

ZUM VERHÄLTNIS ZWISCHEN  
ÖKOLOGISCHER REAKTION UND  
PHYSIOLOGISCHEN pH-WERTEN DER  
PFLANZEN

MIHOVIL GRAČANIN

(Laboratorium für Pflanzenphysiologie und Ökologie des Botanischen Institutes  
in Skopje und Botanisches Institut der Universität, Zagreb)

Eingegangen am 12. Dezember 1973

Einleitung

Seit langem ist bekannt dass die Pflanzenarten sich durch ihre physiologische Reaktion voneinander unterscheiden und diese nicht selten für einzelne Arten charakteristisch ist. Die physiologische Reaktion, wo wir die pH der Pflanzenzellen und Gewebe, ja auch einzelner Organe verstehen, spielt in der Physiologie der Pflanzen eine hervorragende Rolle. Das ist leicht begreiflich da die verschiedenen physikalischen und chemischen Vorgänge und Erscheinungen wie zB. Löslichkeit, Viskosität, Quellung, Oberflächenspannung, Kolloidzustand und Permeabilität des Plasmas, ebenso wie die Tätigkeit verschiedener Wirkstoffe, vor allem der Enzyme, von der Konzentration der H und OH-Ionen abhängig sind. Eine Änderung dieser Konzentration in Pflanzenzellen kann die Intensität der erwähnten Vorgänge in verschiedenem Masse beeinträchtigen. Die Pflanzen verfügen aber mit einem Pufferungsvermögen, bzw. mit Pufferstoffen die sich einer Änderung ihrer physiologischen Reaktion stark widersetzen. So ist es begreiflich dass die Reaktion bei mässigen Änderungen der ökologischen Reaktion, d. h. der Reaktion (pH) des Nährbodens, ziemlich unverändert bleibt. Wir finden in der Literatur grosses Beweismaterial zur Stütze dieser Annahme (Kappen, Arrhenius, Hoagland und Davis, Dustman, Mevius, Gračanin M. und Georgiev usw.), aber auch viele Angaben die auf eine Verschiebung der physiologischen pH Werte durch ökologische Reaktion hinweisen (Chodat R., Garner und Mitarb., Clevenger u. a.). Ausführliche Literaturangaben findet man besonders bei Small (1954).

Mevius ist der Meinung dass bei den meisten Zellen die Reaktion des Zellsaftes innerhalb eines bestimmten pH-Intervalles der Ausserlösung unabhängig und konstant bleibt und erst ausserhalb dieses Intervalles zu Verschiebung kommen kann; diese ist immer von einer Schädigung der Pflanzenzellen begleitet. Mevius gestattet aber dass in Blütenblättern und reifenden Früchten andere Verhältnisse herrschen können.

Viele bisherigen Experimente haben einen ausschlaggebenden Einfluss der ökologischen Reaktion auf das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen und spezifisches Verhalten einzelner Arten bei gleichen ökologischen pH-Werten sichergestellt. Die Beziehungen zwischen der ökologischen und der physiologischen Reaktion sind leider noch immer ungenügend geklärt und es scheint uns vom Interesse zu sein einige neue Angaben zu dieser Frage beizulegen. Die hier aufgeführten Ergebnisse stammen aus einem semiariden Gebiet Mazedoniens (Skopje) von wo bisher keine ähnliche Untersuchungsergebnisse vorliegen. Sie können teilweise auch zur Klärung der verwickelten Fragen über die Azidiphilie, Toleranz und Alkaliphilie der Pflanzen beibringen.

### Material und Methoden

Für unsere Untersuchungen dienten vor allem die unter natürlichen Verhältnissen des botanischen Gartens in Skopje, auf braunen bis zimt-braunen, sowie auf karbonathaltigen Mineralböden gewachsene Pflanzen. Ausserdem wurden auch einige im Glashaus oder im Freien in Vegetationsgefässen gezüchtete Pflanzen geprüft. Die letzterwähnten hatten als Nährboden eine karbonatreiche Schwarzerde oder einen alluvialen Sandboden des Vardar-Flusses. Alle Böden zeichneten sich durch eine sehr schwache bis schwach alkalische Reaktion aus.

Die Reaktion des Bodens wurde immer in der Bodensuspension, die Reaktion der Pflanzen im Zellsaft, vorwiegend der oberirdischen Organe (Blatt oder Blatt und Stamm), untersucht. Das Pflanzenmaterial wurde rasch mit destilliertem Wasser gespült um ev. Verunreinigungen zu entfernen, dann ebenso rasch mit Filtrierpapier getrocknet und in das Pressgerät übertragen. Es sei bemerkt dass auf diese Weise keine klare Flüssigkeit sondern eine Suspension erhalten wurde. Der auf diese Weise erhaltene Pflanzensaft enthält also nicht nur wasserlösliche Elektrolyte und Nichtelektrolyte, sondern auch eine Reihe von kolloiden Pflanzenstoffen (Dispersoide), teilweise auch Dispersionen, also ein Gemisch von Protoplasmateilchen und Zellsaft. Die Trennung der Plasma- von den Zellsaftstoffen ist äusserst schwierig und könnte auch durch Dialyse nicht vollständig erreicht werden. Immerhin gibt uns die Analyse des so gewonnenen Zellsaftes eine ziemlich gute Vorstellung über die aktive Azidität der Zellsaftlösung.

Die pH-Werte wurden mit Beckmanschen pH-Meter elektrometrisch bestimmt.

### Ergebnisse

Unsere Untersuchungen beziehen sich auf etwa 100 Pflanzenarten die vornehmlich den Dikotylen angehören. Die Gramineen wurden weniger untersucht da die Gewinnung des Zellsaftes dieser Pflanzen, besonders im Spätfrühling, ziemlich schwierig war.

In der Tabelle 1. sind die Resultate der pH-Messungen der Böden und der Pflanzen, das untersuchte Organ und das Datum angegeben. Die Messungen wurden vom 28. 3. bis 6. 6. und dann von 20. 10. bis 2. 11. 1960. vorgenommen. Die in dieser Tabelle angeführten Pflanzen sind nach der Grösse der pH-Werte eingereiht, beginnend mit *Begonia rex*. die sich durch den niedrigsten pH-Wert auszeichnet.

Wie ersichtlich zeichnen sich alle *Begonia*-Arten durch extreme Aziditätswerte aus. Ihre aktive Azidität bewegt sich zwischen pH 1,4 und 1,90, obwohl sie auf alkalischen Böden (karbonatreiche Gartenschwarzerde) gepflanzt wurden. Hohe physiologische Azidität der Begoniaarten ist aus der Literatur schon bekannt; unsere Untersuchungen zeigen nur dass sie diese physiologische Reaktion auch bei ausgesprochen alkalischer Reaktion des Bodens behalten.

Auffallend ist die hohe Azidität von *Acer negundo* und *Pelargonium zonale*, sowie von *Cotynus coggygia*. Alle diese Pflanzen wuchsen auf schwach alkalischen Böden.

Eine bedeutende Anzahl der Pflanzenarten auf schwach alkalischen Böden des Botanischen Gartens von Skopje zeichnete sich durch ziemlich saure Reaktion aus d. h. die Azidität ihres Pflanzensaftes bewegte sich von 4,0—4,95 pH.

Auf ähnlichen, schwach alkalischen Böden fanden wir bei den meisten Pflanzen pH-Werte zwischen 5,0 und 5,97.

Endlich, eine geringere Zahl der Pflanzenarten zeigte, unter natürlichen Bedingungen des Botanischen Gartens, pH-Werte zwischen 6,0 und 6,70.

Eine Ausnahme ist *Cucurbita pepo* mit einem pH-Wert von 7,02. Dabei ist merkwürdig dass seine Bodenreaktion nur sehr schwach alkalisch war.

Im allgemeinen zeichnen sich also alle Pflanzen des Botanischen Gartens von Skopje durch eine saure Reaktion des Zellsaftes aus, obwohl sie auf alkalischen Böden gewachsen sind. Diese Tatsache kann uns zum Schluss führen, dass die physiologische Reaktion der Pflanzen vornehmlich durch genetische Faktoren bedingt und in hohem Masse von der ökologischen Reaktion unabhängig ist.

Die ökologische Reaktion übt natürlich einen dauernden Einfluss auf die physiologischen Prozesse, ja auch auf die physiologische Reaktion in den Pflanzenzellen aus. Bei grossen Unterschieden zwischen physiologischen und ökologischen pH-Werten könnte man von einem ökologisch bedingtem Stress sprechen. Diese Wirkung kommt aber nicht zum Ausdruck in den messbaren Änderungen der physiologischen pH-Werte, da die  $H^+$  und  $OH^-$  Ionen der von der Pflanze aufgenommenen Bodenlösungen durch die Pufferkräfte des Zellsaftes und besonders des Plasmas neutralisiert bzw. aufgefangen werden. Das Protoplasma erzeugt dauernd kolloide Pufferstoffe vom ampholytoiden Charakter, die sich der Änderung der physiologischen Reaktion widersetzen. Unter normalen Verhältnissen d. h. bei nicht extremen ökologischen pH-Werten kann die Wirkung der ökologischen Reaktion paralisiert oder im Gleichgewicht zu der physiologischen Reaktion gehalten werden. Wenn aber die Konzentration der  $H^+$  oder der  $OH^-$  Ionen des Nährbodens eine gewisse Grenze überschreitet, kann die Puffertätigkeit des Plasmas überwindet werden, die physiologische Reaktion geändert werden und die schädliche Wirkung der ökologischen Reaktion zum Ausdruck kommen.

Tabelle 1

Pflanzenart	Pflanzenorgan	pH		Bodenbezeichnung	Datum
		Pflanzen-saft	Boden-suspen.		
<i>Begonia rex</i>	Blatt	1,40	8,02	Garten-schwarzerde	28. 3.
<i>Begonia semperflorens</i>	„	1,90	8,08	„	1. 4.
<i>Begonia punctata</i>	„	1,68	8,00	„	28. 3.
<i>Begonia vitifolia</i>	„	1,90	7,94	„	1. 4.
<i>Acer negundo</i>	„	2,92	7,30	Braunerde	27. 5.
<i>Pelargonium zonale</i>	„	3,39	7,30	„	24. 5.
<i>Koelreuteria paniculata</i>	„	3,41	7,26	„	27. 5.
<i>Cotynus coggygria</i>	„	3,59	7,32	„	27. 5.
<i>Acer dasycarpum</i>	„	3,98	7,28	„	6. 6.
<i>Bryophyllum diagam.</i>	„	4,04	7,60	Garten-schwarzerde	4. 4.
<i>Sedum allantoides</i>	+ Stengl	4,09	7,41	„	4. 4.
<i>Rumex sp.</i>	Blatt	4,16	7,06	Braunerde dekarbonat.	20. 4.
<i>Rheum hybridum</i>	„	4,19	7,36	Miner. Karb.	11. 4.
<i>Crassula argentea</i>	„	4,20	7,50	„	4. 4.
<i>Linaria dalmatica</i>	+ Stengl	4,21	7,29	Braunerde	8. 4.
<i>Acer ginala</i>	Blatt	4,29	7,35	„	6. 6.
<i>Escheveria hybrida</i>	„	4,35	7,40	Min. Karb.	4. 4.
<i>Peperonia alata</i>	„	4,37	7,69	Karb. Braun.	5. 4.
<i>Crassula tetragona</i>	„	4,39	7,49	„	4. 4.
<i>Bergenia cordifolia</i>	„	4,50	7,78	Gart. Schw.	1. 4.
<i>Cercis siliquastrum</i>	„	4,77	7,36	Min. Karb.	27. 10.
<i>Acer platanoides</i>	„	4,78	7,38	„	6. 6.
<i>Amygdalus communis</i>	„	4,80	7,32	„	27. 5.
<i>Viburnum tinus</i>	„	4,92	7,20	„	15. 4.
<i>Peperonia incana</i>	„	4,95	7,49	Karb. Braun.	4. 4.
<i>Iris sp.</i>	„	4,95	7,20	Miner. Karb.	20. 4.
<i>Lonicera tatarica</i>	„	4,96	7,30	„	8. 4.
<i>Catalpa bignonioides</i>	„	4,96	7,27	„	24. 4.
<i>Symphoricarpus albus</i>	„	4,98	7,42	„	11. 4.
<i>Prunus laurocerasus</i>	„	4,98	7,32	„	27. 10.
<i>Ailanthus glandulosa</i>	„	5,01	7,25	Zimt-brauner B.	24. 4.
<i>Erodium hoefianum</i>	+ Stengl	5,02	7,19	Miner. Karb.	20. 4.
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Blatt	5,09	7,30	Braunerde	8. 4.
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	„	5,12	7,21	„	15. 4.
<i>Oscularia deltoides</i>	„	5,14	7,24	Miner. Karb.	4. 4.
<i>Sophora japonica</i>	„	5,16	7,28	„	27. 5.
<i>Centaurea carniolica</i>	„	5,18	7,30	„	27. 10.
<i>Lycium carolianum</i>	„	5,20	7,18	„	19. 4.

Pflanzenart	Pflanzen- organ	pH		Boden- bezeichnung	Datum
		Pflanzen- saft	Boden- suspension.		
<i>Symphoricarpus orbiculatus</i>	Blatt	5,20	7,41	Miner. Karb.	14. 4.
<i>Fraxinus americana</i>	„	5,16	7,30	Braunerde	24. 5.
<i>Cornus alba</i>	„	5,25	7,18	Miner. Karb.	15. 4.
<i>Tradescantia fulminensis</i>	„	5,25	7,90	Garten Schw.	28. 3.
<i>Bunias erucago</i>	„	5,28	7,28	Zimt-brauner B.	20. 4.
<i>Ulmus campestris</i>	„	5,28	7,30	Braunerde	24. 5.
<i>Calepina corvini</i>	„	5,30	7,20	Zimt-brauner B.	21. 4.
<i>Laburnum anagiroides</i>	„	5,30	7,38	Braunerde	14. 4.
<i>Aquilegia alpina</i>	„	5,32	7,14	Zimt-brauner B.	9. 4.
<i>Piper nigrum</i>	„	5,31	7,62	Karb. Braun.	5. 4.
<i>Tilia americana</i>	„	5,32	7,25	Miner. Karb.	24. 5.
<i>Betula verrucosa</i>	„	5,32	7,36	„	27. 10.
<i>Ribes aureum</i>	„	5,32	7,20	„	15. 4.
<i>Centranthus ruber</i>	„	5,34	7,34	Braunerde	11. 4.
<i>Veronica caucasica</i>	„	5,36	7,20	Miner. Karb.	19. 4.
<i>Lepidium draba</i>	„	5,37	7,24	Zimt-brauner B.	20. 4.
<i>Fraxinus angustifolia</i>	„	5,39	7,27	Zimt-brauner	24. 5.
<i>Linaria purpurea</i>	Bl. + St.	5,39	7,30	„	11. 4.
<i>Zea mays</i>	Blatt	5,40	7,19	Alluvial. Karb.	28. 3.
<i>Doronicum clusii</i>	„	5,42	7,05	Braunerde	11. 4.
<i>Syringa vulgaris</i>	„	5,42	7,23	Miner. Karb.	19. 4.
<i>Peganum harmala</i>	Bl. + St.	5,47	7,60	Karb. Braun.	11. 4.
<i>Paulownia tomentosa</i>	Blatt	5,48	7,35	Miner. Karb.	5. 4.
<i>Centaurea melitensis</i>	„	5,48	7,33	„	4. 4.
<i>Dipsacus sylvestris</i>	„	5,49	7,40	„	5. 4.
<i>Chrysanthemum coreanum</i>	Bl. + St.	5,49	7,13	Braunerde	11. 4.
<i>Maclura aurantiaca</i>	Blatt	5,51	7,36	Braun. karb.	24. 5.
<i>Morus alba</i>	„	5,54	7,30	„	27. 5.
<i>Cornus purpusii</i>	„	5,51	7,36	„	28. 10.
<i>Fumaria officinalis</i>	Bl. + St.	5,52	7,20	Zimt-braun. B.	22. 4.
<i>Verbascum formaneckii</i>	Blatt	5,53	7,16	Miner. Karb.	27. 10.
<i>Centaurea nigra</i>	„	5,55	7,43	„	1. 4.
<i>Rodbelia digitata</i>	„	5,59	7,12	Hydromorph. B.	21. 4.
<i>Plantago lanceolata</i>	„	5,59	7,18	Zimt-braun. B.	20. 4.
<i>Lycium halimifolium</i>	„	5,59	7,18	„	21. 4.
<i>Phaseolus vulgaris</i>	„	5,62	7,20	Alluv. Karb.	28. 3.
<i>Cirsium sp.</i>	„	5,62	7,20	Zimt-braun. B.	28. 3.
<i>Ricinus communis</i>	„	5,62	7,20	Alluv. Karb.	15. 4.
<i>Colocasia esculenta</i>	„	5,63	7,90	Garten Schw.	14. 3.
<i>Lamium purpureum</i>	„	5,64	7,12	Zimt-brauner	21. 4.
<i>Tradescantia virginica</i>	„	5,65	7,75	Garten Schw.	25. 10.
<i>Hordeum vulgare</i>	„	5,66	7,25	Alluv. Karb.	25. 10.

Pflanzenart	Pflanzenorgan	pH		Bodenbezeichnung	Datum
		Pflanzen-saft	Boden-suspen.		
<i>Chrysanthemum max.</i>	Blatt	5,67	7,13	Braunerde	14. 4.
<i>Verbascum thapsus</i>	„	5,68	7,16	„	9. 4.
<i>Taraxacum officinale</i>	„	5,74	7,28	Zimt-braun. B.	28. 3.
<i>Silybum marianum</i>	„	5,81	7,12	Braunerde	4. 4.
<i>Triticum vulgare</i>	„	5,87	7,20	Alluv. Karb.	28. 3.
<i>Atropa belladonna</i>	„	5,88	7,80	Miner. Karb.	1. 4.
<i>Salvia horminum</i>	„	5,88	7,20	Zimt-brauner	22. 4.
<i>Achillea grandifolia</i>	+ Stengl	5,88	7,32	Miner. Karb.	27. 10.
<i>Medicago hispida</i>	Blatt	5,88	7,17	Zimt-brauner	22. 4.
<i>Primula obconica abes.</i>	„	5,90	7,70	Garten Schw.	28. 3.
<i>Lonicera tatarica</i>	„	5,90	7,29	Miner. Karb.	27. 10.
<i>Sambucus nigra</i>	„	5,92	7,30	„	28. 10.
<i>Rumex sanguinea</i>	„	5,93	7,30	Braunerde	8. 4.
<i>Foeniculum vulgare</i>	„	5,97	7,58	Karb. Braun.	11. 4.
<i>Salix alba</i>	„	6,00	7,40	Miner. Karb.	14. 4.
<i>Echinops ritro</i>	„	6,00	7,30	„	27. 10.
<i>Achillea asplenifolia</i>	„	6,06	7,65	„	1. 4.
<i>Philadelphus coronarius</i>	„	6,11	7,42	„	14. 4.
<i>Trifolium pratense</i>	„	6,14	7,09	Zimt-brauner	21. 4.
<i>Centaurea montana</i>	„	6,17	7,30	„	27. 10.
<i>Urtica dioica</i>	„	6,22	7,10	„	„
<i>Calla aethiopica</i>	„	6,22	8,10	Hydromorph. B.	1. 4.
<i>Chenopodium sp.</i>	„	6,25	7,24	Zimt-braun. B.	21. 4.
<i>Asyneuma canescens</i>	„	6,29	7,00	„	21. 4.
<i>Saxifraga sarmata</i>	„	6,30	7,51	Miner. Karb.	5. 4.
<i>Salvia argentea</i>	„	6,40	7,53	Miner. Karb.	5. 4.
<i>Ranunculus arvensis</i>	„	6,41	7,63	„	1. 4.
<i>Philadelphus lemonae</i>	„	6,41	7,19	„	19. 4.
<i>Papaver rhoeas</i>	„	6,53	7,22	Zimt-braun. B.	22. 4.
<i>Primula elatior</i>	„	6,70	7,08	Braunerde	11. 4.
<i>Cucurbita pepo</i>	„	7,02	7,19	„	15. 4.

Die ökologische Reaktion d. h. die Reaktion der Bodenlösung wird bereits im Wurzelsystem, dann in den Leitbahnen der Stengel und endlich im Blatt beeinflusst und geändert. Die Pufferkraft der Wurzel ist manchmal nicht gross; immerhin nimmt sie teil an der Änderung der Reaktion der aufgenommenen Bodenlösung. Weitere Änderungen des pH-Wertes erfahren die Bodenlösungen teilweise im Laufe ihrer Wanderung durch die Leitbahnen des Stengels so dass sie beim Auftauchen im Blatt schon viel höhere pH-Werte aufweisen. Dadurch ist die regulierende Wirkung des Blattes wesentlich erleichtert. Nur bei geringer Pufferkraft der Wurzeln und des Stengels, oder bei äusserst rascher

Bewegung der Bodenlösung durch die breite Leitbahnen des Stengles (wie es z. B. bei *Cucurbita pepo* der Fall ist), können die Blätter eine physiologische Reaktion die der ökologischen Reaktion nahe steht (7,02—7,19) aufweisen.

Wir haben bereits (Gračanin-Georgiev 1962) berichtet dass die Wurzeln durch extreme ökologische Reaktion stärker als die oberirdischen Organe, besonders die Blätter beeinflusst werden. So schwankte die Verschiebung des pH-Wertes im Pflanzensaft bei extrem azider ökologischen Reaktion (pH 1,90—2,47) in Wurzeln von 0,14—0,65 pH und in oberirdischen Organen von 0,0—0,17 pH.

Besondere Beachtung verdient auch der »Zeitfaktor«. Jedem Experimentator ist wohl bekannt dass die schädliche Wirkung der ökologischen Reaktion erst nach einer gewissen Versuchszeit zum Vorschein kommt. Die Pufferkräfte der Pflanzen widersetzen sich nämlich dieser schädlichen Wirkung von Anfang an. Wenn aber der Ionen-Influx

Tabelle 2

Pflanzenart	Datum	pH des Blattsaftes	Differenz
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	15. 4.	5,12	+0,27
	2. 11.	5,39	
<i>Viburnum tinus</i>	15. 4.	4,92	0,10
	2. 11.	5,02	
<i>Amygdalus communis</i>	27. 5.	4,80	0,92
	2. 11.	5,72	
<i>Ailanthus glandulosa</i>	2. 4.	5,01	0,37
	29. 10.	5,38	
<i>Maclura aurantiaca</i>	24. 5.	5,51	0,19
	2. 11.	5,70	
<i>Fraxinus americana</i>	24. 5.	5,16	0,25
	2. 11.	5,41	
<i>Ulmus campestris</i>	24. 5.	5,28	0,63
	2. 11.	5,91	
<i>Catalpa bignonioides</i>	24. 4.	4,96	0,63
	29. 10.	5,59	
<i>Sophora japonica</i>	27. 5.	5,16	0,94
	28. 10.	6,10	
<i>Morus alba</i>	27. 5.	5,54	0,47
	29. 10.	6,01	
<i>Fraxinus angustifolia</i>	24. 5.	5,39	0,02
	2. 11.	5,41	
<i>Ribes aureum</i>	15. 4.	5,32	0,56
	2. 11.	5,88	

länger andauert, dann vermindert sich das Pufferungsvermögen und die verherende Wirkung der H<sup>+</sup>-Ionen kommt immer mehr zum Ausdruck.

Es war interessant festzustellen ob die physiologische Reaktion der Pflanzenarten im Botanischen Garten von Skopje irgendwelche Änderungen des pH-Wertes im Laufe der Vegetationszeit erfährt. In der Tabelle 2 sind einige Angaben zu dieser Frage veranschaulicht.

Die Messungen zeigen dass vom Frühling bis zum Herbst zu einer gewissen Erhöhung der physiologischen pH-Werte kommt, die gewöhnlich in engen Grenzen von 0,10 bis 0,63 pH, und nur ausnahmsweise bis 0,94 pH liegt.

Es besteht also eine klare Tendenz zur Erhöhung der pH-Werte des Blattsaftes mit der Zunahme der Vegetationszeit. Diese Erscheinung kann entweder als Folge des gehemmten Säuremetabolismus oder der zunehmender Anhäufung den Basen (Ca, Mg, usw.) gedeutet werden. Allem Anschein nach spielt die Anhäufung der erdalkalischen Ionen und die Neutralisierung der Säuren eine entscheidende Rolle. Obwohl der Blattstift gegen Ende der Vegetationszeit etwas höhere pH-Werte aufweist, schwankt diese Verschiebung in relativ engen Grenzen, die für die untersuchten Pflanzenarten des Botanischen Garten in Skopje ziemlich charakteristisch sind.

Es wäre interessant diese Änderungen der pH-Werte derselben Pflanzenarten auch auf saueren Böden zu verfolgen.

Die Literatur über die physiologische und ökologische Reaktion ist in den letzten 40 Jahren derartig angewachsen dass uns hier unmöglich erscheint auch nur oberflächlich die Streitfragen zu behandeln. Ich verweise auf die Monographien, besonders jene von J. Small in welchen manche Fragen der Wechselbeziehungen der ökologischen und physiologischen Reaktion und ihr Verhalten zu Lebensprozessen verschiedener taxonomischer Gruppen diskutiert wurden.

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Etwa 100 Pflanzenarten des Botanischen Gartens von Skopje wurden auf physiologische Reaktion ihres Zellsaftes untersucht und mit der ökologischen Reaktion einer Reihe von alkalischer Böden, die ihnen als Nährsubstrat dienten, verglichen. Der Verfasser kommt zum Schluss dass die physiologische Reaktion vor allem genetisch bedingt ist und die ökologische Reaktion auf diese keine messbare Wirkung ausübt. Die nicht messbare Wirkung findet aber ihren Ausdruck in den Teilprozessen, wie zB. in der Atmungen der Gewebe und der Pflanzenorgane.

\*

Alle Messungen habe ich im physiologisch-ökologischen Laboratorium des Botanischen Institutes in Skopje durchgeführt. Der Laborantin des Institutes Frau Marika Trajčevska sage ich für die technische Assistenz meinen herzlichen Dank aus.



## Literatur

- Arrhenius, O.*, 1922: Bodenreaktion und Pflanzenleben. Leipzig.
- Arrhenius, O.*, 1926: Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum Leipzig.
- Chodat, F.*, 1924: La concentration en ions hydrogène du sol et son importance pour la constitution des formations végétales. Diss. Genève.
- Clevenger, C. B.*, 1919: H-conc. of plant juices. Soil Science 8, 217—247.
- Dustman, R. B.*, 1925: Internal factors related to absorption of mineral elements by plants. Bot. Gaz. 79, 238.
- Garner, W., McMurtry, C. Bacon, E., Moos*, 1923: Sand drown, a chlorosis of tobacco due to magnesium deficiency and the relation of sulphates and chlorides of potassium to the disease. Journ. of Agric. Researches, 23, 27.
- Gračanin, M. i M. Georgiev*, 1962: Zur Wirkung hoher H- und OH-Ionenkonzentrationen auf die Reaktion des Pflanzensaftes und die Atmung der Pflanzen. Biologie, God. Zbornik PMF Skopje, 2, 5—18.
- Hoagland, D.*, and *A. Davis*, 1923: The composition of the cell sap of the plant in relation to the absorption of ions. Journ. Gener. Physiology, 5, 629.
- Kappen, H.*, 1919: Die Azidität der Pflanzensäfte unter dem Einfluss einer Kalkdüngung. Landw. Vers. Stat., 93, 135.
- Mevius, W.*, 1927: Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Freising—München.
- Small, J.*, 1946: pH and Plants. London.
- Small, J.*, 1954: Modern Aspect of pH with special reference to plants and soils. London.
- Ulehla, V., Th. Martinec*, 1937: Reaktivnost půdny studována novými metodami jako soubor ekologických činitelů: I. — 100—115, II. — 156—173, III. — 173—189, Sborník Československé Akademie Zemědělské, roč. XII./2.

## SADRŽAJ

### K ODNOSU EKOLOŠKE REAKCIJE I FIZIOLOŠKIH pH-VRIJEDNOSTI BILJAKA

*Mihovil Gračanin*

(Laboratorij za fiziologiju i ekologiju Botaničkog zavoda u Skopju i  
Istitut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Istraživanja reakcije staničnog soka od oko 100 biljnih vrsta Botaničkog vrta PMF u Skopju, izraslih na smeđim, cimetosmeđim, mineralno-karbonatnim i aluvijalnim tlima, te vrtnim karbonatnim crnicama, kojih je ekološka reakcija bila mahom alkalična, dovela su do ovih spoznaja:

1) da se fiziološka reakcija staničnog soka istraženih biljnih vrsta kreće uglavnom između pH 1,40 (*Begonia rex*) do pH 6,70 (*Primula elatior*);

2) da kod najvećeg broja vrsta reakcija staničnog soka koleba od 5,0—5,97 pH, dok znatno manji broj vrsta ima pH soka od 4,0 do 5,0, odnosno od 6,0—6,7;

3) samo jedna vrsta, *Cucurbita pepo*, pokazivala je neutralnu reakciju (pH 7,02), uz veoma slabo alkaličnu reakciju supstrata (pH 7,19);

4) ekološka reakcija nije imala utjecaja na fiziološku reakciju u takvoj mjeri da bi se ona dala utvrditi; čak ni *Begonia rex* s fiziološkom reakcijom od pH 1,4, nije promijenila tu reakciju ni u alkaličnoj karbonatnoj crnici sa pH 8,02;

5) s porastom vegetacijskog vremena, od proljeća do jeseni, kod niza istraživanih vrsta zabilježen je porast pH-vrijednosti staničnog soka u granicama od pH 0,1—0,63, a samo iznimno i 0,94;

6) na osnovi ovih nalaza daje se pretpostaviti da je reakcija staničnog soka prije svega genetski uvjetovana i za pojedine vrste biljaka karakteristična;

7) činjenica da ekološka reakcija ima izrazit utjecaj na rast i razvoj biljnih vrsta nedvojbeno upućuje da biljke izrasle na tlima ekstremnih pH vrijednosti često žive pod stresom ekološke reakcije. Promjene fiziološke reakcije utjecajem ekološke dadu se mjeriti tek kada koncentracija  $H^+$ , odn.  $OH^-$ -ijona prijeđe određenu granicu, pa puferizacijske snage stanica ne uspijevaju više neutralizirati i vezati slobodne ijone. S pravom možemo pretpostaviti da i ekološke pH-vrijednosti, utjecaj kojih se ne da registrirati u promjenama fiziološke reakcije, mogu mijenjati intenzitet pojedinih fizioloških procesa (disanja i dr.).

Prof. dr Mihovil Gračanin  
Istarska 29  
41000 Zagreb (Jugoslavija)