

|                     |                                                                                                                               |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zeitschrift:</b> | Botanica Helvetica                                                                                                            |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Botanische Gesellschaft                                                                                        |
| <b>Band:</b>        | 101 (1991)                                                                                                                    |
| <b>Heft:</b>        | 1                                                                                                                             |
| <b>Artikel:</b>     | Ethylenabhängige Wachstums- und Entwicklungsprozesse bei Stecklingen der Brunnenkresse ( <i>Nasturtium officinale</i> R. Br.) |
| <b>Autor:</b>       | Schwegler, Thomas / Brändle, Roland                                                                                           |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-70307">https://doi.org/10.5169/seals-70307</a>                                         |

### **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:** 23.02.2026

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

# Ethylenabhängige Wachstums- und Entwicklungsprozesse bei Stecklingen der Brunnenkresse (*Nasturtium officinale* R. Br.)

Thomas Schwegler und Roland Brändle

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern, Schweiz

Manuskript angenommen am 18. Juli 1990

## Abstract

Schwegler Th. und Brändle R. 1991. Ethylene-dependent growth and development of cuttings of the water cress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *Bot. Helv.* 101: 135–140.

Ethylene promotes shoot formation from buds and restricts adventitious root formation in cuttings of the water cress. The ethylene effects are counteracted by silver ions but not by cobalt ions in the presence of ethylene. Flooding or submergence of cuttings mimics the ethylene mediated growth processes. The internal atmosphere of submerged plant tissues is enriched in ethylene. Despite the limited development of the adventitious root system, plantlets regenerate to independent plants within a few days. This behaviour can be interpreted as an adaptive strategy to periodical flooding as occurs in the natural habitats such as small, fast moving rivers.

**Key words:** Ethylene, flooding, development, growth, *Nasturtium officinale*, submergence, water cress.

## Einleitung

Bachröhrichte und Schwimmblattpflanzen in stehenden Gewässern sind Wasserstandsschwankungen ausgesetzt. Seerosen vermeiden eine langzeitige Überflutung der Blätter durch ein Wachstum der Blattstiele, welches durch akkumuliertes Ethylen induziert wird (Ridge 1987). An Pflanzen von Fließgewässern wurde bislang nur die Gattung *Rumex* eingehend untersucht. Bei den verschiedenen *Rumex*-Arten trockener und nasser Standorte zeigte sich, daß Ethylen bei den fluttoleranten Arten das Blattstielwachstum begünstigt, hauptsächlich aber das Wurzelsystem verändert. Das Hauptwurzelsystem wird durch ein aerenchymreiches Adventivwurzelsystem ersetzt, welches oberhalb der Wasserlinie ansetzt (Laan 1990). Die Ausbildung von Durchlüftungsgeweben und die Anlage von Adventivwurzeln ist auch bei überfluteten Landpflanzen recht häufig anzutreffen (Jackson 1989).

*Nasturtium officinale* (R. Br.) ist ein winterharter, echter Vertreter unserer Bachröhrichte. Die Brunnenkresse lebt vorwiegend amphibisch. Sie ist daher speziell geeignet, um Strategien auf die Überflutung, unter Mitwirkung des Phytohormons Ethylen, zu untersuchen.

## Material und Methoden

Die Brunnenkressen (*Nasturtium officinale* R. Br.) wurden aus Quellwasserbecken des Botanischen Garten Berns entnommen. Während der Wintermonate 1988/89 und 1989/90 wurden submerse Rosettensprosse eingesammelt und während dreier Wochen in wenig, belüfteter Hutmacher-Nährlösung ( $5 \times$  verdünnt) bei 16 h Belichtung mit  $23 \cdot 10^{18}$  Quanten/m<sup>2</sup> · sec (Quantameter, 2500 Tectum Instrument, Umea, Schweden) weitergezogen. Die Nährlösung wurde wöchentlich gewechselt. Die Temperatur im Kulturräum betrug  $20 \pm 1$  °C. Unter diesen Bedingungen entwickelten sich emerse, gestreckte Sprosse. Dieses homogene Pflanzenmaterial konnte anschließend in Stecklinge zerlegt werden. Ein Steckling bestand aus einem 3 cm langen, einfach beblätterten Stengelstück ohne sichtbare Seitensprosse oder Adventivwurzeln in der Blattachse.

Für die verschiedenen Versuchsansätze wurden je vier Stecklinge in Infusionsflaschen (1250 ml) mit Gummisepten gebracht und emers in 15 ml Nährlösung oder submers weiterkultiviert. Ethylen wurde gasförmig mit gasdichten Hamiltonspritzen durch das Gummiseptum zudosiert. Die verschiedenen Gasgemische wurden mittels N<sub>2</sub> und Luft eingestellt, mit einem O<sub>2</sub>-Analysator (Toray LF 700, Lippke Stuttgart) kontrolliert und über die ganze Versuchsdauer konstant gehalten. Das Ethylen wurde gaschromatographisch mittels Eichkurven erfaßt (Sigma 300 Dual FID, Perkin Elmer, Basel: Poropak Q 100–200 M, Ofen 130 °C, Injektor 170 °C, Detektor 190 °C, Trägergas N<sub>2</sub> 30 ml/min). Das interne, extrahierbare Ethylen wurde nach Vorbehandlung der Sprosse in 0,1% TWEEN-Lösung und Überführen in gesättigte (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung (Voesenek und Blom 1989) nach der Vakuum-Methode von Beyer und Morgan (1970) während 90 sec bei 100 mbar extrahiert. Die Ethylenbestimmung erfolgte anschließend wie oben beschrieben. Mit dieser Methode wird allerdings nur ein der Gesamtmenge proportionaler Anteil erfaßt. Als Hemmstoff der Ethylen synthese benutzten wir Kobaltionen, welche als Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> der Nährlösung zugegeben wurden (Lau und Yang 1976). Kobaltionen hemmen die Umsetzung von ACC zu Ethylen. Um die Ethylenwirkung mit Silberionen zu hemmen, setzten wir Silbernitrat ein (Drew et al. 1981). Die Experimente mit den lichtempfindlichen Silberionen wurden im Dunkeln ausgeführt.

## Resultate

Exogenes Ethylen fördert das Längenwachstum der sich neu entwickelnden Seitensprosse von emers kultivierten Stecklingen (Abb. 1). Die ethylenbehandelten Seitensprosse sind zwischen dem vierten und achten Tag etwa doppelt so lang wie die Kontrollen. Später sind die Unterschiede geringer, weil das Streckungswachstum der Seitensprosse begrenzt ist. Das Längenwachstum der Adventivwurzeln wird bei 10 ppm Ethylen gehemmt. Am fünften Tag beträgt die mittlere Wurzellänge bei den ethylenbehandelten Stecklingen nur  $2,7 \pm 1,1$  cm ( $n = 139$ ) im Vergleich zu den unbehandelten Stecklingen, welche Wurzellängen von  $5,0 \pm 2,9$  cm ( $n = 131$ ) aufwiesen. Die beobachteten Ethyleneffekte sind abhängig von der angewendeten Ethylenkonzentration. Sie können schon bei 0,01 ppm erfaßt werden und erreichen ihre maximale Ausbildung bei 1 bis 10 ppm Ethylen.

Submers kultivierte Stecklinge enthalten 3–4fach höhere interne Ethylenkonzentrationen nach 24 h. Die bestimmten Konzentrationen liegen, vor allem unter Berücksichtigung der Extraktionsverluste, durchaus in einer wirksamen Größenordnung (Abb. 2a). Das Wachstum submerser Seitensprosse ist bei unbewegter Umgebung höher als bei starker Belüftung oder N<sub>2</sub>-Begasung der Nährlösung, wo die Ethylenkonzentrationen durch den verbesserten Austausch mit der Umgebung herabgesetzt werden (Abb. 2b).

Die Wachstumsförderung bei Seitensprossen, wie die Wachstumshemmung bei Adventivwurzeln durch Ethylen, tritt am deutlichsten bei 20% Sauerstoff auf. Bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen sind die ethyleninduzierten Effekte aber nur unwesentlich kleiner. Niedrige O<sub>2</sub>-Konzentrationen wirken generell wachstumshemmend (Abb. 3).

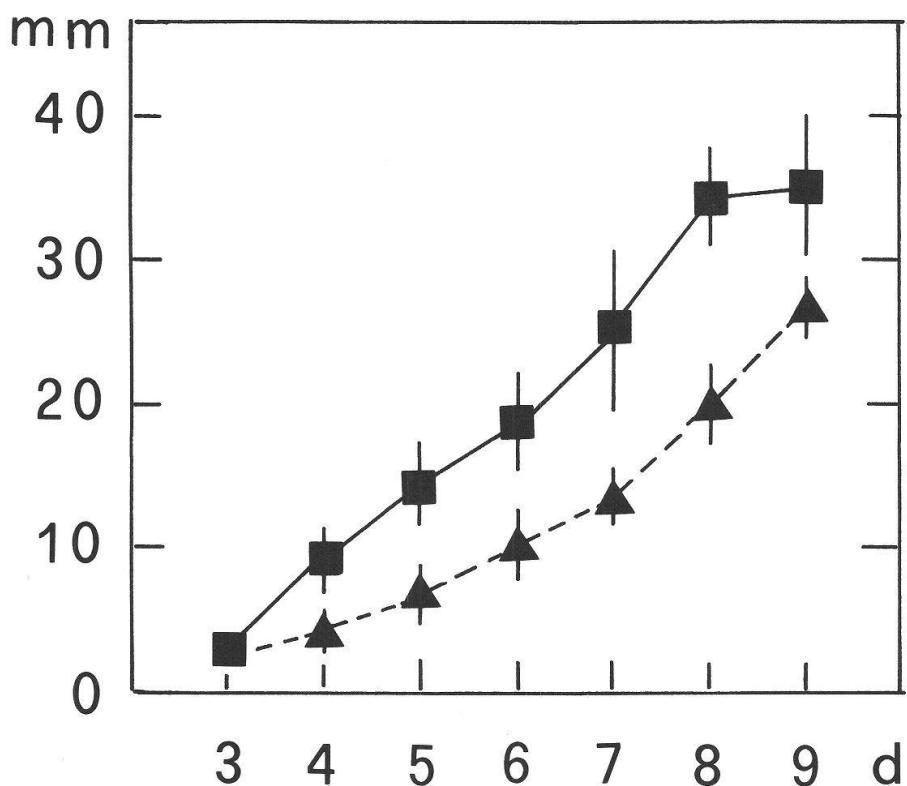


Abb. 1. Längenwachstum von Sprossen emers kultivierter Stecklinge bei Ethylenwirkung in Abhängigkeit von der Zeit. 8 Experimente  $\pm$  S.D. Es bedeuten: ■ 10 ppm Ethylen, ▲ Kontrolle ohne exogenes Ethylen.

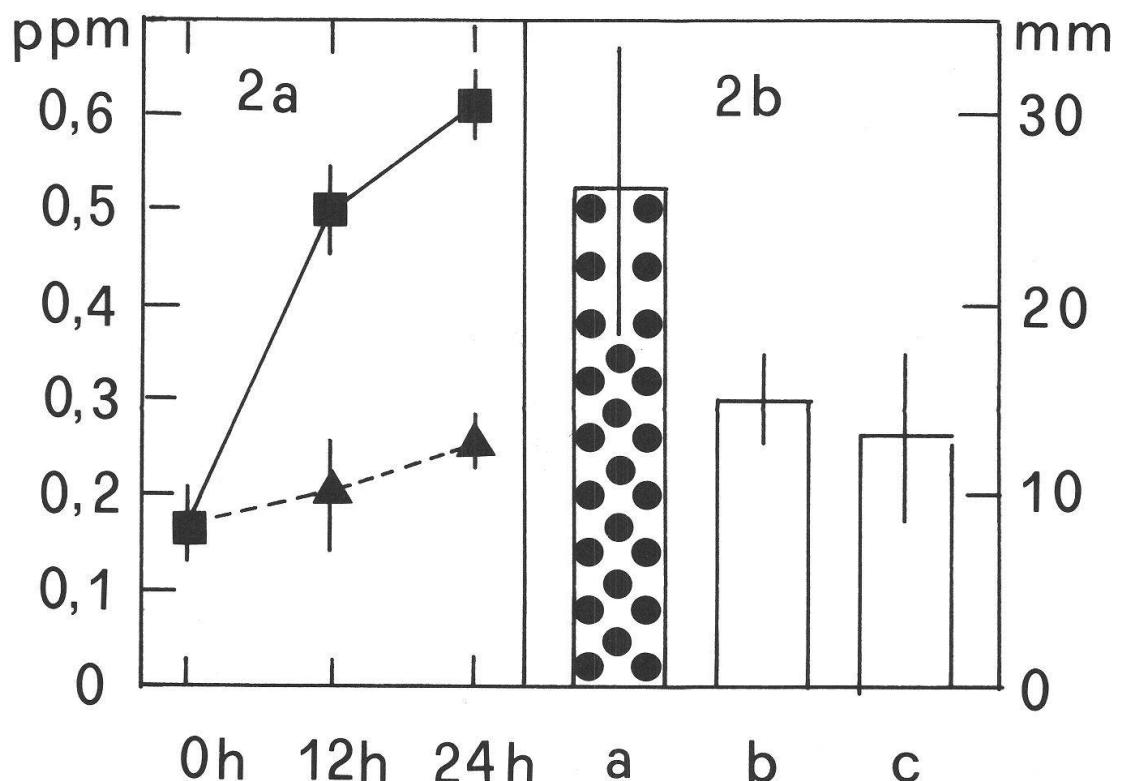


Abb. 2. Ethylenakkumulation im Gewebe und Wachstum von Seitensprossen bei Überflutung: a: Extrahierbares Ethylen von submersen und emersen Sprossen nach 24 h. 3 Experimente  $\pm$  S.D. Es bedeuten: ■ submers, ▲ emers. – b: Länge von submersen Sprossen nach 7 d Wachstum: a = unbelüftet, b = belüftet und c = N<sub>2</sub>-Begasung. 12 Experimente  $\pm$  S.D.

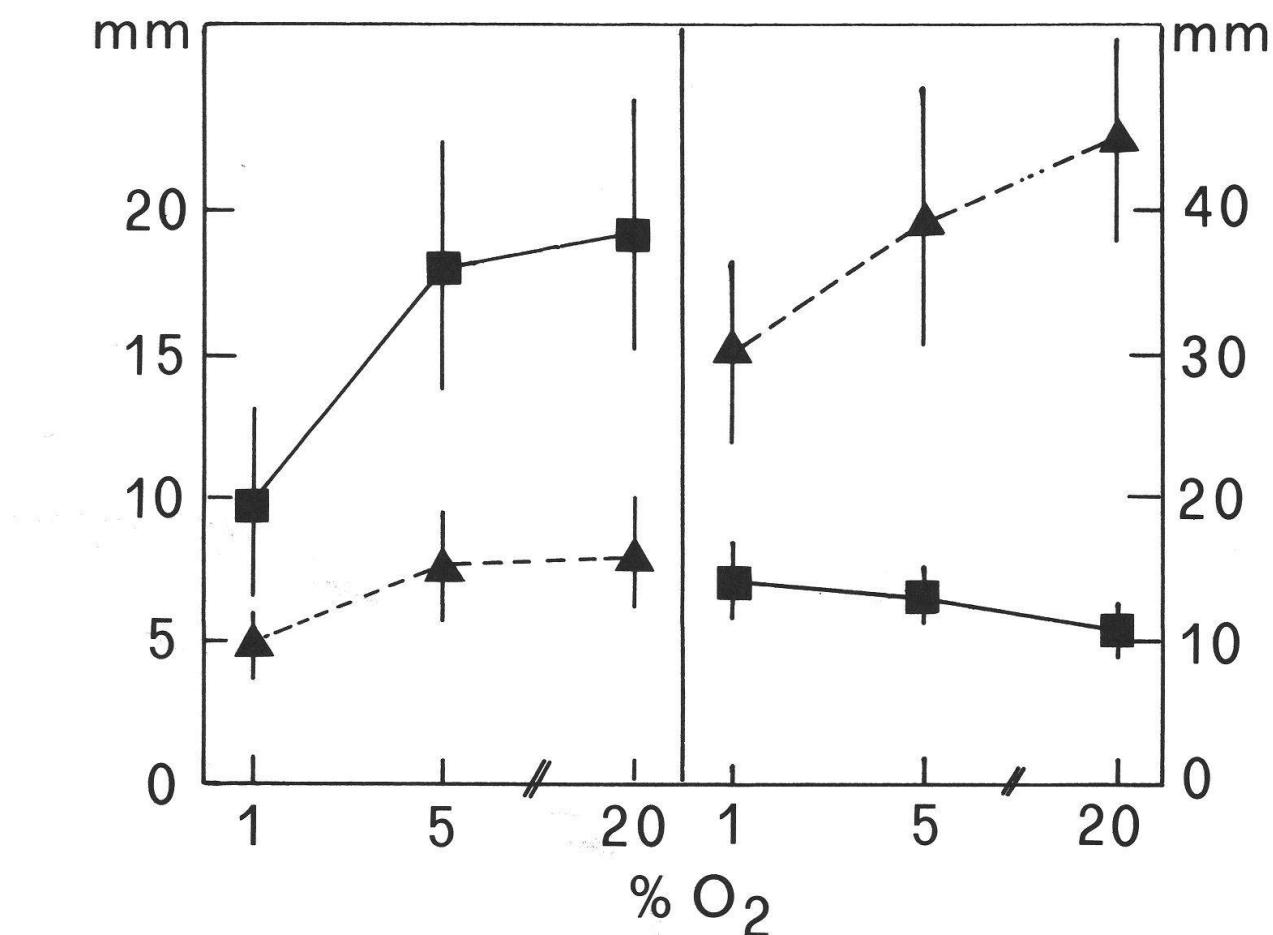


Abb. 3. O<sub>2</sub>-Abhängigkeit des Wachstums der Seitensprosse (links) und der längsten Adventivwurzel jedes Stecklings (rechts). Länge nach 5 Tagen Inkubation mit 10 ppm (■) und ohne (▲) Ethylen. 8 Experimente  $\pm$  S.D.

Hemmstoffe, die die Ethylen synthetisieren (Kobaltionen) und die Ethylenwirkung (Silberionen) beeinflussen, zeigen die erwarteten Reaktionen der Stecklinge (Abb. 4). Ethylen allein wirkt fördernd auf Seitensprosse, Kobaltionen allein entfalten keine sichtbare Wirkung, in Kombination mit Ethylen tritt eine Wachstumsförderung auf. Silberionen allein und in Kombination mit Ethylen wirken wachstumshemmend. Die Reaktionen der Adventivwurzeln auf die gleichen Hemmstoffe sind, der Erwartung entsprechend, im großen ganzen gegenläufig.

## Diskussion

Die Untersuchungen an Stecklingen der Brunnenkresse (*Nasturtium officinale* R. Br.) haben eindeutig ergeben, daß exogenes und bei Überflutung endogen akkumuliertes Ethylen das Auswachsen der Seitensprosse aus den Achselknospen beschleunigt. Gestützt auf die Resultate aus den Hemmstoffversuchen geht hervor, daß Ethylen hauptverantwortlich ist, obschon auch andere Phytohormone (Auxin, Gibberelline) mitbeteiligt sind (Jackson 1985). Die spektakulären Längenzunahmen von einigen dm/Tag der Blattstiele von Schwimmblattpflanzen werden zwar nicht erreicht; dennoch kann man anneh-

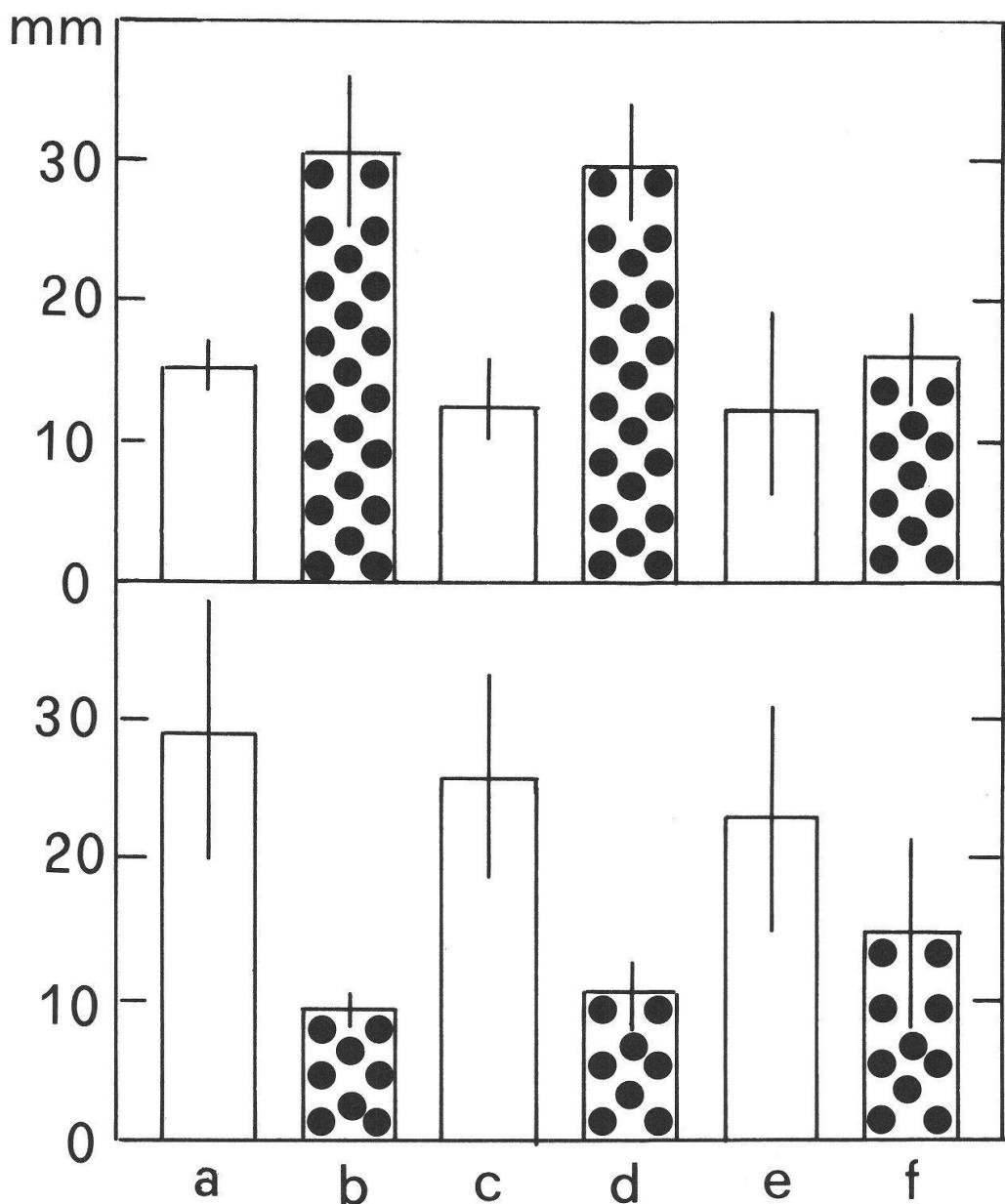


Abb. 4. Effekte von Ethylen in Kombination mit Hemmstoffen der Ethylensynthese und der Ethylenwirkung. Längenwachstum der Seitensprossen (oben) und der Adventivwurzeln (unten) nach 6 Tagen. 8 Experimente  $\pm$  S.D. Es bedeuten: a = Kontrolle, b = 10 ppm Ethylen, c = 20  $\mu$ M  $\text{Co}^{2+}$ , d = 10 ppm Ethylen + 10  $\mu$ M  $\text{Co}^{2+}$ , e = 2  $\mu$ M  $\text{Ag}^+$ , f = 10 ppm Ethylen + 2  $\mu$ M  $\text{Ag}^+$ .

men, daß dem Wachstum die gleichen Mechanismen, nämlich Wiederherstellen der Plastizität der Zellwände durch ethyleninduzierte Protonenabgabe und Zellstreckung durch Wasseraufnahme, zugrunde liegen (Osborne 1984). Die relativ kurzen Seitensprosse sind vermutlich die Folge der geringen Reserven im Steckling. Offensichtlich reicht die Photosynthese anfänglich für diese extrem raschen Wachstumsprozesse nicht aus. Einen Hinweis darauf liefern ganz untergetauchte Pflanzen. Sie bilden sehr rasch eine variable Anzahl bewurzelter und unterschiedlich langer Seitensprosse auf Kosten der Mutterpflanze, die ausbleicht und zugrunde geht. Diese Beobachtung führt qualitativ zur

gleichen Aussage wie die Untersuchungen an Stecklingen. Die Heterogenität des Pflanzenmaterials verunmöglicht aber eine quantitative und kausalanalytische Auswertung.

Im Unterschied zu *Rumex palustris* und *R. maritimus* (Voesenek + Blom 1989, Laan 1990), sowie zu den Schwimmblattpflanzen, die alle auch ein ethyleninduziertes Wachstum aufweisen, kann die Brunnenkresse zusätzlich sehr rasch vollständige Ausläuferpflanzen bilden, obschon die Wurzelentwicklung durch Ethylen behindert wird. Diese Regenerationskapazität stellt wohl eine additive Überlebensstrategie dar.

Ein bemerkenswerter Unterschied zwischen Bach- und Seeröhrichten ist der, daß Seeröhrichtpflanzen, z. B. Schilf (*Phragmites australis*), nicht nennenswert auf Ethylen reagieren (Brändle 1990 a). Hier sind die Strategien, die zur Überflutungsresistenz der Rhizome führen, für das Überleben ausschlaggebend (Brändle 1990 b).

## Literatur

- Beyer E. M. and Morgan P. W. 1970. A method for determining the concentration of ethylene in the gas phase of vegetative plant tissues. *Plant Physiol.* 46: 352–354.
- Brändle R. 1990 a. Überflutungsstrategien der Rhizome von Sumpf- und Röhrichtpflanzen. *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung*. TUB 71: 103–120.
- Brändle R. 1990 b. Flooding resistance of rhizomatous amphibious plants. In: Jackson M. B., Davies D. D. and Lambers H (eds.): *Plant life under oxygen deprivation*, p. 35–46. The Hague, SPB Academic Publishing.
- Drew M. C., Jackson M. B., Giffard S. C. and Campbell R. 1981. Inhibition by silver ions of gas space (aerenchyma) formation in adventitious roots of *Zea mays* L. subjected to exogenous ethylene or oxygen deficiency. *Planta* 153: 217–224.
- Jackson M. B. 1985. Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36: 145–174.
- Jackson M. B. 1989. Regulation of aerenchyma formation in roots and shoots by oxygen and ethylene. *NATO ASI Series H35*: 263–274.
- Laan P. 1990. Mechanisms of flood-tolerance in *Rumex*-species. Quickprint Nijmegen, p. 159.
- Lau O. L. and Yang S. F. 1976. Inhibition of ethylene production by cobaltous ion. *Plant Physiol.* 58: 114–117.
- Osborne D. J. 1984. Ethylene and plants of aquatic and semi-aquatic environments: a review. *Plant Growth Regul.* 2: 167–185.
- Ridge I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. In: Crawford R. M. M. (ed.): *Plant life in aquatic and amphibious habitats*, p. 53–76. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Voesenek, L. A. C. J. and Blom C. W. P. M. 1989. Growth responses of *Rumex* species in relation to submergence and ethylene. *Plant, Cell and Environment* 12: 433–439.