähigkeit tragen wesentlich zur Kompensation der kurzen Produktivitätszeit bei.
3. Der breite Temperaturbereich der Photosynthese von -5° bis 40°C entspricht am Standort gemessenen Blattemperaturen.
4. Das hohe Temperaturoptimum der Photosynthese bei Starklicht ermöglicht es dem an große Bodenfeuchtigkeit gebundenen *Ranunculus glacialis*, Schönwettertage mit kräftiger Beleuchtung und Blatterwärmung sowie reichlichem Schmelzwasserfluß voll zu nutzen.

Nach der in Abbildung 7 dargestellten Häufigkeit der Blattemperaturen würde zwar ein tief liegendes Optimum wirkungsvoller erscheinen; es ist jedoch zu bedenken, daß für den Stoffgewinn nicht allein die Temperatur der Assimilationsorgane maßgeblich ist. Wie Abbildung 8 zeigt, sank die Temperatur im groben und lockeren Boden am Grat im August 1968 fast täglich unter 0°C , was zu häufiger Erschwernis des Wassernachschubes für die Pflanze führen muß. Wenngleich solche Engpässe durch den hohen Wassergehalt des Gletscherhahnenfußes kurzfristig mühelos überbrückt werden können, bei tagelangem Bodenfrost, wie er mit zunehmender Höhe und Verschlechterung der Exposition des Wuchsortes immer häufiger vorkommt, wird die Lage in der Wasserversorgung jedoch kritisch. Zumindest mit Einschränkung der Transpiration und damit des CO_2 -Gaswechsels ist zu rechnen, und ein tief liegendes Optimum käme in vielen Fällen gar nicht zum Tragen. Andererseits würde es zusätzlich einen Verzicht auf volle Ausnutzung der Schönwettertage bedeuten.

5. Die geringe Frostresistenz der Blätter (-6°) ist für das Überleben am nivalen Standort deshalb ausreichend, weil die Mehrzahl gefährlicher Kälteperioden während des Sommers mit Schneefall kombiniert ist, sodaß die Blätter meistens rechtzeitig Schneeschutz erhalten.

VI. Schluß

Die physiologische Amplitude des Gletscherhahnenfußes entspricht gut den Umweltbedingungen, die an einem typischen Standort auf dem Hohen Nebelkogel in 3184 m Seehöhe während der Vegetationsperiode 1968 registriert wurden. Diese Übereinstimmung macht verständlich, daß die Pflanze am nivalen Standort trotz der Kürze der Vegetationszeit nicht nur kümmerlich zu überleben, sondern voll zu gedeihen vermag.

Der Gletscherhahnenfuß muß zur Gruppe der **Spezialisten** gestellt werden.

Literaturverzeichnis

- BILLINGS, W. D. & MOONEY, H. A. (1968): The ecology of arctic and alpine plants. *Biological Reviews*, **43**: 481–530.
- BRZOSKA, W. (1970): Stoffproduktion und Energiehaushalt der Vegetation auf hochalpinem Standort unter besonderer Berücksichtigung von *Ranunculus glacialis* L. Dissertation Universität Innsbruck.
- CARTELLIERI, E. (1940): Über Transpiration und Kohlensäureassimilation an einem hochalpinen Standort. *S.-B. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl.*, **149**: 95–143.
- CERNUSCA, A. (1968): Der Einsatz automatischer Datenerfassungssysteme für klimaökologische Untersuchungen im Rahmen der Produktivitätsforschung. *Photosynthetica*, **2**: 238–244.
- CERNUSCA, A. & MOSER, W. (1969): Die automatische Registrierung produktions-analytischer Meßdaten bei Freilandversuchen auf Lochstreifen. *Photosynthetica*, **3**: 21–27.
- CERNUSCA, G. (1969): Die photographische Meßdatenerfassung im Hinblick auf den Einsatz in einer kleinklimatischen mobilen Station. *Zentr.-Bl. f. d. ges. Forstwesen (Wien)*, **86**: 49–58.
- CERNUSCA, G. (im Druck): Die mobile Kleinstation im Sellraintal (Tirol). *Zentr.-Bl. f. d. ges. Forstwesen (Wien)*.
- ELLENBERG, H. (1968): Wege der Geobotanik zum Verständnis der Pflanzendecke. *Die Naturwissenschaften*, **55**: 462–470.
- LARCHER, W. (1961): Jahrgang des Assimilations- und Respirationsvermögens von *Olea europaea* L. ssp. *sativa* HOFF. et LINK., *Quercus ilex* L. und *Quercus pubescens* WILLD. aus dem nördlichen Gardaseegebiet. *Planta*, **56**: 575–606.
- LARCHER, W. (1963): Die Eignung abgeschnittener Zweige und Blätter zur Bestimmung des Assimilationsvermögens. *Planta*, **60**: 1–18.
- LARCHER, W. (1967): Die Berge – einzigartiges Versuchsfeld der Natur. *Jb. Ver. Schutz. Alp.-Pflanzen und -Tiere (München)*, **32**: 94–100.
- LARCHER, W. (1969): Die Bedeutung des Faktors "Zeit" für die photosynthetische Stoffproduktion. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, **82**: 71–80.
- MOSER, W. (1965): Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Photosynthese sowie Frost- und Hitzeresistenz der Blätter von drei Hochgebirgspflanzen (*Ranunculus glacialis*, *Geum* oder *Sieversia reptans*, *Oxyria digyna*). Dissertation Universität Innsbruck.
- MOSER, W. (1967): Einblicke in das Leben von Nivalpflanzen. *Jb. Ver. Schutz. Alp.-Pflanzen und -Tiere (München)*, **32**: 101–111.
- MOSER, W. (1968): Neues von der botanischen Forschungsstation "Hoher Nebelkogel" (Tirol). *Jb. Ver. Schutz. Alp.-Pflanzen und -Tiere (München)*, **33**: 125–133.
- MOSER, W. (1969): Die Photosyntheseleistung von Nivalpflanzen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, **82**: 63–64.
- PISEK, A. (1960): Pflanzen der Arktis und des Hochgebirges. *Handbuch d. Pflanzenphysiologie*, **5**: 376–414.
- PISEK, A. & WINKLER, E. (1959): Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* LINK.), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). *Planta*, **53**: 532–550.
- PISEK, A., LARCHER, W. & UNTERHOLZNER, R. (1967): Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten (I.). *Flora*, **157**: 239–264.
- PISEK, A., LARCHER, W., PACK, I. & UNTERHOLZNER, R. (1968): Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten (II.). *Flora*, **158**: 110–128.
- PISEK, A., LARCHER, W., MOSER, W. & PACK, I. (1969): Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten (III.). *Flora*, **158**: 608–630.
- TRANQUILLINI, W. (1964): The physiology of plants at high altitudes. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, **15**: 345–362.
- WINKLER, E. & MOSER, W. (1967): Die Vegetationszeit in zentralalpinen Lagen Tirols in Abhängigkeit von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen. *Veröff. Mus. Ferdinandeum (Innsbruck)*, **47**: 121–147.

R i a s s u n t o Ricerche di ecofisiologia su piante nivali:

1. La dipendenza della fotosintesi dalla temperatura e dalla luce è stata misurata su *Ranunculus glacialis* L. sia in laboratorio ad Innsbruck che nella stazione IBP Hohe Nebelkogel a 3184 m di altezza mediante IRGA. Le foglie sono vitali fra -6°C e $+46^{\circ}\text{C}$. Surplus assimilatorio si ha fra -5°C fino a $+40^{\circ}\text{C}$, soprattutto nell'ambito fra $12-28^{\circ}\text{C}$. La fotosintesi aumenta con l'illuminazione fino ad un valore limite che viene raggiunto attorno a 75 kilolux.
2. Dal 1968 nella medesima stazione IBP vengono registrati i principali parametri ecologici (temperatura delle foglie e del suolo, dell'aria, radiazione totale, luminosità).
3. La comparazione del comportamento delle piante con i fattori ecologici misurati durante il 1968 mostra che *Ranunculus glacialis* è bene adattato all'ambiente nivale infatti: le foglie hanno adattamenti per la vita in luce spesso estremamente intensa; la relativamente scarsa resistenza al gelo non è di danno perchè le basse temperature vengono generalmente raggiunte quando la pianta è coperta dalla neve e protetta da questa; l'optimum di temperatura relativamente elevato risulta vantaggioso perchè la pianta vive in un ambiente con suolo che congela quasi giornalmente così che la disponibilità d'acqua per la piena attività è sufficiente soltanto con forte riscaldamento.

S a d r z a j Eko-fizijološka istraživanja na nivalnim biljkama:

1. Autor je mjerio temperaturnu i svjetlosnu zavisnost fotosinteze na vrsti *Ranunculus glacialis* L. u laboratoriju u Innsbrucku kao i u okviru Internacionalnog biološkog programa na prirodnom staništu u nadmorskoj visini 3184 m na gori Hoher Nebelkogel (Stubajske Alpe) po sistemu IRGA. Ustanovio je životnu temperaturnu amplitudu listova od -6°C (prve ozljede od mraza) do 46°C (vrućinske ozljede). Pozitivna asimilacijska bilanca nalazi se između -5°C i 40°C , najbolja pak između 12 i 28°C . Fotosinteza povećava se svjetlošću do jakog osvetljenja (najmanje 75 kiloluksova).
2. Od 1968 registriraju se na gori Hoher Nebelkogel najvažniji klimatski stanišni faktori (temperatura lišća, tla i vazduha, globalno sijevanje, svjetlo). Autor objavljuje metodu i neke rezultate iz vegetacijske periode 1968. godine.
3. Usporedjivanje ponašanja biljke sa uslovima okoline, mjerenima 1968. godine, ukazuje dobro prilagodjenje vrste *Ranunculus glacialis* na nivalno stanište:
 - a) Značaj svjetlosnih listova odgovara često jarkom svijetlu.
 - b) Relativno mala otpornost protiv mraza (-6°C) dovoljna je, jer trajno ohladjenje za vrijeme vegetacijske periode dešava se u nepogodnim vremenskim prilikama, tako da je biljka zaštićena snježnim pokrovom pred mrazom.
 - c) Visoki temperaturni otimum ugodan je za *Ranunculus glacialis*, jer je na stanistu, gdje se pojavljuje skoro svakodnevno površinsko smrzavanje tla, opskrba vodom, potrebna za punu aktivnost, obezbjedjena samo kod izdatnog zagrijavanja.

P o v z e t e k : Ekofiziološke raziskave na nivalnih rastlinah:

1. Pisec je meril odvsnost fotosinteze od temperature in svetlobe pri vrsti *Ranunculus glacialis* L. v laboratoriju v Innsbrucku kot tudi v okviru Mednarodnega biološkega programa na naravnem rastišču 3184 m visoko na gori Hoher Nebelkogel v Stubajskih Alpah po sistemu IRGA. Temperaturno življenjsko območje pri listih sega od -6°C (prve poškodbe zaradi mraza) do 46°C (poškodbe zaradi vročine). Pozitivna bilanca asimilacije je dosežena med nekako -5°C in 40°C , najugodnejša pa je v območju od 12 do 28°C . Fotosinteza narašča s svetlobo do visoke osvetlitvene vrednosti (najmanj 75 kiloluksov).
2. Od leta 1968 naprej se na gori Hoher Nebelkogel registrirajo najpomembnejši rastiščni faktorji (temperatura listov, tal in zraka, globalno sevanje, svetloba). Pisec poroča o metodah in o nekaterih rezultatih iz vegetacijske sezone 1968. leta.
3. Primerjava obnašanja rastline z razmerami okolja, merjenimi v letu 1968, kaže dobro prilagoditev vrste *Ranunculus glacialis* L. na nivalno rastišče:
 - a) sončni listi ustrezajo svetlobi, ki je pogosto jarka,
 - b) razmeroma majhna odpornost proti mrazu (-6°C) je zadostna, ker prihaja do trajne ohladitve med vegetacijsko periodo večinoma pri slabem vremenu, tako da je rastlina s snežno odejo večinoma zaščiten pred zmrzjenjem,
 - c) visok temperaturni optimum je za *Ranunculus glacialis* L. ugoden, kajti na rastišču, na katerem se površinsko zmrzovanje tal pojavlja skoraj vsak dan, je za popolno aktivnost potrebna preskrba z vodo zagotovljena le pri močnem ogretju.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Ostalpin-Dinarischen pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [11_1970](#)

Autor(en)/Author(s): Moser Walter

Artikel/Article: [Ökophysiologische Untersuchungen an Nivalpflanzen 121-133](#)