Quantitative und morphologische Studien über die ober- und unterirdischen Stämme von einigen Krautarten*

von Akira MIYAWAKI**

宮脇 昭**: 数種草本植物の地上茎と地下茎の形態についての量的比較研究*

Eingegangen am 30. Juni 1956

Morphologisch sind oberirdische und unterirdische Stämme eigentlich das gleiche Organ. Der erstere wächst oberirdisch und der letztere unterirdisch. Funktionell trägt der oberirdische Stamm Blätter und Blüten, während der unterirdische Stamm den Obererdtteil der Pflanze stützt, Wurzeln aus jedem Knoten treibt, und sogar die Nahrungsstoffe speichert. Anatomisch gesehen, gibt es im allgemeinen auch einen ziemlichen Unterschied in beiden Stammformen in bezug auf die Menge der Hauptgewebsteile. Jedoch ist bisher über die Messung vom oberirdischen und unterirdischen Stamm noch wenig berichtet.

Der Verfasser hat an oberirdischem und unterirdischem Stamm von einigen Krautarten einen quantitativen Vergleich des inneren Baues gemacht. Um einen Anhaltspunkt über die Ursache dieses Unterschiedes zu gewinnen, wurden die oberirdischen Stämme in die Erde begraben und andererseits die unterirdischen Stämme aus der Erde herausgegraben und beide weiter kultiviert. Die dadurch herbeigeführte Strukturveränderung in den Stämmen werden im folgenden im Vergleich zu intakten Stämmen berichtet.

Material und Arbeitsmethode

Von April bis August 1952 wurde eine Vorprüfung ausgeführt. Auf Grund der Ergebnisse sind weitere Versuche vom April bis August 1953 mit den folgenden Arten ausgeführt worden: *Mentha arvensis* L. var. *piperascens* Malinv. (Labiatae), *Houttuynia cordata* Thunb. (Saururaceae), *Aster Yomena* Makino (Compositae) und *Calystegia hederacea* Wall. (Convolvulaceae). *Mentha arvensis* wurde von Prof. Ogura verschafft und die übrigen Arten im Grundstück der Yokohama Staatlichen Universität gesammelt. Ökologische Behandlung ist im Versuchsgarten der Universität ausgeführt worden.

Aus dem Ergebnis der Vorprüfung, wurde einiger quantitativer Unterschied in demselben Individuum klar gesehen, je nach der Stufe des Wachstums und dem Teil der Pflanze. Die Versuchspflanzen wurden jeweils aus denselben Pflanzengesell-

*Unterstützt durch ein Stipendium des Kultusministerium. 科学助成研究

** Biologisches Institut der Yokohama Staatlichen Universität, Kamakura, Japan. 横浜国立大学
学芸学部生物学教室

Abb. 1. Querschnitte durch Stämme von *Mentha arvensis*; a, oberird. Stamm, b, unterird. Stamm. $\times 15$.

schaften von ziemlich gleicher Individuendichtigkeit ausgewählt. Um die genauere vergleichende Beobachtung zu machen, wurden Blöcke aus dem Internodium zwischen 4. und 5. Knoten jeder Pflanze herausgeschnitten, und aus diesen die Querschnitte mit dem Mikrotom hergestellt. Alle Messungen wurden am Durchmesser des Stammes und des Marks, und an der Dicke der Rinde und des Gefäßbündelbezirks bei jedem Schnitt mit dem Mikrometer gemacht. Ausserdem wurden **Rd-Q*** (das Verhältnis von Dicke der Rinde zu dem Radius des Stammes) und **Mr-Q**** (das Verhältnis von Radius des Marks zu dem des Stammes) gerechnet.

Abb. 2. Querschnitte durch Stämme von *Aster Yomena*; a, oberird. Stamm, b, unterird. Stamm. $\times 15$.

* **Rd-Q.** (=Die Dicke des Rinden-Quotienten) (Miyawaki 1955) stellt den Prozentsatz von der Dicke der Rinde zum Radius des Stammes desselben Individuums dar; nämlich,

$$\text{Rd-Q} = \frac{\text{Dicke des Rindes}}{\text{Radius des Stammes}} \times 100$$

** **Mr-Q.** (=Der Radius des Mark-Quotienten) ist ebenfalls;

$$\text{Mr-Q} = \frac{\text{Radius des Marks}}{\text{Radius des Stammes}} \times 100$$

Das Experiment besteht darin, dass der oberirdische Stamm in den Boden begraben und der unterirdische Stamm dagegen aus dem Boden herausgenommen wurde. Dieses Verfahren wurde an *Mentha arvensis* var. *piperascens* und *Houttuynia cordata* angewandt. Nach 30 Tagen wurde die Messung ausgeführt und der Vergleich mit den Kontrollen gemacht. Von allen Werten der Messungen wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet und die Differenz der statistischen Sicherheit mit dem Mittelwert ausgerechnet.

Abb. 3. Querschnitte durch Stämme von *Calystegia hederacea*; a, oberird. Stamm, b, unterird. Stamm. $\times 15$.

Versuchsergebnisse und Diskussion

1. Der Vergleich des oberirdischen und unterirdischen Stammes.

Die Resultate der Messungen an den inneren Strukturen sind in der Tabelle 1 angegeben. Dazu wählten wir Stämme von beinahe gleichem Durchmesser. Es wurden Differenzen der statistischen Sicherheit in 3 Arten mit der Ausnahme von *Mentha arvensis* bemerkbar. Nämlich waren die Durchmesser der oberirdischen Stämme bei *Houttuynia cordata* und *Calystegia hederacea* kleiner als die der unterirdischen, während die Sache bei *Aster Yomena* ganz umgekehrt war. Im Durchmesser des Marks war der oberirdische Stamm grösser als der unterirdische. Die Dicke des Gefäßbündelbezirks verhielt sich wie der Durchmesser des Marks in *Houttuynia cordata*, *Aster Yomena*, *Calystegia hederacea*, während die Sache in *Mentha arvensis* umgekehrt ist. Die Dicke der Rinde war bei oberirdischem Stamm kleiner als bei unterirdischem von den 4 Arten, und zwar wurden die Differenzen der statistischen Sicherheiten an 3 Arten, *Aster Yomena* ausgenommen, gesehen. Da aber in diesen Fällen die Durchmesser der gemessenen Stammteile nicht gleich waren, ist das Verhältnis des Radius des Stammes zu der Dicke der Rinde natürlich notwendig geworden. Daher stehen die Resultate, die bei allen der 4 Arten durch **Rd-Q** berechnet und verglichen wurden, in nahem Verhältnis mit der Differenz der statistischen Sicherheiten:

Tabelle 1. Anatomischer Vergleich des oberirdischen und unterirdischen Stammes (Messung in Mikron).

		<i>Mentha arvensis</i>	<i>Houttuynia cordata</i>	<i>Aster Yomena</i>	<i>Calystegia hederacea</i>
Durchm. d. Stammes	Ober.	3163±454.8 (30)	2840±432.0 (50)	4005±600.2 (20)	2106±410.8 (30)
	Uts.	177	<u>272</u>	<u>782</u>	<u>1001</u>
	Unter.	2986±625.2 (30)	3112±422.3 (51)	3223±537.1 (31)	3107±724.6 (30)
Durchm. d. Marks	Ober.	2280±375.9 (30)	1844±435.0 (50)	1745±266.8 (20)	1003± 59.5 (30)
	Uts.	160	<u>303</u>	<u>458</u>	<u>37</u>
	Unter.	2120±364.0 (30)	1541±422.3 (51)	1287±313.6 (31)	966± 37.0 (30)
Dicke. d. Gef.	Ober.	197± 44.6 (30)	257± 35.4 (50)	510± 98.2 (20)	275± 53.1 (30)
	Uts.	19	15	<u>173</u>	10.3
	Unter.	216± 73.0 (30)	242± 52.8 (51)	337± 74.3 (31)	265± 86.6 (30)
Dicke. Rinde	Ober.	229± 39.7 (30)	250± 48.3 (50)	570± 12.5 (20)	268± 38.5 (30)
	Uts.	<u>166</u>	<u>272</u>	39	<u>505</u>
	Unter.	395± 52.6 (30)	522± 69.0 (51)	609± 29.3 (31)	773± 23.0 (30)
Mr-Q	Ober.	71.7± 4.02(30)	63.96± 6.26(50)	44.1± 5.97(20)	45.7± 3.73(30)
	Uts.	<u>8.4</u>	<u>14.91</u>	<u>5.0</u>	<u>13.2</u>
	Unter.	63.3± 4.94(30)	49.05± 4.08(51)	39.1± 4.88(31)	31.5± 1.44(30)
Rd-Q	Ober.	14.9± 1.96(30)	17.52± 2.06(50)	28.8± 2.58(20)	27.2± 2.98(30)
	Uts.	<u>9.66</u>	<u>16.28</u>	<u>10.2</u>	<u>23.8</u>
	Unter.	24.6± 3.06(30)	33.8 ± 3.42(51)	39.0± 1.84(31)	51.0± 4.90(30)

Durchm. = Durchmesser, Gef. = Gefäßbündel, Ober. = Oberirdischer Stamm, Uts. = Unterschied, Unter. = Unterirdischer Stamm. Eingeklammerte Zahl zeigt gemessene Individuenzahl. Differenz der statistischen Sicherheit in Bedeutungsschwelle von 5 Prozent ist unterstrichen.

Abb. 4. Vergleich der Rd-Q Kurven von *Mentha arvensis*. Dicke ausgezogene Linie = unterird. Stamm, gestrichelte = oberird. Stamm, dünne ausgezogene Linie = herausgegrabener unterird. Stamm, dünne gestrichelte = begrabener oberird. Stamm. Individuenzahlen in Tabelle 1, 2 und 3.

d. h. oberirdischer Stamm kleiner als unterirdischer Stamm (Abb. 4–7). Es wurde gefunden, dass die Dicke der Rinde vom unterirdischen Stamm im Vergleich zu der des oberirdischen 1.6 mal als bei *Mentha arvensis* (Abb. 1), 1.4 mal bei *Aster Yomena* (Abb. 2) und 1.9 mal bei *Houttuynia cordata* (Abb. 8) und *Calystegia hederacea* (Abb. 3) grösser war. Mit anderen Worten, liegt der Gefäßbündelbezirk der unterirdischen Stämme 1.4 bis 1.9 mal tiefer im Innern als in den oberirdischen.

Ganz umgekehrtes Verhältnis zeigen die Werte von **Mr-Q** bei 4 Arten; d. h. sie sind grösser im oberirdischen Stamm als im unterirdischen.

Abb. 5. Vergleich der **Rd-Q** Kurven von *Houttuynia cordata*.
Erläuterung in Abb. 4.

Abb. 6. Vergleich der **Rd-Q** Kurven von *Aster Yomena*. Erläuterung in Abb. 4.

Abb. 7. Vergleich der **Rd-Q** Kurven von *Calystegia hederacea*. Erläuterung in Abb. 4.

2. Der Vergleich des begrabenen oberirdischen und des herausgegrabenen unterirdischen Stammes mit den Kontrollen.

Im Naturzustand ist die Dicke der Rinde beim unterirdischen Stamm im Gegensatz zum oberirdischen grösser: in anderen Worten tritt der Gefässbündelbezirk verhältnismässig innenseits zurück. Um die Ursache dieses Unterschiedes zu erfor-

schen, machten wir an dem Standort ökologische Experimente mit *Mentha arvensis* (vom 18. Mai bis 17. Juni) und *Houttuynia cordata* (10. Juni bis 10. Juli), indem oberirdische Stämme bis zum 6. Knoten in die Erde begraben und unterirdische Stämme aus der Erde auch bis zum 6. Knoten herausgegraben wurden. Nach 30 Tagen wurden die Internodien zwischen dem 4. und 5. Knoten zur mikroskopischen Untersuchung herangezogen. Im Aussehen liess sich kaum bemerkenswerter Unterschied beobachten, nur mit der Ausnahme, dass aus dem begrabenen oberirdischen Stamm Wurzeln entstanden. In Tabelle 2 sind die Vergleichsergebnisse mit den intakten Stämmen angegeben. Bei den begrabenen oberirdischen Stämmen steht der Radius des Marks im allgemeinen proportional dem Durchmesser des Stammes (Abb. 8.) Der Zentralzylinder und die Rinde sind dünner in dem intakten Stamm als in dem begrabenen. Die Differenz liegt im Rahmen einer statistischen Sicherheit.

Abb. 8. Querschnitte durch Stämme von *Houttuynia cordata*; a, intakter oberird. Stamm, b, begrabener oberird. Stamm, c, intakter unterird. Stamm, d, herausgegrabener unterird. Stamm. $\times 15$.

Die Werte von **Rd-Q** und **Mr-Q** sind in der Tabelle 2 und die erstere sowie in Abb. 4 und 5 angegeben. **Rd-Q** Werte sind kleiner in intakten als in den begrabenen und **Mr-Q** Werte umgekehrt. Der Durchmesser des Marks bei intaktem Stamm ist kleiner als bei dem begrabenen.

Der Durchmesser des Stammes im Verhältnis zu dem des Marks und zu der Dicke

des Gefässbündelbezirks ist kleiner in intakten als in herausgegrabenen unterirdischen. Jedoch an der Dicke der Rinde wurde ein umgekehrtes Resultat gewonnen (Tabelle 3). Dies ist noch sehr auffällig in bezug auf **Rd-Q**.

Aus diesen Ergebnissen ergibt es sich klar, dass sich die unterirdischen Stämme, die herausgegraben wurden, durch das Dickenwachstum während deren Behandlung histologisch den oberirdischen Stämmen nahegekommen sind, weil wegen der obengenannten Behandlung sich äusserliche Faktoren im Laufe von 30 Tagen veränderten; die begrabenen oberirdischen Stämme ähnelten den unterirdischen. Wieler (1891) hat als der erste darauf aufmerksam gemacht, dass der histologische Unterschied zwischen den Wurzeln, begrabenen und herausgegrabenen, in einiger Beziehung zu den äusserlichen zurückzuführen sei. Diesen Schluss hat er durch die Beobachtung, dass der in

Tabelle. 2. Anatomischer Vergleich der begrabenen oberirdischen mit intakten Stämmen (Messung in Mikron).

		<i>Mentha arvensis</i>	<i>Houttuynia cordata</i>
Durchm. d. Stammes	Intakt.	3163±454.8 (30)	2840± 432 (50)
	Uts.	118	<u>650</u>
	Begrab.	3281±630.8 (21)	3490± 498 (35)
Durchm. d. Marks.	Intakt.	2280±375.9 (30)	1844± 435 (50)
	Uts.	<u>232</u>	<u>306</u>
	Begrab.	2048±462.0 (21)	2150± 360 (35)
Dicke d. Gef.	Intakt.	197± 44.62(30)	257± 35.4 (50)
	Uts.	<u>72</u>	<u>66</u>
	Begrab.	269± 34.41(21)	323± 48.8 (35)
Dicke d. Rinde	Intakt.	229.3 ± 39.68(30)	250± 48.3 (50)
	Uts.	<u>59.3</u>	<u>67</u>
	Begrab.	288.6 ± 53.49(21)	317± 12.4 (35)
Mr-Q	Intakt.	71.7 ± 4.02(30)	63.96± 6.26(50)
	Uts.	<u>7.4</u>	2.13
	Begrab.	64.3 ± 6.84(21)	61.83± 3.82(35)
Rd-Q	Intakt.	14.9 ± 1.96(30)	17.52± 2.06(50)
	Uts.	<u>3.7</u>	<u>1.28</u>
	Begrab.	18.6 ± 2.4 (21)	18.8 ± 2.74(35)

Intakt. = Intakter Stamm, Begrab. = Begrabener Stamm.
Andere Abkürzungen in Table 1.

Tabelle 3. Anatomischer Vergleich des herausgegrabenen unterirdischen mit intakten Stammes (Messung in Mikron).

		<i>Mentha arvensis</i>	<i>Houttuynia cordata</i>
Durchm. d. Stammes	Intakt.	2986±625.2 (30)	3112±422.3 (51)
	Uts.	<u>505</u>	114
	Herausg.	3491±468.5 (11)	3226±326.9 (35)
Durchm. d. Marks.	Intakt.	2120±364.0 (30)	1541±422.3 (51)
	Uts.	44	<u>176</u>
	Herausg.	2164±441.7 (11)	1717±930.2 (35)
Dicke d. Gef.	Intakt.	216± 73.0 (30)	242±52.75 (51)
	Uts.	<u>84</u>	<u>53</u>
	Herausg.	300± 69.15(11)	295±55.99 (35)
Dicke d. Rinde	Intakt.	395± 52.62(30)	522±68.99 (51)
	Uts.	<u>18.7</u>	<u>87</u>
	Herausg.	336.3± 78.19(11)	435±99.52 (35)
Mr-Q	Intakt.	63.3± 4.94(30)	49.05± 4.08 (51)
	Uts.	1.9	<u>3.5</u>
	Herausg.	61.4± 5.33(11)	52.6 ± 5.26 (35)
Rd-Q	Intakt.	24.6± 3.06(30)	33.8 ± 3.42 (51)
	Uts.	<u>4.0</u>	<u>6.2</u>
	Herausg.	20.6± 2.92(11)	27.6 ± 4.92 (35)

Herausg. = Herausgegrabener Stamm. Andere Abkürzungen in Tabelle 1.

den Boden eingelegte Stamm Wurzeln austrieb, gezogen. Fischer (1908) und Wolkott (1936) gaben an, dass eine quantitative Veränderung der Wurzel, die begraben war, von dem Einfluss des Lichtfaktors herrühren könne. Morrison (1953) hat die Hypothese von Wieler und anderen über herausgegrabene oder begrabene Wurzeln von einigen baumförmigen Pflanzen beweisen wollen. Aber er hat berichtet, dass er während einer Vegetationsperiode keinen eindeutigen Erfolg gewinnen konnte.

In diesem Versuche, in dem nämlich der oberirdische und unterirdische Stamm untersucht wurden, sind sie morphologisch eigentlich gleichwertig. Der bemerkenswerte Unterschied war, dass im unterirdischen Stamm die Rinde dicker ist, indem der Gefässbündelbezirk verhältnismässig ins Innere verschoben ist und so weiter. Dieser Unterschied wurde nur in einer kürzeren Periode, also in 30 Tagen, durch eine einfache Behandlung hervorgebracht, woraus gefolgert werden darf, dass es sich hierbei um eine von äusseren Faktoren verursachte ökologische Erscheinung handelt.

Zusammenfassung

1. Der innere Bau des oberirdischen und unterirdischen Stammes wurde an einigen Kräutern quantitativ untersucht.

2. Die Rinde ist 1.4 bis 1.9 mal dicker in unterirdischem Stamm als in oberirdischem, und der Gefässbündelbezirk liegt im ersteren Fall also verhältnismässig tiefer im Innern des Stammes.

3. Wenn oberirdische Stämme in die Erde begraben und unterirdische aus der Erde herausgegraben wurden und 30 Tage lang in diesem Zustande wuchsen, dann näherten sich die Werte **Rd-Q** von den ersteren Stämmen denen von den letzteren, und umgekehrt.

4. Aus obigen Resultaten wird geschlossen, dass äussere Faktoren auf den inneren Bau der Stämme einen ziemlich starken Einfluss ausüben.

An dieser Stelle sei es dem Verfasser gestattet, seinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Y. Ogura der Universität zu Tokyo, für seine Anregung und stetige Anleitung den besten Dank auszusprechen, und er ist auch Herrn Dr. S. Watari der Universität zu Tokyo und Prof. Dr. M. Kitagawa der Yokohama Staatlichen Universität, für gütige Unterstützung und wertvolle Ratschläge zu grossem Dank verpflichtet. Besonderen Dank schuldet der Verfasser Herrn Prof. Dr. S. Hattori der Universität zu Tokyo, für seine Mühe zur Revision des Manuskriptes.

Literatur

- 1) Fischer, W. R., Schlich's Manual of Forestry. Vol. V, Forest utilization. Bradbury and Agnew, London (1908).
- 2) Miyawaki, A., Bot. Mag. Tokyo 68: 105 (1955).
- 3) Morrison, T. M., Phytomorphology 3: 427 (1953).
- 4) Wieler, A., Tharandter Forstl. Jahrb. 41: 143 (1891).
- 5) Wolcott, E., Univ. Colorado Stud. 23: 223 (1936).