**Zellphysiologische Untersuchungen über die Geschlechtsunterschiede
bei Pflanzen, I. Über die H-Ionenkonzentration der Narbe
bzw. Staubbeutel von verschiedenen Blüten¹⁾**

Von

Y. Sinotô und H. Nakamura

Botanisches Institut d. Kaiserl. Universität Tokyo

Eingegangen am 16. Dezember 1938

Die verschiedenen sekundären Geschlechtscharaktere im Tierorganismus sind schon lange ein Gegenstand gründlicher wissenschaftlicher Untersuchung und Würdigung gewesen. In der Pflanzenwelt sind solche nicht so ausgeprägt wie im Tierreich, wenn es überhaupt vorhanden sind. Wesentliche mengenmäßige Unterschiede in der mineralischen und organischen Stoffen dürften sich ja kaum und höchstens in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel während der Blütezeit, Pollen- und Fruchtbildung zeigen. Das physiologisch-chemische Studium der Sexualität im Pflanzenreich hat trotzdem heute schon einige interessante Ergebnisse aufgewiesen. Obwohl schon von mehreren Autoren, z.B. Satina u. Blakeslee, Talley, Tadokoro, Hoxmeier sowie Stanfield u. a., hierüber berichtet wurde, sollen im folgenden einige Versuche über vergleichende Messungen der H-Ionenkonzentration von Narbe (♀) bzw. Staubbeutel (♂) bei eingeschlechtlichen bzw. zweigeschlechtlichen Blüten verschiedener Pflanzen beschrieben werden, wodurch wir bezüglich der Organbildung und des Sterilitäts- oder Unverträglichkeitsproblems bei der Befruchtung zu einer neuen Auffassung geführt wurden.

Methodisches

Als Versuchsmaterial wurden 3 Arten von zweihäusigen Pflanzen (*Rumex acetosa*, *Aucuba japonica* und *Spinacia oleracea*), 4 Arten von einhäusigen Pflanzen (*Pinus densiflora*, *Akebia quinata*, *Begonia semperflorans* und *Cucurbita moschata* var. *Toonas*) und 5 Arten mit zweigeschlechtlichen Blüten (*Lilium japonicum*, *L. philippinense* var. *formosanum*, *L. longiflorum*, *Hosta lancifolia* und *Dendrobium monile*) gewählt. Alle Versuche wurden während der Blütezeit ausgeführt. Die pH-Bestimmungen wurden hauptsächlich an der

1) Contributions from the Divisions of Genetics and of Plant-Morphology, Botanical Institute, Faculty of Science, Tokyo Imperial University, No. 213.

Narbe des Stempels, die noch keine Bestäubung erfahren hat, sowie am Staubbeutel des Staubblattes vorgenommen.

Zur Messung der pH-Werte wurde die potentiometrische Methode mit Antimon-Elektrode angewandt und zwar mit Preßsäften der Pflanzenteile, wobei das Verreiben der Gewebe stets nach dem Gefrieren durch feste Kohlensäure vorgenommen wurde, um etwa eine pH-Änderung durch CO₂-Abgabe zu verhindern (Vergl. Small). Im nötigen Fall wurde die pH-Bestimmung potentiometrisch mit Antimonnadel- sowie Mikrocalomel-Elektrode, deren Durchmesser beidenfalls an der Spitze 0.2–0.5 mm waren, angewandt.

Versuchsergebnisse

Wir beschäftigen uns mit den Untersuchungen, die unten beschrieben werden, schon seit 1935. Vor ca. zehn Jahren (Mai 1928) haben aber wir schon einen Teil dieser Untersuchungen an *Pinus densiflora* und *Rumex acetosa* ausgeführt, ohne daß das Ergebnis veröffentlicht wurde.

Zuerst setzten wir uns die Aufgabe vor, das pH an der Narbe bzw. am Staubbeutel der eingeschlechtlichen Blüten von *Pinus densiflora* zu bestimmen. Wie in Tabelle 1 dargestellt, hatte es sich dabei gezeigt, daß der pH-Wert der Narbe beträchtlich kleiner war als jener von dem Staubbeutel; nämlich pH bei der ersteren = 4.2 und das der letzteren = 6.2. Diese pH-Erniedrigung an der Narbe wurde bei den jungen Stengeln sowohl desselben Individuums als auch anderer Individuen festgestellt. Weibliche Blüten tragende junge Stengel zeigten auch ein kleines (pH = 4.4) als männliche Blüten tragende (pH = 6.0) (siehe Tabelle 2).

Dann wurde der Wechsel der H-Ionenkonzentration im Gewebe von blüentragenden Stengeln untersucht mit dem Befund, daß der pH-Wert im Gewebe von weibliche Blüten tragenden Stengeln mit der Zeit allmählich abnahm. Am auffallendsten war diese pH-Erniedrigung am Anfang der Blüteperiode. Dagegen wurde von Anfang bis zu Ende keine merkliche pH-Veränderung im Gewebe von männliche Blüten tragenden Stengeln beobachtet (Siehe Tabelle 3 u. Fig. 1).

Diese Tatsache ist sehr bemerkenswert, und zwar deshalb, weil die weiblichen Blüten stets auf saureren Geweben als die männlichen gebildet werden. Daß die pH-Erniedrigung im Gewebe irgendwelche Säurebildung verursacht, ist sehr wahrscheinlich.

Fujii (1895) stellte schon früher einen Versuch über die Geschlechtswechsel infolge Beschädigung des Stengels von *Pinus densiflora* an. Unser Versuchsergebnis hat gezeigt, daß eine starke pH-Erniedrigung im Gewebe eintrat, wenn junge Stengel verletzt

oder geschnitten wurden. Merkwürdigerweise wurden keine männlichen Blüten auf diesen saureren Geweben gebildet.

Diese Tatsache lehrt uns etwas betreffs des Problems der Umwandlung der weiblichen bzw. männlichen Organe ineinander in ihren Entstehungsstellen.

Tabelle 1. Der pH-Wert von Narbe bzw. Staubbeutel der Blüten von *Pinus densiflora*

pH-Wert	
von Narbe (♀)	von Staubbeutel (♂)
4.1	5.7
4.2	6.0
4.2	6.0
4.4	6.5
4.3	6.3
4.3	6.3
Durchschnitt 4.2	6.2

Tabelle 2. Der pH-Wert des jungen Stengels von *Pinus densiflora*

pH-Wert des jungen Stengels	
von weibliche Blüten tragenden Stellen	von männliche Blüten tragenden Stellen
4.3	6.0
4.4	6.0
4.4	6.2
Durchschnitt 4.4	6.0

Tabelle 3. Der pH-Wechsel beim jungen Stengel von *Pinus densiflora*

	pH-Wert des jungen Stengels	
	von weibliche Blüten tragenden Stellen	von männliche Blüten tragenden Stellen
d. 21. März	5.5	5.9
d. 5. April	5.0	5.9
d. 20. April	4.8	6.0
d. 5. Mai (aufgeblüht)	4.4	5.9
d. 7. Mai („ „)	4.4	6.0

Fig. 1. *Pinus densiflora*. A, pH-Wert des jungen Stengels von männliche Blüten tragenden Stellen. B, pH-Wert des jungen Stengels von weibliche Blüten tragenden Stellen.

Wie aus Tabelle 4 u. 5. ersichtlich, stimmt der Unterschied in der H-Ionenkonzentration von *Rumex acetosa* mit solchem bei *Pinus* ganz überein; d.h. pH = 3.8 bei Narbe und 5.0 bei Staubbeutel.

In der Tabelle 6 sind die Versuchsergebnisse bei *Akebia quinata*, *Aucuba japonica*, *Cucurbita moschata* var. *Toonas*, *Spinacia oleracea* und bei *Begonia semperflorens* zusammengestellt.

Tabelle 4. Der pH-Wert von Narbe bzw. Staubbeutel der Blüten von *Rumex acetosa*

pH-Wert	
von Narbe (♀)	von Staubbeutel (♂)
3.8	5.0
3.8	5.0
3.7	4.8
3.8	4.9
3.8	5.1
Durchschnitt 3.8	5.0

Tabelle 5. Der pH-Wert des Stengels von *Rumex acetosa*

pH-Wert des Stengels	
von weiblichen Pflanzen	von männlichen Pflanzen
3.9	5.1
3.9	5.1
3.8	5.0
Durchschnitt 3.9	5.0

Wie daraus ersichtlich, ergaben sich pH der Narbe = 4.6 und das des Staubbeutels = 5.3 bei *Akebia*; bei *Aucuba* pH der Narbe = 4.8 und das des Staubbeutels = 5.6; bei *Cucurbita* pH der Narbe = 7.2 und das des Staubbeutels = 7.9; bei *Spinacia* pH der Narbe = 6.4 und das des Staubbeutels = 7.2; bei *Begonia* pH der Narbe = 5.6 und das des Staubbeutels = 6.6.

Tabelle 6. Der pH-Wert von Narbe bzw. Staubbeutel bei verschiedenen eingeschlechtlichten Blüten

Arten	pH-Wert (Mittelwert)	
	von Narbe (♀)	von Staubbeutel (♂)
<i>Akebia quinata</i>	4.6	5.3
<i>Aucuba japonica</i>	4.8	5.6
<i>Cucurbita moschata</i> var. <i>Toonaa</i>	7.2	7.9
<i>Spinacia oleracea</i>	6.4	7.2
<i>Begonia semperflorens</i>	5.6	6.6

Bei zweigeschlechtlichen Blüten, wie *Lilium*, *Hosta* und *Dendrobium* u.a. wurde festgestellt, daß der pH-Wert der Narbe ausnahmslos kleiner als der vom Staubbeutel war; nämlich bei *Lilium japonicum* pH der Narbe = 4.6 und das des Staubbeutels = 5.8; bei *Lilium philippinense* var. *formosanum* pH der Narbe = 4.6 und das des Staubbeutels = 5.9; bei *Lilium longiflorum* pH der Narbe = 4.7 und das des Staubbeutels = 6.0; bei *Hosta lancifolia* pH der Narbe = 5.4 und das des Staubbeutels = 6.0; bei *Dendrobium monile* pH der Narbe = 6.6 und das des Staubbeutels = 7.2 (siehe Tabelle 7).

Alle obenstehenden Ergebnisse sprechen eindeutig dafür, daß die pH-Werte der Narbe stets kleiner als der des Staubbeutels sind. Es wurde schon von mehreren Autoren mitgeteilt, daß die pH-Werte von Pflanzen mit weiblichen Blüten kleiner als bei solchen mit männlichen sind, obwohl sie die pH-Messung mit Zellsäften des gesamten Pflanzenkörpers ausgeführt haben.

Tabelle 7. Der pH-Wert von Narbe bzw. Staubbeutel der zweigeschlechtlichen Blüten

Arten	pH-Wert (Mittelwert)	
	von Narbe (♀)	von Staubbeutel (♂)
<i>Lilium japonicum</i>	4.6	5.8
<i>L. philippense</i> var. <i>formosanum</i>	4.6	5.9
<i>L. longiflorum</i>	4.7	6.0
<i>Hosta lancifolia</i>	5.4	6.0
<i>Dendrobium monile</i>	6.6	7.2

Alle diese Tatsachen dürfte man so deuten, daß der Unterschied in der H-Ionenkonzentration gewöhnlich als sekundäre Geschlechtsmerkmale nicht von wesentlicher Bedeutung, sondern bei der Befruchtung eine nicht kleine Rolle spielt, da er dabei merklich auftritt.

Schließlich haben wir noch die Untersuchung über den Einfluß der H-Ionenkonzentration auf die Pollenkeimung ausgeführt, um zu sehen, ob der Unterschied im pH-Wert der Narbe und des Staubbeutels von irgendwelcher physiologischer Bedeutung bei der Befruchtung der Pflanzen ist oder nicht. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Pollenkeimung aller Pflanzen stets beim pH-Wert der Narbe am stärksten war (siehe Tabelle 8). Diese Tatsache deutet darauf hin, daß die H-Ionenkonzentration eine wichtige Rolle bei der Befruchtung spielt, und daß der pH-Unterschied zwischen der Narbe und des Staubbeutels mit dem Sterilitäts- oder Unverträglichkeitsproblem bei der Befruchtung in enger Beziehung steht.

Tabelle 8. Keimungsraten von Pollenkörnern auf Rohrzucker-Agar-Boden ¹⁾

Arten \ pH	Keimungsraten von Pollenkörnern				
	3.5	4.7	5.3	6.0	6.6
<i>Lilium japonicum</i>	18	100	68	20	2
<i>L. philippinense</i> var. <i>formosanum</i>	45	100	75	44	0
<i>L. longiflorum</i>	40	100	85	38	—

1) Dieser Boden besteht aus 2-proz. Agar-Agar mit 20-proz. Rohrzucker. Die Regulierung der pH-Werte wurde mit Citronensäure ermittelt. Incubation bei 26°.

Zusammenfassung

Die H-Ionenkonzentrationen der Narbe und des Staubbeutels bei ein- bzw. zweigeschlechtlichen Blüten wurden untersucht. Der pH-Wert der Narbe erwies sich ausnahmslos kleiner als der von dem Staubbeutel. Diese pH-Erniedrigung an der Narbe war zu Beginn der Blüteperiode am beträchtlichsten. Es ist sehr wahr-

scheinlich, daß dieser Unterschied der H-Ionenkonzentration zwischen der Narbe und des Staubbeutels eine Bedeutung für die Befruchtung hat, und zwar deshalb, weil die Pollenkeimung auf Rohrzucker-Agar-Boden beim pH-Wert von Narbe derselben Pflanze am günstigsten stattgefunden hat. Der Unterschied der H-Ionenkonzentration zwischen der Narbe und des Staubbeutels steht wahrscheinlich mit dem Sterilitäts- und Unverträglichkeitsprobleme bei Befruchtung in enger Beziehung.

Literatur

- Fujii, K. 1895. Bot. Mag. (Tokyo) 9, 275.
 Hoxmeier, M. C. 1933. Thesis, State Univ. of Iowa. (Zitiert nach Stanfield.)
 Satina, S. and Blakeslee, A. F. 1926. Proc. Nat. Acad. Sci. 12, 197.
 Small, J. 1929. Hydrogen-ion concentration in plant cells and tissues. Berlin.
 Stanfield, J. F. 1937. Plant Physiol. 12, 151.
 — 1937. Amer. Jour. Bot. 24, 710.
 Tadokoro, T. 1930. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. Serie III, 1.
 Talley, P. T. 1930. Thesis, State Univ. of Iowa. (Zitiert nach Stanfield.)
-