Über die Anwendung der *Mimosa pudica* als Indexpflanze zur Bestimmung des Wasserhaltungsvermögens verschiedener Bodenarten in Beziehung auf das welken der Pflanzen.*

Von

Riichiro Kôketsu.

Die Menge des Wassers, welches noch nach dem welken der darin bewurzelten Pflanzen zwischen den Bodenpartikelchen hintergelassen wird, ist bekanntlich sehr variabel, je nachdem die Bodenarten verschieden sind (5, 13). Weil das dabei im Boden zurückgelassene Wasser, wenigstens nicht normalerweise für die Pflanzen brauchbar ist, soll die Bestimmung der diesbezüglichen Wassermenge in den verschiedenen Kultur- und Felddöden eine fundamentale Beschäftigung für Studien der Wasserbeziehungen zwischen den Pflanzen und dem Boden sein. Leider haben wir heute hierfür noch keine zweckdienliche Bestimmungsmethode. Denn eine grosse Schwierigkeit liegt darin, ein kritisches Stadium in den progressiven Welkungsphänomenen zu finden. BAKKE (1, 2) fand einen kritischen Punkt des Welkens an *Helianthus annuus*, wo die fortschrittlich verkleinerte Transpirationskraft der Blätter wegen der jetzt kritisch verminderten Widerstandsfähigkeit gegen die Transpiration sich merklich steigerte. Er vermutete, dass an diesem Punkte ein merkwürdiges Zerreißen der Wassersäule in den Gefässen stattfand und dort die Pflanze in einen kritischen Zustand des Welkens eintrat. Wenn dem so ist, dann muss der BAKKE'sche Punkt der Welkung eine grosse Bedeutung und Anwendbarkeit für unseren Zweck besitzen. Aber es ist sehr mühsam den betreffenden Punkt in einer Pflanze durch seine Prozedur

* Arbeiten aus dem botanischen Laboratorium der Kaiserlichen Kyushu-Universität, No. 4.

zu bestimmen, was die praktische Anwendung dieser Methode beinahe unmöglich macht.

Eine andere in der Literatur genannte Methode ein kritisches Stadium des Welkens zu finden, ist die von BRIGGS und SHANTZ (6, 7, 8). Die sog. permanente Welkung nach ihrem Sinne deutet einen Zustand des Welkens, in dem es der welkenden Pflanze nicht mehr möglich ist, ihre Turgeszenz wiederzugewinnen, auch wenn sie während 24 Stunden in einer praktisch dampfgesättigten Atmosphäre ohne Bewässerung stehen gelassen wird. Es ist also der Begriff der permanenten Welkung ein ganz künstlicher. Solange man aber eine bessere Methode auf diesem Untersuchungsgebiete nicht finden kann, mag die Idee der permanenten Welkung grosse Bedeutung in der Pflanzen- und Bodenkunde besitzen. Daher finden wir in Literatur eine Reihe von Studien, welche direkt oder indirekt auf dieser Idee fussen (9, 11, 12, 13, 14). Obwohl in dieser Methode eine unvermeidliche Fehlerquelle darin liegt, dass man durch solch eine Prozedur nicht eine den kritischen Punkt überschreitende Welkung der untersuchten Pflanze wahrnehmen kann, so wird doch dagegen behauptet, dass diese Fehlerquelle von erfahrenen Forschern unschwer beseitigt werden kann und dass ein erfahrener Forscher den Beginn der permanenten Welkung einer Pflanze sogar ohne Prüfung in dem dampfgesättigten Raume mit geringeren Fehler beurteilen kann (6, 7, 8, 9, 13, 14). Das ist aber nicht wissenschaftlich. Um solch eine Methode persönlich zu benützen, sind weingstens zahlreiche Vorexperimente nötig, ehe man sich auf sie verlassen kann.

Wenn es hier also eine Pflanze gibt, die einen leicht und deutlich wahrnehmbaren kritischen Zustand in dem Verlauf des Welkens aufweist, so wird die vorliegende Schwierigkeit beseitigt werden können. *Mimosa pudica* scheint in dieser Hinsicht als Indexpflanze brauchbar zu sein. Die Blattgelenke dieser Pflanze besitzen eine starke Erregbarkeit und Reagierbarkeit gegen verschiedene physikalische oder chemische Reize; und ihre Bewegung ist bekanntlich durch die Turgoränderung innerhalb des Gelenkes bedingt. Natürlich ist ihre Reagierbarkeit von dem Wassergehalt im Gelenkpolster abhängig (4, 10).

Wenn man jetzt die Pflanze durch Aufgeben der Bewässerung im Boden welken lässt, so sieht man, dass die Tages- und Nachtlage der Blättchen mehr und mehr unregelmässig und die Winkelstellung

des Hauptblattstiels weiter und weiter abnormal wird. Während des Welkungsverlaufes geht die Verminderung der Reagierbarkeit mit dem Fortschritt des Welkens Hand in Hand. Falls die Reagierbarkeit aller primärer, sekundärer und tertiärer Blattgelenke gegen möglichst starke Stossreize nicht mehr bemerkbar geworden ist, pflegen die Blätter bei ihren Stielen turgorlos herabzuhängen. Das Auftreten des vollständigen Verschwindens der Reagierbarkeit an allen Gelenken, welches schon äusserlich durch das Auftreten des eben genannten Welkungszustandes des Blattes ziemlich genau beurteilt werden kann, ist ein leicht bestimmbarer kritischer Punkt des Welkens eines Blattes. Da aber der Welkungsprozess von *Mimosa* nicht immer an allen Blättern gleichzeitig und gleichmässig verläuft, und zwar häufig ältere Blätter weit früher als jüngere welken, wie es auch bei anderen Pflanzen beobachtet wird (2, 3), so ist es schwer einen gemeingültigen kritischen Punkt des Welkens eines Individuums festzustellen. Das ist aber bei Ausführung solcher Versuche überhaupt unvermeidlich. Das gilt auch bei der Bestimmung des Welkungsstadiums eines Pflanzenindividuum durch die BAKKE'sche Methode oder durch die von BRIGGS und SHANTZ. Wenn man aber bei unserem Falle die allerjüngsten Blätter an jedem Zweige ausser Acht lässt, so kann man ziemlich deutlich einen Punkt feststellen, an dem andere ausgewachsene Blätter bis zum letzten Blatt gänzlich unreakierbar oder turgorlos an den Gelenken geworden sind.

Nach meinen Erfahrungen ist es sehr leicht, den Eintrittspunkt eines derartigen Welkungszustandes während des Fortschrittes des Welkens bei *Mimosa* zu finden. D. h. wir haben damit einen Punkt gefunden, in dem *Mimosa pudica* in ein kritisches Wasserverhältnis zu dem Boden getreten ist. Die Frage, ob dieser kritische Punkt als ein Anhaltspunkt für Studien des Wasserverhältnisses im Boden anwendbar ist, muss aber weiterhin durch Experimente erklärt werden.

Den Prozentgehalt des Wassers im Boden, welches in der Zeit noch im Boden zurückgehalten ist, wo die darin sich bewurzelte *Mimosa pudica* in den kritischen Welkungszustand eingetreten ist, kann man das relative Wasserhaltungsvermögen desselben Bodens gegen die Wasserentziehungskraft von *Mimosa pudica* nennen. Das mag dem BRIGGS und SHANTZ'schen Welkungskoeffizient (6) oder dem LIVINGSTON und KÔKETSU'schen "Permanentwelkung - Wassergehaltsrückstand" der Bodenfeuchtigkeit begrifflich gleichsinnig sein,

wenn auch die Grenzwerte des Wasserrückstandes bei jenem und diesem Falle nicht übereinstimmend sein können.

Die Zuverlässigkeit der durch eine Versuchsmethode erhaltenen Resultate über das genannte Wasserhaltungsvermögen verschiedener Bodenarten hängt in erster Linie davon ab, ob die Abweichung der wiederholt erhaltenen Resultate an einer Bodenart gross oder klein sei. Um zu prüfen, inwieweit unsere Methode zum diesen Zwecke verlässlich ist, wurde der nachstehende Versuch ausgeführt.

Zehn verschiedene Böden* vom groben Flusssand zum humusreichen Waldboden, welche weit verschiedene Wasserkapazität (13) besitzen, wurden alle fein pulverisiert und, wenn nötig, mit dem 0.5 mm Sieb gesiebt. Jeder Boden wurde dann in je fünf 15×14 cm Pflanzentöpfe eingepackt. Nach hinreichender Bewässerung wurden einige Samen von *Mimosa pudica* in jedem Topfe ausgesät. In jedem Topfe wurde unter den auskeimenden je eine starke Keimpflanze gezogen. Als die Pflanzen blütenreif geworden waren, wurde eine Serie der Pflanzen vom Garten auf einen Tisch in's Laboratorium gebracht und darauf ohne weitere Bewässerung stehen gelassen, bis die Pflanzen in den oben erwähnten kritischen Welkungszustand traten. Jetzt wurde der Wassergehalt im Boden durch die von SHIVE und LIVINGSTON beschriebene Methode (14, 13) bestimmt, sowohl gravimetrisch als auch volumetrisch. Dieselben Bestimmungsversuche wurden viermal mit je einer Art des Bodens wiederholt, und zwar je einer anderen Pflanze.

Nach den Versuchsergebnissen schwankte der kritische Wassergehalt, welcher in ein und derselben Bodenart gefunden war, stets nur wenig. Z. B. an einem Boden No. 7 betrug der mittlere Fehler der Resultate, welche in Prozent des Gesamtbodengewichtes, des Trockenbodengewichtes und des Trockenbodenvolumens nebeneinander bestimmt wurden, 0.171% bzw. 0.208% und 0.294%, während der gefundene Wassergehalt zwischen 8.48–8.00%, 9.27–8.70% und 11.74–11.00% schwankte. Mit anderen Worten betrug der mittlere Fehler der Ratio, wo der Mittelwert als 100 gesetzt war, 2.11 bzw. 2.25 und 2.63 (Tab. 1).

*) Bodenarten; No. 1. Grober Flusssand, No. 2. Sandreicher Gartenboden, No. 3. Gartenboden, No. 4. Gemisch vom Sand und grauen Lehm Boden, No. 5. Gemisch vom Sand und weissen Lehm Boden, No. 6. Gemisch vom Sand und humusreichen Waldboden, No. 7. Gemisch vom Sand und roten Lehm Boden, No. 8. Weisser Lehm Boden, No. 9. Roter Lehm Boden, No. 10. Humusreicher Waldboden.

Tabelle 1. Der kritische Wassergehalt, gefunden an Boden No. 7.

% auf.	Gefunden :				In Ratio :			
	Mittelw.	Max.	Min.	Mittler. Fehler	Mittelw.	Max.	Min.	Mittler. Fehler
Gesamtgew.	8.26	8.48	8.00	± 0.171	100	102.7	96.8	± 2.11
Trockengew.	9.01	9.27	8.70	± 0.208	100	102.9	96.6	± 2.25
Trockenvol.	11.25	11.75	11.00	± 0.294	100	104.4	97.8	± 2.63

Tabelle 2. Der kritische Wassergehalt, gefunden an verschiedenen Bodenarten ; gegeben in % des Gesamtbodengewichtes.

Number d. Bodens.	Gefunden :		In Ratio :	
	Mittelwert	Mittlerer Fehler	Mittelwert	Mittlerer Fehler
1.	0.83	± 0.044	100	± 5.18
2.	3.95	± 0.219	100	± 5.44
3.	6.56	± 0.449	100	± 6.47
4.	6.92	± 0.244	100	± 3.47
5.	7.09	± 0.187	100	± 2.63
6.	8.19	± 0.521	100	± 6.37
7.	8.26	± 0.171	100	± 2.11
8.	14.22	± 0.311	100	± 2.19
9.	18.09	± 0.729	100	± 3.98
10.	23.21	± 0.855	100	± 3.66

Tabelle 3. Der kritische Wassergehalt, gefunden an verschiedenen Bodenarten ; gegeben in % des Trockenbodengewichtes.

Number d. Bodens	Gefunden :		In Ratio :	
	Mittelwert	Mittlerer Fehler	Mittelwert	Mittlerer Fehler
1.	0.84	± 0.044	100	± 5.23
2.	4.11	± 0.212	100	± 5.37
3.	7.13	± 0.488	100	± 6.82
4.	7.61	± 0.406	100	± 5.35
5.	7.63	± 0.219	100	± 2.87
6.	8.92	± 0.614	100	± 6.87
7.	9.01	± 0.208	100	± 2.25
8.	16.59	± 0.347	100	± 2.64
9.	22.15	± 1.045	100	± 4.62
10.	30.31	± 1.533	100	± 5.06

Tabelle 4. Der kritische Wassergehalt, gefunden an verschiedenen Bodenarten ; gegeben in % des Trockenbodenvolumens.

Number d. Bodens	Gefunden :		In Ratio :	
	Mittelwert	Mittlerer Fehler	Mittelwert	Mittlerer Fehler
1.	1.17	± 0.056	100	± 4.76
2.	5.49	± 0.298	100	± 5.47
3.	8.95	± 0.611	100	± 7.44
4.	9.61	± 0.293	100	± 3.06
5.	9.90	± 0.396	100	± 4.02
6.	9.64	± 0.750	100	± 7.84
7.	11.25	± 0.294	100	± 2.63
8.	21.35	± 0.434	100	± 1.67
9.	24.06	± 1.258	100	± 4.99
10.	20.33	± 1.256	100	± 6.18

Der gefundene Wert des betreffenden Wassergehaltes an den untersuchten 10 verschiedenen Bodenarten lag zwischen 0.83–23.21% bzw. 0.84–30.31% und 1.17–24.06%, je nachdem derselbe auf das Gesamtbodengewicht bzw. auf das Trockenbodengewicht oder auf das Volumen des Trockenbodens bezogen wurde (Tab. 2, 3 und 4); der minimale Wert wurde bei Flussand (No. 1.-Boden) und der maximale bei humusreichem Waldboden (No. 10.-Boden) oder bei rotem Lehm Boden (No. 9.-Boden) erhalten. Der mittlere Fehler der gefundenen Werte an je einem Boden schwankte zwischen 0.044–0.855% bzw. 0.044–1.533% und 0.056–1.258%. Der grössere Wert des Fehlers wurde an den mit dem grösseren Wasserrückstand versehenen Bodenarten erhalten, was theoretisch ganz natürlich sein soll (13).

Beurteilt nach dem mittleren Fehler der Bestimmungsergebnisse in Ratio, war die Genauigkeit der Bestimmungen wenig abweichend an allen untersuchten Bodenarten. Der gefundene mittlere Fehler in Ratio lag nämlich zwischen 2.11–6.47 bzw. 2.25–6.87 und 1.67–7.84 je nach den benutzten drei verschiedenen Versuchsvorfahren; und zwar war derselbe wenig von der Verschiedenheit des Wasserhaltungsvermögens des Bodens abhängig. Mit anderen Worten ist der Bestimmungsfehler bei unserer Methode praktisch nicht merklich, ein Verhältnis, durch welches wenigstens die praktische Anwendbarkeit

unserer Methode für Studien des Wasserverhältnisses zwischen den Pflanzen und den verschiedenen Böden gut nachgewiesen ist.

Botanisches Institut, Kaiserliche Kyushu-Universität.

Februar, 1925.

LITERATUR.

- 1) BAKKE, A. L., The index of foliar transpiring power as an indicator of permanent wilting in plants. *Bot. Gas.* **60**, 314-319, 1915.
- 2) BAKKE, A. L., Determination of wilting. *Bot. Gaz.* **64**, 81-116, 1918.
- 3) BAKKE, A. L. and B. E. LIVINGSTON, Further studies on foliar transpiring power in plants. *Physiol. Res.* **2**, 51-71, 1916.
- 4) BOSE J. C., Researches on irritability of plants. London 1913.
- 5) BRIGGS, L. J. and H. L. SHANTZ, A wax seal methode for determinating the lower limit of available soil moisture. *Bot. Gaz.* **51**, 210-219, 1911.
- 6) BRIGGS, L. J. and H. L. SHANTZ, The wilting coefficient and its indirect determination. *Bot. Gaz.* **53**, 20-37, 1912.
- 7) BRIGGS L. J. and H. L. SHANTZ, The relative wilting coefficients for different plants. *Bot. Gaz.* **53**, 229-235, 1912.
- 8) BRIGGS, L. J. and H. L. SHANTZ, Die relativen Welungskoeffizienten verschiedener Pflanzen. *Flora* **105**, 220-240, 1913.
- 9) CALDWELL, J. S., The relation of environmental conditions to the phenomenon of permanent wilting in plants. *Physiol. Res.* **1**, 1-56, 1913.
- 10) KÔKETSU, R., Über die Wirkungen der elektrischen Reizung an den pflanzlichen Zellgebilden, *Jour. Dept. Agr. Kyushu Imp. Univ.* **1**, 1-133, 1923.
- 11) LIVINGSTON, B. E. and L. A. HAWKINS, The Water-relation between plant and soil. *Publ. Carnegie Inst. No.* 204, 1-48, 1915.
- 12) LIVINGSTON B. E., Incipient drying and temporary and permanent wilting of plants, as related to external and internal conditions. *Johns Hopkins Univ. Circ. n. s. No.* 3, 176-182, 1917.
- 13) LIVINGSTON, B. E. and R. KÔKETSU, The water-supplying power of the soil as related to the wilting of plants. *Soil Sci.* **9**, 469-485, 1920.
- 14) SHIVE, J. W. and B. E. LIVINGSTON, The relation of atmospheric evaporating power to soil moisture content at permanent wilting in plants. *Plant World* **17**, 81-121, 1914.