Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 50 (1982)

Artikel: Vergleich von zehn Klonen von Lemna gibba bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen = Behaviour of ten clones of Lemna gibba at varied concentration of nitrogen

Autor: Dann, Walter / Landolt, Elias

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377719

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *50* (1983), 86-96

Vergleich von zehn Klonen von *Lemna gibba* bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen

Behaviour of ten clones of *Lemna gibba* at varied concentration of nitrogen

von

Elias LANDOLT und Walter DANN

1. Einleitung

Im Rahmen von biosystematisch-ökologischen Untersuchungen an Lemnaceen wird am Geobotanischen Institut ETHZ auch auf die Beziehungen zwischen physiologischen Eigenschaften und dem Vorkommen der einzelnen Arten in der Natur eingegangen. In bezug auf den Stickstoff- und Phosphorbedarf untersuchte LüöND (1980, 1983) je einen Klon von vier Arten (*Spirodela polyrrhiza*, *Lemna gibba*, *L. minor* und *L. minuscula*). Die einzelnen Klone zeigten ein unterschiedliches Verhalten. Es war aber nicht klar, wie weit dieses Verhalten artspezifisch ist. Die Fragestellung, die mit der vorliegenden Untersuchung geklärt werden sollte, lautet: Hält sich die infraspezifische und individuelle Variabilität bei Lemnaceen in engeren Grenzen

als die interspezifische? Das kann nur bei einem Vergleich von mehreren Klonen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet einer Art festgestellt werden. Als Art wurde *Lemna gibba* ausgewählt, die über ein sehr weites geographisches Gebiet verbreitet ist. Die vorliegende Publikation ist ein überarbeiteter Auszug aus der Diplomarbeit des zweiten Autors.

2. Material und Methoden

Die Herkunft der Klone ist aus Tab. 1 ersichtlich. Als Kulturlösung fand Hutner-Lösung (1/5 verdünnt) Verwendung. Um den Stickstoff unabhängig variieren zu können, wurde das $Ca(NO_3)_2 \cdot H_2O$ durch gleichmolares $CaCl_2 \cdot 2\,H_2O$ ersetzt. Der pH-Wert betrug in der autoklavierten Nährlösung 5.5. Die Klone wurden in Erlenmeyer Kolben in 250 ml Lösung kultiviert. Alle acht Tage wurde die Nährlösung erneuert. Vor den Versuchen wuchsen die Klone während vier Wochen unter den gleichen Bedingungen. Pro Klon und Bedingung wurden drei Kolben untersucht. Die Temperatur betrug tagsüber 25.8°,

Tab. 1. Herkunft der untersuchten Klone von *L. gibba* (vgl. LANDOLT und URBANSKA 1980)

Origin of the investigated clones of L. gibba (see also LANDOLT and URBANSKA 1980)

Klon-Nr.	Fundort Kontinent	Land/ Staat	Ort	1)	Klimatyp	2)
8428	Europa	Schweiz	Koblenz	8.3	kühl gemässigt	40
7107	Europa	Deutschland	Berlin	8.8	kühl gemässigt	40
7741	Europa	Italien	Siracusa	17.5	mediterran	40
6751	Nordamerika	Kalifornien	Montherey	21.8	mediterran	50
6729	Nordamerika	Kalifornien	Los Banos	17.2	mediterran	40
7184	Südamerika	Argentinien	Cordoba	17.0	warm gemässigt	50
7982	Südamerika	Argentinien	Buenos Aires	16.1	warm gemässigt	50
7218	Afrika	Südafrika	Grahamstown	16.4	mediterran	80
7245	Afrika	Südafrika	Stellenbosch	17.3	mediterran	70
7705	Asien	Indien	Kaira	26.7	subtropisch	40

1) Jahresmitteltemperatur in °C
2) Chromosomenzahl 2n

nachts 20.4°. Die Lichtintensität schwankte während der Versuche zwischen 16400 Lux und 19200 Lux. Die Tageslänge umfasste zwölf Stunden, wobei in den randlichen anderthalb Stunden die Intensität stufenweise den neuen Bedingungen angepasst wurde.

Die acht Stickstoffkonzentrationen wurden als NH_4NO_3 zugegeben und unterschieden sich je durch einen Faktor 5. Sie betrugen in mg Stickstoff/l: 0.0045, 0.0224, 0.112, 0.56, 2.8, 14.0, 70.0, 350.0. Die Werte sind in mmol/l: 0.0003, 0.0016, 0.008, 0.04, 0.2, 1.0, 5.0, 25.0.

Messgrössen waren: Wachstumsrate k $\left(\frac{\ln N_2 - \ln N_1}{t_2 - t_1}\right)$, Gliedgrösse, Gliedicke und Wurzellänge.

Die Abweichungen der Wachstumsrate zwischen den drei Parallelen betrugen weniger als 10%, jene der übrigen Messgrössen waren dagegen teilweise erheblich grösser.

3. Resultate

3.1. *Wachstumsrate*

Die Wachstumsraten der verschiedenen Klone in verschiedenen Stickstoffkonzentrationen sind in Abb. 1 dargestellt. Es zeigen sich Unterschiede sowohl in bezug auf die Maximalraten wie auch auf die Breiten des Optimalbereiches.

Die maximalen Wachstumsraten (k) betragen: 0.30 (7245), 0.34 (7184, 7218), 0.35 (7107, 7705, 8428), 0.39 (7922), 0.40 (6729, 6751), 0.41 (7741).

Die meisten Klone haben ihren optimalen Wachstumsbereich zwischen den Konzentrationen 4 und 8. Die beiden Klone 6729 und 8428 weisen bei der Konzentration 8 bereits eine über 20%ige Wachstumseinbusse auf. Umgekehrt zeigen die Klone 6751 und 7922 bereits bei der Konzentration 4 eine Einbusse von über 20%. Der Klon 6729 hat selbst bei der Konzentration 3 noch eine Wachstumsrate von über 80% der Maximalrate; die Klone 7107, 7184 und 7922 erreichen nicht einmal mehr 50%, während die anderen Klone dazwischen

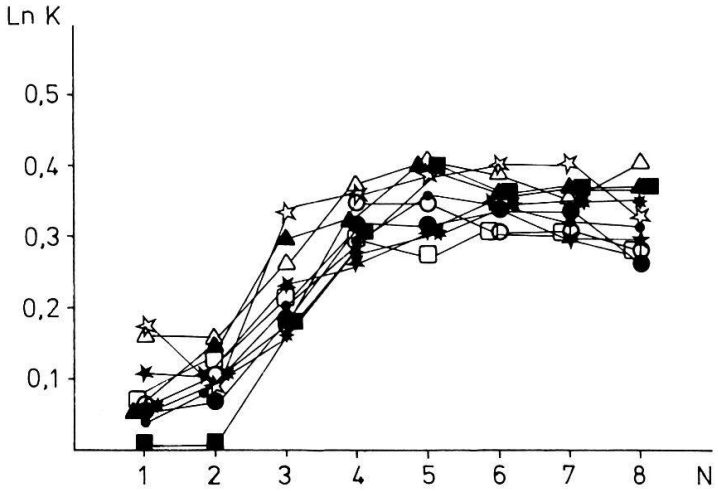

Abb. 1. Wachstumsraten von zehn *Lemna gibba*-Klonen bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen

Growth rates of ten clones of Lemna gibba at varied nitrogen concentrations

○ 7107 △ 7741 ☆ 6729 □ 7245 ✸ 7184
● 8428 ▲ 6751 ★ 7218 ■ 7922 • 7705

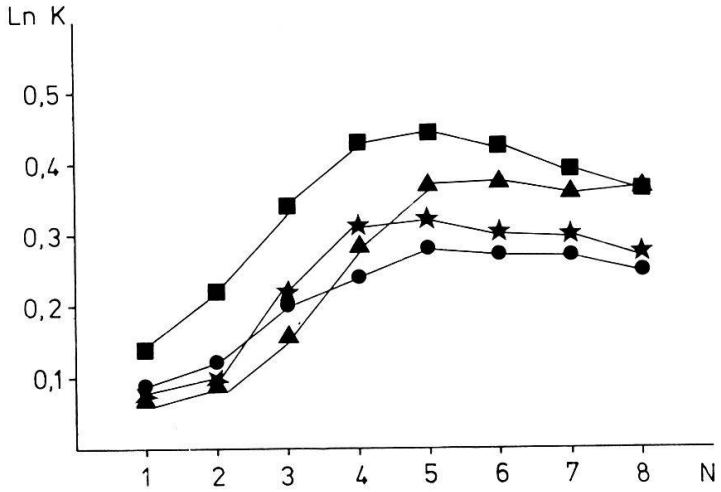

Abb. 2. Wachstumsraten von vier europäischen Lemnaceen-Arten bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen (nach LüöND 1983 und unveröff.)

Growth rates of four European species of Lemnaceae at varied nitrogen concentration (data from LüöND 1983 and unpublished)

● *Lemna minor* ■ *Lemna minuscula*
▲ *Spirodela polyrrhiza* ★ *Lemna gibba*

liegen. Bei den Konzentrationen 1 und 2 ist bei allen Klonen das Wachstum minim und dürfte bei längerer Kultur unter den gleichen Bedingungen ganz aufhören. Versuche von BEYER (unveröff.) mit wechselnden Magnesium- und Calcium-Konzentrationen lassen vermuten, dass die Angewöhnungszeit an die neuen Bedingungen, nach der eine konstante Wachstumsrate zustande kommt, bedeutend mehr als vier Wochen beträgt.

3.2. *Wurzellängen*

Die Klone unterscheiden sich unter den geprüften Bedingungen sehr stark in der Wurzellänge. Die maximalen Wurzellängen betragen: 10-12 cm (7741), 8-10 cm (7107, 7184, 8428), 6-8 cm (7922), 4-6 cm (7705), 2-4 cm (6751, 6729, 7218, 7245). Bei den Konzentrationen 1 und 2 blieben die Wurzeln klein, ebenso nahmen sie bei den höheren Konzentrationen ab. Die längsten Wurzeln wurden bei den Konzentrationen 3 (7218, 7245, 7184), 4 (7107, 8428, 7741, 7922, 7705) und 5 (6751, 6729) gemessen.

Die grossen Unterschiede in der maximalen Länge sind vielleicht teilweise dadurch zu erklären, dass die optimale Konzentration für die Wurzellänge zwischen zwei gemessenen Konzentrationen liegt, die längsten Wurzeln also nicht gemessen werden konnten.

3.3. *Gliedgrössen*

Die maximale Fläche der Glieder (hier als Länge mal Breite ausgedrückt) zeigte ebenfalls grosse Unterschiede zwischen den Klonen: 30-40 mm^2 (7741), 20-24 mm^2 (7107, 8428, 7218, 7184), 16-20 mm^2 (6751, 7245, 7922, 7705) und 8-10 mm^2 (6729). Die maximale Gliedgrösse wurde erreicht bei den Konzentrationen 6 (7107, 8428, 6729, 7218, 7922, 7704), 7 (7184, 7245, 6751) und 8 (7741). Starken Abfall der Grösse bei 8 zeigten die Klone 7107 und 8428. Bei der Konzentration 3 wiesen ausser den Klonen 6729 und 7705 alle Klone z.T. erheblich weniger als 60% der Grösse auf.

3.4. *Glieddicke*

Unter den Versuchsbedingungen wurden keine Glieder beobachtet, die dicker als 1.5 mm waren. Einige Klone (7107, 8428, 7741) zeigten schwach bauchige Glieder (über 1 mm dick) unter den gleichen Konzentrationen wie für die maximale Gliedgrösse (Konzentrationen 6-8).

3.5. *Anthocyanbildung*

Bei Stickstoffmangel wurden teilweise Anthocyane gebildet:

- Rotbraunfärbung der ganzen Glieder (8428, 7107)
- Einzelne Anthocyanpunkte und Flecken auf der Oberseite (6729, 7245, 6751, 7922, 7184, 7705, 7218)
- Anthocyanfärbung vor allem auf der Unterseite (7741).

4. Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass innerhalb von *Lemna gibba* in bezug auf das Verhalten gegenüber verschiedenen Stickstoffkonzentrationen eine deutliche Differenzierung stattgefunden hat. Dabei sind im allgemeinen Klone aus der gleichen Grossregion (7107, 8428, 7741 aus Europa, 6751, 6729 aus Kalifornien, 7218, 7245 aus Südafrika und 7184, 7922 aus Argentinien) einander ähnlicher als weit auseinanderliegende Klone. In bezug auf Wachstumsrate, Wurzellänge, Gliedgrösse, Glieddicke und Anthocyanfärbung liegen die Klone der gleichen Region entweder in der gleichen oder in einer benachbarten Kategorie.

Vergleichen wir die Variationsbreite von *L. gibba* mit den Ergebnissen von LüöND (1980, 1983) an je einem Klon von vier europäischen Arten (*S. polyrrhiza, L. gibba, L. minor, L. minuscula*) (vgl. Abb. 1 und Abb. 2, S. 89), so stellen wir fest, dass das Wachtumsverhalten sich zwar tendenzmässig (aber nicht für alle Klone eindeutig) von jenem der Klone der drei anderen

Arten unterscheidet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass LüöND nur je ein Klon verwendete, und dass bei Heranziehen von mehreren Klonen pro Art die Ueberlappung zwischen den Arten noch bedeutend grösser wäre.

Charakteristisch für *L. gibba* ist ein relativ steiler Anstieg der Wachstumsrate zwischen den Konzentrationen 2 und 4; bei der Konzentration 2 sterben die Klone ab oder zeigen nur noch ein minimales Wachstum; bei der Konzentration 4 ist das Optimum meistens erreicht. Demgegenüber findet der steile Anstieg der Wachstumsrate von *S. polyrrhiza* zwischen den Konzentrationen 4 und 6 und von *L. minuscula* zwischen 1 und 2 statt. *L. minor* zeigt einen sehr flachen Anstieg zwischen den Konzentrationen 2 und 5.

Die maximalen Wachstumsraten liegen für *L. minor* knapp unter jenen von *L. gibba*, für *L. minuscula* eindeutig darüber, während *S. polyrrhiza* innerhalb der Variationsbreite von *L. gibba* liegt.

Bei den Wurzeln wurden innerhalb *L. gibba* maximale Längen zwischen 3 und 12 cm gemessen, wobei diese meist bei der Konzentration 4 auftraten. Unter den gegebenen Bedingungen waren Wurzeln von 6-12 cm charakteristisch für Klone von *L. gibba* aus Europa und Argentinien; kurze Wurzeln fanden sich bei den Klonen aus Kalifornien, Südafrika und Indien (3-6 cm). LüöND (1980) fand bei keiner der drei zusätzlich untersuchten Arten so lange Wurzeln (*L. minor* bis 4 cm, *S. polyrrhiza* bis 2.5 cm, *L. minuscula* bis 1 cm). Charakteristisch für die *L. gibba*-Klone (ausgenommen 7218) ist ein starker Abfall der Wurzellänge zwischen den Konzentrationen 3 und 2 (bei den europäischen Klonen bereits zwischen 4 und 3), während die Wurzellängen der drei anderen Arten nur wenig abnehmen.

Besonders deutliche Unterschiede treten in der Gliedgrösse innerhalb *L. gibba* auf. Zwischen den kleinsten Gliedern von Klonen aus Kalifornien und den grössten von Klonen aus Europa herrscht ein Verhältnis von 1:3-4. Die Gliedgrösse liegt damit zwischen mittleren Gliedern von *L. minor* und mittleren Gliedern von *S. polyrrhiza*. *L. minuscula* wies unter den gegebenen Bedingungen immer kleinere Glieder auf.

Das am leichtesten erkennbare Merkmal von *L. gibba* gegenüber *L. minor* ist die Bauchigkeit, die aber unter den gemessenen Bedingungen nur selten und wenig ausgeprägt auftrat. Die Nährlösung nach Hutner fördert im allgemeinen die Bauchigkeit nur wenig. Schwache Bauchigkeit erreichten die Glieder

aus Europa bei den Konzentrationen 3-7. Die übrigen Klone blieben fast völlig flach. Ein Unterschied in dieser Beziehung gegenüber *L. minor* konnte deshalb unter den Versuchsbedingungen nicht beobachtet werden.

Auch in bezug auf die Anthocyanfärbung zeigten sich Unterschiede zwischen den Klonen, besonders zwischen den sich bei Stickstoffmangel stark färbenden Klonen aus Europa und den nur einzelne Anthocyanpunkte aufweisenden Klonen aus anderen Gegenden (wobei das Anthocyan gelegentlich nur unter der Lupe erkennbar war). Anthocyanfärbungen traten bei den anderen drei Arten unter den gleichen Bedingungen nur bei *S. polyrrhiza* auf.

Bereits 1919 hat MENDIOLA morphologische Unterschiede und unterschiedliche Wachstumsraten bei verschiedenen Klonen von *L. minor* festgestellt. Auch LANDOLT (1957) wies ein unterschiedliches Verhalten verschiedener Klone vieler Arten von Lemnaceen in bezug auf deren Verhalten gegenüber verschiedenen Temperatur- und Lichtbedingungen und im Blühverhalten nach; die einzelnen Arten verhielten sich im Mittel zwar verschieden, aber einzelne Klone überlappten in vielen Werten. Auch damals wurden bereits deutliche geographische Unterschiede festgestellt (z.B. *L. gibba*-Klone aus Europa und Kalifornien). Seither sind viele physiologische Unterschiede zwischen Klonen der gleichen Art erkannt worden, so z.B. im Blühverhalten von *L. aequinoctialis* (YUKAWA und TAKIMOTO 1976, HILLMAN 1979, BEPPU und TAKIMOTO 1981a), im Verhalten von *L. aequinoctialis* bei verschiedenen Temperaturen und bei der Ueberwinterung (BEPPU und TAKIMOTO 1981b), in den Malatdehydrogenase-Aktivitäten von *L. minor* (JEFFERIES et al. 1969) und in der Toleranz gegenüber Radioaktivität von *L. minor* und *S. polyrrhiza* (WOZAKOWSKA-NATKANIEC 1977). Weitere infraspezifische Unterschiede bei Lemnaceen wurden von SPOONER (1967), PORATH et al. (1980), DAVIDSON und SIMON (1981a,b) und SARIOSEK et al. (1982) aufgedeckt.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist ersichtlich, dass zur morphologischen und physiologischen Charakterisierung einer Art eine ganze Reihe von Klonen untersucht werden müssen. Gerade auch physiologische Merkmale können eine breite infraspezifische Variation zeigen und sind deshalb nicht immer gegenüber anderen Arten abgrenzbar. Aehnlich wie bei den morphologischen Eigenschaften gilt es auch bei den physiologischen herauszufinden, wie gross die Variationsbreite ist, bevor sie als differenzierende Artmerkmale herangezogen werden können. So ist beispielsweise für *S. polyrrhiza* die

Fähigkeit, Turionen zu bilden, ein einwandfreies unterscheidendes Merkmal gegenüber den nah verwandten Arten *S. biperforata* und *S. intermedia*. Die Bedingungen, die zur Turionenbildung führen, können aber innerhalb von *S. polyrrhiza* recht unterschiedlich sein.

Die Erwartung, klare Unterschiede zwischen *L. gibba* und *L. minor* in bezug auf das Verhalten gegenüber verschiedenen Stickstoffkonzentrationen zu erhalten, wurde nur in geringem Mass erfüllt. Die Ergebnisse von LüöND (1983) mit verschiedenen Phosphorkonzentrationen und jene von ZIMMERMANN (1981) und BEYER (n.publ.) mit verschiedenen Calcium- und Magnesiumkonzentrationen lassen deutlichere Artunterschiede vermuten. Auf jeden Fall steht fest, dass die Arten innerhalb der Lemnaceen trotz ihrer starken ökologischen Spezialisierung genetisch nicht eng fixiert sind und Sippendifferenzierungen stattfinden können.

Zusammenfassung

Von zehn verschiedenen *L. gibba*-Klonen aus Europa, Afrika, Nord- und Südamerika und Indien wurden Wachstumsrate, Wurzellänge, Gliedgrösse und Glieddicke gemessen und die Anthocyanbildung unter verschiedenen Stickstoffkonzentrationen beobachtet. Es zeigten sich folgende Ergebnisse:

1. In bezug auf alle untersuchten Merkmale zeigten sich ziemliche Unterschiede zwischen den Klonen.
2. Klone aus gleichen Regionen (Europa, Nordamerika, Südamerika, Afrika) verhalten sich ähnlicher als solche aus verschiedenen Regionen.
3. Typisch für *L. gibba* ist der rasche Anstieg der Wachstumsrate zwischen den Stickstoffkonzentrationen 2 und 4 (0.02 und 0.56 mg N/l) und eine meist starke Verlängerung der Wurzeln bei mittleren Konzentrationen (0.1-2.8 mg N/l). Der von LüöND (1980, 1983) untersuchte Klon der nah verwandten *L. minor* hat einen weniger steilen Anstieg der Wachstumsrate im gleichen Bereich und die längsten Wurzeln bei niederen Stickstoffkonzentrationen (0.005-0.56 mg N/l).
4. Eine genaue Abgrenzung von *L. gibba* im Verhalten bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen gegenüber anderen Arten ist wegen der infraspezifischen Variationsbreite nicht möglich. Aehnliche Variationsbreiten anderer physiologischer Merkmale wurden bereits früher festgestellt. Sie zeigen, dass sich die Arten der Lemnaceen sehr plastisch verhalten und Sippendifferenzierungen noch stattfinden.

Summary

The growth rate, root length, frond area and frond thickness of ten different clones of *L. gibba* from Europe, Africa, North and South America and India were measured under different nitrogen concentrations of a nutrient solution. Anthocyanin formation was also observed. The following results were found:

1. Differences between the clones can be detected in regard to all investigated characteristics.
2. Clones from the same region (Europe, Africa, North America, South America) behave more similarly than those from different regions.
3. A sharp increase in the growth rate between nitrogen concentrations of 2 and 4 (0.02-0.56 mg N/l) and a pronounced elongation of the roots at medium concentrations (0.1-2.8 mg N/l) are characteristic for *L. gibba*. The clone of *L. minor*, which was investigated by LüöND (1980, 1983), showed a less steep rise in the growth rate within the same concentration range. The same clone had the longest roots at low nitrogen concentrations (0.005-0.56 mg N/l).
4. A sharp limitation of *L. gibba* against other species of the *Lemnaceae* is not possible due to large infraspecific variations in its behaviour at different nitrogen concentrations.

Literatur

BEPPU T. und TAKIMOTO A., 1981a: Further studies on the flowering of *Lemna paucicostata* in Japan. Bot.Mag.Tokyo *94*, 69-76.

- - 1981b: Growth of various ecotypes of *Lemna paucicostata* in Japan under various temperature conditions, and their wintering forms. Bot.Mag.Tokyo *94*, 107-114.

DANN W., 1982: Vergleich von Klonen verschiedener Herkünfte in ihrem Verhalten gegenüber Stickstoffkonzentrationen und Stickstofformen am Beispiel von *Lemna gibba*. Diplomarbeit Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, 56 S.

DAVIDSON D. und SIMON J.-P., 1981a: Thermal adaptation and acclimation of ecotypic populations of *Spirodela polyrrhiza* (*Lemnaceae*): thermostability and apparent activation energy of NAD malate dehydrogenase. Can.J.Bot. *59*, 1061-1068.

- - 1981b: Thermal adaptation and acclimation of ecotypic populations of *Spirodela polyrrhiza* (*Lemnaceae*). Morphology and growth rates. J.Therm.Biol. *6*(3), 121-128.

HILLMAN W.S., 1979: Temporal compartmentation in *Lemna paucicostata*: Photoperiodism, respiration, nitrogen nutrition and heterotrophic growth of different strains. Am.J.Bot. *66*, 1021-1028.

JEFFERIES R.L., LAYCOCK D., STEWART G.R. und SIMS A.P., 1969: The properties of mechanisms involved in the uptake and urilization of calcium and potassium by plants in relation to an understanding of plant distribution. In: RORISON I.H. (ed.), Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Oxford, England. 281-307.

LANDOLT E., 1957: Physiologische und ökologische Untersuchungen an Lemnaceen. Ber.Schweiz.Bot.Ges. *67*, 271-410.

- und URBANSKA-WORYTKIEWICZ K., 1980: List of the studied *Lemnaceae* samples: origin and chromosome numbers. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *70*, 205-247.

LüöND A., 1980: Effects of nitrogen and phosphorus upon the growth of some *Lemnaceae*. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *70*, 118-141.

- 1983: Biosystematic investigations in the family of duckweeds (*Lemnaceae*). Bd. 3. Das Wachstum von Wasserlinsen (*Lemnaceae*) in Abhängigkeit des Nährstoffangebots, insbesondere Phosphor und Stickstoff. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *80*, 120 S.

MENDIOLA N.B., 1919: Variation and selection within clonal lines of *Lemna minor*. Genetics *4*, 151-182.

PORATH D., EFRAT Y. und ARZEE T., 1980: Morphological patterns and heterogeneity in populations of duckweeds. Aquat.Bot. *9*(2), 159-168.

SAROSIEK J., WOZAKOWSKA-NATKANIEC H. und NIEMIEC C., 1982: The influence of heavy metals on dynamics of the *Lemna minor* population. (In Polish). Acta Univ.Wratislaviensis 520, Prace Bot. *25*, 11-39.

SPOONER W.E., 1967: Local variation in *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. (*Lemnaceae*). Master's thesis. North Carolina State Univ., Raleigh. 32 S.

WOZAKOWSKA-NATKANIEC H., 1977: Ecological differentiation of *Lemna minor* L. and *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. populations. Acta Soc. Bot.Pol. *46*, 201-229.

YUKAWA I. und TAKIMOTO A., 1976: Flowering response of *Lemna paucicostata* in Japan. Bot.Mag. *89*, 241-250.

ZIMMERMANN M.A., 1981: Einfluss von Calcium und Magnesium auf das Wachstum von mitteleuropäischen Lemnaceen-Arten. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *48*, 120-160.

Adresse der Autoren: Prof. Dr. Elias LANDOLT
Walter DANN, dipl.Natw.ETH
Geobotanisches Institut ETH
Stiftung Rübel
Zürichbergstr. 38
CH-8044 Zürich