

streuen, läßt sich an dem bis jetzt vorhandenen Versuchsmaterial nicht entscheiden, ob die unvollständige Lichtreversibilität bei den höchsten CO-Konzentrationen zufallsbedingt ist oder auf der Anwesenheit eines durch CO hemmbaren, aber nicht lichtempfindlichen Oxydationssystems, z. B. Phenoloxydase, beruht. Ferner geht aus der Tabelle hervor, daß mit sinkendem CO-Gehalt die Hemmwirkung abnimmt, bei 0,5 mmol/l ist keine Wirkung mehr nachweisbar.

Photoreversible Hemmung von Atmung und Ionenaufnahme bei variierendem CO-Gehalt der Versuchslösung. Die Werte sind in $\mu\text{mol/Stunde/10 mg Trockengewicht}$ angegeben.

	Salz allein	Salz + CO hell	Salz + CO dunkel	Salz + 0,001 mol KCN
A. CO 0,93 mmol/l O ₂ 0,19 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	1,55	1,35	0,76	0,71
Cl-Aufnahme	0,23	0,24	0,10	—
Anionenatmung	0,84	0,64	0,05	—
B. CO 0,87 mmol/l O ₂ 0,25 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	1,77	1,64	1,10	0,80
Cl-Aufnahme	0,52	0,35	0,10	—
Anionenatmung	0,97	0,84	0,30	—
C. CO 0,52 mmol/l O ₂ 0,20 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	2,11	1,56	1,65	0,71
Cl-Aufnahme	0,51	0,45	0,32	—
Anionenatmung	1,40	0,85	0,94	—

Die Hemmung der Cl-Aufnahme geht mit der Atmungshemmung parallel. Ebenso wie die Anionenatmung nicht vollständig aufgehoben wird, findet auch bei den höchsten CO-Gehalten noch eine geringe Ionenaufnahme statt, die mit steigender Anionenatmung ebenfalls zunimmt. Die Versuche stellen also einen weiteren Hinweis auf die Koppelung von Atmung und Ionenaufnahme dar und vervollständigen den Beweis für die Auffassung, daß es sich bei der Anionenatmung um ein eisenhaltiges Oxydationssystem handeln muß.

ERIKA SUTTER

Pflanzenphysiologisches Institut der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule, Uppsala, den 8. März 1950.

Summary

The effect of carbon monoxide upon oxygen consumption and ion absorption in wheat roots has been studied. In the dark, inhibition of respiration by CO (in sufficiently high concentrations) is nearly as great as the maximum inhibition in cyanide. Similarly, the chloride absorption is strongly inhibited. Inhibition of respiration and ion absorption by CO is light-reversible.

Direkte Messung der großen Periode des Wachstums an aufeinanderfolgenden Zellen im Wurzelvegetationspunkt

Daß die Wurzel nur in einer wenige Millimeter großen Zone hinter der äußersten Spitze wächst, wurde bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts gefunden. Ein gutes Jahrhundert später ergab die genauere Untersuchung

dieser Zone durch FRANK¹, HOFMEISTER², MÜLLER³ und CIESIELSKI⁴, daß die Wachstumsintensität in den einzelnen aufeinanderfolgenden Teilen dieser Zone sehr verschieden ist, und zwar in gesetzmäßiger Weise: Von der Spitze ab nach rückwärts nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit der Teilzonen zuerst zu, erreicht ein Maximum und sinkt dann auf 0. Anschließend an diese Autoren hat SACHS⁵ einige Jahre später die Ergebnisse bestätigt und für den Zuwachs der einzelnen Zonen den Fachaussdruck Partialzuwachs, für die erwähnte gesetzmäßige Verschiedenheit des Zuwachses der einzelnen Zonen den Begriff der großen Periode des Wachstums eingeführt. Er benutzte dieselbe Methodik wie FRANK, HOFMEISTER usw.: äußere Markierung der Wurzel mit feinen Strichen. SACHS wies ferner nach, daß die direkt hinter dem Vegetationspunkt gelegene Zone von 0,5–1 mm Länge innerhalb von 6–8 Tagen selbst eine derartige große Periode durchläuft.

Man hat nie den Versuch gemacht, an den einzelnen Zellen der in Betracht kommenden Zone selbst die große Periode nachzuweisen. In neueren Lehrbüchern⁶ findet man lediglich den Hinweis, daß dieselbe natürlich auf eine solche der einzelnen Zellen zurückzuführen sei. Die von den oben genannten Autoren und SACHS angewandte Meßmethode ist so einfach, daß sich der Versuch auch als Schulversuch seit langem eingebürgert hat. Voraussetzung ist nur, daß möglichst dicke, zu einer Markierung geeignete Wurzeln benutzt werden. Sehr dünne Wurzeln, welche für Markierungen unbrauchbar sind, lassen es dagegen möglich erscheinen, anstatt an künstlichen Zonen die hintereinanderliegenden Zellen selbst zu messen. Daß man an dünnen, lebenden Wurzeln die Teilungs- und Wachstumszone gut feststellen und die einzelnen Zellen beobachten kann, wurde an anderer Stelle⁷ für *Crepis capillaris* gezeigt. SINNOTT und BLOCH⁸ hatten bereits vor einer Reihe von Jahren derartige Beobachtungen an den Wurzelvegetationspunkten verschiedener Arten von *Gramineen* gemacht. Sie benutzten ihre Befunde dazu, um nachzuweisen, daß die relative Lage der sich streckenden Zellwände im wesentlichen unverändert bleibt, also entgegen früheren Vorstellungen kein gleitendes Wachstum stattfindet. Messungen mit dem Ziel, die große Periode des Wachstums der Streckungszone bzw. der einzelnen Zellen zu ermitteln, wurden von SINNOTT und BLOCH nicht vorgenommen.

Noch geeigneter als *Crepis capillaris* zur Beobachtung der einzelnen Zellen in dem Vegetationspunkt intakter Wurzeln erwiesen sich in meinen Untersuchungen *Crepis setosa* und vor allen Dingen *Melandrium album*. Benutzt werden tadellos gerade auf Filtrierpapier herangezogene Keimlingswurzeln von 1–2 cm Länge. Die Keimlinge setzt man während der Aufzucht etwa alle 12 Stunden auf dem Filtrierpapier um, da infolge der sehr langen Wurzelhaare sonst eine zu feste Verwachsung mit dem Papier eintritt. Vor Beginn der Messung kommen die ausgelesenen Keimpflanzen auf gut angefeuchtete, tadellos saubere Objektträger ohne Filtrier-

¹ A. B. FRANK, *Beiträge zur Pflanzenphysiologie*, Engelmann, S. 35 (Leipzig 1868).

² W. HOFMEISTER, *Bot. Z.* 27, 33 (1869).

³ N. S. C. MÜLLER, *Bot. Z.* 27, 387 (1869); 29, 727 (1871).

⁴ Th. CIESIELSKI, *Untersuchung über die Abwärtskrümmung der Wurzel* (Dissertation, Breslau 1871).

⁵ J. SACHS, *Arbeiten des Botanischen Instituts Würzburg*, Bd. I, S. 385 (1873).

⁶ H. FITTING, W. SCHUMACHER, R. HARDER und F. FIRBAS, *Lehrbuch der Botanik* (23. und 24. Auflage, Gustav Fischer, Jena 1947).

⁷ E. HEITZ, *Elemente der Botanik* (Springer-Verlag, Wien 1950).

⁸ E. W. SINNOTT and R. BLOCH, *Amer. J. Botany* 26, 625 (1939).

Tabelle

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wurzel A	3,4	5,5	4,5	8,2	12	17	22	30	28	13	3,6	0
Wurzel B	2,0	1,5	4,5	7,0	10	16	22	23	23	11	3,5	—
Wurzel C	1,3	1,5	3	5,5	6,8	14	20	22	10	10	—	—
Wurzel D	0	1,6	1,5	3,5	6,8	10	18	13	7	8	7,1	0
Durchschnitt	1,7	2,5	3,4	6,0	8,9	14,2	20,5	22	17	10,5	4,7	0

Zuwachs in μ von 10–12 einzelnen aufeinanderfolgenden Zellen aus je 1 Zellreihe von 4 Wurzeln vom Beginn der Wachstumszone (Zelle I) bis zum Ende derselben (Zelle XI, XII) in $1\frac{1}{2}$ Stunden. *Melandrium album*.

papierbelag. Auf diesen Objektträgern, welche in eine mit dem Deckel zu schließende Färbeküvette eingestellt werden, wachsen die Wurzeln ausgezeichnet. Die Färbeküvette selbst kommt unter eine mit Filtrierpapier feucht gehaltene Glasglocke.

Zu Messungen im Vegetationspunkt eignen sich am besten die Zellreihen der ersten subepidermalen Schicht. Diese Zellen können über 0,3 mm lang werden. Man benutzt nur solche Reihen, in denen die Größenzunahme von Zelle zu Zelle keine Unregelmäßigkeit zeigt. Der der Küvette entnommene Objektträger wird mit einem Zerstäuber kräftig benetzt. Zur Beobachtung benutzt man ein mittelstarkes Trockensystem mit genügend großem Objektabstand, damit kein Deckglas aufgelegt zu werden braucht. Für die Messung von 10–12 in einer Zellreihe hintereinander liegenden Zellen sind höchstens 7, bei einiger Übung 4–5 Minuten nötig. Gemessen wird alle halbe Stunden. Vor dem Einstellen in die Küvette

wird die Wurzel wieder kräftig besprüht. Die Pause von einer halben Stunde zwischen den unerschweligen geotropischen Reizungen der Wurzel während der Horizontallage für die Messung sind groß genug, um eine Summierung zu verhindern. Die Wurzeln bleiben gerade.

Schon nach 4–5 Messungen, also nach $1\frac{1}{2}$ –2 Stunden, ergibt sich bei einer Temperatur von $20\text{--}21^\circ$ eine sehr regelmäßige ausgesprochen große Periode des Wachstums, zusammengesetzt aus dem Zuwachs der 10–12 hintereinander liegenden *einzelnen Zellen* der Zellreihe (Tabelle).

Von Zelle zu Zelle steigt hinter dem Ende der Teilungszone die Wachstumsintensität allmählich an, erreicht in der VII.–VIII. Zelle ein Maximum und fällt darauf ziemlich rasch wieder ab.

Werden die Messungen in einer Zellreihe 5–6 Stunden lang fortgesetzt (Abb. 1), so sieht man die jüngsten

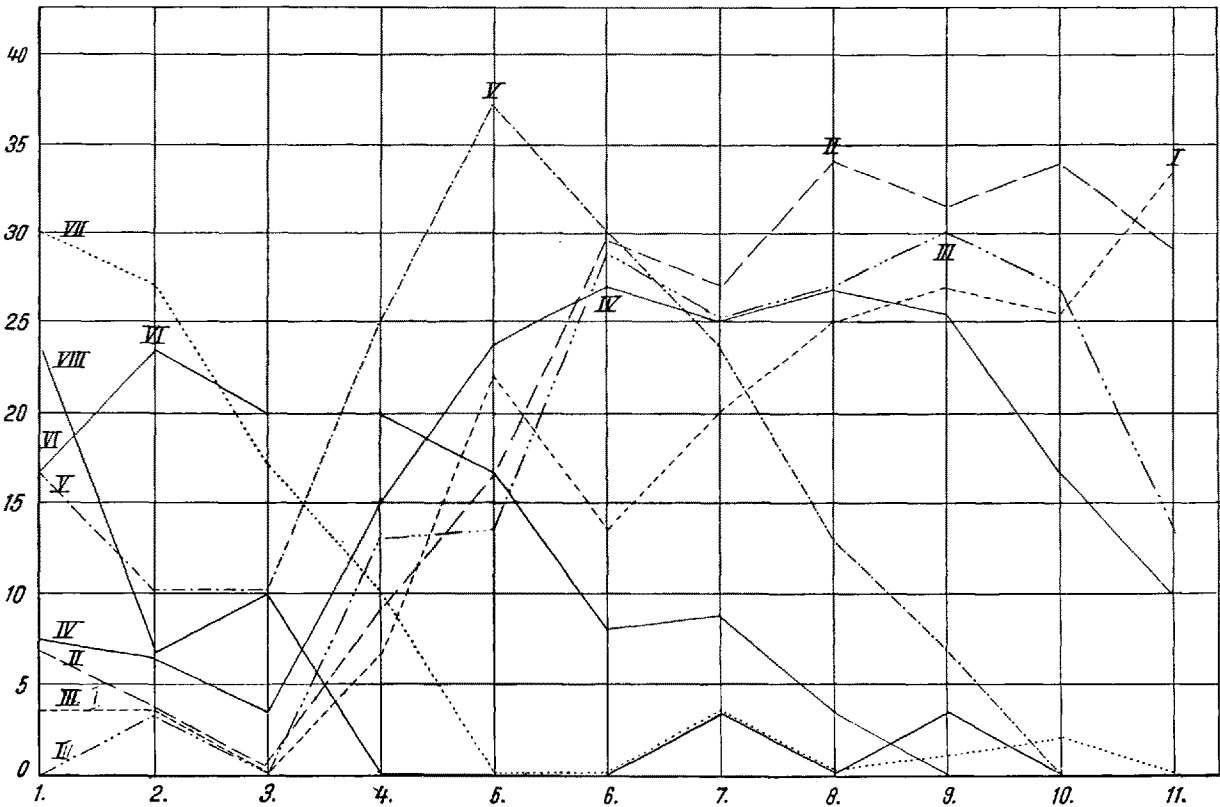


Abb. 1. Zuwachskurven von 8, in einer Reihe aufeinanderfolgenden Zellen der Wachstumszone einer Keimlingswurzel von *Melandrium album*. Messung alle 30–40 Minuten (Abszisse) während $7\frac{1}{2}$ Stunden. Zuwachs in μ (Ordinate).

Zellen nacheinander ihrem Alter entsprechend in das Stadium des maximalen Zuwachses treten, zuletzt die jüngste (I), etwas früher III und II (diese beiden in der wiedergegebenen Messung mit nicht genauer, dem Alter entsprechenden Reihenfolge II–III), noch früher IV und V und schon bald nach Meßbeginn VI. Die Wachstumsintensität der ältesten Zellen (VII und VIII) derselben Zellreihe ist dagegen von Beginn der Messung an bereits in Abnahme begriffen.

Vergleicht man den maximalen Zuwachs einer Zelle mit demjenigen eines Wurzelhaares derselben Wurzel, so ergibt sich, daß die Wurzelhaare beträchtlich schneller wachsen.

E. HEITZ

Ausgeführt mit Unterstützung der Freien akademischen Stiftung in Basel.

Botanisches Institut der Universität Basel, den 30. März 1950.

Summary

It is shown that by direct measuring of the subsequent cells in the growth-zone of the living root-tip of *Melandrium album* the great period of growth of each single cell in a cell-row can be observed. The maximum of the growth during 1–2 hours in a cell-row is restricted to one or two cells only. The duration of a one-cell period lasts about 6 hours.

The intensity of growth of a root-hair is greater than the maximum growth of a root-cell in the growing zone.

X-Ray Diffraction and X-Ray Absorption Studies of Immobilized Bones

Observations of MEYER, WOLFF and ROUX¹ revealed a correlation between the gross architecture of bones (structure of 1st order) and the mechanical forces acting on them. Changes in the direction of external forces are followed by changes in thickness of the compacta of the bone and by rearrangements of the trabecular net work. A correlation also exists between the amount of osseous tissue formed and the magnitude of mechanical forces. The resorption of a bone that is no longer subjected to a mechanical stimulus is an indication of this relationship. The resorption is more pronounced in the metaphysis, where the blood supply is greater².

The *extrinsic* factors, therefore, seem to be important for the regulation of the quantity and spacial arrangement of the osseous substance. On the other hand, it is clearly shown that bones can grow also when no external mechanical forces are present. The shape of bones developed only under the influence of *intrinsic* factors is similar to the shape developed under normal physiological conditions³. MURRAY and SELBY⁴, who investigated bone formation in chorio-allantoic grafts of femora of 6–7 days chick embryos, express the view that after birth and in the growing and adult individual the extrinsic factors exert a greater influence than during the embryonic development (see also GLUCKSMANN⁵).

¹ H. v. MEYER, Arch. anat. Phys. und wiss. Med. 11, 615 (1867). – J. WOLFF, Virch. Arch. 50, 389 (1870); 22. Sitzgsber. Preuß. Akad. Wiss. Berlin; Sitzg. Physik. math. Kl. 24. April 1884. – W. ROUX, Gesammelte Abh. 1, 700–722 (Leipzig, W. Engelmann, 1895).

² M. S. SHERMAN, J. Bone a. Joint Surg. 30 A, 915 (1948).

³ S. S. TOWER, J. Comp. Neurol. 67, 241 (1937). – W. D. ARMSTRONG, Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. 61, 358 (1946).

⁴ P. D. F. MURRAY and D. SELBY, Roux' Arch. Entw.mech. d. Organ. 122, 629 (1930).

⁵ A. GLUCKSMANN, Anat. Rec. 72, 97 (1938); J. Anat. 76, 231 (1942).

From the investigations quoted above it is clear that the external mechanical forces acting on a bone have an influence on the structure of the 1st order. Contradictory results, however, were obtained when applying the same principle to the arrangement of the Haversian systems (structure of 2nd order), to the bundles of collagen fibres embedded in the bone substance (structure of 3rd order) and to the ultrastructure (structure of 4th order). An effect of the external mechanical forces on the structures of 2nd and 3rd order was reported by several authors¹ while others found no effect². Different opinions concerning the influence of external forces on the ultrastructure of bone have also been reported. HENNY and SPIEGEL-ADOLF³ expressed the view that the function rather than the shape of the bone determines the orientation of its structure. LAMARQUE⁴ reported that the ultrastructural orientation is independent of the mechanical forces acting on the bone. A similar result, although not conclusive, was reported by REED and REED⁵.

The present investigation, which is a part of an extensive study on the ultrastructure and the distribution of mineral salts of different bones, is an attempt to give a definite answer to the question: Do external mechanical forces influence the ultrastructure of bone and the distribution of mineral salts of the structures of 2nd order? The ultrastructure is studied by X-ray diffraction and the composition of the Haversian systems by quantitative microradiography as developed by ENGSTRÖM⁶.

*Material*⁷. Bones from two dogs were used for the experiments. In one 30 day old dog (A) the left anterior limb was firmly fixed to the body in a narrow cutaneous pocket, preventing any active movements of the leg. The whole leg could be considered practically inert. The dog was sacrificed six months after the operation and the bones of the inert and normal limbs were freed from soft tissues, weighed and measured (cf. Table I). The bones were fixed in alcohol. In the other dog (B) the nerves of the brachial plexus on the left side were severed, causing a complete paralysis of the corresponding limb. The muscles showed an extensive fatty degeneration at autopsy, which was performed 125 days after the operation. Lengths and weights of the bones are found in Table I.

From the middle of the diaphysis of humerus and radius on both sides of dog A longitudinal sections about 100 μ in thickness were prepared for diffraction analysis. Cross sections from the same areas were prepared for autoradiography. From the fifth metacarpus on both sides of dog B longitudinal sections were prepared for X-ray diffraction analysis.

¹ W. GEBHARDT, Roux' Arch. Entw. mech. d. Organ. 11, 383 (1901); 12, 1, 167 (1901); 16, 370 (1903); 32, 727 (1911). – O. M. OLIVO, C. R. Ass. Anat., 32. Réunion, Marseille, 1937, p. 334.

² R. AMPRINO and A. BAIRATI, Chir. Org. Movim. 21, 6 (1936). – R. AMPRINO, Roux' Arch. Entw.mech. d. Organ. 138, 305 (1938). – R. AMPRINO and A. TRIVELLINI, Arch. Ital. Chir. 47, 200 (1937). – R. AMPRINO and G. GODINA, Anat. Anz. 95, 191 (1944). – P. SANTONÉ, Arch. Ital. Anat. Embriol. 42, 234 (1939).

³ G. C. HENNY and M. SPIEGEL-ADOLF, Amer. J. Physiol. 144, 632 (1945).

⁴ M. P. LAMARQUE, C. R. Acad. Sci., Paris 216, 804 (1943).

⁵ C. I. REED and B. P. REED, Amer. J. Physiol. 138, 34 (1942–43).

⁶ A. ENGSTRÖM, Acta radiol. 31, 503 (1949).

⁷ The material was kindly forwarded to us by Dr. F. VIGLIANI, Torino, who is studying the structural changes in bones developing in immobilized limbs. We wish to express our sincere thanks to Dr. F. VIGLIANI.