Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 113 (1932)

Artikel: Pflanzenphysiologische Probleme des Hochgebirges

Autor: Senn, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90389

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: 01.01.2026

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

Pflanzenphysiologische Probleme des Hochgebirges

Von

G. Senn, Basel

Die felsig-schneeige Umgebung des Jungfraujoch-Instituts drängt die Frage auf: „Ja, was hat denn der Botaniker in solchen Höhen zu suchen? Da wächst ja überhaupt nichts mehr!“ Diese Frage ist durchaus verständlich, aber doch nicht berechtigt. Dass der Botaniker auf dem Jungfraujoch etwas zu suchen hat, und was er dort finden kann, das soll im folgenden an einigen Beispielen klar gemacht werden. Ist ihm doch durch den Bau des wissenschaftlichen Instituts die Möglichkeit geschaffen worden, auch in der Eis- und Schneeregion Fragen an die Pflanzen zu stellen, welche prinzipiell wichtige Antworten erwarten lassen.

1.

Fragen zunächst an solche Pflanzen, die in der Schneeregion zu Hause sind und im Tiefland bisher noch nicht untersucht werden konnten, weil sie sich dort nur schwer kultivieren lassen. Ich denke in erster Linie an die Algen, deren Standort das Firnfeld ist, und die man je nach der Farbe, die sie dem Schnee verleihen, als grünen, gelben, braunen und roten Schnee bezeichnet. Fast durchwegs handelt es sich um einzellige Algen und Flagellaten, die dank ihrem Chlorophyllgehalt grün gefärbt sind oder infolge der Beimischung eines anderen Farbstoffs die erwähnten Färbungen des Schnees erzeugen. In morphologischer Beziehung sind sie schon wiederholt beschrieben worden, so zum Beispiel durch R. Chodat (1896, S. 881). Über ihre Physiologie ist aber nur soviel bekannt, dass sie das aktive Stadium ihres Lebens im Schmelzwasser des Schnees durchlaufen, also etwa bei 0 Grad ihr Temperaturoptimum haben. Unterhalb dieser Tempe-

ratur, d. h. wenn das Wasser gefriert, gehen diese Algen in den Ruhezustand über, ebenso wenn das Wasser wärmer wird, falls sie nicht etwa infolge der Temperaturerhöhung vorher abgestorben sind.

Auf alle Algen einzugehen, welche den Schnee in verschiedener Weise färben, würde zu weit führen. Ich muss mich darauf beschränken, einiges über den sogenannten roten Schnee zu sagen, über den wir noch am besten Bescheid wissen. Er wird durch *Sphaerella (Chlamydomonas) nivalis* hervorgerufen, eine Verwandte des berühmten *Volvox*. Wenn diese in den Schmelzmulden des Firnschnees auftritt, sieht es aus, als hätte man verdünnten Himbeersaft in den Schnee gegossen. Betrachtet man diesen „roten Schnee“ mit einer etwa zehnmal vergrössernden Lupe, so lassen sich darin eben noch kleine rote Pünktchen erkennen. Unter dem Mikroskop erscheinen diese als rotgefärbte, unbewegliche kugelige Zellen mit einer ziemlich derben Membran. Die rote Färbung des Zellinhalts rührt von Carotin her, das, in einem fetten Öl gelöst, entweder die ganze Zelle oder nur deren mittlere Partien rot färbt, demzufolge dann in der Peripherie das Chlorophyllgrün sichtbar wird. Ob diese Zellen ausschliesslich Dauerstadien sind, welche nur einen schwachen Stoffwechsel besitzen, oder ob es sich um aktive Stadien handelt, die sich durch lebhafte Assimilation der Kohlensäure auszeichnen, also das eigentliche vegetative Stadium der Alge repräsentieren, weiss man noch nicht. Vielleicht stellt wenigstens ein Teil der völlig roten Zellen das Dauerstadium dar; die teilweise grün gefärbten dagegen scheinen die vegetativen Individuen mit lebhaftem Stoffwechsel zu sein. Unter noch nicht bekannten Bedingungen gehen diese unbeweglichen Zellen in das bewegliche Stadium über, in welchem sie meist einen Teil des Carotins auflösen und dann wenigstens am Rande deutlich grün erscheinen. Statt einer festen, dünnen Membran tragen sie eine gallertartige, dicke Hülle, welche am einen verjüngten Ende der Alge die beiden Geisseln austreten lässt, mit deren Hilfe diese Zellen im Schmelzwasser herumschwimmen. Ob diese begeisselten Stadien rein vegetativen Charakter haben, oder ob sie auch die Fähigkeit besitzen, sich mit andern Zellen zu verschmelzen, sich also sexuell zu verhalten, wissen wir noch nicht. Dies wäre deshalb nicht ausgeschlossen, weil ihre Verwandten, die grünen *Chlamydomonaden,* diese Fähigkeit besitzen. Wir wissen auch nicht, in welchem Stadium und

unter welchen Bedingungen sie die Kohlensäure-Assimilation und ihre sonstigen Lebensfunktionen am intensivsten vollziehen. Chodat (1896 S. 882) hat festgestellt, dass die Schwärmer ihre Bewegung über $+4^0$ C. sistieren. Wenn einmal genauere Untersuchungen über diese Frage ausgeführt werden, dürfen sie sich jedenfalls nicht darauf beschränken, die Temperatur des Wassers zu messen, in welchem sich die Schneealgen befinden; man wird vielmehr auch feststellen müssen, wie warm die Algenzellen selbst werden. Ist es doch sehr wohl denkbar, dass sie sich dank ihrer Rotfärbung wesentlich stärker erwärmen als ihre Umgebung, so dass sie vielleicht mit Hilfe dieser Wärme zum Abschmelzen des sie umgebenden Firnschnees beitragen. Also der interessanten Fragen genug, die sich auf dem Jungfraujoch mit seinem unerschöpflichen Schneevorrat, seiner niedrigen Lufttemperatur und seiner starken Sonnenstrahlung ohne besonders grosse Schwierigkeiten werden studieren lassen.

2.

Aber nicht nur die Physiologie der Schneealgen, auch diejenige der alpinen Bodenpflanzen, d. h. der Flechten, Moose, Farne und Blütenpflanzen bietet dem Botaniker viele Probleme, die er wenigstens zum Teil nur in einem hochalpinen Institut studieren kann. Das wichtigste Problem, dem er bei diesen Pflanzen gegenübersteht, ist ihre Fähigkeit, mitten im aktivsten Leben steif zu gefrieren und nachher wieder aufzutauen, ohne irgendwelchen Schaden zu nehmen. Bekanntlich ertragen die meisten unserer Tieflandpflanzen das Gefrieren nicht, sondern erfrieren dabei. Nun hat allerdings der russische Pflanzenphysiologe Maximow (1912, S. 58) gezeigt, dass Traubenzuckerlösungen das Protoplasma der Pflanzen vor dem Erfrieren schützen. Ob die Widerstandsfähigkeit der Alpenpflanzen gegen niedrige Temperaturen tatsächlich auf der Umwandlung ihrer Stärke in Traubenzucker beruht, und weshalb sich die Tieflandpflanzen nicht auch auf diese Weise vor dem Erfrieren zu schützen vermögen, das sind noch offene Fragen.

Über den Stoffwechsel der Alpenpflanzen, speziell über ihre Kohlensäure-Assimilation und über ihre Transpiration, ist durch die Untersuchungen meiner Schülerin, M. Henrici (1918 und 1921) und durch meine eigenen Versuche auf Muottas Muraigl (Senn 1922) zwar einiges, aber noch lange nicht alles bekannt geworden.

Da es sich bei diesen Forschungen herausgestellt hat, dass die Alpenpflanzen die optimalen Bedingungen für diese Funktionen bei niedriger Lufttemperatur und hoher Lichtintensität finden, ist zu erwarten, dass im Jungfraujoch-Institut, in dessen Umgebung niedrige Lufttemperatur stets, und starkes Licht wenigstens an hellen Tagen herrscht, die Lücken unserer bisherigen Kenntnisse unter den günstigsten Bedingungen ausgefüllt werden können. Dies gilt auch für Untersuchungen über die Atmung der Alpenpflanzen im Vergleich zu derjenigen der Tieflandgewächse, worüber noch jegliche Anhaltspunkte fehlen.

Neben diesen Grundfragen der Physiologie der Alpenpflanzen harren noch manche spezielle Probleme ihrer Lösung. So z. B. die Frage, wieso *Soldanella* imstande ist, ihre Blütenschäfte durch die auf ihr ruhende Schneedecke hindurchzustrecken, so dass sich ihre Blüten über derselben zu entfalten vermögen. Ist es ihre eigene bei der Atmung entwickelte Wärme, welche sie den Schnee durchzuschmelzen befähigt, oder ist es die strahlende Wärme der Sonne, welche die Schneedecke durchdringt und dann von den braunen Blütenschäften so stark absorbiert wird, dass diese mit der von aussen aufgenommenen Wärme den Schnee zu schmelzen vermögen?

Auch müssen die Ursachen des sogenannten Spalierwuchses mancher hochalpiner Sträucher, des Zwergwacholders *(Juniperus nana)*, der Zwergweiden *(Salices)*, der Alpenazalee *(Loiseleuria)* usw. endgültig festgestellt werden. Die Eigentümlichkeit dieser Pflanzen, sich stets den Steinen anzuschmiegen, scheint nach meinen bisherigen Versuchen auf Thermotropismus zu beruhen, d. h. auf der Fähigkeit der Pflanzen, zu warmen Gegenständen hinzuwachsen. Die bisher noch ausstehenden schlüssigen Experimente über diese Frage werden übrigens nicht nur für die Kenntnis des Thermotropismus der Alpensträucher von Wert sein, sondern für die Kenntnis des Thermotropismus überhaupt, weil wir über diesen sozusagen noch nichts wissen; tritt er doch bei den Tieflandpflanzen kaum in Erscheinung.

3.

Ausser Problemen der Physiologie der Alpenpflanzen können auf hochalpinen Stationen auch solche der Tieflandpflanzen mit Vorteil bearbeitet werden. Dabei handelt es sich in erster Linie um Fragen,

bei welchen der Einfluss niedriger Lufttemperatur und hoher Lichtintensität eine Rolle spielt. So hat STRASBURGER schon im Jahre 1878 (S. 605) festgestellt, dass freibewegliche Schwärmsporen der roten Regenalge *(Chlamydococcus)* und der grünen Kraushaaralge *(Ulothrix)* bei höheren Temperaturen von maximal + 35° C. zu einer Lichtquelle hinschwimmen, vor der sie bei niedrigeren Temperaturen fliehen, also auf dieselbe Lichtintensität bei höherer Temperatur positiv, bei niedriger negativ reagieren. Dasselbe konnte ich (SENN, 1908, S. 119) für die sich innerhalb der behäuteten Pflanzenzelle bewegenden Chlorophyllkörner feststellen. Während sie in den Blättchen des Laubmooses *Funaria* in Wasser von + 30 bis + 20° C. unter dem Einfluss des diffusen Himmelslichts sich nach denjenigen Wandpartien hinbegeben, welche dem Licht am stärksten ausgesetzt sind, kriechen sie bei gleicher Lichtintensität, aber in Wasser von nur + 4° C., nach denjenigen Wandpartien, welche vom Licht bloss streifend getroffen, also schwach belichtet werden. Diese Wirkung kann bei niederen Temperaturen sogar durch die langwelligen roten Strahlen ausgeübt werden, welche bei mittleren Temperaturen phototaktisch wirkungslos sind. Ob diese negative Phototaxis ganzer Zellen oder ihrer Organe auf der Auflösung ihrer Stärke beruht, welche bei Temperaturen unter + 6° C. stattfindet, wodurch ganze Zellen und Chromatophoren für Lichtreize auch sonst besonders empfindlich werden, ist sehr wohl denkbar, sollte aber noch mit genauen photometrischen Methoden untersucht werden. Hierzu bietet das Jungfraujoch-Institut besonders günstige Gelegenheit.

Dasselbe gilt für die Untersuchungen über den Auf- und Abbau der Reservestoffe der Pflanzen, welcher bei höherer bzw. bei tiefer Temperatur erfolgt. Ich denke, ausser an die schon erwähnte Bildung und Wiederauflösung der Stärke, auch an die Umwandlung der gespeicherten Stärke in fette Öle, wie sie bei unseren Fettbäumen, z. B. der Birke und der Linde im Winter eintritt (A. FISCHER, 1891). Ich denke ferner an die Verhinderung anderer Kondensationsvorgänge durch niedrige Temperaturen, wie z. B. der Holzstoff- oder Ligninbildung durch Temperaturen unter + 5° C. (ZINN, 1930).

Ob unter dem Einfluss der starken Verminderung des Luftdrucks, ähnlich wie im menschlichen und tierischen Organismus die roten Blutkörperchen vermehrt werden, auch bei den Pflanzen

bestimmte Zellen oder Zellorgane, z. B. die Chromatophoren, eine Vermehrung erfahren, scheint in einem hochalpinen Laboratorium unter besonders günstigen Bedingungen studiert werden zu können.

Da alle diese Tieflandpflanzen auf der Höhe des Jungfraujoches ebensowenig wachsen wie die Alpenpflanzen, müssen sie eben hinauftransportiert werden. Dies kann dank der Bahnverbindung ohne Schwierigkeiten bewerkstelligt werden. Dass ihre Kultur in den Räumen des Instituts möglich ist, haben einige darin angestellte Versuche ergeben. Ja es wird auch gelingen, wenigstens die Alpenpflanzen dort oben im Freien zu kultivieren, wenn sie an geschützten Stellen gehalten werden. Zu dieser Hoffnung berechtigt uns die Tatsache, dass nicht weit unterhalb der Spitze des Finsteraarhorns Nivalpflanzen in Blüte gefunden worden sind.

* * *

So stellen die in hochalpiner Lage herrschenden Bedingungen den Botaniker vor die mannigfaltigsten Fragen, und zwar nicht etwa nur vor spezielle Fragen der Physiologie der Alpenpflanzen. Vielmehr handelt es sich um allgemeine Probleme der Pflanzenphysiologie, um alle diejenigen nämlich, bei welchen Temperatur und Lichtintensität eine Rolle spielen.

Literaturverzeichnis

1896 Chodat, R.: Sur la flore des neiges du col des Ecandies. Bull. Herb. Boiss. Bd. 4, S. 879—889.

1891 Fischer, A.: Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 22, S. 73 ff.

1918 Henrici, M.: Chlorophyllgehalt und Kohlensäure-Assimilation bei Alpen- und Ebenenpflanzen. Verh. Nat. Ges. Basel. Bd. 30, S. 43 ff.

1921 — Zweigipflige Assimilationskurven alpiner Schattenpflanzen und Flechten. Ebenda. Bd. 32, S. 107 ff.

1912 Maximow, N. A.: Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. Bd. 30, S. 52, 293, 504.

1908 Senn, G.: Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzen-Chromatophoren. Leipzig, W. Engelmann.

1922 — Untersuchungen über die Physiologie der Alpenpflanzen. Verhandl. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. Bern, II, S. 154 ff.

1878 Strasburger, E.: Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 12, S. 551 ff.

1930 Zinn, B.: Abhängigkeit der Lignin- und Xylembildung von äusseren Faktoren. Diss. Basel. Effingerhof AG., Brugg.