Gartenbauwissenschaft, **65** (6). S. 272–279, 2000, ISSN 0016–478X. © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Ethylenemission von Pelargonienstecklingen während der Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen

Ethylene Emission of Cuttings of Pelargonium During the Storage at Different Temperatures

R. Kadner[1], U. Drüge[1] und F. Kühnemann[2]
([1]Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V. und [2]Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn)

Zusammenfassung

Durch die weltweite Mutterpflanzenhaltung werden Pelargonienstecklinge bis zu 4 Tage bei Temperaturen von 3 bis 18 °C transportiert, bevor sie zur Bewurzelung gesteckt werden. Dabei kommt es häufig zu großen Verlusten durch Ausfälle während der Bewurzelungsphase, die durch das gasförmige Phytohormon Ethylen als eine der maßgeblichen Ursachen für verstärkte Seneszenz hervorgerufen werden können.

Mittels photoakustischer Spektroskopie wurde eine kontinuierliche, mehrtägige Messung der Ethylenemission von Pelargonienstecklingen bei Lagerung unter wechselnden Temperaturen durchgeführt. Das Schneiden des Stecklings führte zur Produktion von Wundethylen. Die Wundethylenproduktion erreichte nach 4 bis 12 h das Maximum und war nach 24 h abgeschlossen. Eine Kühlung der Stecklinge konnte die Ethylenemission verhindern, war aber für die Stecklinge eine Stresssituation und führte bei anschließender Erwärmung zu verstärkter Ethylenemission (Kältestressethylen). Die Ethylenkonzentration der Luft in unterschiedlichen Verpackungen wurde gaschromatographisch gemessen. Bei Verwendung perforierter PE-Beutel entstand auch bei einer Lagertemperatur von 20 °C nur eine sehr geringe Ethylenkonzentration. Die kausale Beziehung zwischen unterschiedlichen Ethylenkonzentrationen als Folge unterschiedlicher Sorten oder verschiedener Transport- oder Lagersituationen und der nachfolgenden Seneszenz konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Diese Zusammenhänge sind in weiteren Untersuchungen durch Einsatz von Ethylenblockern in Zusammenhang mit Ethylenmessungen aufzuklären.

Summary

As a result of the stock plant production worldwide, pelargonium cuttings are transported for periods of 4 days at maximum and exposed to varying temperatures (3 °C – 18 °C), before they are rooted in Germany. This causes high losses due to high rates of premature decay occurring during the rooting period, and the gaseous plant hormone ethylene may be causally involved as a senescence promoting factor. The rates of ethylene emission by pelargonium cuttings stored under different temperatures were continuously measured for several days, using a photoacoustic trace gas detector. Separating the cutting from the stock plant induced the production of wound ethylene, which reached a maximum after 4 till 12 hours and was completed within 24 hours. Cooling the cuttings suppressed ethylene production, but stressed the cuttings, which resulted in an increased ethylene emission (chilling ethylene) when the cuttings were rewarmed. Ethylene concentrations accumulating inside of different packages were analyzed by gas chromatography. Very low ethylene concentrations were measured in perforated polyethylene bags, even when cuttings were stored at 20 °C. Up to now, there could not been established a causal relationship between different ethylene concentrations measured as a result of different cultivars or transport and storage conditions and subsequent senescence. These relationships have to be clarified by using ethylene blockers in combination with ethylene measurements.

Einleitung

Die Pelargonie als die seit Jahrzehnten wichtigste Beet- und Balkonpflanze gehört mit mittlerweile mehr als 150 Millionen Stück produzierter Fertigware zu den Hauptkulturen des deutschen Gartenbaus.

Der Bedarfszeitraum für die Jungpflanzen ist in den letzten Jahren immer kürzer geworden und beschränkt sich im wesentlichen auf 10 Wochen von Mitte Januar bis Ende März. Die dafür notwendige Mutterpflanzenhaltung liegt im Winterhalbjahr. Unter mitteleuropäischen Lichtbedingungen in dieser Jahreszeit werden trotz möglichen Assimilationslichts weniger Stecklinge in schlechterer Qualität als im Sommer geerntet. Das führte zur Verlagerung der Stecklingsproduktion in klimatisch günstigere Regionen und zum Transport der Stecklinge zur Bewurzelung nach Deutschland. Durch die zeitliche und räumliche Trennung des Prozesses der Jungpflanzenproduktion in Mutterpflanzenhaltung und Bewurzelung gewinnt das dazwischen liegende Bindeglied Transport und Lagerung immer mehr an Bedeutung.

Durch Transport bzw. Lagerung geht die unter optimalen Lichtbedingungen erreichte hohe Qualität der Stecklinge teilweise wieder verloren und es kommt häufig zu großen Verlusten durch Ausfälle während der Bewurzelungsphase (CAROW und BAHNEMANN 1980, PATON and SCHWABE 1987, PURER and MAYAK 1989,

KADNER und DRÜGE 1997). Mögliche Ursachen hierfür sind hohe Temperaturen und schädliche Ethylenkonzentrationen während des Transportes (CAROW und BAHNEMANN 1980, PURER UND MAYAK 1989) sowie die fehlende Adaption der Stecklinge an die Schwachlichtbedingungen während der Bewurzelung (FORSCHNER und REUTHER 1984).

Obwohl Ethylen in allen vegetativen Pflanzenteilen entsteht, beschleunigt dieses gasförmige Phytohormon bei vorhandener Sensitivität die Seneszenz (LIBBERT 1987, SMART 1994). Pelargonien gehören zu den ethylenempfindlichen Pflanzenarten, was sich unter anderem in einer beschleunigten Blattvergilbung nach Einwirkung hoher Ethylenkonzentrationen äußert (WOLTERING 1987, NELL 1993). Solche Reaktionen wurden ebenfalls an Pelargonienstecklingen nachgewiesen (PURER and MAYAK 1989). Demgegenüber konnte durch Einsatz von Silberionen, wie Silberthiosulfat (PURER and MAYAK 1989) und Silbernitrat (CAROW und BAHNEMANN 1980, PATON and SCHWABE 1987) bzw. durch Behandlung mit 1-Methylcyclopropen (SEREK et al. 1998) eine Verringerung der Vergilbung erreicht werden. Die Applikation von Silberionen führte jedoch zu deutlich schlechteren Bewurzelungsergebnissen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Ethylen bei den durch ungünstige Lagerbedingungen hervorgerufenen Schädigungen kausal beteiligt ist.

Bei der Stecklingsernte von großen Partien wird nach unterschiedlichen technologischen Verfahren geerntet. Durch verschiedene Stückzahlen je Verpackungseinheit, Verpackungsmaterialien, Technologie der Ernte und Kühlung und schwankende Temperaturen ist eine differenzierte Ethylenemission der Stecklinge und -konzentration in der Verpackung zu erwarten.

Die empfohlenen Lagertemperaturen schwanken von –0,5 °C (HOYER und ADRIANSEN 1994) bis 6 °C (v. HENTIG 1996), nach eigenen Untersuchungen wird in der Praxis zwischen 1–6 °C vor dem Transport gekühlt. Mittels Tinytalk-Datalogger wurde der Temperaturverlauf vom Schneiden der Stecklinge in Mittelamerika, dem Nahen Osten, Südafrika und dem Mittelmeergebiet bis zum Stecken in Deutschland kontinuierlich aufgezeichnet. Die Messungen haben ergeben, dass bis zum Stecken der Stecklinge je nach Produktionsstandort bis zu 4 Tage vergehen und die Stecklinge dabei Temperaturen von 3 bis 18 °C ausgesetzt sind (KADNER und DRÜGE 1998).

In diesem Zusammenhang ist der Einfluss unterschiedlicher Temperaturen auf die Ethylenproduktion nur ungenügend geklärt. Das betrifft insbesondere die Dynamik der Ethylenemission unter wechselnden Temperaturen sowie den Einfluss verschiedener Verpackungsmaterialien.

Ziel der Untersuchungen war zunächst die Prüfung des Einflusses unterschiedlicher Lagerdauer und -temperaturen auf das Bewurzelungsergebnis von *Pelargonium*-Zonale-Hybriden am Beispiel der Sorte 'Isabell'. Um ein Verständnis für den Einfluss von Transport und Lagerung auf die Ethylenproduktion der Stecklinge zu bekommen, wurde die Ethylenemission kontinuierlich bis zu 4 Tage lang mit Hilfe eines Photoakustischen Spektrometers in simulierten Transport- und Lagerzyklen gemessen. Die Akkumulation des emittierten Ethylens in den Transportverpackungen in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen wurde gaschromatographisch bestimmt.

Material und Methoden

Pflanzenmaterial

Für alle Untersuchungen wurden frisch geerntete Stecklinge von *Pelargonium*-Zonale-Hybriden der Sorte 'Isabell' von eigenen Mutterpflanzen verwendet. In die gaschromatographischen Messungen wurden teilweise Stecklinge der empfindlich auf Transport und Lagerung reagierenden Sorte 'PAC Mitzou' einbezogen.

Lagerung

Zur Prüfung des Einflusses unterschiedlicher Lagerdauer und -temperaturen auf das Bewurzelungsergebnis wurden 2 Versuchsserien (jeweils 20 Stecklinge in 3 Wiederholungen) durchgeführt:

Serie 1 (Lagerung bei niedrigen Temperaturen):
– Lagerdauer: 0, 1 und 2 Wochen
– Lagertemperatur: 1, 5 und 10 °C

Serie 2 (Transportsimulation):
– Lagerdauer und -temperatur:
ungelagert; 1 Tag 20 °C; 1 Tag 20 °C + 1 Tag 5°C;
1 Tag 20 °C + 2 Tage 5 °C; 2 Tage 20 °C und 3 Tage 20 °C

Alle Stecklinge wurden dunkel gelagert. Die Verpackung erfolgte in nicht perforierter Polyethylen(PE)-Folie.

Für die kontinuierliche Messung der Ethylenemission während simulierter Transport- und Lagerzyklen mittels photoakustischer Spektroskopie wurden einzelne Stecklinge entsprechend dem gewählten Temparaturprofil bis 4 Tage in Glasküvetten (0,2 l) im Dunklen bei 100 % Luftfeuchte gelagert.

Die Lagerung der Stecklinge für die gaschromatographischen Messungen wurde über 48 Stunden bei 5 und 20 °C vorgenommen. Die Stecklinge wurden dabei jeweils zu 60 Stück in relativ dicht schließenden PE-Boxen (2 l), in ungelochten PE-Beuteln und in gelochten PE-Beuteln gelagert. Die PE-Beutel wurden in Kartons verpackt.

Ethylenmessungen

Laser-photoakustische Spektroskopie

Für die kontinuierliche Messung der Ethylenemission wurde ein Photoakustisches Spektrometer genutzt, bestehend aus einem CO_2-Laser und einer resonanten Photoakustischen Zelle (PAZ) (FINK et al., 1996). Umgebungsluft wurde über einem Platinkatalysator (450 °C) von Kohlenwasserstoffen befreit, durchströmte die Stecklingsküvette (0,25 l/h) und nahm dabei das von den Stecklingen emittierte Ethylen auf. In einer Stickstoff-Kühlfalle wurden CO_2 und H_2O entfernt, bevor die Luft zum Ethylennachweis in die PA-Zelle strömte. Für die Identifizierung und den Nachweis des Ethylens wurde das PA-Signal auf mindestens drei Laserlinien gemessen, die Nachweisempfindlichkeit betrug ca. 200 ppt. Eine Kalibrierung erfolgte mit Eichgasgemischen von C_2H_4 (ca. 1ppm) in N_2 (Fa. Praxair, Biebesheim am Rhein).

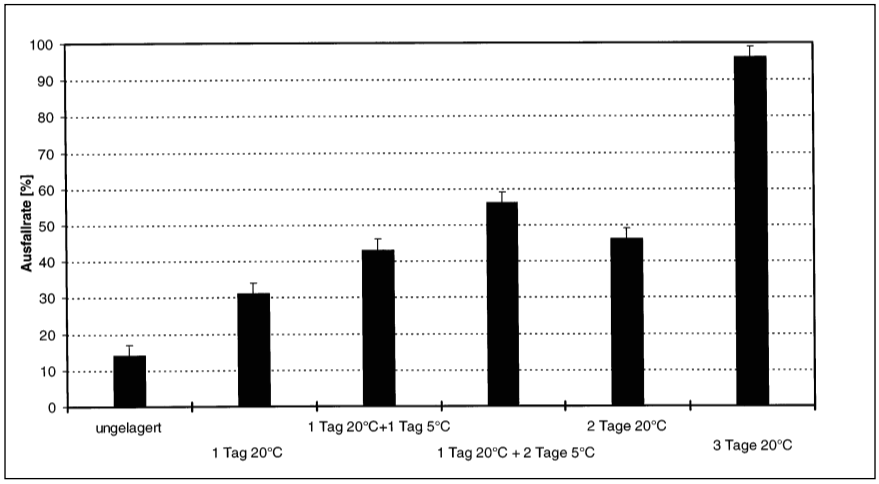


Abb. 1 Ausfallrate von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Isabell' in Abhängigkeit von Lagerdauer und Temperatur (Mittelwerte und Standardabweichung n=9)
Percentual drop out of pelargonium cuttings ('Isabell') in dependence on storage duration and temperature (mean values and standard deviation n=9)

Gaschromatographie

Nach 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 24, 30 und 48 h wurden aus den verschiedenen Verpackungen Gasproben von 1 ml entnommen und gaschromatographisch (Perkin Elmer, Flammenionisierungsdetektor, gepackte Stahlsäule: 80/100 mesh Porapack Q) die Ethylenkonzentrationen gemessen. Die Messungen wurden jeweils in 3 Wiederholungen durchgeführt und über den Zeitraum eines Jahres in monatlichen Abständen wiederholt.

Bewurzelung

Die Bewurzelung erfolgte unter folgenden Bedingungen:
- Lufttemperatur 20 bis 24 °C
- Bodentemperatur 20 °C
- Sprühnebel, zeitgesteuert, Sollwert 75 % rel. Luftfeuchte
- Schattierung ab 30 klx
- Vermehrungssubstrat Perlite (nicht praxisüblich, aber zur Bonitur der Bewurzelung erforderlich).

Nach 20-tägiger Bewurzelungszeit wurde bonitiert nach:
- Ausfall infolge von beschleunigter Seneszenz, das heißt Vergilben bzw. Absterben der Blätter, sekundärer Botrytisbefall (nicht verkaufsfähige Jungpflanzen)
- Wurzelanzahl (Stück/Jungpflanze)
- Wurzellänge (cm/Wurzel).

Ergebnisse

Bonitur der Bewurzelungsergebnisse

Serie 1:
Im niedrigen Temperaturbereich von 1 und 5 °C traten auch nach zweiwöchiger Lagerung bei anschließender Bewurzelung noch keine Ausfälle auf. Selbst bei 10 °C und einer Lagerdauer von 2 Wochen bewurzelten noch 87% der Stecklinge.

Serie 2:
Im hohen Temperaturbereich von 20 °C (Transportsimulation) stiegen bereits nach einem Tag Lagerung die Ausfälle auf 31%. Eine längere Lagerdauer von 2 Tagen bei 20 °C hatte eine Ausfallrate von 46% und eine Lagerung von 3 Tagen von 96% zur Folge. Nach Lagerung/Transport bei hoher Temperatur konnte auch durch nachfolgende Kühlung auf 5 °C keine Verringerung der Ausfallrate erreicht werden (Abbildung 1).

Ethylenemission während simulierter Transport- und Lagerzyklen

In Abbildung 2 ist ein typischer Verlauf der Ethylenemission eines einzelnen Pelargonienstecklings dargestellt. Das Temperaturprofil bestand dabei aus 24 Stunden Warmlagerung (15 °C), 20 Stunden Kühllagerung (2 °C) und 28 Stunden Warmlagerung (15 °C, exemplarisch als Transportsimulation).
Unmittelbar nach dem Schneiden des Stecklings setzte die Produktion von Wundethylen ein. Die Wundethylenproduktion erreichte nach 4 bis 12 h das Maximum und war nach ca. 24 h abgeschlossen. Vereinzelt wurde jedoch auch eine kontinuierliche Ethylenemission über 24 Stunden beobachtet. Eine Kühlung der Stecklinge konnte die Ethylenemission erheblich reduzieren. Während der Kühlphase nahm die Ethylen-Emission mit fallender Temperatur ab. Bei der anschließenden Erwärmung kam es allgemein zu einer verstärkten Ethylenemission (Kältestress-Ethylen), wobei die emittierte Menge von der Temperatur der vorhergehenden Kühlphase abhängig war (Vergleich Abb. 2a,b).

Ethylenakkumulation in den Transportverpackungen

Die gaschromatographischen Messungen der Ethylenkonzentration in der PE-Box zeigten, dass es bei 20 °C innerhalb von 7 Stunden zu einem starken Anstieg der C_2H_4-Konzentration kam. Lagerung bei 5 °C führte zu einem langsameren Anstieg der C_2H_4-Konzentration in der Verpackung, erreichte aber nach 48 Stunden ein ähnlich hohes Niveau (Abb. 3). Durch monatliche Wiederholung der Messungen sollte der Einfluss des Pflanzenalters auf die Ethylenemission ermittelt werden. Die gemessenen Ethylenkonzentrationen schwankten zwar, eine Korrelation zum Alter des Pflanzenbestandes konnte aber nicht gefunden werden.

Bei wechselnder Lagertemperatur von 5 °C auf 20 °C stieg die C_2H_4-Konzentration nach Temperaturerhöhung in der PE-Box wieder innerhalb von 7 Stunden stark an (Abb. 4).

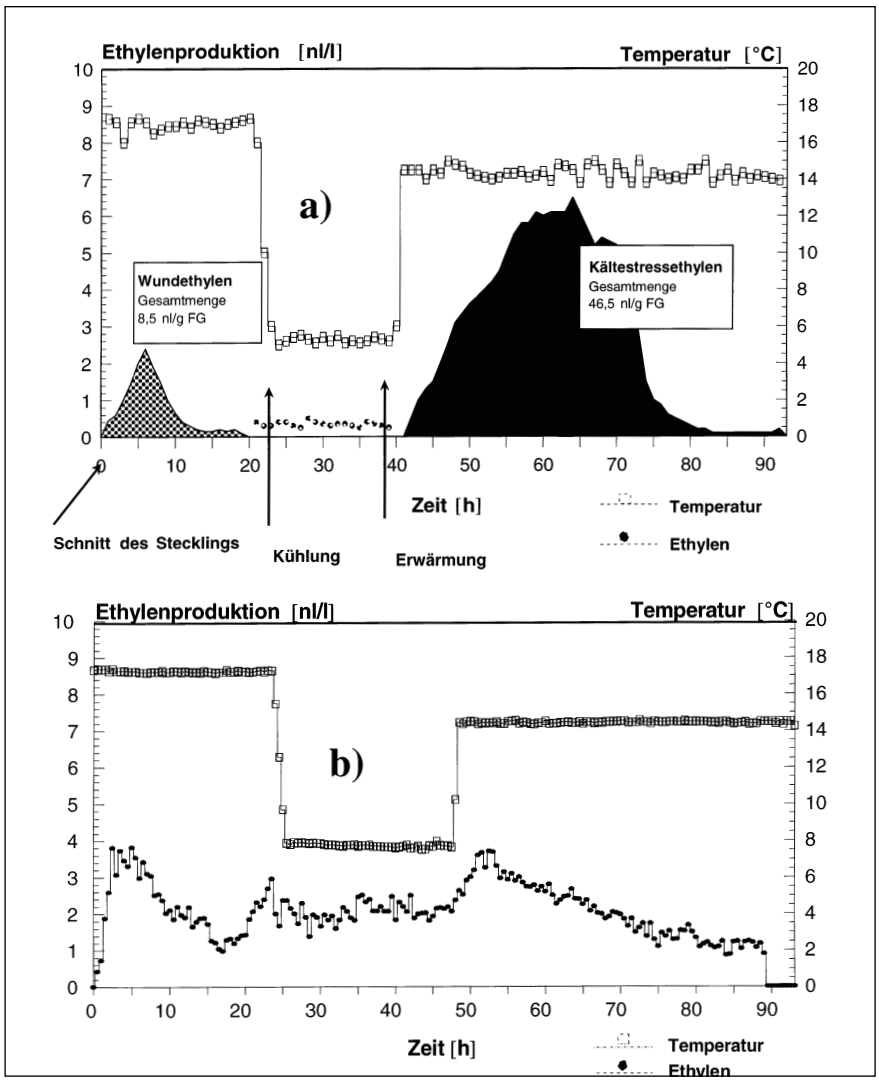


Abb. 2 Ethylenemission eines Pelargonienstecklings der Sorte 'Isabell' bei unterschiedlichen Lager- bzw. Transporttemperaturen a) Kühlphase 3 °C, b) Kühlphase 7,5 °C
Wiederholungen der Messungen erfolgten drei Mal mit ähnlichen Ergebnissen
Ethylene emission by a single pelargonium cutting ('Isabell') at different storage and transport temperatures, a.) cooling period 3 °C, b.) cooling period 7.5 °C.
Measurements were repeated three times with similiar results.

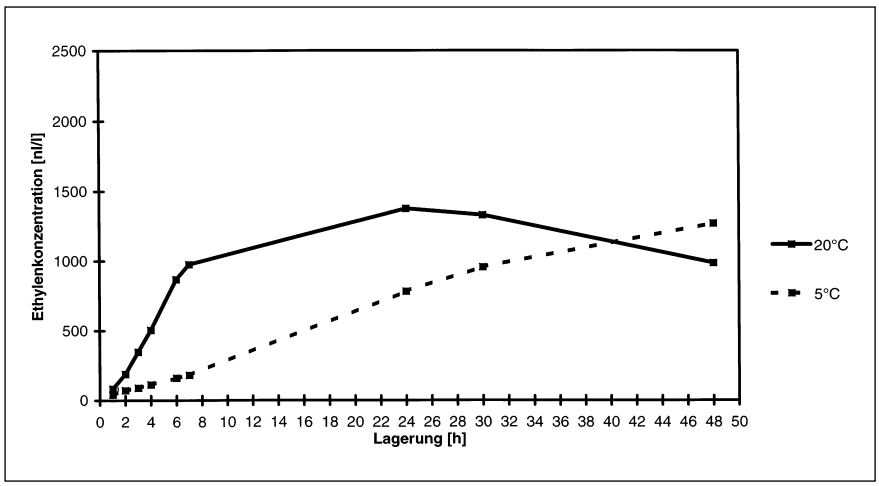


Abb. 3 Ethylenkonzentration in 2l PE-Boxen bei Lagerung von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Isabell' über 48 h bei 20 °C und 5 °C (Versuchszeitraum 11 Monate, Messungen in 4-wöchigem Abstand, Mittelwerte n=11)
Ethylene concentration in 2l PE-boxes at storage of pelargonium cuttings ('Isabell') for 48 hours at 20 °C and 5 °C (trial period 11 month, Measurements were repeated in 4 weekly intervals, mean values n=11)

Der Einfluss der Verpackung auf die Ethylenkonzentration bei Lagerung und Transport von Pelargonienstecklingen wird aus Abbildung 5 deutlich. In der PE-Box wurde bei 20 °C nach 7 Stunden die höchste Ethylenkonzentration gemessen. Während im ungelochten PE-Beutel und Kartonverpackung nur noch 50% der Konzentration gegenüber der PE-Box gemessen wurden, waren im gelochten PE-Beutel und Kartonverpackung nur noch 10% messbar.

Die Lagerung bei 5 °C führte in der PE-Box zu einem schwachen Anstieg der Konzentration in den ersten 7 Stunden, nach 48 Stunden wurden jedoch ähnlich

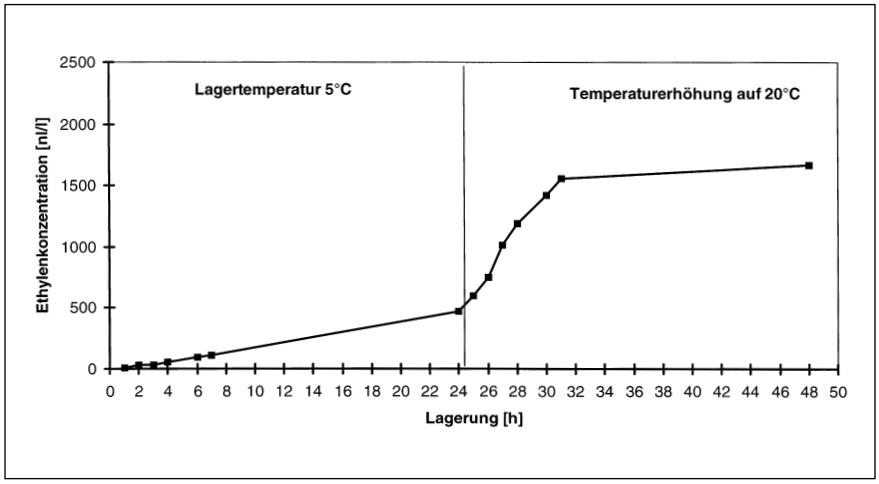


Abb. 4 Ethylenkonzentrationen in 2 l PE-Boxen während der Lagerung von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Isabell' bei wechselnder Lagertemperatur (Mittelwert n=3)
Ethylene concentration in 2 l boxes during the storage of pelargonium cuttings ('Isabell') at varying temperatures (mean value n=3)

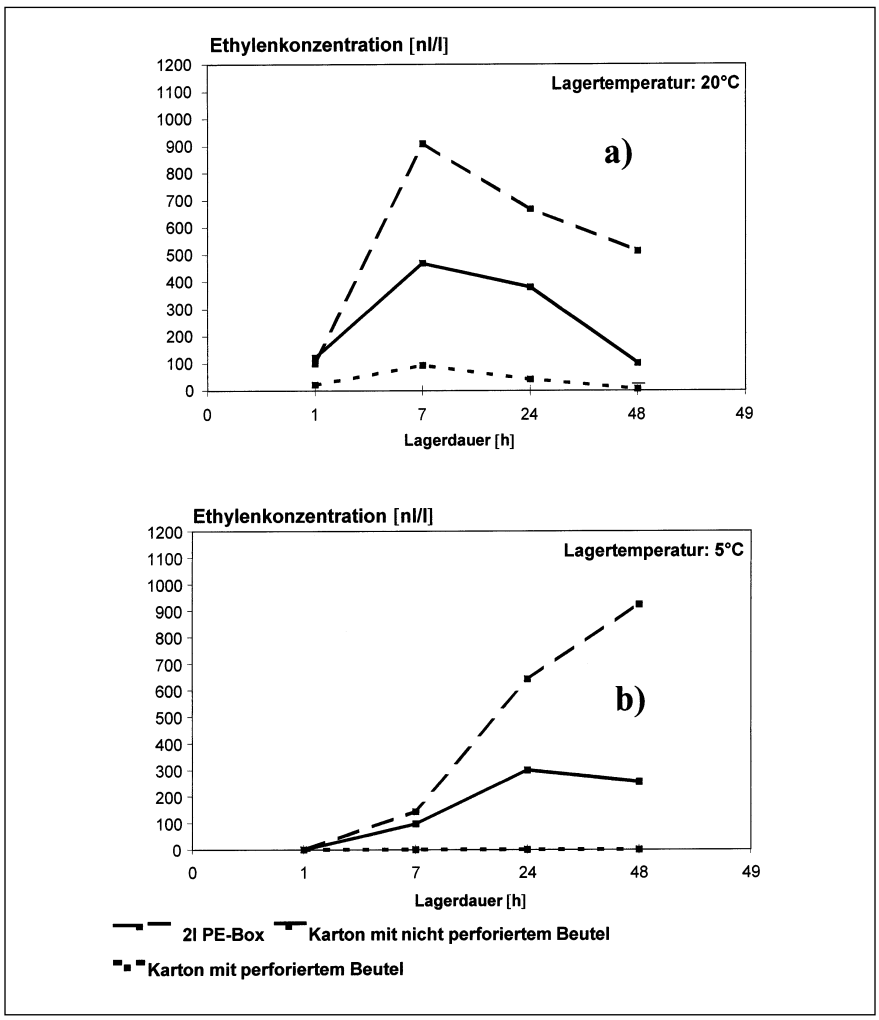


Abb. 5 Einfluss des Verpackungsmaterials auf die Ethylenkonzentration während der Lagerung von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Isabell' bei a) 20 °C und b) 5 °C (Mittelwerte n=3)
Influence of the packaging material on the ethylene concentration during the storage of pelargonium cuttings ('Isabell') at a) 20 °C and b) 5 °C (mean values n=3)

hohe Konzentrationen wie bei 20 °C gemessen. Bei Verpackung der Stecklinge in nicht perforierten Beuteln wurden auch nach 48 Stunden nur geringe Konzentrationen gemessen, im perforierten Beutel bei 5 °C war gaschromatographisch kein Ethylen nachweisbar.

Die Einbeziehung einer zweiten, als transportempfindlich geltenden Sorte ('Mitzou') in die Messung der Ethylenkonzentration in der Verpackung ergab keine höheren, sondern um circa 20% niedrigere Ethylenkonzentrationen (Abb. 6).

Im Bewurzelungsergebnis nach 20 Tagen wird die Einwirkung unterschiedlicher C_2H_4-Konzentrationen in der Verpackung auf die Stecklinge nur unzureichend sichtbar (Abb. 7). Grundsätzlich zeigten die bei 20 °C gelagerten Stecklinge höhere Ausfälle als die bei 5 °C gelagerten, obwohl in der Verpackung mit perforierten

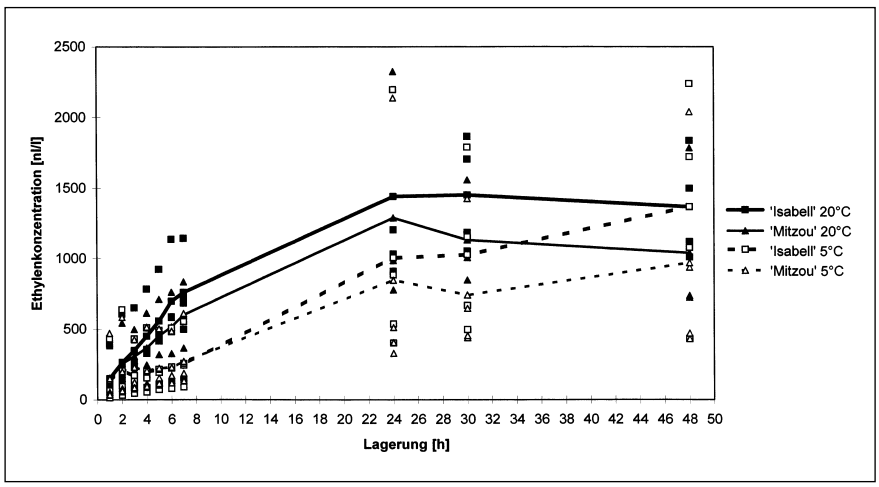


Abb. 6 Ethylenkonzentration in 2 l PE-Boxen bei Lagerung von 2 Pelargoniensorten über 48 Stunden bei 20 °C und 5 °C (Mittelwerte n=4)
Ethylene concentration in 2 l PE-boxes during the storage of two pelargonium cultivars for 48 hours at 20 °C and 5 °C (mean values n=4)

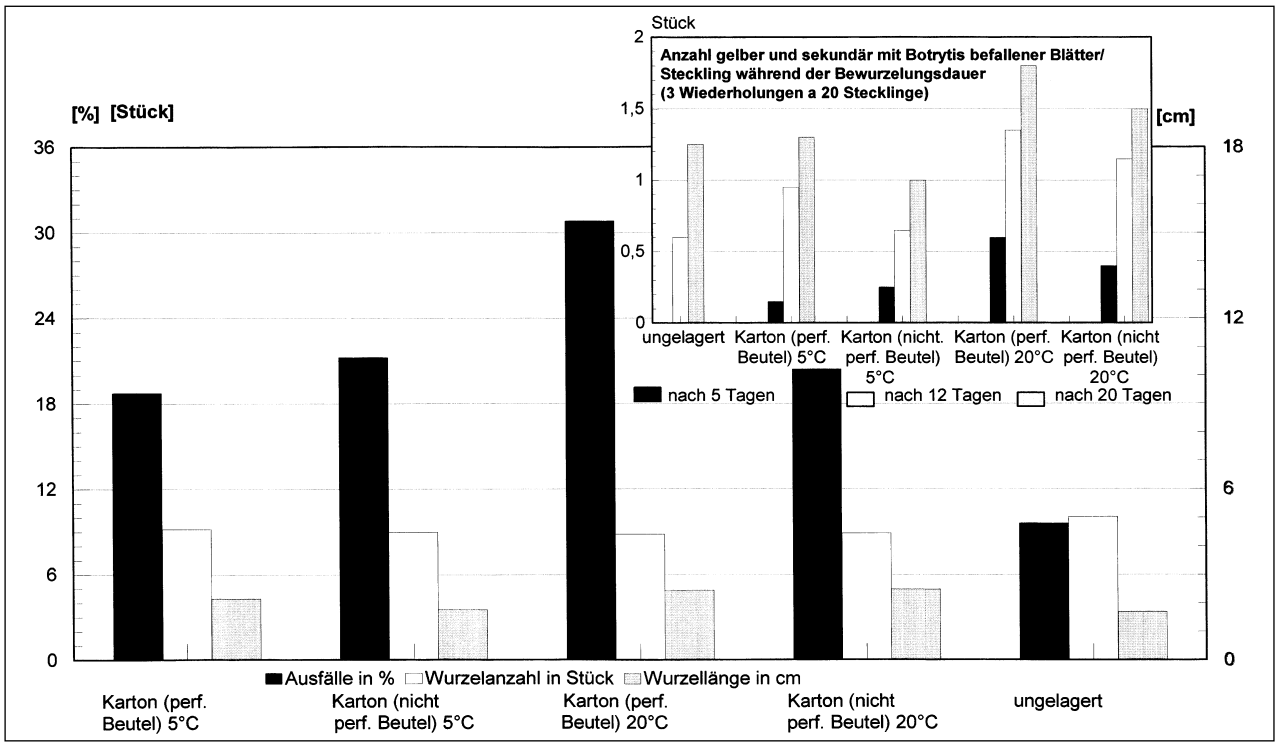


Abb. 7 Einfluss unterschiedlicher Lagertemperatur und Verpackung auf die Bewurzelung von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Isabell' (Mittelwerte n=3)
Influence of storage temperature and packaging material on the rooting response of pelargonium cuttings ('Isabell') (mean values n=3)

Beuteln bei 20 °C nur eine sehr geringe Ethylenkonzentration gemessen wurde (Abb. 5a).

Diskussion

Der Einsatz der photoakustischen Spektroskopie ermöglichte einen detaillierten Einblick in die Dynamik der Ethylenemission, so dass die Wundethylenbildung und eine Produktion von Kältestressethylen differenziert werden konnten. Die Ergebnisse der Messungen mittels photoakustischer Spektroskopie zeigen, dass unmittelbar nach dem Schnitt des Stecklings die Produktion von Wundethylen einsetzt. Mit der Kühlung der Stecklinge wird die Ethylenemission erheblich reduziert. Je tiefer gekühlt wird, umso geringer ist während der Kühlung die Etylenproduktion der Stecklinge. Offenbar ist aber die Kühlung eine Stresssituation, auf die der Steckling bei nachfolgender Erwärmung mit einer erhöhten Ethylenproduktion reagiert. Diese Reaktion als Folge von Niedrigtemperaturstress wird auch bei anderen Pflanzen beobachtet (ABELES et al. 1992).

Von PURER und MAYAK (1989) wurden in Lagerkartons von Pelargonienstecklingen nach dreitägiger Lagerung 200 ppb Ethylen gemessen. Applikationsversuche der Autoren zeigten, dass eine Ethylenkonzentration von 400 ppb innerhalb von 24 Stunden zum Vergilben der Blätter der transportempfindlichen Sorte 'Red Bruni' führte. Allein die gemessenen Werte an Wundethy-

len übersteigen die von PURER and MAYAK (1989) eingesetzten Konzentrationen erheblich, wenn mehr als 50 Stecklinge in einem Beutel verpackt werden. Das nach einer Wiedererwärmung entstehende Kältestressethylen wird nach zirka 7 Stunden wirksam (Abbildungen 2 und 4). Die bei praxisüblichen Verpackungseinheiten von 50 bis 150 Stecklingen je Beutel und bis zu 7000 Stecklingen/Karton entstehenden Ethylenkonzentrationen würden bis zu 10 µl/l erreichen und damit den von MAROUSKY et al. 1981 und MÜLLER et al. 1998 geprüften Konzentrationen von zugeführtem Ethylen entsprechen.

Eine Akkumulation von Ethylen fand jedoch nur in Verpackungen mit geringem Gasaustausch statt. Bereits eine Verpackung im ungelochten PE-Beutel und Karton sicherte einen 50 prozentigen Gasaustausch. Bei Verwendung perforierter Beutel wurde in der Verpackung kaum noch Ethylen nachgewiesen. Die auch ohne Ethylenakkumulation in der Verpackung hohe Ausfallrate der in gelochter Folie verpackten Stecklinge kann darauf beruhen, dass die mittels Gaschromatograph gemessene Ethylenkonzentration der umgebenden Luft die endogene Ethylenkonzentration in den Stecklingen nur ungenügend widerspiegelt. Die Ergebnisse können aber auch darin begründet sein, dass bei diesen Lagerbedingungen ethylenunabhängige Reaktionen für die nachfolgende Seneszenz verantwortlich waren. Es ist zu vermuten, dass die Blattschädigungen und Ausfälle in der Vermehrung nur teilweise auf die Einwirkung von Ethylen zurückzuführen sind. Während beispielsweise nach einer Lagerung über 2 Wochen bei 5 °C keine Ausfälle in der Vermehrung entstanden, waren die Schäden bei 20 °C schon nach 2 Tagen gravierend (Abb. 1). ARTECA et al. wiesen 1996 an Pelargonien nach, dass bei höheren Temperaturen (25 °C) schon innerhalb eines Tages drastische Verringerungen im Proteingehalt, im Gehalt an Stärke und löslichen Kohlenhydraten eintraten, noch bevor eine erhöhte Ethylenemission gemessen wurde. Die trotz höherer Transportempfindlichkeit geringere Ethylenemission der Sorte 'Mitzou' relativiert ebenfalls die Bedeutung der Ethylenkonzentration. Obwohl die Applikation sowohl von Ethylen als auch Ethylenblockern (CAROW und BAHNEMANN 1980, PATON and SCHWABE 1987, PURER and MAYAK 1989, SEREK et al. 1998) die potentielle Bedeutung des Ethylens für Pelargonienstecklinge aufzeigen und bereits gentechnologische Ansätze zur Lösung des Problems unternommen werden (ARTECA et al. 1996), konnte die Bedeutung unterschiedlicher Ethylenproduktion als Folge unterschiedlicher Sorten oder verschiedener Transport- oder Lagersituationen bisher nicht nachgewiesen werden. Auch unabhängig von einer Ethylenwirkung kann während der Lagerung ein Abbau von Kohlenhydraten, Proteinen und Chlorophyll infolge von Stress durch suboptimale Temperatur, Licht- und Wassermangel stattfinden und zu einer verstärkten Seneszenz und hohen Ausfallrate beitragen (BEHRENS 1988). Die kausale Beziehung zwischen der Ethylenproduktion, der Ethylensensitivität und der nachfolgenden Seneszenz ist daher in weiteren Untersuchungen u.a. durch Einsatz von Ethylenblockern in Zusammenhang mit Ethylenmessungen aufzuklären.

Aus der Ermittlung der Dynamik der Ethylenemission ergeben sich für die Praxis jedoch schon Schlussfolgerungen, die zur Reduzierung der Verluste bei weltweitem Transport beitragen können. Die Schädigung der Stecklinge durch Wundethylen kann minimiert werden, wenn die Stecklinge erst nach einer Kühlung in Folie verpackt werden. Wenn während des Transportes die durchgängige Kühlung nicht garantiert werden kann, sollte die Kühlung vor dem Transport nicht unter 5 °C erfolgen.

Bei Frau Gabriele Eckart (Erfurt) und Herrn Rolf Döker (Bonn) bedanken wir uns für die sorgfältige Versuchsdurchführung.

Die Untersuchungen wurden am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V. (IGZ) mit Förderung des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg und des Ministers für Umwelt, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Freistaates Thüringen durchgeführt.

Die Messungen mittels laser-photoakustischer Spektroskopie erfolgten im Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn, gefördert durch das BMBF-Projekt 13N6604.

Literatur

ABELES, F. B., MORGAN, P. W. and M. E. SALTVEIT 1992: Ethylene In Plant Biology. 2nd ed., Academic Press, San Diego

ARTECA, R. N., ARTECA, J. M., WANG, T. W. and C. D. SCHLAGNHAUFER 1996: Physiological, Biochemical, and Molecular Changes in *Pelargonium* Cuttings Subjected to Short-term Storage Conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 12 (6), 1063-1068.

BEHRENS, V. 1988: Storage of unrooted cuttings. In: Davis, T.D., Haissig, B.E., Sankhla, M. (eds.): Adventitious root formation in cuttings. Chapter 17. Dioscorides Press, Portland, Oregon:, 235-247.

CAROW, B. und K. BAHNEMANN 1980: Einfluß von Silbernitrat, Kinetin und Benzylaminopurin auf das Vergilben von Pelargonium-Zonale-Stecklingen. Gartenbauwissenschaft, **45**(6), 273-278.

FINK, T., BÜSCHER, S., GÄBLER, R., YU, Q., DAX, A. and W. URBAN 1996: An improved CO_2 laser intracavity photoacoustic spectrometer for trace gas analysis. Review of Scientific Instruments vol 67, no.11 pp. 4000-4004

FORSCHNER, W. und G. REUTHER 1984: Photosynthese und Wasserhaushalt von Pelargonienstecklingen während der Bewurzelung unter dem Einfluß verschiedener Licht- und CO_2- Bedingungen. Gartenbauwissenschaft **49**, 182-190.

v.HENTIG.W.-U. 1996: Vegetative Vermehrung in HORN, W.: Zierpflanzenbau Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin Wien 1996 S. 227

HOYER, L. und E. ADRIANSEN 1994: Optimale Temperatur für Transport und Lagerung. Deutscher Gartenbau 32/94 S. 1849-1851.

JIANG, M., GÄBLER, R., BÜSCHER, S., KÜHNENMANN, F., LENZ, F. and W. URBAN 1998: Continuous Determination of Ethylene From Roots via Laser Photoacoustic Spectroscopy. Gartenbauwissenschaft, **63**(2), 49-54.

KADNER, R. und U. DRÜGE 1997: Vergilbte Stecklinge sind vermeidbar. Gärtnerbörse 24/97, S. 1321, 1350-1352.

KADNER, R. und U. DRÜGE 1998: Stecklinge wollen schnell gekühlt und gleich ausgepackt werden. Taspo-Gartenbaumagazin 7 (11) 22-24.

LIBBERT, E. 1987: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie 4. Aufl. Fischer, Jena

MAROUSKY, F: J. and B. K. HARBAUGH 1981: Influence of Temperature. Light, and Ethylene on Seedlings of Geranium (*Pelargonium x hortorum* Bailey) during Simulated Shipping Conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 (5), 527-530.

NELL, T. A. 1993: Use and care. p. 171-172. In: J. W. White (ed.). Geraniums IV. The grower's manuel. 4th ed. Ball Publ., Geneva, III.

MÜLLER, R., SEREK, M., SISLER, E. C. and A. S. ANDERSEN 1998: Ethylene Involvement in Leaf Abscission, Chlorosis, and Rooting of Codiaeum variegatum var. pictum (Lodd.) Muell. 'Aucubaefolia'. Gartenbauwissenschaft, **63**(2), 66-71.

PATON, F. and W. W. SCHWABE 1987: Storage of cuttings of *Pelargonium x hortorum* Bailey. J. Horticultural Science 62 (1) 79-87.

PURER, O. and S. MAYAK 1989: Pelargonium Cuttings-Effect of Growth Regulators. Acta Hortic. 261. 347-354.

SEREK, M., PRABUCKI, A., SISLER,E. C. and A. S. ANDERSEN 1998: Inhibitors of Ethylen Action Affect Final Quality and Rooting of Cuttings before and after Storage. HortScience 33(1): 153-155.

SMART, C. M. 1994: Gene expression during leaf senescence. Tansley Review No. 64, New Phytol., 126, 419-448

WOLTERING, E.J. 1987: Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. Scientia Horticulturae 31, 283-294.

Eingegangen: 28.1.2000 / 7.3.2000

Anschriften der Verfasser: Dr. R. Kadner, Dr. U. Drüge, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt, Abteilung Pflanzenvermehrung, Kühnhäuser Str. 101, 99189 Kühnhausen und Dr. F. Kühnemann, Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn