



**Förderung der ökologischen Produktion von
Zierpflanzenstecklingen durch Steigerung von
Stresstoleranz, Lagerfähigkeit, Bewurzelungsfähigkeit
und Widerstandsfähigkeit gegenüber Botrytis
unter besonderer Berücksichtigung der arbuskulären
Mykorrhiza sowie Rhizosphärenbakterien**

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau
Großbeeren / Erfurt e.V. (IGZ) und
Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (IPP)
der Universität Hannover

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



**Förderung der ökologischen Produktion von Zierpflanzenstecklingen
(Pelargonie, Weihnachtsstern) durch Steigerung von Stresstoleranz,
Lagerfähigkeit, Bewurzelungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit
gegenüber *Botrytis* unter besonderer Berücksichtigung
der arbuskulären Mykorrhiza sowie Rhizosphärenbakterien**



Abschlussbericht

Forschungsprojekt Nr. 02OE265

im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau,
gefördert durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
Laufzeit: 01.06.2002 bis 31.10.2003

von den ausführenden Stellen (Bietergemeinschaft):

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/ Erfurt e.V. (IGZ)



Abteilung Pflanzenvermehrung

Kühnhäuser Str. 101

99189 Erfurt-Kühnhausen

und

Universität Hannover

Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (IPP)

Herrenhäuser Str. 2

30419 Hannover



Projektleitung: Dr. Uwe Drüge und Dr. Henning von Alten

Inhaltsverzeichnis

- 1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe/Beratungsbedarfs im BMVEL**
 - 1.1. Planung und Ablauf des Projekts**
 - 1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

- 2. Material und Methoden**
 - 2.1. Versuchsaufbau und Versuchsbedingungen**
 - 2.1.1. Aufbau und zeitliche Abfolge der Versuche
 - 2.1.1.1. Arbeitspaket 1
 - 2.1.1.2. Arbeitspaket 2
 - 2.1.2. Kulturführung und Behandlung der Mutterpflanzen
 - 2.1.2.1. Klimaführung
 - 2.1.2.2. Substrate und Düngung
 - 2.1.2.2.1. Konventionelle Kultur
 - 2.1.2.2.2. Ökologische Kultur
 - 2.1.2.2.2.1. System 1: Moderate Stickstoffbevorratung/ Flüssignachdüngung
 - 2.1.2.2.2.2. System 2: Hohe Stickstoffgrundversorgung
 - 2.1.2.3. Inokulation mit AMP und unterstützenden Bakterien
 - 2.1.2.4. Pflanzenschutz
 - 2.1.3. Mutterpflanzenaufbau, Stecklingsernte und Behandlung
 - 2.1.3.1. Stecklingslagerung und Bewurzelungsbedingungen
 - 2.1.3.2. Inokulation mit *Botrytis cinerea*
 - 2.2. Versuchsauswertung**
 - 2.2.1. Chemische Analyse Substrat
 - 2.2.2. Bonitur Mykorrhizierung
 - 2.2.3. Diagnose Schaderregerbefall und abiotische Schäden
 - 2.2.3.1. Visuelle Bonitur und Isolation
 - 2.2.3.2. PCR-Detektion *Botrytis cinerea*
 - 2.2.3.3. Mikroskopische Untersuchungen
 - 2.2.4. Mutterpflanzenwachstum und Stecklingsertrag
 - 2.2.5. Bewurzelungsbonitur
 - 2.2.6. Mineralstoffanalysen Pflanzenmaterial
 - 2.2.7. Kohlenhydratanalyse
 - 2.2.8. Chlorophyllfluoreszenzanalyse
 - 2.2.9. Analyse Abscisinsäuregehalt
 - 2.2.10. Statistische Auswertung

- 3. Ergebnisse**
 - 3.1. Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse**
 - 3.1.1. Einfluss der Ökologischen Kulturführung auf Ertrag, Qualität und Gesundheit der Stecklinge**
 - 3.1.1.1. System 1: Moderate Stickstoffbevorratung und Flüssignachdüngung (AP1)
 - 3.1.1.1.1. Wurzelraumchemie
 - 3.1.1.1.2. Pflanzengesundheit Mutterpflanzen
 - 3.1.1.1.3. Mutterpflanzenwachstum und Stecklingsertrag
 - 3.1.1.1.4. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit
 - 3.1.1.1.5. Stecklingsgesundheit
 - 3.1.1.1.6. Innere Stecklingsqualität: Mineralstoffgehalte und Kohlenhydrate
 - 3.1.1.2. System 2: Hohe Stickstoffbevorratung (AP2)
 - 3.1.1.2.1. Wurzelraumchemie
 - 3.1.1.2.2. Pflanzengesundheit Mutterpflanzen
 - 3.1.1.2.3. Mutterpflanzenwachstum und Stecklingsertrag
 - 3.1.1.2.4. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit
 - 3.1.1.2.5. Stecklingsgesundheit: *Botrytis cinerea*
 - 3.1.1.2.6. Stecklingsqualität: Mineralstoffgehalte und Chlorophyllfluoreszenz
 - 3.1.2. Etablierung und Wirkung der arbuskulären Mykorrhiza**
 - 3.1.2.1. Mykorrhizierung der Mutterpflanzen
 - 3.1.2.2. Einfluss der Mykorrhiza auf Mutterpflanzen und Stecklinge
 - 3.1.2.2.1. Wachstum und Stecklingsertrag
 - 3.1.2.2.2. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit
 - 3.1.2.2.3. Stecklingsqualität: Mineralstoffe, Kohlenhydrate und Abscisinsäure
 - 3.2. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse, insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen, die durch BMVEL weiter verwendet werden können**
- 4. Zusammenfassung**
 - 5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Ziele; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen**
 - 6. Literaturverzeichnis**

1. **Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe/Beratungsbedarfs im BMVEL**

a) **Gesamtziel des Vorhabens**

Übergeordnetes Ziel des Projektes war die Schaffung wissenschaftlicher Voraussetzungen zur Bereitstellung ökologisch produzierter Stecklinge in hoher Qualität für eine ökologische Vermehrung von Zierpflanzen als Grundlage einer konsequent ökologischen Zierpflanzenproduktion. Damit sollte das Vorhaben einen wesentlichen Beitrag zur konsequent ökologischen Produktion von Zierpflanzen nach der EG-Verordnung 2092/91 leisten (Verwendung ökologisch produzierten Vermehrungsmaterials spätestens ab 01.01.2004) und folgende übergeordneten Zielsetzungen des Forschungsprogramms unterstützen:

- Entwicklung von Anbaukonzepten zu bislang für den Öko-Anbau wenig wissenschaftlich bearbeiteten landwirtschaftlichen Kulturen und Sonderkulturen
- Entwicklung von Konzepten zur Regulierung von Krankheiten im ökologischen Landbau (insbesondere Pilzkrankheiten; Krankheiten, die bei der Erzeugung von Saat- und Pflanzgut auftreten können)
- Verbesserung der Qualität ökologisch erzeugter Produkte
- Analysen zur Qualität ökologisch erzeugter Produkte auch im Vergleich zu konventionell erzeugten Produkten

b) **Folgende wissenschaftlichen Ziele wurden verfolgt:**

- Ermittlung der Möglichkeit einer ökologischen Vermehrung von Zierpflanzen über Stecklinge und Vergleich mit der konventionellen Produktion unter besonderer Beachtung der Stecklingsqualität und –gesundheit (Stresstoleranz, Lagerfähigkeit, Bewurzelungsvermögen, Widerstandsfähigkeit gegen *Botrytis*)
- Ermittlung der besonderen Wirkung von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP) und begleitender Rhizosphärenbakterien im Rahmen der ökologischen Produktion
- Ermittlung der Bedeutung spezieller innerer Qualitätsmerkmale für die Stecklingsqualität (Nährstoffstatus, Kohlenhydrathaushalt; stressensitive Messgrößen)

1.1. Planung und Ablauf des Projekts

Als Versuchspflanzen dienten Weihnachtsstern (*Euphorbia pulcherrima*) und Pelargonie (*Pelargonium x hortorum* L. H. Bailey). Das Projekt gliederte sich in folgende zwei Arbeitspakete.

Arbeitspaket (AP) 1 (Planungszeitraum Juni 2002 bis März 2003):

Innerhalb dieses Arbeitspaketes sollte

1. die ökologische Mutterpflanzenkultur etabliert und mit der konventionellen Stecklingsproduktion unter besonderer Betrachtung der Stecklingsqualität (äußere Qualität, Lagerfähigkeit, Bewurzelungspotential) und der Pflanzengesundheit verglichen werden;
2. geprüft werden, ob arbuskuläre Mykorrhizapilze (AMP), ggfs. unter Einsatz unterstützender Bakterien, in den ökologischen Kultursystemen integriert werden und dadurch Qualität und Gesundheit des Vermehrungsmaterials verbessert werden können.

Die unterschiedlichen Vermehrungsperioden der Pelargonie (Hauptbedarfszeitraum für Stecklinge 47.- 11. Kalenderwoche = KW) und des Weihnachtssterns (entsprechend 31.–35. KW) ermöglichten es, innerhalb eines Versuchsjahres an den Versuchsstandorten Erfurt und Hannover jeweils beide Pflanzenarten nacheinander zu bearbeiten. Je Pflanzenart sollten zwei Sorten, zwei Mykorrhizaisolate und ein Bakterienisolat getestet werden .

Arbeitspaket (AP) 2 (Planungszeitraum März 2003 bis Oktober 2003):

Im Rahmen des zweiten Arbeitspaketes sollten unter vertiefender Betrachtung

1. der ökologischen Kultur,
 2. des Einflusses der arbuskulären Mykorrhiza innerhalb des ökologischen Systems
- differenzierte Untersuchungen zur inneren Qualität in Beziehung zur Lagerfähigkeit und Bewurzelungsfähigkeit sowie zur Interaktion zwischen Wirtspflanze und *Botrytis* als Erreger der Grauschimmelfäule durchgeführt werden. Hierzu waren die Versuche zur Nutzung der arbuskulären Mykorrhiza auf ausgewählte Pflanze/Symbiont Kombinationen zu konzentrieren.

Der Ablauf des Projektes erfolgte im wesentlichen gemäß dem Arbeitsplan. Aufgrund der erzielten Ergebnisse wurden jedoch die Realisierung und Schwerpunktsetzung im Detail etwas modifiziert. Dieses ist in dem Abschnitt 2. ausführlich dokumentiert.

1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Zuge der zunehmenden gesellschaftlichen Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Agrarprodukten nehmen in Deutschland die Anbauflächen des ökologischen Gartenbaus stetig zu, wobei die Produktion von Gemüse und Obst zur Zeit den größten Anteil hat (Brückner et al. 2001). Die Bedeutung der ökologischen Produktion von Zierpflanzen ist zur Zeit noch relativ gering, jedoch wächst zunehmend das Interesse der Verbraucher an ökologisch produzierten Produkten auch aus diesem gartenbaulichen Bereich (Anonymus 2000). Zierpflanzen in ihrer großen Arten- und Sortenvielfalt haben eine große Bedeutung für Kultur und Lebensqualität der Bevölkerung, was sich sowohl in der großen Nachfrage (2000: Ausgabe 80 Euro pro Bundesbürger, Niehues u. Lux 2001) als auch in der bedeutenden inländischen Produktion (2000: 111197 Betriebe, 7.056 ha, 1.18 Millrd. Euro Jahresproduktion, Niehues u. Lux 2001) widerspiegelt. Somit kommt der ökologischen Zierpflanzenproduktion als Potential des ökologischen Pflanzenbaus in Deutschland eine große Bedeutung zu.

Eine konsequente ökologische Produktion erfordert die Verwendung ökologisch produzierten Vermehrungsmaterials (EG-Verordnung 2092/91), wobei bei Nichtverfügbarkeit noch bis zum 31.12.2003 auf konventionell produziertes Material zurückgegriffen werden darf (Reiners 2001). Der überwiegende Anteil der in Deutschland kultivierten Zierpflanzenarten wird vegetativ über Stecklinge an speziell für diesen Zweck kultivierten Mutterpflanzen produziert. Eine konsequent ökologische Produktion von Zierpflanzen erfordert daher detaillierte Kenntnisse über die ökologische Produktion von Stecklingen bzw. die Mutterpflanzenkultur. Es lagen bisher keine Kenntnisse darüber vor, ob und in welcher Weise eine ökologische Mutterpflanzenkultur die Qualität der Stecklinge hinsichtlich Vitalität sowie Befall und Widerstandsfähigkeit gegen Schaderreger beeinflusst. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Stecklinge bis zur Bewurzelung verschiedenen Stresssituationen ausgesetzt sind. Nach der Ernte werden die Stecklinge häufig für einige Tage bzw. für mehrere Wochen gelagert, um das begrenzte Ertragspotential der Mutterpflanzen mit dem häufig kurzzeitig hohen Bedarf an Jungpflanzen in Übereinstimmung zu bringen. Dabei beeinflussen die Lagerbedingungen sowohl die innere Kondition der Stecklinge als auch die mögliche Entwicklung von Pathogenen. Auch die Bewurzelung als solches ist eine gravierende Stressbelastung. Die Stecklinge, da zunächst noch ohne Wurzeln, erleiden Wasserverluste, können in der wurzellosen Phase nahezu keine Nährstoffe aufnehmen und verfügen häufig wie z.B. im Fall der Pelargonie und des Weihnachtssterns nur über eine geringe photosynthetische Aktivität (Forschner und Reuther 1984, Svenson et al. 1990). Dies

kann zu massiven Ausfällen in der Vermehrung führen (Kadner et al. 2000), die bei Pelargonien auf 20% der gesamten Jungpflanzenproduktion geschätzt werden. Maßnahmen, welche die innere Konditionierung der Stecklinge bereits während ihrer Entstehung verbessern, können die Lagerfähigkeit und das Bewurzelungsvermögen erheblich steigern (Jarvis 1986, Behrens 1988, Drüge et al. 1999). Bei Betrachtung der Qualität bzw. des Bewurzelungsvermögens von Stecklingen kommt dem Stickstoff- und Kohlenhydratstatus eine Schlüsselstellung zu, wobei jedoch große Unterschiede zwischen verschiedenen Pflanzenarten bestehen (Drüge et al. 2000, Hoffmann et al. 2000). Betrachtet man die ökologische Produktion, so sind insbesondere durch die organische Düngung der Mutterpflanzen Unterschiede in dem Stickstoffstatus und daraus resultierend, auch im Kohlenhydratstatus zu erwarten, was zu veränderter Lagerfähigkeit und verändertem Bewurzelungsvermögen führen kann.

Häufig führt ein primärer abiotischer Schaden zu sekundärem Befall mit *Botrytis*, was einen Totalausfall zur Folge haben kann. *Botrytis* Infektionen sind bei Pelargonien ein ernstes Problem (Uchneat 1999). Infektionsquellen können einerseits durch die Aktivitäten des Anbauers aufgewirbelte Konidien sein (Hausbeck & Pennypacker 1991), aber auch latenter Befall. Bei Zierpflanzen sind latente *Botrytis*-Infektionen bekannt, die erst bei Umsetzen der Pflanzen in Krankheits-förderliche Umweltbedingungen sichtbar werden (Elad 1988). Sowohl Stecklingslagerung als auch die bei der Bewurzelung notwendige hohe Luftfeuchtigkeit begünstigen die Entwicklung des Pathogens. Ähnliche Bedingungen treffen auf die Vermehrung von Poinsettien zu, so dass auch hier *Botrytis* zu den wirtschaftlich bedeutenden Krankheitserregern zählt (Zimmer et al. 1991).

Die arbuskuläre Mykorrhiza hat als natürlicher Bestandteil von Ökosystemen ein besonderes Potential für den ökologischen Pflanzenbau. Zu wiederholt beschriebenen, aber sorten-, mykorrhizapilz- und umweltabhängigen Wirkungen dieser Symbiose gehören eine verbesserte Nährstoffversorgung, eine erhöhte Vitalität und Stresstoleranz sowie eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Wirtspflanze gegenüber Schaderregern. (Azcon-Aguilar and Barea 1997). Es ist erwiesen, dass AM-Pilze Stickstoff aus organischen Quellen aufnehmen und zu den Wirtspflanzen transportieren können - sogar dann (in vitro) wenn bakterielle Mineralisation von N ausgeschlossen war (Hawkins et al. 2000). Bei der im ökologischen Pflanzenbau angewendeten organischen Düngung ist zusätzlich mit einer Anregung des Bodenlebens und in Folge einer Unterstützung durch die Bodenmikroorganismen beim

Aufschluß der organischen N-Quellen zu rechnen. In der Literatur ist eindeutig belegt, daß AM-Pilze einen erheblichen Beitrag zur N-Versorgung der Wirtspflanzen liefern können. In Versuchen mit Mais (Subramanian & Charest, 1999) wurde der Anteil N, der der Pflanze durch das extraradikale Hyphen-Netzwerk angeliefert wurde, auf 33% quantifiziert. Nach Etablierung der Mykorrhiza wurde eine erhöhte Verfügbarkeit an Kohlenhydraten im Spross beobachtet (Dehne 1986, Boucher et al. 1999). Dies steht in Übereinstimmung mit einer häufig beschriebenen erhöhten Nettophotosyntheserate der Blätter, an deren Regulation offenbar auch ein veränderter Phytohormonstatus beteiligt ist (Drüge und Schönbeck, 1992; Goicoechea et al. 1997). In Vorversuchen am IPP im Rahmen einer gemeinsam mit dem IGZ betreuten Diplomarbeit unter praxisnahen, konventionellen Bedingungen wurde die Wirkung einer Mykorrhiza-Symbiose auf die Produktivität von *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen sowie auf die Qualität der produzierten Stecklinge untersucht. Hierbei war es jedoch nicht möglich, mehrere Mykorrhizapilz-Isolate und Weihnachtsstern-Sorten zu prüfen. Unter dem Einfluss der Symbiose produzierten die Mutterpflanzen höhere Erträge obwohl mykorrhizierte und nicht-mykorrhizierte Pflanzen gleichmäßig gut mit mineralischem Dünger versorgt waren. Die im Vorversuch produzierten Stecklinge zeigten eine bessere Bewurzelung (Wurzelzahl und -länge), wenn sie von mykorrhizierten Pflanzen stammten. Bei organischer Düngung kann ein noch deutlicheren Effekt der Mykorrhiza aufgrund ihrer vielfältigen und ganzheitlichen Wirkung auf Entwicklung und Wachstum der Pflanzen erwartet werden.

In AM-Pflanzen kann es durch die Symbiose in den Wurzeln zu einer Umregulation der Resistenzmechanismen in den Blättern (potentiellen Stecklingen) kommen: In den Blättern von mykorrhizierten Tabakpflanzen wurden geringere Mengen PR-Proteine (an Abwehrmechanismen wahrscheinlich beteiligt) gefunden, gleichzeitig bildeten diese Blätter nach Inokulation mit *Botrytis cinerea* größere Läsionen (Shaul et al. 1999). Andererseits gibt es auch Berichte über durch AM induzierte Resistenz in den Blättern gegenüber *Botrytis fabae* (Rabie 1998). Daher ist eine Abklärung des Einflusses der AM auf die Botrytisanfälligkeit von Mutterpflanzen und Stecklingen unbedingt erforderlich, um eine Verwendung von AMP in einer ökologischen Mutterpflanzenkultur empfehlen zu können.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsaufbau und Versuchsbedingungen

2.1.1. Aufbau und zeitliche Abfolge der Versuche

Versuchsaufbau, Prüfgrößen und Ecktermine der durchgeführten Versuche sind in den Tabellen 1 bis 3 dargestellt.

2.1.1.1. Arbeitspaket 1

Im Rahmen des ersten Arbeitspaketes wurde in Umsetzung des ursprünglichen Arbeitsplans zunächst ein Sommersversuch mit Poinsettien durchgeführt (Tab. 1). Die ökologische Kultur erfolgte in einem moderat aufgedüngten komposthaltigen Substrat unter zusätzlicher Anwendung einer entzugsorientierten organischen Flüssignachdüngung (System 1), dessen Material und Methodik unter Abschnitt 2.1.2.2 detailliert dargestellt sind. Aufgrund der interessanten Resultate wurden einige ursprünglich für die Folgeversuche in AP 2 vorgesehenen Untersuchungen zur inneren Qualität der Stecklinge teilweise vorgezogen (Tab. 1). Wegen einer entgegen unserer Erwartung nahezu ausbleibenden Mykorrhizierung der Poinsettien-Mutterpflanzen wurde vor dem geplanten Mutterpflanzenversuch mit Pelargonien ein Screening durchgeführt, um geeignete Kombinationen von Sorten und AMP-Isolat ausfindig zu machen und zu prüfen, ob das Substrat einen infektions-limitierenden Faktor darstellt (Tab.2). In Auswertung der Ergebnisse wurden in dem anschließenden Mutterpflanzenversuch zwei ursprünglich nicht vorgesehene Sorten eingesetzt (Tab.1). Um weitere Informationen über infektionslimitierende Faktoren zu erlangen, erfolgten die Kultur der Mutterpflanzen außerdem unter verschiedenen Lichtbedingungen und der Mykorrhizaeinsatz zusätzlich in der konventionellen Kultur.

2.1.1.2. Arbeitspaket 2

Als Resultat von AP 1 war die ökologische Kultur in dem gewählten Verfahren (System 1) eindeutig (für beide Standorte und Pflanzenarten) positiv beurteilt worden, des weiteren lagen bereits vertiefende Kenntnisse zur inneren Qualität vor. Daher wurde unter Berücksichtigung der besonderen Problematik sowie der hohen Kosten und Arbeitsintensität der stickstoffbetonten organischen Flüssigdüngung in dem zweiten Arbeitspaket auf diese verzichtet und mit einer hohen, an dem Gesamtbedarf orientierten, Stickstoffgrundversorgung gearbeitet (System 2, Methodik siehe Abschnitt 2.1.2.2). Unter Berücksichtigung der in AP 1 nicht zufriedenstellenden Etablierung der Mykorrhiza wurden die Mutterpflanzen bereits als Stecklinge während der Bewurzelung und zum Pflanztermin nochmals inokuliert.

Tab.1. AP 1: Versuchsaufbau Poinsettien- und Pelargonien-Mutterpflanzen

Pflanzenart	<i>Euphorbia pulcherrima</i>		<i>Pelargonium x hortorum</i> L.H. Bailey	
Versuchsummer	2271-E	2271-H	2272-E	2272-H
Faktoren	Faktorstufen			
Sorten	'Cortez Red' 'White Star'		'Penve' 'Fireworks Scarlet'	'Isabell' 'Sidonia'
Kulturführung	konventionell / ökologisch 1 (Details siehe 3.1.1.1)			
Assimilationslicht	Ohne		+hoch ohne (nur 'Penve')	+moderat
AMP-Isolate	ohne Nr. 49 (<i>Glomus intraradices</i>) (Ö) Nr. 510 (<i>Glomus intraradices</i>) (Ö)		ohne Nr. 49 (+K,Ö) Nr. 510 (+K,Ö)	ohne Nr. 49 (+K,Ö) Nr. 510 (+K,Ö)
Bakterien (nur mit AMP)	ohne/ 1 Isolat	ohne/ 1 Isolat	ohne / 1 Isolat (Ö)	ohne / 1 Isolat (Ö)
Mutterpflanzen je Wiederholung (n=4)	9	9	8 10 (mit AMP)	7
Stecklingslagerung	ohne / mit	Ohne	ohne/mit	ohne
<i>Botrytis</i> -Inokulation Stecklinge	ohne	Ohne	ohne	ohne/mit (nur E3)
Prüfgrößen				
<u>Mutterpflanzen</u> : äußere Qualität, Nährstoffe Wurzelraum, Mykorrhizierung, Schaderregerbefall, Stecklingsertrag; Sprossbiomasse, + Mineralstoffgehalte; <u>Stecklinge</u> : äußere Qualität, Frischmasse, Schaderregerbefall, Bewurzelungsfähigkeit, + Mineralstoffgehalte [E], + Kohlenhydratgehalte [E]				
Termine Mutterpflanzenkultur				
Pflanzung	20.06.02		04.12.02	
Stecklingsernten	1: 19.08.02 2: 23.09.02 3: 07.10.02 4: 04.11.02	1: 19.08.02 2: 09.09.02 3: 08.10.02 4: 05.11.02	1:16.01./29.01.03* 2:11.02./05.03.03* 3:06.03./11.04.03* 4:10.04./14.05.03*	1: 06.02.03 2: 05.03.03 3: 15.04.03
Versuchsende	06.11.02	06.11.02	10.04.03/15.05.03*	15.04.03

~~durchgestrichen~~ = nicht umgesetzt, ursprünglich geplant; + = zusätzlich einbezogen; E = nur Erfurt; H = nur Hannover; K = nur konventionell; Ö = nur ökologisch; * mit/ohne Assimilationslicht

Tab.2. AP1: Screening mit *Pelargonium x hortorum* L.H. Bailey (Versuchs-Nr. 2272-S)

Faktoren	Faktorstufen
Sorten	'Mitzou', 'Isabell', 'Penve', 'Shocking Violett', 'Fireworks Scarlet', 'Fireworks Red-White'
AMP-Isolate	Nr. 40, Nr. 49, Nr. 301, Nr. 510 (alle <i>Glomus intraradices</i>), Nr. 139 (<i>Glomus etunicatum</i>)
Kulturführung	konventionell / ökologisch 1
Prüfgröße: Mykorrhizierung (n = 4)	
Versuchszeitraum	12.09.02 (Topfen der Jungpflanzen) – 15.10.02 (Analyse)

Zusätzlich wurden als weitere Varianten unterschiedliche P-Versorgungsstufen des Substrates (2b und 2c, Tab. 3, Details siehe Abschnitt 2.1.2.2) sowie eine Vorkultur in nährstoffarmen Mangelmedium (2d) einbezogen. Um nach der experimentell bedingten längeren Dauer von AP1 die Projektziele bis Ende der Laufzeit erreichen zu können, erfolgte im weiteren die zeitgleiche Bearbeitung beider Pflanzenarten (Tab. 3). Begründet in der größeren Breite der durchgeführten Versuche und aufgrund der aktuellen Ergebnisse wurde auf die Untersuchung des Prolingehaltes und der Nettphotosyntheserate verzichtet, dagegen mikroskopische Untersuchungen an Pelargonienblättern vorgenommen. Proben für die Analyse der Kohlenhydrate und der endogenen Abscisinsäurekonzentrationen wurden gezogen und werden im Nachgang zum Projekt analysiert (bis 12/2003).

Tab. 3. AP 2: Versuchsaufbau Poinsettien- und Pelargonien-Mutterpflanzen

Pflanzenart	<i>Euphorbia pulcherrima</i>		<i>Pelargonium x hortorum</i> L.H. Bailey	
Versuchsnummer	2273-E	2273-H	2274-E	2274-H
Faktoren	Faktorstufen			
Sorten	'Cortez Red'	'White Star'	'Penve'	
Kulturführung	konventionell ökologisch 2a + ökologisch 2b + ökologisch 2c + ökologisch 2d	konventionell ökologisch 2a + ökologisch 2d	konventionell ökologisch 2a + ökologisch 2d	konventionell ökologisch 2a + ökologisch 2b + ökologisch 2c + ökologisch 2d
AMP-Isolate	ohne / Isolat 510			
Stecklingslagerung	ohne / mit	ohne/ mit	ohne/mit	ohne
<i>Botrytis</i> -Inokulation	ohne	ohne / mit	ohne	mit
Prüfgrößen				
alle Prüfgrößen aus AP1 (Tab.1), Chlorophyllfluoreszenz (E), Abscisinsäuregehalte (H) Prolingehalt, Nettphotosyntheserate, + mikroskopische Analysen Pelargonien (E), PCR-Detektion <i>Botrytis cinerea</i> (H)				
Termine Mutterpflanzenkultur				
Stecktermin	07.05.03	27.05.03	08.05.03	08.05.03
Pflanzung	05.06.03	01.07.03	12.06.03	24.06.03
Umtopfen	03.07.03*	28.07.03*	11.07.03	28.07.03*
Stecklingsernten	1: 24.07.03** 2: 14.08.03 3: 11.09.03 4: 09.10.03	1: 26.08.03 2: 18.09.03 3: 07.10.03	1: 12.08.03 2: 14.10.03	1: 18.09.03
Versuchsende	16.10.03	16.10.03	16.10.03	16.10.03

* = nur ökologisch 2d; ** = nicht ökologisch 2d;

~~durchgestrichen~~ = nicht umgesetzt, ursprünglich geplant; + = zusätzlich einbezogen;

E = nur Erfurt; H = nur Hannover; K = nur konventionell; Ö = nur ökologisch

2.1.2. Kulturführung und Behandlung der Mutterpflanzen

Die Mutterpflanzen wurden in computergesteuerten Gewächshauskabinen des IGZ und des IPP in Kunststofftöpfen auf Tischen kultiviert (Poinsettien: 12 Pflanzen pro m², Pelargonien 16 Pflanzen pro m²). Für den Aufbau des Mutterpflanzenbestandes wurden im ersten Projektabschnitt Jungpflanzen im Jiffy aus konventioneller Produktion eingesetzt (Versuche 2271 und 2272). Im darauf folgenden Projektabschnitt (Versuche 2273 und 2274) wurden unbewurzelte Stecklinge aus konventioneller Produktion verwendet, die dann in Perlite bewurzelt und anschließend getopft wurden. Zusätzlich wurden selbst produzierte Stecklinge der Pelargoniensorte 'Penve' (aus Versuch 2272-E) bewurzelt und als zweite Mutterpflanzengeneration konsequent konventionell bzw. ökologisch weiterkultiviert.

2.1.2.1. Klimaführung

Regelwerte für Heizung, Lüftung, Schattierung und Assimilationsbelichtung sowie die resultierenden Temperaturen und Lichtbedingungen (nur in Erfurt kontinuierlich erfasst) im Gewächshaus sind in Tabellen 4 und 5 dargestellt. Die Intensität des während des Winterversuches mit Pelargonien (Versuch 2272) mit Natriumdampflampen zugeführten Assimilationslichtes betrug in Erfurt 10 klx und in Hannover 5 klx. Mit denselben Belichtungseinrichtungen wurde während der Poinsettienversuche eine minimale Tageslänge von 14 Stunden gewährleistet.

2.1.2.2. Substrate und Düngung

Die Poinsettien wurden im ersten Versuch (2271) in 21 cm Töpfen und danach aus versuchstechnischen Gründen wie die Pelargonien in 16 cm Töpfen kultiviert.

2.1.2.2.1. Konventionelle Kultur

Die konventionelle Kulturführung erfolgte in Einheitserde für Poinsettien bzw. im Fall der Pelargonie in Einheitserde ED-73 (beide Fa. Patzer) mit folgenden pflanzenverfügbaren Nährstoffen in mg/l: N: 200–500; P₂O₅: 200–400, K₂O: 300–600 mg (zzgl. Molybdän bei Poinsettien). Die Nachdüngung erfolgte in Abhängigkeit von den kontinuierlich ermittelten Nährstoffgehalten des Substrates und des Pflanzenwachstums maximal zweimal pro Woche durch Verabreichung einer Nährlösung in je nach Bedarf unterschiedlicher Zusammensetzung aus Ammoniumnitrat, Kalisalpeter und Flory Basis I bzw. in wenigen Fällen mit Kaliumsulfat. Folgende minimale Nährstoffkonzentrationen im Substrat wurden angestrebt: NO₃-N: 80 mg/l; P: 100 mg/l; K 300 mg/l. Die zugeführten Mengen an N, P, und K sind in den Abschnitten 3.1.1.1.1 und 3.1.1.2.1 dargestellt.

Tab. 4: Klimaführung Poinsettien-Mutterpflanzen

Versuch	ab Datum	Grenzwert Heizung/Lüftung		Grenzwert Schattierung	Grenzwert Assimilationslicht	Ist-Mittelwerte gesamter Versuch	
		Tag	Nacht			Temperatur	PPFD ¹
		[°C]	[°C]	[klx]	[klx]	[°C]	[$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]
2271-E	20.06.02 -14.07.02	19/20	18/20	20	ohne	21,1	125
	15.07.02 -06.11.02	19/20	18/20	35	ohne		
2271-H	20.06.02 -14.07.02	19/20	18/20	20	ohne	21,3	nicht erfasst
	15.07.02 -06.11.02	19/20	19/20	35	ohne		
2273-E	03.06.03 -17.08.03	20/20	18/20	35	ohne	23,1	160
	18.08.03 28.09.03	20/20	18/20	45	ohne		
	29.09.03 -16.10.03	20/20	18/20	50	ohne		
2273-H	01.07.03 -20.07.03	19/20	18/20	20	ohne	23,6	nicht erfasst
	21.07.03 -16.10.03	19/20	18/20	35	ohne		

¹ bezogen auf eine durchschnittliche Tageslänge von 12h

Tab. 5: Klimaführung Pelargonien-Mutterpflanzen

Versuch	ab Datum	Grenzwert Heizung/Lüftung		Grenzwert Schattierung	Grenzwert Assimilationslicht	Ist-Mittelwerte gesamter Versuch (Monate)	
		Tag	Nacht			Temperatur	PPFD ¹
		[°C]	[°C]	[klx]	[klx]	[°C]	[$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]
2272-E	04.12.02 -10.04.03	18/20	17/18	ohne	a) 33	a) 19,6	a) 146 (12.02) 159 (01.03) 148 (02.03) 153 (03.03) 242 (ab 04.03)
	04.12.02 -15.05.03	18/20	17/18	ohne	b) ohne Assimilationslicht	b) 19,2	b) 32 (12.02) 54 (01.03) 101 (02.03) 186 (03.03) 241 (ab 04.03)
2272-H	04.12.02 -15.04.03	18/20	17/18	ohne	20	18,8	nicht erfasst
2274-E	11.06.03 -16.10.03	18/20	17/18	45	ohne	23,0	216
2274-H	24.06.03 -31.07.03	19/20	18/20	ohne	ohne	23,5	nicht erfasst
	01.08.03 -16.10.03	19/20	18/20	35	ohne		

¹ bezogen auf eine durchschnittliche Tageslänge von 12h

2.1.2.2.2. Ökologische Kultur

Die ökologische Kultur erfolgte in torf reduzierten Substraten des Herstellers Floragard.

2.1.2.2.2.1. System 1: Moderate Stickstoffbevorratung und Flüssignachdüngung

Im ersten Projektabschnitt wurde für alle Versuche eine standardisierte, moderat mit organischem Stickstoff aufgedüngte Bio-Topferde verwendet, deren Zusammensetzung in Tabelle 6 (System 1) dargestellt ist. Dies erforderte im weiteren Wachstumsverlauf der Mutterpflanzen eine Nachdüngung. Aufgrund der hohen Ausgangshalte des Substrates an Phosphor und Kalium wurde im wesentlichen nur der organische Stickstoffdünger Aminosol eingesetzt (9% organisch gebundener Stickstoff = 110,7 g/l N, Fa. Lebosol). Nur gegen Ende des Pelargonienversuches kam aufgrund der Erschöpfung des Kaliums als organischer Mehrnährstoffdünger Vinasse (Biotrissol, 3% N, 2% P₂O₅, 5% K₂O, Fa. Neudorff) zum Einsatz. Die flüssigen Dünger wurden je nach Bedarf ein bis zwei mal pro Woche in maximalen Konzentrationen von 1,2 % (Aminosol) bzw. 1,5 % (Bio-Trissol) verabreicht. Es wurden hierbei die gleichen Nährstoffgehalte im Substrat wie in der konventionellen Kultur angestrebt (2.1.2.2.1). Die Stickstoffdüngung erfolgte dann, wenn der Verlauf der NO₃-Gehalte darauf hindeutete, dass die aktuelle Stickstoffnachlieferung aus der organischen Fraktion den pflanzlichen Entzug nicht mehr hinreichend abdeckte. Die applizierten Nährstoffmengen sind in Abschnitt 3.1.1.1.1. dargestellt.

2.1.2.2.2.2. System 2: Hohe Stickstoffgrundversorgung

Im zweiten Projektabschnitt erfolgte die ökologische Kultur in unterschiedlichen Substraten. Eine wesentliche Zielsetzung war hierbei, die arbeits- und kostenintensive organische Stickstoffnachdüngung durch eine angemessen hohe Stickstoffgrundversorgung mit unterschiedlicher zeitlicher Verfügbarkeit zu ersetzen. In Auswertung des ersten Arbeitspaketes wurde nach weiterer Absprache mit Kollegen der Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Landbau (Christian Bruns) und des Forschungsinstitutes für Biologischen Landbau in der Schweiz (Martin Koller) sowie mit dem Substrathersteller Floragard die in Tabelle 6 dargestellte höhere Aufdüngung mit drei verschiedenen Hornfraktionen vorgenommen.

In der Systemvariante 2a wurde ansonsten die gleiche Substratmischung verwendet wie in System 1. Zusätzlich wurden drei weitere Substratmischungen eingesetzt, um eine Steigerung des Infektionserfolges der arbuskulären Mykorrhiza zu erzielen bzw. um Erkenntnisse über

infektionslimitierende Faktoren zu erlangen. Um die Phosphatversorgung als potentiell infektionslimitierenden Faktor zu reduzieren, wurden in Variante 2b der Kompost- und Tongehalt wesentlich reduziert und durch einen höheren Anteil Flachsschäben sowie Hinzufügen von Kokosfaser ausgeglichen. Dieser Variante wurde die gleiche Substratmischung mit hoher Phosphataufdüngung gegenüber gestellt (2c). In der Variante 2d erfolgte ein vierwöchige Vorkultur in einem Mangelsubstrat (Variante 2e, 10 cm Topf), danach wurde in das Substrat der Variante 2a umgetopft.

Tab. 6. Substrate der ökologischen Kultur

System	Torf*	Grünschnitt- kompost	Flachs- schäben	Kokos- faser	Sand	Ton	Horn- mehl	Horn- gries	Horn- späne	Thomas- phosphat
	[% Volumen]					[kg / m ³]				
1**	50	25	25	0	0	60	0	3	0	0
2a / 2d	50	25	25	0	0	60	1,5	3	3	0
2b	50	5	30	15	0	12	1,5	3	3	0
2c	50	5	30	15	0	12	1,5	3	3	10
2e	10	1	1	8	80	2,4	0,3	0,6	0,6	0

* jeweils 3/10 Schwarztorf + 7/10 Weisstorf; ** Bio-Topferde Floragard

Aufgrund der hohen Versorgung zu Versuchsbeginn war während der Versuche keine Nachdüngung der Varianten 2a und 2d erforderlich. Die Substratmischungen 2b und 2c erforderten jedoch gegen Versuchsende eine Kaliumdüngung mit Kaliumsulfat (0,25%).

2.1.2.3. Inokulation mit AMP und unterstützenden Bakterien

Mit Chlamydosporen und Mycel arbuskulärer Mykorrhizapilze der Isolate 40 (*Glomus intraradices*), 49 (*G. intraradices*), 139 (*G. etunicatum*), 301 (*G. intraradices*), und 510 (*G. intraradices*) behaftete Blähtonpartikel der Größe 2-4 mm dienten als Inokulum. Diese wurden an *Tagetes erecta* L. produziert. Die Inokulation mit den jeweiligen AM-Pilzen erfolgte durch Beimengung des Inokulumträgermaterials zum verwendeten Substrat. Zum Topftermin wurden im ersten Versuch mit Poinsettien-Mutterpflanzen je Topf 50 ml bzw. in allen weiteren Versuchen 5 Volumenprozent Blähtoninokulum eingesetzt. Der Blähton wurde gleichmäßig unter das Topfsubstrat gemischt und die Pflanzen darin getopft. Im zweiten Projektabschnitt (Versuche 2273 und 2274) erfolgte eine erste Inokulation bereits zum Stecktermin (5 Volumenprozent im Bewurzelungsubstrat Perlite) und eine zweite Inokulation zum Zeitpunkt des Topfens wie oben beschrieben. Waren Nachinokulationen erforderlich,

wurden in jeden Topf zwei Löcher gebohrt und mit dem jeweiligen Mykorrhizaisolat aufgefüllt.

Das Bakterienisolat *Bacillus mycoides* wurde vom IPP (Institutssammlung) zur Verfügung gestellt. Die Aufbewahrung der Erhaltungskulturen erfolgte bei 4 °C. Zur Anzucht von *B. mycoides* wurde ein synthetisches flüssiges Nährmedium mit Abstrichen der Erhaltungskultur beimpft und für 3 Tage inkubiert. Die Applikation von *B. mycoides* erfolgte über das Trägermaterial Blähton. Dazu wurde der mit Infektionsstrukturen der Pilze behaftete Blähton vor dem Untermischen in das Topfsubstrat für 30 Minuten in das Flüssigmedium getaucht.

2.1.2.4. Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz erfolgte ausschließlich biologisch. Eingesetzt wurden folgende Nützlinge: *Steinernema feltiae* gegen Trauermücken, *Encarsia formosa* gegen Weiße Fliege, *Amblyseius spec.* prophylaktisch gegen Spinnmilben sowie *Bacillus thuringiensis* gegen Schmetterlingsraupen. Der Schädlingsbefall wurde durch visuelle Kontrolle der Pflanzen und durch Gelb- und Blautafeln detektiert.

2.1.3. Mutterpflanzenaufbau, Stecklingsernte und Behandlung

Die Poinsettien-Mutterpflanzen wurden je nach Entwicklungszustand in der zweiten bzw. dritten Kulturwoche auf fünf Blätter entspitzt, um die Verzweigung der Mutterpflanzen zu fördern. Danach erfolgte die Stecklingsernte zu insgesamt maximal 4 Terminen je Versuch nach folgenden Kriterien: Stecklinge 4 bis 6 cm lang, mindestens drei voll entwickelte Blätter. An der Mutterpflanze verblieben mindestens zwei voll entwickelte Blätter mit Axilliarknospen für den Neuaustrieb. Die Sprossbasis der Stecklinge wurde kurzzeitig in lauwarmes Wasser getaucht, um den Austritt der Euphorbienmilch einzuschränken und ein Verkleben der Sprossbasis zu verhindern.

Die Beerntung der Pelargonien-Mutterpflanzen erfolgte ohne vorheriges Entspitzen ebenfalls zu maximal 4 Terminen mit sterilisierten Messern (70% Methanol), wobei ebenfalls mindestens 2 voll entwickelte Blätter an der Mutterpflanze verblieben. Kriterien: Stecklinge mit drei Blättern, mindestens ein Blatt voll entwickelt.

2.1.3.1. Stecklingslagerung und Bewurzelungsbedingungen

Die Stecklinge wurden in nicht-perforierte (Poinsettien) bzw. perforierte Polyethylenbeutel (Pelargonien) verpackt und in Kartons für 1 Woche bei 9°- 10°C (Poinsettien) bzw. für 1 oder 2 Wochen bei 5°C (Pelargonien) dunkel gelagert.

Die Bewurzelung der ungelagerten und gelagerten Stecklinge erfolgte ohne Anwendung von Assimilationslicht im Gewächshaus unter Lochfolie, die direkt auf die verwendeten Pikierschalen aufgelegt wurde. Als Bewurzelungssubstrat diente Perlite, es wurden keine Dünger oder Wachstumsregulatoren angewendet. Die Heizungs bzw. Lüftungstemperaturen für Tag/Nacht betragen in Erfurt 19°C/18°C bzw. 21°C/20°C, schattiert wurde ab 25 klx. Die Klimaregelwerte in Hannover entsprachen den Werten für die Mutterpflanzenkulturen (Tab. 4,5). Die durchschnittlichen Lufttemperaturen während der Bewurzelungszeiträume variierten je nach Jahreszeit zwischen 18.3 °C (1. Ernte Pelargonien, Hannover, Versuch 2272-H, Winter) und 26.0 °C (1. Ernte Poinsettien, Erfurt, Versuch 2273-E, Sommer). Die in Erfurt kontinuierlich gemessene photosynthetisch aktive Einstrahlung (PPFD) während der Bewurzelungszeiträume variierte zwischen durchschnittlich 37 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ je 12 h Tageslänge (4. Ernte Poinsettien, Versuch 2271-E, Winter) und 174 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ je 12 h Tageslänge (1. Ernte Poinsettien, Versuch 2273-E, Sommer).

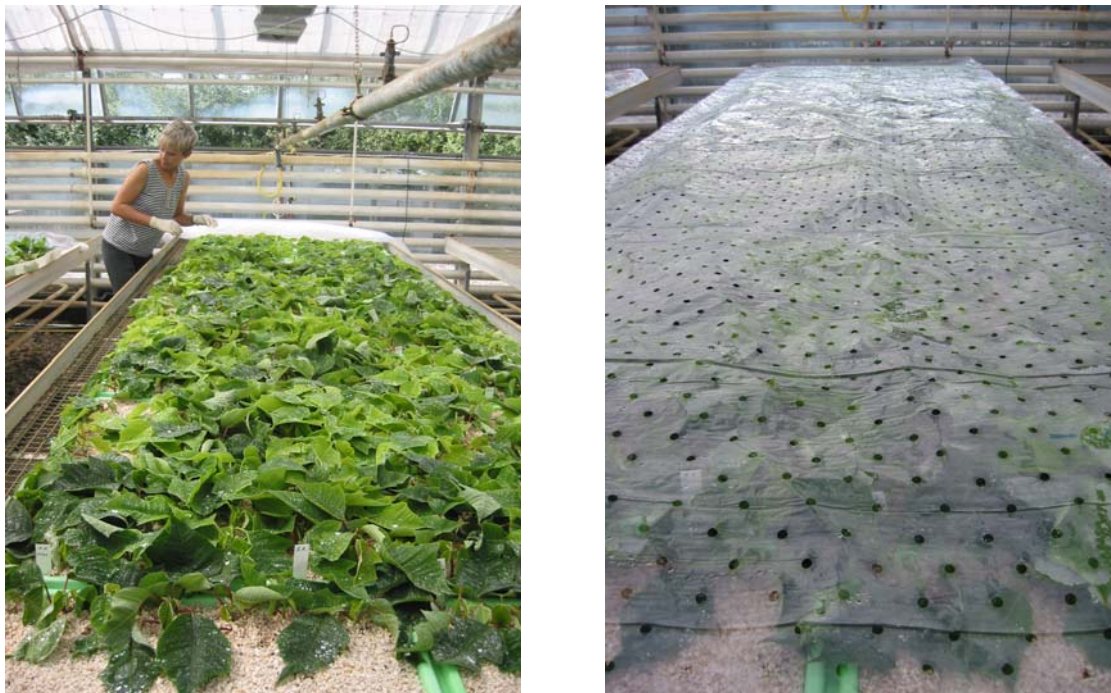


Abb.1. Bewurzelung Poinsettien-Stecklinge , Standort Erfurt, Versuch 2271-E

2.1.3.2. Inokulation mit *Botrytis cinerea*

Zur Prüfung der Resistenz von Stecklingen unterschiedlicher Mutterpflanzengruppen gegenüber *Botrytis cinerea* wurden diese mit Konidiensuspensionen des Erregers inokuliert. Hierzu wurde *B. cinerea* auf Biomalzagar-Platten (2%) vorkultiviert, die Konidien

abgeschwemmt und in einer Saccharoselösung (10%ig) suspendiert (107 Sporen/ml). Die Sporensuspension wurde gleichmäßig auf die Blätter der zu prüfenden Stecklinge gesprüht. Zur Verbesserung der Infektion wurde ggf. jeweils ein Blatt pro Steckling mit einer Nadel 5 mal durchstoßen.

2.2. Versuchsauswertung

2.2.1. Chemische Analyse Substrat

In 14-tägigem Abstand wurden während des gesamten Versuchsverlaufs die Konzentrationen an Nitratstickstoff, Phosphor und Kalium sowie der pH-Wert und Salzgehalt der Substrate in Natriumacetat-Extrakten repräsentativer Mischproben nach der Methode von Göhler und Drews (1978) bestimmt.

2.2.2. Bonitur Mykorrhizierung

Zu definierten Terminen im Versuchsverlauf wurde die Infektion der Wurzeln mit arbuskulärem Mykorrhizapilzen bonitiert. Hierzu wurden aus dem inneren Bereich des Wurzelballens der jeweiligen Pflanzen Wurzelproben genommen und ausgewaschen. Zur Anfärbung wurden die Wurzeln zunächst über Nacht in 10%ige KOH-Lösung eingelegt. Nach dem Abgießen der KOH-Lösung erfolgte eine Auswaschung mit A. dest. und nachfolgende Ansäuerung in 10%iger HCl für 15 Minuten. Poinsettienwurzeln wurden dann für 10 Minuten in 0,05%iger Trypanblaulösung bei ca. 70°C gefärbt. Zur Entfärbung wurde nachfolgend saures Glycerin für 15 Minuten eingesetzt. Pelargonienwurzeln wurden nach dem Ansäuern in einer Lactophenol/Trypanblaulösung (0,1%) gefärbt. Zur Aufbewahrung diente reine Milchsäure. Die Mykorrhizierung wurde mittels Lichtmikroskop auf Vorhandensein von Arbuskeln und Vesikeln bonitiert. Hierzu dienten jeweils 20 Wurzelstücke von je 1 cm Länge. Zum einen wurde die relative Befallshäufigkeit (% der Anzahl der mykorrhizierten Wurzelstücke / Gesamtanzahl der Wurzelstücke) ermittelt. Zum anderen wurde die Befallsintensität (Summe der Boniturnoten / Anzahl der infizierten Wurzelstücke) untersucht, die aufgrund ihrer Ausbreitung in den Wurzeln in den Bonituroklassen 0-3 bonitiert wurde.

Die Bonituroklassen nach BACKHAUS (1984) teilen sich auf in

0= frei von Mykorrhiza

1= maximal 33 % des Wurzelstückes sind verpilzt

2= maximal 66 % des Wurzelstückes sind verpilzt

3= über 66 % des Wurzelstückes sind verpilzt

2.2.3. Diagnose Schaderregerbefall und abiotische Schäden

2.2.3.1. Visuelle Bonitur und Isolation

Die Bonitur von *Botrytis*-Befall erfolgte visuell in 5 Klassen von 1 (gesund) bis 5 (völlig verpilzt und absterbend). Hierbei wurde zwischen Infektionen an den perforierten Blättern und dem Vegetationspunkt unterschieden. Zur Isolation von *Botrytis cinerea* von befallenem Blattmaterial wurde das Material oberflächlich mit 70% Ethanol desinfiziert, mit sterilem Wasser in steriler Atmosphäre gewaschen, zerschnitten und auf Biomalzagar (2%) überführt. Bei Wachstum des Erregers wurde dieser in Reinkultur gebracht.

Eine Überprüfung bakterieller oder pilzlicher Infektionen bei Blattnekrosen an Pelargonien erfolgte durch mikroskopische Untersuchung des Blattmaterials (Hannover und Erfurt) in Hannover. Daneben wurden Blattproben in feuchter Atmosphäre ausgelegt, um Sporulation von potentiellen pilzlichen Erregern zu provozieren. Blätter mit Schadsymptomen wurden auch mikrobiell untersucht: Oberflächensterilisation und Auslegen von Stückchen auf Pilz- bzw. Bakteriennähragar, Untersuchung der isolierten Mikroorganismen.

2.2.3.2. PCR-Detektion *Botrytis cinerea*

Aus dem zu untersuchenden Material (Pflanzenproben und Pilzhyphen von Agarplatten) wurde die DNA unter Verwendung der DNAeasy Kits von Quiagen wie folgt extrahiert:

1. Wärmebad auf 65 °C vorwärmen (sobald auf 65 °C, Puffer AE einlegen)
2. max. 100 mg Pflanzenfrischmaterial abwiegen
3. Pflanzenmaterial mit flüssigem Stickstoff mörsern
4. 400 µl AP 1 und 4 µl RNAse in Mörser dazugeben, sorgfältig rühren
5. Proben in Eppendorfgefäß überführen und schütteln
6. Proben in Wasserbad für 10 Minuten inkubieren (2-3 mal zwischendurch schütteln)
7. 130 µl Puffer AP 2 zu den Proben geben, mixen, auf Eis für 5 Min kühlen und 5 Min zentrifugieren
8. Lysat (klar) in „QIAshredder spin column“ überführen und 2 Min zentrifugieren
9. Lysat mit Puffer AP3 versetzen (1,5 fache Menge)
10. 650 µl davon in „DNAeasy mini spin column“ überführen und 1 Min bei mindestens 6000 x g zentrifugieren
11. Lysat verwerfen und Säule weiterverarbeiten

12. Säule in weiße „collection tube“ stecken und 500 µl Puffer AW hinzufügen und 1 Min bei mindestens 6000 x g zentrifugieren
13. Durchfluss verwerfen, Säule weiterverwenden
14. Säule in weiße „collection tube“ stecken und 500 µl Puffer AW hinzufügen und 2 Min bei maximaler Kraft zentrifugieren
15. 100 µl des vorgewärmten Puffers AE auf die Säule geben, 5 Min bei Raumtemperatur aufbewahren
16. 1 Minute bei mindestens 6000 x g zentrifugieren
17. Schritt 15-16 wiederholen
18. Säule verwerfen und vereinigte Eluate einfrieren

Die extrahierte DNA der Proben wurde mittels PCR wie folgt auf Vorhandensein von *Botrytis cinerea* geprüft:

Primer: Aus Rigotti et al. (2002)

Cycler: T3 Thermocycler, Biometra

Programm:

1. 94°C für 2 Min
2. 94°C für 30 Sek
3. 37°C für 30 Sek
4. 72°C für 1 Min (35 mal wiederholen)
5. 72°C für 10 Min
6. 4°C Pause

Danach erfolgte die Gel-Elektrophorese und Prüfung der mit Ethidiumbromid-gefärbten Gele unter UV-Licht.

2.2.3.3. Mikroskopische Untersuchungen

Bei allen Wurzelproben, an denen die Entwicklung der Mykorrhizasymbiose mikroskopisch quantifiziert wurde, sowie an bewurzelnden Stecklingen mit Infektionsverdacht, wurde gleichzeitig der Befall mit bodenbürtigen Wurzelpathogenen erfasst. Hierbei handelte es sich vor allem um Oosporen von *Pythium spec.* und Strukturen von *Olpidium brassicae*.

Blätter von Pelargonienmutterpflanzen mit makroskopisch sichtbaren Symptomen (Nekrosen, Chlorosen) wurden wie folgt untersucht. Ohne weitere Präparation wurden mit Hilfe eines Stereomikroskops (WILD M3Z, Leica) Übersichtsaufnahmen der oberen und unteren

Epidermis erstellt. Detaillierte mikroskopische Aufnahmen von Abzügen der unteren Epidermis sowie von Blattquerschnitten wurden nach Frischpräparation mit Hilfe der Auflichtmikroskopie (Leitz NMRB, Leica, 20er bzw. 40er Objektiv) angefertigt. Die Verarbeitung der digitalfotographische Aufnahmen (Polaroid, USA, Deutschland) erfolgte mit Hilfe der Bildverarbeitungssoftware analySIS 3.0 (Soft Imaging Systems GmbH, Deutschland).

2.2.4. Entwicklung der Mutterpflanzen und Stecklingsertrag

Die äußere Erscheinung der Mutterpflanzen (Größe, Aufbau, auffällige Blattsymptome) wurde photographisch erfasst. Während des zweiten Projektabschnittes wurden im Fall der Pelargonien in zeitlich definierten Perioden die durch Seneszenz bedingten Blattverluste (Anzahl vollständig chlorotisch und / oder nekrotischer Blätter) ermittelt.

Je Erntetermin wurden Anzahl und Frischmasse aller geernteten Stecklinge je Prüfglied bestimmt. Zu Versuchsende erfolgte zusätzlich die Ermittlung der Sprossfrischmasse der Mutterpflanzen.

2.2.5. Bewurzelungsbonitur

Nach einer definierten Bewurzelungszeit (je nach Kultur und Jahreszeit 21 – 28 Tage) wurde an jeweils 7 bis 10 Stecklingen pro Wiederholung (n = 4) der durch massive Schädigung von Blättern und Spross und/oder Absterben des Vegetationspunktes (besonders Pelargonien) bedingte prozentuale Ausfall der Stecklinge ermittelt. Der Ausfall war in der Regel mit einem starken *Botrytis*-Befall verbunden. Bei den verbleibenden Stecklingen wurden Anzahl und Länge sowie in ausgewählten Versuchen auch die Frischmasse der gebildeten Adventivwurzeln bestimmt.

2.2.6. Mineralstoffanalysen Pflanzenmaterial

Mutterpflanzen sowie frisch geerntete Stecklinge wurden getrocknet und anschließend pulverisiert (Zerche et al. 1999). In diesen Proben erfolgte die Analyse des Gesamtstickstoffgehaltes mittels Dumas Methode (Ehrenberger 1991). Nach einem mikrowellenunterstützten Säureaufschluss (Panholzer 1994) des Pflanzenpulvers in einem PMD-Aufschlusssystem (Anton Paar, Graz) wurden die Konzentrationen an Kalium und Calcium mit Hilfe der Flammenphotometrie (Flapho 4, Carl Zeiss Jena) und nach Welz und Sperling (1997) in einem Absorptionsspektrometer (AAS 5FL, Analytik Jena AG) gemessen sowie die Konzentration an Phosphor kolorimetrisch mittels Ammoniummolybdad-Reagenz analysiert.

2.2.7. Kohlenhydratanalyse

Zu jedem Erntetermin und Auslagerungszeitpunkt der gelagerten Stecklinge wurden jeweils 3 Stecklinge je Wiederholung (= 12 Stecklinge pro Variante) für die Analyse der Kohlenhydrate verwendet. Es wurden die Blattspreiten unterschiedlich alter Blätter sowie die untere Sprossbasis (1 cm) der Stecklinge beprobt. Das Pflanzenmaterial wurde in kleine Teilchen (< 25 mm³) geschnitten, für jeweils eine Wiederholung vereinigt, in eiskaltes 80% Ethanol (-20 °C) überführt und danach bis zur Extraktion bei - 20 °C gelagert. Die Extraktion der Zucker erfolgte in einer 5-fachen Menge (w/v) 80% Ethanol heiß (80°C), wobei dieser Vorgang nach Dekantieren der Extrakte mehrfach (mindestens viermal) wiederholt wurde, bis sämtliches Chlorophyll aus dem Rückstand entfernt war. Die gesammelten Extrakte wurden über Aktivkohle gereinigt (2,5 g pro g Frischmasse extrahierten Pflanzenmaterials, 1 h Raumtemperatur), über Glasfaserfilter filtriert (S&S No. 6) und anschließend zentrifugiert (20.000 x g, 20 min, 4°C).

Die Konzentrationen an Glucose, Fructose und Stärke in den ethanolschen Extrakten wurden anschließend in Mikroplatten mittels enzym-gekoppelter Kolorimetrie (Hendrix 1993) unter Verwendung von Glucose-6-Phosphat Dehydrogenase (EC 1.1.1.49), Hexokinase (EC 2.7.1.1), Phosphoglucose-Isomerase (EC 5.3.1.9) und Invertase (EC 3.2.1.26) (Sigma, USA) bestimmt (Drüge et al. 1998). Für die Analyse des Stärkegehaltes wurden die Extraktionsrückstände mit einer kleinen Menge Quarzsand gemörsert. Nach Zugabe von 15 ml A. bidest pro g Frischmasse des ursprünglich extrahierten Pflanzenmaterials wurden die Suspensionen für 3 h bei 100 °C inkubiert (McRae, 1971). Nach Abkühlen auf Raumtemperatur erfolgte je g Frischmasse die Zugabe von 15 ml einer Amyloglucosidase-Suspension (von *Aspergillus niger*, EC 3.2.1.3, 1,5 U ml⁻¹ in 0,2 M Acetatpuffer, pH 4.8) und eine anschließende Dunkelinkubation der geschlossenen Polypropylengefäße für 40h bei 60 °C (Druege et al. 2000). Danach wurde die Stärkekonzentration indirekt über die frei gesetzte Glucose wie oben beschrieben ermittelt.

2.2.8. Chlorophyllfluoreszenzanalyse

Die Chlorophyllfluoreszenz ist ein vielseitiger Indikator für die komplexen Reaktionsabläufe der Photosynthese. Mit dem PAM (Puls-Amplituden-Modulation) Chlorophyll Fluorometer steht seit geraumer Zeit ein Meßsystem zur Verfügung, das die umfassenden Fluoreszenzinformationen quantitativ analysieren kann (Schreiber, 1986; Schreiber et al., 1986).

Die pulsmodierte in vivo Chlorophyllfluoreszenz von *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen und Stecklingen wurde mit dem Fluoreszenzmessgerät Mini-PAM (Walz, Effeltrich, Deutschland) bestimmt.

Nach 10 min Dunkelinkubation wurde die minimale Fluoreszenz eines Laubblattes (Grundfluoreszenz F_0) mittels eines schwachen pulsmodulierten Lichtimpulses ($0,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 650 nm, Lichtemittierende Diode Typ H-3000 Stanley) und die maximale Fluoreszenz (F_m) durch einen sättigenden Weiß-Lichtblitz (800 ms, $4000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, Halogenlampe Typ Bellaphot Osram) gemessen. Mit Hilfe dieser beiden Extremwerte der Chlorophyllfluoreszenz konnte die maximale photochemische Quantenausbeute vom Photosystem II (F_v/F_m , $F_v = F_m - F_0$, Genty et al., 1989) berechnet werden.

2.2.9. Analyse Abscisinsäuregehalt

Zur Untersuchung des Einflusses der arbuskulären Mykorrhiza auf die Konzentration des Stresshormons Abscisinsäure im Blattgewebe wurde in allen 4 Wiederholungsgruppen der Prüfglieder von jeweils 2 Pflanzen 1g Blattfrischmasse entnommen. Hierbei wurde besonders auf die Auswahl gleich alter Blätter und zur Ausschaltung etwaiger Tagesrhythmik auf eine schnelle Aberntung geachtet. Die Blätter wurden in Alubriefchen verpackt, in flüssigem Stickstoff schockgefroren und anschließend bei -20°C eingelagert. Nach Gefriertrocknung wurden das Material gemörsert, 3 Wiederholungsmengen á 40mg in Eppendorfgefäße eingewogen und wieder bei -20°C gelagert. Nach Zugabe des internen Standards (d6-ABA) erfolgte die Extraktion unter Schütteln über Nacht in Isopropanol/Eisessig (95/5), danach wurde der Abscisinsäuregehalt mittels GC-MS bestimmt.

2.2.10. Statistische Auswertung

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte für die Versuchsstandorte getrennt mit dem ANOVA/MANOVA Modul von Statistica 6.0 (Statsoft, Incorp). Prüffaktoren waren Sorte, Kulturverfahren, Erntetermin, Inokulation mit Mikroorganismen und ggfs. Stecklingslagerung. Bei dem Vergleich der Kulturverfahren bezüglich Substrat und Düngung wurden nur die Prüfglieder ohne zusätzliche Inokulation mit AMP bzw. Bakterien berücksichtigt. Mittelwertvergleiche erfolgten mit Hilfe des Newmann-Keuls Testes ($p < 0.05$).

- 3. Ergebnisse**
- 3.1. Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse**
- 3.1.1. Einfluss der Ökologischen Kulturführung auf Ertrag, Qualität und Gesundheit der Stecklinge**
- 3.1.1.1. System 1: Moderate Stickstoffbevorratung und Flüssignachdüngung (AP1)**

Im ersten Versuchsjahr wurde die ökologische Kultur beider Pflanzenarten in einem moderat mit organischem Stickstoff aufgedüngten (3 kg/m³ Horngrües) komposthaltigen Substrat unter zusätzlicher organischer Flüssignachdüngung durchgeführt.

3.1.1.1.1. Wurzelraumchemie

Der Verlauf der Nährstoffgehalte und die resultierenden Düngungsmaßnahmen im Laufe des ersten Versuches mit Poinsettien-Mutterpflanzen sind in Abb. 2 dargestellt. Bedingt durch die hohen Phosphor- und Kaliumgehalte des verwendeten Bio-Topfsubstrates führte die ökologische Kultur zu einem im Vergleich mit der konventionellen Variante kontinuierlich höheren Phosphor- und Kaliumangebot. Im Gegensatz zur konventionellen Kultur war in den ökologischen Systemen keine Nachdüngung dieser beiden Nährstoffe notwendig. Unter den hohen Temperaturen des Sommers fand in dem ökologischen Substrat eine starke Mineralisierung des organischen Stickstoffs statt. Dies betraf sowohl den bereits zu Versuchsbeginn im Substrat befindlichen organischen Stickstoff, als auch den im Laufe des Versuches zugeführten organischen Stickstoff (Aminosäuren). Der Verlauf der Gehalte an Nitratstickstoff in den ökologischen Systemen liegt in einem für die konventionelle Kultur von Pelargonien-Mutterpflanzen als optimal ermittelten Bereich (Zerche et al. 2003) und reflektiert eine an dem Entzug angepasste Stickstoffversorgung. Trotz der wesentlich höheren Kaliumgehalte war dies mit einer im Vergleich zur konventionellen Kultur reduzierten Salzbelastung der Mutterpflanzen verbunden (Abb. 3).

Der nachfolgende Versuch mit Pelargonien-Mutterpflanzen erfolgte während des Winters unter verschiedenen Lichtbedingungen. Eine Assimilationsbelichtung wurde insbesondere wegen der arbuskulären Mykorrhiza einbezogen. Für den Versuch in Erfurt unter hohem Assimilationslicht einerseits sowie unter Tageslichtbedingungen andererseits sind die während der Kultur verabreichten Nährstoffmengen in Tabelle 7, sowie die Verläufe der Nährstoff- und Salzgehalte im Substrat in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Alle entsprechenden Werte für Hannover (moderates Assimilationslicht) nahmen bezüglich beider Kultursysteme eine Zwischenstellung zwischen den Hoch- und Niedriglichtbedingungen in Erfurt ein, so dass auf eine Darstellung verzichtet wurde.

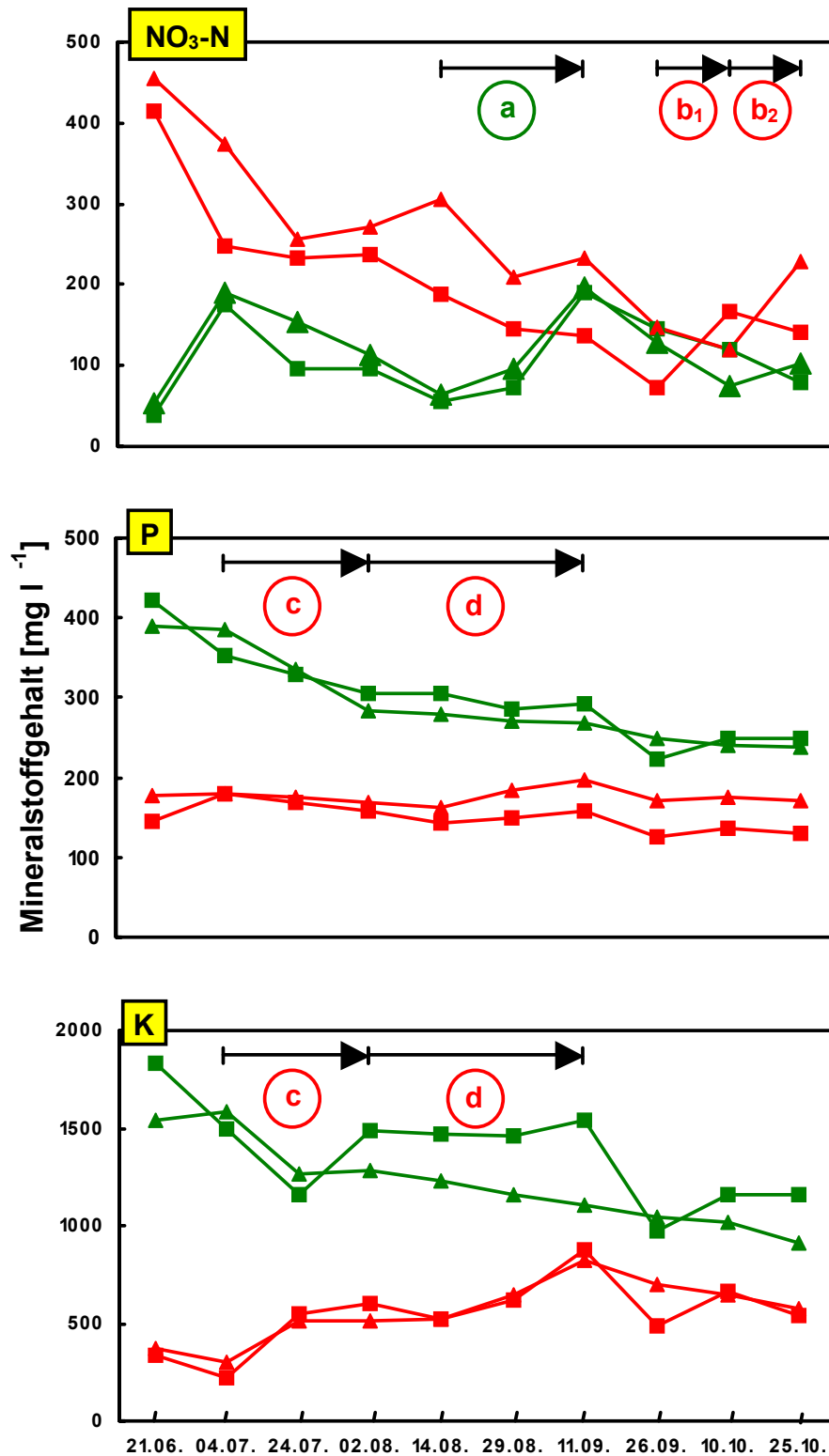


Abb. 2. Mineralstoffgehalt im Substrat und Nährstoffzufuhr bei **konventioneller** und **ökologischer** (System 1) Kultivierung von *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen. (■, ■) Versuchsstandort Erfurt; (▲, ▲) Versuchsstandort Hannover. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung: (a) 66 mg N l^{-1} ; (b₁) 59 mg N l^{-1} , Standort Erfurt; (b₂) 59 mg N l^{-1} , Standort Hannover; (c) 23 mg P l^{-1} , 79 mg K l^{-1} ; (d) 14 mg P l^{-1} , 47 mg K l^{-1} .

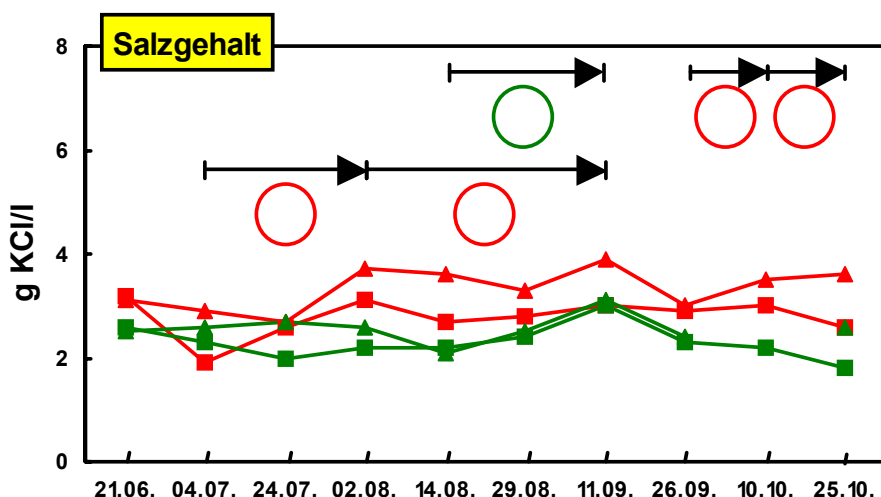


Abb. 3. Salzgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei **konventioneller** und **ökologischer** (System 1) Kultivierung von *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen. (■, ■) Versuchsstandort Erfurt; (▲, ▲) Versuchsstandort Hannover. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung: (a) 66 mg N l⁻¹; (b₁) 59 mg N l⁻¹, Standort Erfurt; (b₂) 59 mg N l⁻¹, Standort Hannover; (c) 23 mg P l⁻¹, 79 mg K l⁻¹; (d) 14 mg P l⁻¹, 47 mg K l⁻¹.

Die Nährstoffgehalte und Salzgehalte in dem Pelargonienversuch verliefen prinzipiell ähnlich wie in den Poinsettienversuchen mit folgenden Unterschieden. Die Phosphor- und Kaliumgehalte des Kompostsubstrates waren wieder deutlich höher als in der Einheitserde, jedoch wesentlich niedriger als im Poinsettienversuch (Abb. 2, 4). Daher mussten die ökologisch kultivierten Pelargonien-Mutterpflanzen zu Versuchende zusätzlich mit Kalium versorgt werden, was aufgrund des verwendeten Düngers BioTrissol auch mit einer P-Düngung verbunden war (Tab. 7).

Tab. 7. Zugeführte Nährstoffmengen pro Woche in Versuch 2272-E

Datum	Düngung	Hauptversuch (Assimilationslicht)			Nebenversuch (Tageslicht)		
		N (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)
15.12.2002	konventionell (i ₁)	0	27,3	94,7	0	0	0
	ökologisch	0	0	0	0	0	0
09.01.2003	konventionell	0	0	0	0	0	0
	ökologisch (a ₁)	88,7	0	0	0	0	0
23.01.2003	konventionell (f ₁)	57,3	54,7	190	0	0	0
	ökologisch (b ₁)	177,3	0	0	0	0	0
20.02.2003	konventionell (g ₁)	74	0	0	0	0	0
	ökologisch (c ₁)	103,3	0	0	0	0	0
06.03.2003	konventionell (g ₂)	0	0	0	74	0	0
	ökologisch (c _{1,2})	103,3	0	0	103,3	0	0
20.03.2003	konventionell (h ₁ , k ₂)	74	36,7	126,7	0	36,7	126,7
	ökologisch (d ₁)	40	8,7	55,3	0	0	0
03.04.2003	konventionell (h ₁ , k ₂)	74	36,7	126,7	74	36,7	126,7
	ökologisch (e _{1,2})	143,3	8,7	83,3	143,3	8,7	83,3

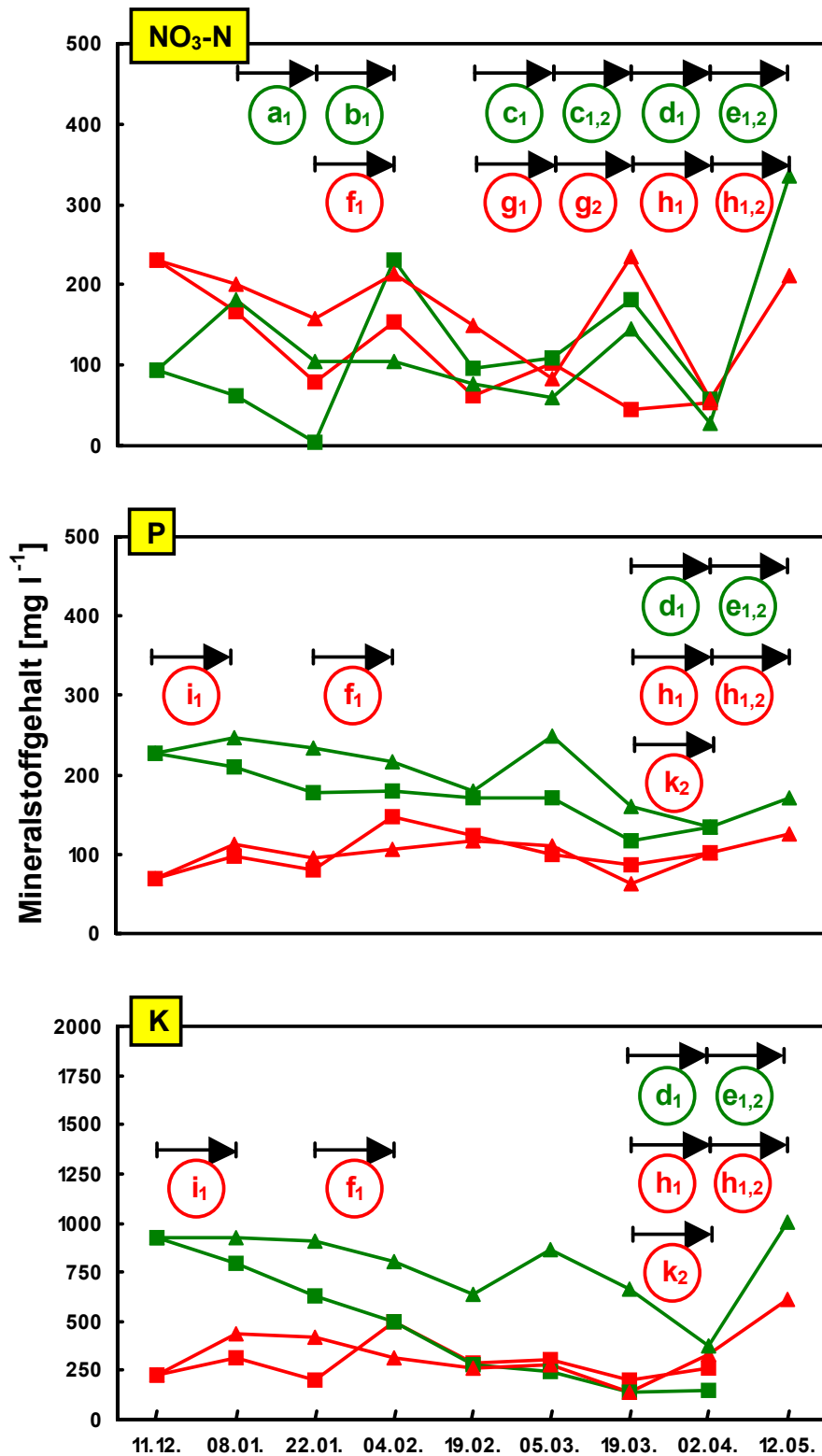


Abb. 4. Mineralstoffgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei **konventioneller** und **ökologischer** (System 1) Kultivierung von *Pelargonium x hortorum* Mutterpflanzen, Versuchstandort Erfurt, (■, ■) unter Assimilationslicht, Mittelwert für beide Sorten 'Penge' und 'Fireworks Scarlet'; (▲, ▲) unter Tageslicht, Sorte 'Penge'. Applizierte Nährstoffmengen pro Woche durch Düngung siehe auch Tab. 7.

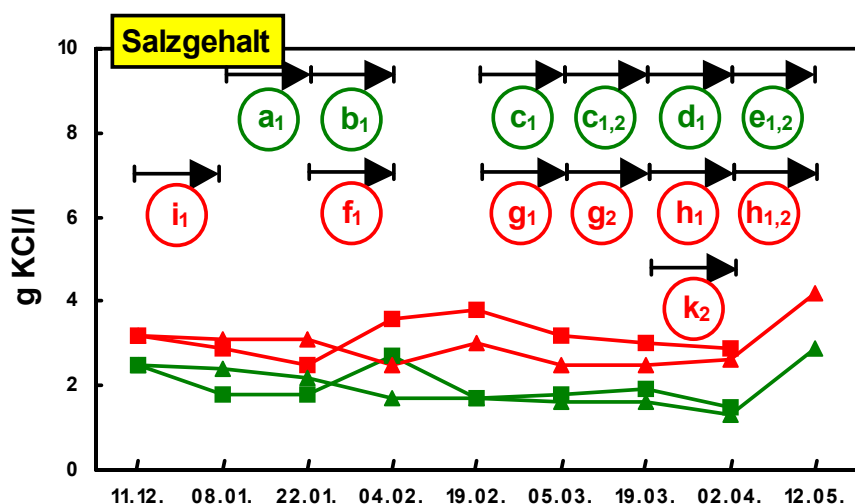


Abb. 5. Salzgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei **konventioneller** und **ökologischer** (System 1) Kultivierung von *Pelargonium x hortorum* Mutterpflanzen, Versuchsstandort Erfurt. (■, ■) unter Assimilationslicht, Mittelwert für 2 Sorten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet'; (▲, ▲) unter Tageslicht, Sorte 'Penve'. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung siehe auch Tab. 7.

Bedingt durch das stärkere Wachstum unter Assimilationslicht (siehe auch 3.1.1.1.3) verarmten die betreffenden Substrate schneller an Nährstoffen (Abb. 4), so dass hier früher und intensiver gedüngt werden musste (Tab. 7). Im Fall der ökologischen Kultur führte das höhere Lichtangebot bereits nach 6 Kulturwochen zu einer vorübergehenden Erschöpfung des Nitratstickstoffs, während die gleiche Kultur unter Tageslichtbedingungen in Folge einer über dem Entzug liegenden Mineralisierungsrate zu Versuchsbeginn zu einer leichten Akkumulation von Nitrat führte und eine Stickstoffdüngung erst zu Versuchsbeginn notwendig war. Insgesamt ermöglichte die gewählte Kombination aus moderater Stickstoffbevorratung und Flüssignachdüngung auch bei den Pelargonien-Mutterpflanzen einen Verlauf der Nitratgehalte im Substrat, der auf eine entzugsorientierte Stickstoffversorgung schließen lässt (Zerche et al. 2003). Im Vergleich zur konventionellen Kultur war dies wie zuvor bei den Poinsettien mit einer geringeren Salzakkumulation im Substrat verbunden (Abb. 5).

3.1.1.1.2. Pflanzengesundheit Mutterpflanzen

Die Mutterpflanzen (Poinsettien und Pelargonien) wurden nur sehr vereinzelt von Schadorganismen befallen. Insektenbefall am Spross trat in AP1 nicht auf, Trauermückenlarven im Substrat wurden erfolgreich durch den Einsatz von *Steinernema feltiae* bekämpft. An Einzelpflanzen wurden Symptome einer Wurzelfäule (*Pythium spec.*) festgestellt (Abb. 6a), die Befallsdichte war jedoch viel zu gering, um Effekte der Versuchsvarianten zu detektieren. Die an beiden Versuchstandorten von den Varianten

unabhängige und sehr geringe Frequenz sowie das frühe Auftreten im Versuchsverlauf deuten hingegen auf eine Einschleppung über das zugekaufte Jungpflanzenmaterial. Die wenigen befallenen Pflanzen wurden aus phytosanitären Gründen entfernt. Im weiteren Versuchsverlauf entwickelten sich die Pflanzen in beiden Kulturvarianten ähnlich gut, ohne dass Beeinträchtigungen der Pflanzengesundheit erkennbar waren (Abb. 6b,c).

6a



6b



6c



Abb. 6. Poinsettien-Mutterpflanzen a) zu Versuchsbeginn in Hannover: eine Pflanze (gelber Kreis) ist durch *Pythium*-Infektion geschädigt, 2271-H, 04.07.2002 b) ökologisch kultiviert, 'White Star', Erfurt, 2271-E, 19.08.02; c) Bestand Hannover, 2271-H, 19.09.02.

Die Pelargonien-Mutterpflanzen zeigten bei konventioneller Kulturführung Blattschäden in Form von Nekrosen und Chlorosen. Im Anfangsstadium entstanden auf der Blattunterseite kleine, im Gegenlicht durchscheinende, punktförmige Bereiche (Abb. 7a). Im weiteren Verlauf entwickelten sich kleine nekrotische Zentren (Abb. 7b) und die Symptome traten auch auf der Blattoberseite stärker in Erscheinung. Bei der Sorte 'Penve' entstanden zunehmend größere chlorotische und im weiteren nekrotische Bereiche (Abb. 7c), so dass im fortgeschrittenen Stadium ganze Blätter betroffen waren. Bei der Sorte 'Fireworks Scarlet' blieben die Schädigungen auf kleinere punktförmige Bereiche beschränkt (Abb. 7b) oder führten zu einer Nekrose der Blattränder (Abb. 7d). Am Versuchstandort Erfurt kam es nur dann zu einer intensiven Symptomausprägung, wenn die Mutterpflanzen unter hoher Assimilationsbelichtung wuchsen (erste Beobachtung in Woche vom 06. – 10.01.03). Die unter Tageslicht kultivierten Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' wiesen die Blattschädigungen erst im späten Versuchsverlauf auf (erste Beobachtung am 17.02.03), wobei die Intensität der Symptome bei der zu dieser Jahreszeit vorherrschenden niedrigeren Lichtintensität wesentlich geringer war als unter hohem Assimilationslicht. Am Versuchstandort Hannover (moderates Assimilationslicht) wurden die gleichen Symptome an beiden Sorten ebenfalls erst später (erste Beobachtung in der Woche vom 03.- 07.02.2003) mit geringer Intensität beobachtet.

Ähnliche Symptome werden gelegentlich auch in konventionellen Jungpflanzenbetrieben beobachtet, wobei die Ursachen weitgehend unklar sind. In den Versuchen konnten bakterielle und pilzliche Infektionen als Ursache ausgeschlossen werden.

Im Gegensatz zur konventionellen Kultur blieben unabhängig von der Lichtbedingung und vom Versuchstandort sämtliche Versuchspflanzen der ökologischen Variante bis zu Versuchsende vollständig symptomfrei (Abb. 7e,f). Die totale Symptomfreiheit der ökologisch kultivierten Mutterpflanzen, die an beiden Versuchstandorten in der direkten Nachbarschaft zu den symptombehafteten konventionell kultivierten Pflanzen standen, steht in Übereinstimmung mit dem Negativergebnis bezüglich eventueller Infektionen, so dass von einer abiotisch bedingten Blattschädigung auszugehen ist (weitere Diskussion 3.1.1.2.2). Die Beeinträchtigung der konventionellen Varianten führte insbesondere unter den Assimilationslichtbedingungen zu einem deutlich verringerten Wachstum (Abb. 8)

konventionelle Kultur



ökologische Kultur



Abb. 7. Entwicklung und Ausprägung von abiotisch bedingten Blattschäden an Pelargonien-Mutterpflanzen. a, b: 'Penve' bzw. 'Fireworks Scarlet' konventionell kultiviert unter Assimilationslicht, März 03; c, d: 'Penve' bzw. 'Fireworks Scarlet' konventionell kultiviert unter Assimilationslicht Januar 03; e, f: 'Penve' bzw. 'Fireworks Scarlet' ökologisch kultiviert unter Assimilationslicht Januar 03; Standort Erfurt, 2272-E.



Abb. 8. konventionell (links) und ökologisch (rechts) unter Assimilationslicht kultivierte Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve'; März 03, Erfurt, Versuch 2272-E.

3.1.1.1.3. Mutterpflanzenwachstum und Stecklingsertrag

Die hohe Nährstoffversorgung bzw. adequate Nachlieferung im Fall des Stickstoffs ermöglichte den ökologisch kultivierten Poinsettien-Mutterpflanzen ein Wachstum, das sich von der konventionellen Kultur nicht wesentlich unterschied (Tab. 8). Der Stecklingsertrag war im wesentlichen von den Versuchsstandorten beeinflusst und zeigte keine prinzipielle Abhängigkeit von dem Kulturverfahren. Während in Erfurt die konventionelle Kultur bei einer Sorte zu höheren Erträgen führte, wiesen in Hannover die ökologisch kultivierten Mutterpflanzen leicht erhöhte Erträge auf (Tab. 8). Die gleichen Verhältnisse ergaben sich bei den zu Versuchsende ermittelten Sprossbiomassen der Mutterpflanzen.

Das gewählte Verfahren der ökologischen Kultur führte auch bei den Pelargonien-Mutterpflanzen zu hohen Stecklingserträgen (Tab. 9). Begründet in den Blattschäden der konventionellen Kultur, waren die Erträge in Erfurt im Vergleich zur konventionellen Produktion wesentlich erhöht, wobei das Ertragsniveau und die Unterschiede zwischen den Kulturvarianten unter Assimilationslicht deutlich höher waren. Die geringeren Erträge in Hannover erklären sich durch den weniger intensiven Einsatz von Assimilationslicht bzw. durch die im Vergleich zum Versuch unter Tageslicht in Erfurt um einen Monat kürzere Laufzeit. Hier bestanden keine Ertragsunterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion. Die geringere Sprossbiomasse der konventionell kultivierten Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' zu Versuchsende deutet jedoch an, dass auch in Hannover die auftretenden Blattschäden die Biomasseproduktion beeinträchtigten.

Tab 8. Über den Versuchszeitraum erzielter Stecklingsertrag von Poinsettien in Abhängigkeit von Kulturverfahren (konventionell, ökologisch System 1) und Versuchsstandort. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren für die betreffende Sorte am jeweiligen Standort. Versuch 2271.

Standort	Sorte	Kultur- führung	Stecklingsertrag pro Mutterpflanze			Mutterpflanzen Versuchsende
			kumulativ (4 Ernten)		durchschnittl.	
			Anzahl [Stück]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g/Stück]	Sprossfrischmasse [g/Stück]
Erfurt	'Cortez Red'	konventionell	19,1 a	85,7 a	4,5 a	46,6 a
		ökologisch 1	15,4 b	74,0 b	4,9 a	37,6 a
	'White Star'	konventionell	21,3 a	96,7 a	4,7 a	67,6 a
		ökologisch 1	20,1 a	83,1 b	4,2 a	58,8 a
Hannover	'Cortez Red'	konventionell	12,8 a	55,7 a	4,3 a	31,4 a
		ökologisch 1	15,0 b	64,1 b	4,2 a	58,9 b
	'White Star'	konventionell	12,8 a	58,7 a	4,7 a	49,2 a
		ökologisch 1	14,2 b	62,6 b	4,6 a	76,7 b

Tab 9. Über den Versuchszeitraum erzielter Stecklingsertrag von Pelargonien in Abhängigkeit von Kulturverfahren (konventionell, ökologisch System 1) und Versuchsstandort (Erfurt 4 Ernten, Hannover 3 Ernten). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren für die betreffende Sorte am jeweiligen Standort

Standort	Sorte	Kultur- führung	Stecklingsertrag pro Mutterpflanze			Mutterpflanzen Versuchsende
			kumulativ		durchschnittl.	
			Anzahl [Stück]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g/Stück]	Sprossfrischmasse [g/Stück]
Erfurt Assimilations- licht hoch	'Penve'	konv.	11,8 a	58,8 a	4,9 a	84,7 a
		ökol.1	15,4 b	77,6 b	5,0 a	142,3 b
	'Fireworks Scarlet'	konv.	18,1 a	70,5 a	3,9 a	99,3 a
		ökol.1	22,4 b	89,5 b	4,0 a	154,4 b
Erfurt Tageslicht	'Penve'	konv.	10,3 a	46,8 a	4,5 a	81,4 a
		ökol.1	11,4 b	54,5 b	4,9 b	115,7 b
Hannover Assimilations- licht moderat	'Penve'	konv.	4,9 a	44,7 a	8,9 a	48,8 a
		ökol.1	4,7 a	39,8 a	8,5 a	65,0 b
	'Fireworks Scarlet'	konv.	7,9 a	53,2 a	6,8 a	60,8 a
		ökol.1	8,7 a	56,1 a	6,5 a	60,3 a

3.1.1.1.4. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit

Die Bewurzelung der ungelagerten Poinsettien-Stecklinge zeigte keine prinzipielle Abhängigkeit von dem Kulturverfahren. Jedoch wiesen die ökologisch produzierten Stecklinge an beiden Versuchsstandorten zum ersten Erntetermin eine im Vergleich zur konventionellen Kultur verminderte Wurzelbildung auf. Während dieser Effekt am Versuchsstandort Erfurt sowohl auf die Wurzelanzahl (Abb. 9a) als auch auf die Wurzellänge (Daten nicht gezeigt) zutraf, war am Versuchsstandort Hannover die Wurzellänge betroffen (Abb. 9b). Eine mögliche Erklärung hierfür ist eine Stickstoffunterversorgung der Stecklinge des ersten Erntetermins (siehe 3.1.1.1.6).

Stecklinge der Sorte ‘White Star’ bildeten deutlich weniger Wurzeln als die der Sorte ‘Cortez Red’ (Abb. 9a). Dies wurde durch eine Lagerung sowie durch die während des Versuchszeitraums jahreszeitlich hervorgerufene Verminderung des Lichtangebots noch verstärkt (Daten nicht gezeigt). Hier wirkte sich die ökologische Stecklingsproduktion positiv aus. Die zusätzlich durch die Stecklingslagerung erhöhte Ausfallrate der ‘White Star’-Stecklinge während der Bewurzelungsphase konnte durch die ökologische Kulturführung erheblich reduziert werden (Abb.10a). Die mikrobiologischen Untersuchungen von kranken Stecklingen, die zwecks Diagnose aus Erfurt an das IPP Hannover geschickt wurden, ergaben *Botrytis*-Fäule als Befund. Somit führte die ökologische Produktion zu einer erhöhten Lagertoleranz bzw. Widerstandsfähigkeit gegenüber *Botrytis cinerea*.

Die am Standort Erfurt ökologisch produzierten Pelargonien-Stecklinge wiesen eine im Vergleich zur konventionellen Kultur bessere Wurzelbildung auf (Abb. 11). Dies liegt zumindest bei den unter hohem Assimilationslicht produzierten Stecklingen sehr wahrscheinlich in der Blattschädigung der konventionell kultivierten Mutterpflanzen begründet. Unterstützt wird diese Annahme durch die Resultate des Standortes Hannover. Dort bestanden keine signifikanten Unterschiede im Bewurzelungspotential zwischen ökologisch und konventionell produzierten Stecklingen (Daten nicht dargestellt), wobei die Blattschädigung auch nur sehr gering war. In Erfurt hingegen führte die Lagerung der unter hohem Assimilationslicht konventionell produzierten Stecklinge zu einer weiteren Verschlechterung der Qualität. Dies hatte zur Folge, dass auch bei den Pelargonien die ökologisch produzierten Stecklinge nach der Lagerung geringere Ausfälle aufwiesen. (Abb. 10 b).

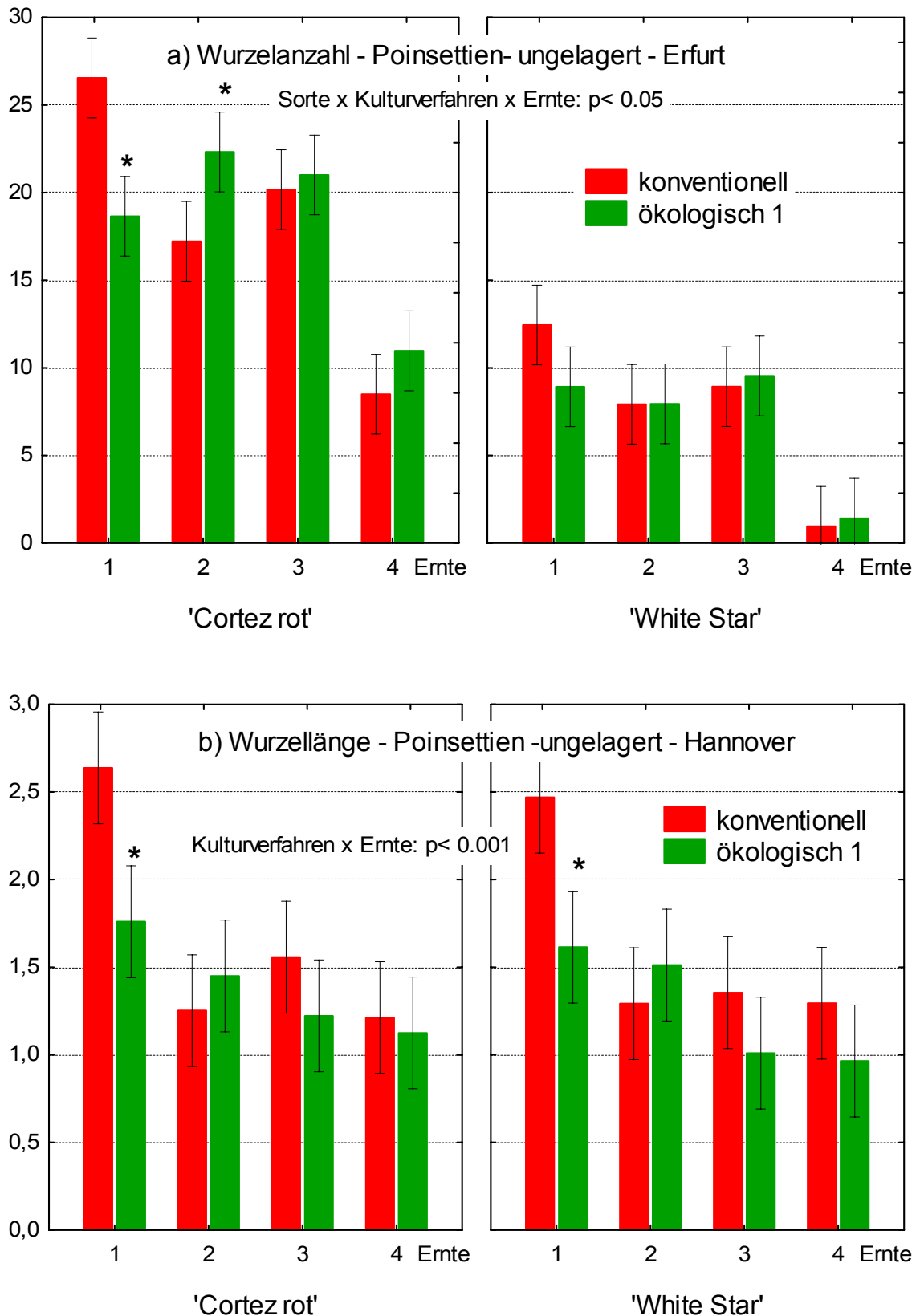


Abb. 9. Einfluss von Sorte und Kulturverfahren der Poinsettien-Mutterpflanzen auf a) die Anzahl und b) die durchschnittliche Länge der von ungelagerten Stecklingen gebildeten Adventiwurzeln. a) Standort Erfurt, Versuch 2271-E, b) Standort Hannover, Versuch 2271-H. Sternchen = signifikanter Unterschied zwischen Kulturverfahren zum jeweiligen Erntetermin. Balken = Konfidenzintervall, $p < 0.05$.

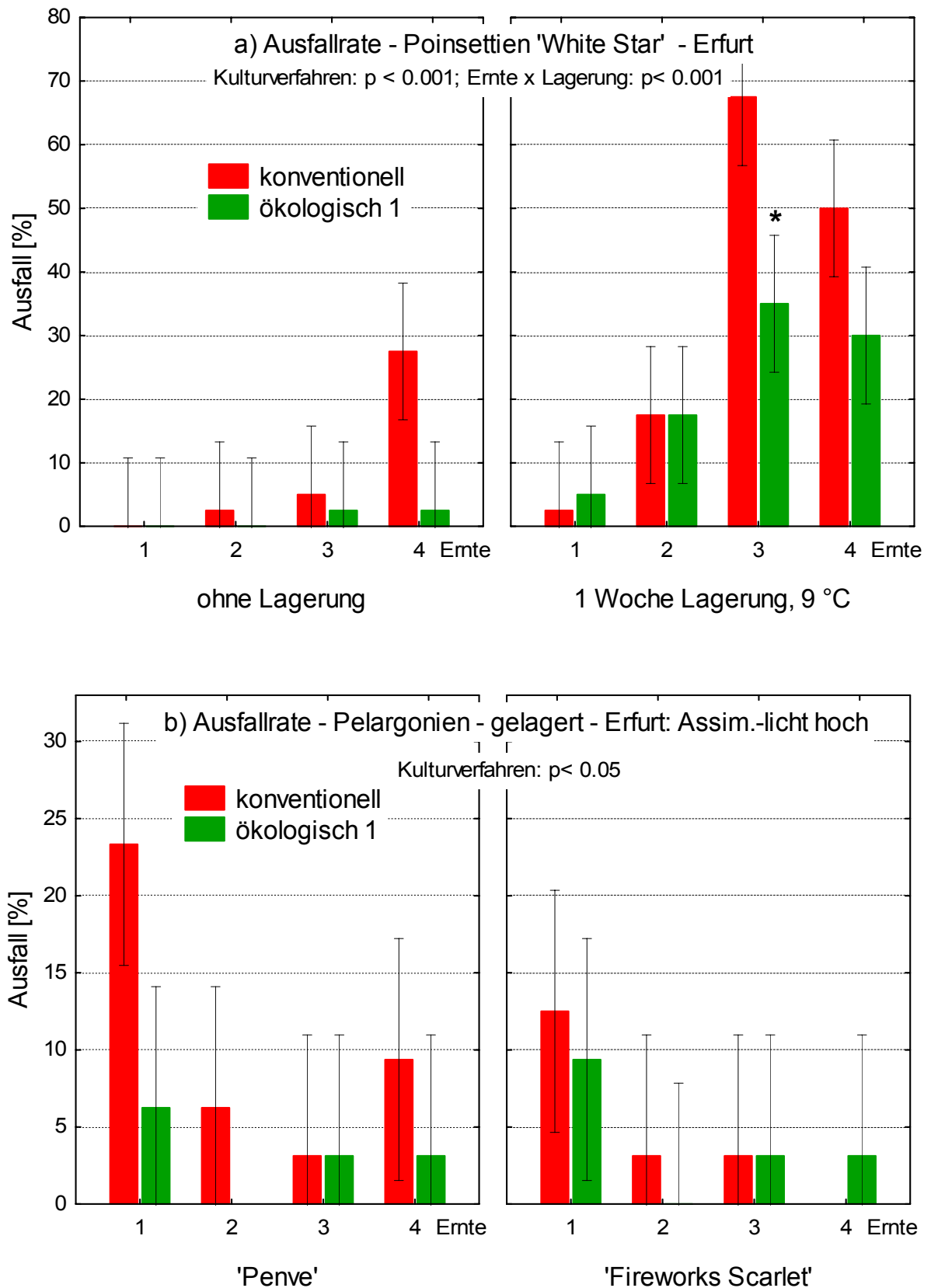


Abb. 10. Einfluss von Kulturverfahren der a) Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'White Star' und b) Pelargonien-Mutterpflanzen (unter hohem Assimilationslicht) sowie Stecklingslagerung auf die Ausfallrate der Stecklinge während der Bewurzelung. Standort Erfurt, a) Versuch 2271-E, b) Versuch 2272-E. Sternchen = signifikanter Unterschied zwischen Kulturverfahren zum jeweiligen Erntetermin. Balken = Konfidenzintervall, $p < 0.05$.

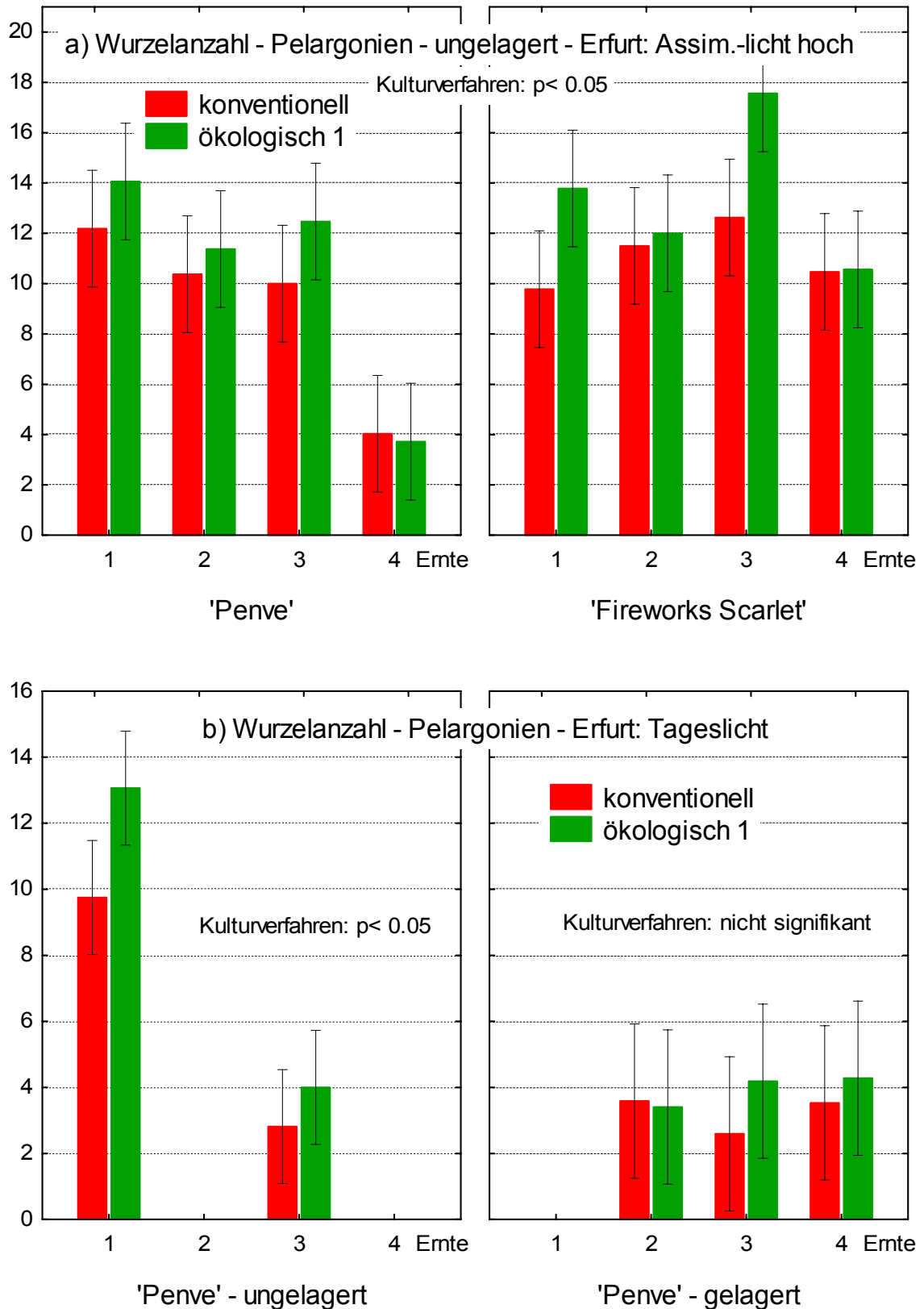


Abb. 11. Einfluss von Kulturverfahren der Pelargonien-Mutterpflanzen und Stecklingslagerung auf die Anzahl nachfolgend gebildeter Adventivwurzeln a) Mutterpflanzen 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' unter hohem Assimilationslicht, b) Mutterpflanzen 'Penve' unter Tageslicht. Standort Erfurt, Versuch 2272-E. Sternchen = signifikanter Unterschied zwischen Kulturverfahren zum jeweiligen Erntetermin. Balken = Konfidenzintervall, $p < 0.05$.

3.1.1.1.5. Stecklingsgesundheit

Neben dem insbesondere nach Lagerung auftretenden Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) trat nur in einem Fall eine Infektion mit einem Schadpilz an Stecklingen (Poinsettien) während der Bewurzelungsphase auf (Abb. 12). Es handelte sich um *Rhizopus* spec. (ein sog. Schwächeparasit, der gesundes, ungestresstes Pflanzengewebe nicht befallen kann).



Abb. 12. Befall mit *Rhizopus* spec. an Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'Cortez Red' in Hannover (Versuch 2271-H, 16.09.2002)

Versuche mit Botrytisinokulationen

Um den Effekt unterschiedlicher Kultivierung der Pelargonien-Mutterpflanzen auf die Anfälligkeit der Stecklinge gegenüber *Botrytis* zu untersuchen, wurden Stecklinge mit Konidien suspensionen des Erregers besprüht. Die Symptomentwicklung verlief bei Pelargonien so, dass nach anfänglicher Ausbildung von Verfärbungen des gesamten Stecklings (Abb. 13) schließlich der typische Grauschimmel sichtbar wurde. Die Ergebnisse eines Inokulationsversuche mit *Botrytis* an Pelargonien im Rahmen von AP1 sind in Abb.14 bis Abb. 15 dargestellt. Die Botrytisinokulation von Pelargonienstecklingen führte zu z. T. starken Ausfällen. Bei der Sorte 'Fireworks Scarlet' wurde beim Blattbefall ähnlich wie bei den Poinsettien der Sorte 'White Star' eine Reduktion der Botrytisanfälligkeit durch die ökologische Mutterpflanzenkultur beobachtet, allerdings gab es an den Stängeln dieser Stecklinge keine Unterschiede. Bei der Sorte 'Penve' hingegen war der Stängelbefall durch die ökologische Produktion reduziert. Die in diesem Versuch am stärksten mykorrhizierte Variante K1 510 (siehe 3.1.2) war bei keiner der beiden Sorten hinsichtlich der Botrytisanfälligkeit der Stecklinge auffällig.



Abb.13. Verfärbungssymptome nach Botrytis-Inokulation von Pelargonien-Stecklingen der Sorten der Sorten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' in Hannover (Versuch 2272-H, 09.05.2003).

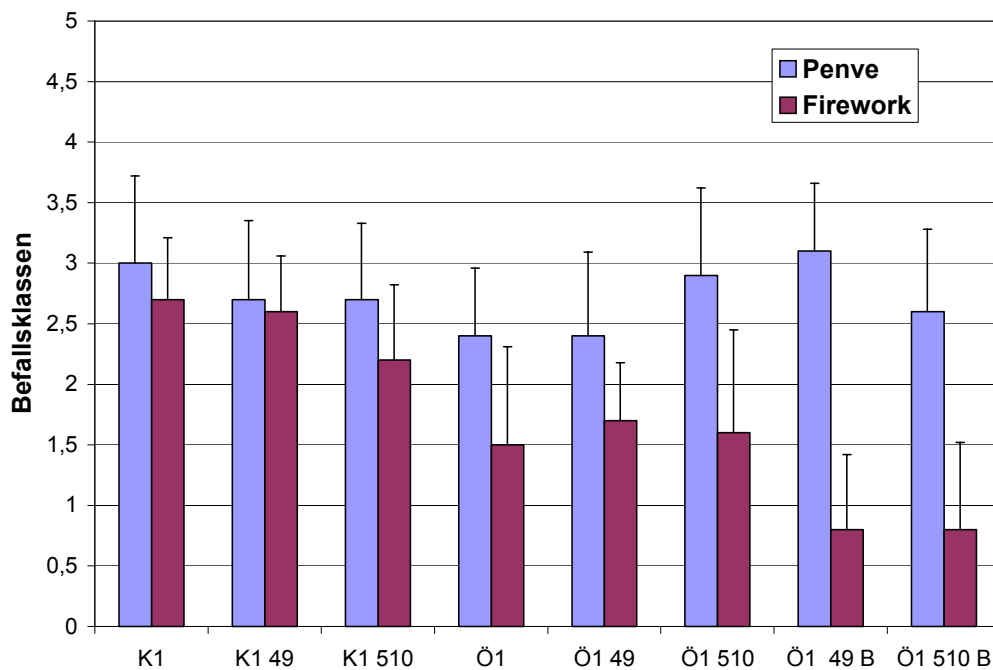


Abb. 14. Botrytisbefall (0 = gesund; 5 = abgestorben) an **Blättern** von Pelargonien-Stecklingen der Sorten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' in Hannover 15 Tage nach Inokulation (Ansprühen) mit 10^7 Konidien/ml in Saccharoselösung (10%ig). K1 =konventionell, Ö1 = ökologisch 1. Versuch 2272-H, Balken = Standardabweichung.

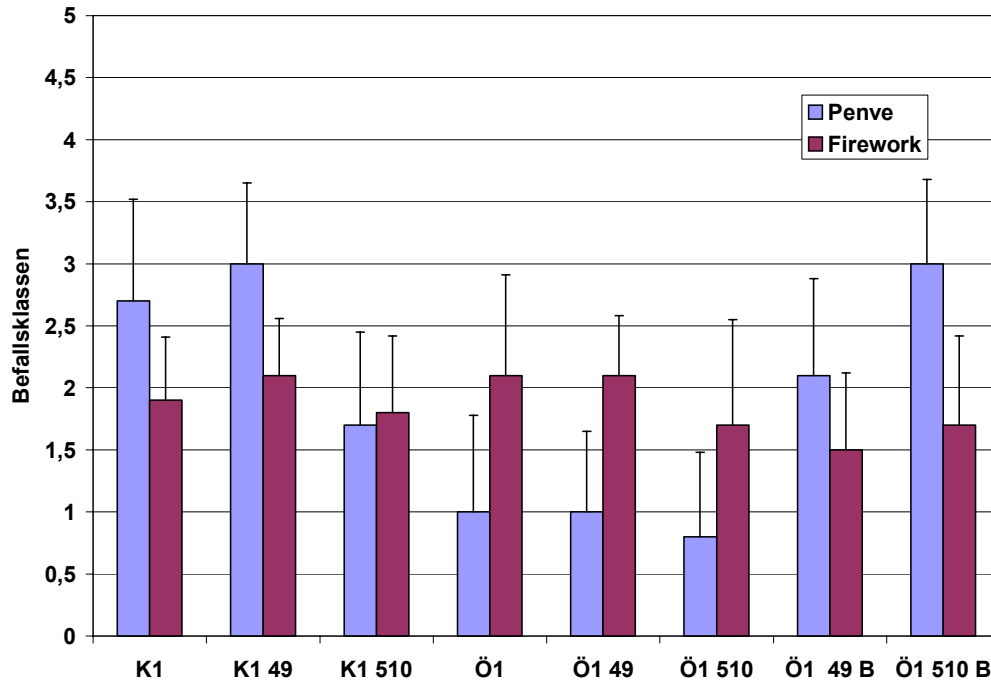


Abb. 15. Botrytisbefall (0 = gesund; 5 = abgestorben) an **Stängeln** von Pelargonien-Stecklingen der Sorten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' in Hannover 15 Tage nach Inokulation (Ansprühen) mit 10^7 Konidien/ml in Saccharoselösung (10%ig). K1 =konventionell, Ö1 = ökologisch 1. Versuch 2272-H, Balken = Standardabweichung.

3.1.1.1.6. Innere Stecklingsqualität: Mineralstoffgehalte und Kohlenhydratgehalte

Bereits in AP 1 wurden an ausgewählten Prüfgliedern Inhaltsstoffanalysen durchgeführt, um Kenntnisse über die Beeinflussung der inneren Stecklingseigenschaften durch die ökologische Kulturführung zu erlangen.

Mineralstoffgehalte

Die Konzentrationen ausgewählter Mineralstoffe in den Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'White Star' sind in Tab. 10 dargestellt. Im wesentlichen liegen die Stickstoff- und Phosphorgehalte in beiden Kulturvarianten auf einem ähnlichen Niveau (Tab. 10) und lassen weder Mangel noch Überschuss erkennen (Bergmann 1988). Eine Ausnahme bildet hier der signifikant niedrigere N-Gehalt der ökologisch produzierten Stecklinge zum ersten Erntetermin, der eine Stickstoffunterversorgung reflektiert. Trotz der intensiven N-Mineralisierung (Abb. 2) reichte die Verfügbarkeit in der Anfangsphase folglich nicht aus, um ähnlich hohe N-Gehalte wie in der konventionellen Kultur zu ermöglichen. Der sehr niedrige N-Gehalt erklärt auch das geringere Bewurzelungspotential der ökologisch produzierten Poinsettien-Stecklinge zum ersten Erntetermin, da der N-Gehalt die Adventivwurzelbildung limitieren kann (Druege et al. 2000). Diese Unterschiede wurden

jedoch bereits bis zum 2. Erntetermin ausgeglichen. Die ökologisch produzierten Poinsettien-Stecklinge wiesen hingegen kontinuierlich im Vergleich zur konventionellen Variante erhöhte Kaliumgehalte auf, wobei diese Unterschiede besonders zu Versuchsende auftraten (Tab. 10). Möglicherweise ist der erhöhte Kaliumgehalt der ökologisch produzierten Stecklinge ursächlich an der erhöhten Lagertoleranz und Botrytisresistenz beteiligt, da dieses Nährelement nicht nur die Trockenstresstoleranz positiv beeinflusst (Marschner 1995), sondern auch zu einer erhöhten Resistenz gegen Blattpathogene beitragen kann (Huber 1980). Die Konzentration von Calcium in der Stecklingstrockenmasse als wesentliches die Resistenz gegen *Botrytis* limitierendes Nährelement (Huber 1980, Marschner 1995) war durch die ökologische Kulturführung nicht erhöht, sondern zu Versuchsende sogar niedriger als bei konventioneller Produktion (Tab. 10).

Tab.10. Einfluss der Kulturführung (konventionell, ökologisch 1) auf ausgewählte Mineralstoffgehalte der geernteten Poinsettien-Stecklinge, Sorte ‚White Star‘, Standort Erfurt. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren

Ernte	Kultur	Mineralstoffgehalte [% Trockenmasse]			
		N	P	K	Ca
1	konv.	4,09 a	0,77 a	3,84	0,59 a
	ökol. 1	2,45 b	0,61 b	3,93	0,54 a
2	konv.	3,60 a	0,72 a	3,61	0,65 a
	ökol. 1	4,09 a	0,71 a	4,15	0,69 a
3	konv.	4,42 a	0,79 a	3,80	0,83 a
	ökol. 1	4,00 a	0,77 a	4,05	0,62 b
4	konv.	4,05 a	0,86 a	4,12	0,86 a
	ökol. 1	4,16 a	0,81 a	5,20	0,70 b
Mittelwert 4 Ernten	konv.	4,04	0,78	3,84 a	0,73
	ökol. 1	3,68	0,72	4,33 b	0,64

Die Mineralstoffgehalte der Pelargonienstecklinge des Standortes Erfurt sind in den Tabellen 11 und 12 dargestellt. Unabhängig von der Sorte und von den Lichtbedingungen während der Mutterpflanzenkultur lagen die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte in der Stecklingstrockenmasse auf einem für die konventionelle und ökologische Produktion gleichen und unkritischen Niveau (Bergmann 1988, Zerche et al. 2003). Allerdings wiesen auch hier, ähnlich wie bei den Poinsettien in der zweiten Versuchshälfte, die ökologisch produzierten Stecklinge im Vergleich zur konventionellen Kultur niedrigere Calciumgehalte auf (Tab. 11), wobei dieser Effekt unter Tagelichtbedingungen geringer und nicht signifikant war (Tab. 12).

Tab.11. Einfluss der Kulturführung (konventionell, ökologisch 1) auf ausgewählte Mineralstoffgehalte der geernteten Pelargonien-Stecklinge, Standort Erfurt, Assimilationslicht hoch. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren

Ernte	Sorte	Kultur	Mineralstoffgehalte [% Trockenmasse]			
			N	P	K	Ca
1	'Penve'	konv.	3,03	0,54	4,25	1,27
		ökol. 1	2,84	0,69	4,33	1,03
	'Fireworks Scarlet'	konv.	3,17	0,54	4,05	1,88
		ökol. 1	3,07	0,68	3,84	1,36
2	'Penve'	konv.	3,22	0,72	4,56	1,37
		ökol. 1	3,16	0,62	3,70	1,22
	'Fireworks Scarlet'	konv.	3,16	0,70	3,76	1,76
		ökol. 1	3,33	0,57	3,52	1,50
3	'Penve'	konv.	2,96	0,51	3,49	1,29
		ökol.	3,04	0,49	3,39	1,22
	'Fireworks Scarlet'	konv.	3,31	0,52	3,59	1,65
		ökol.	3,03	0,47	3,20	1,54
4	'Penve'	konv.	2,76	0,63	3,17	1,28
		ökol. 1	2,65	0,43	3,01	1,27
	'Fireworks Scarlet'	konv.	3,14	0,66	3,25	1,49
		ökol. 1	2,80	0,42	2,69	1,61
Mittelwert 4 Ernten	'Penve'	konv.	2,99 a	0,60 a	3,86 a	1,30 a
		ökol. 1	2,92 a	0,56 a	3,61 a	1,18 b
	'Fireworks Scarlet'	konv.	3,20 a	0,60 a	3,66 a	1,69 a
		ökol. 1	3,06 a	0,54 a	3,31 a	1,50 b

Tab 12. Einfluss der Kulturführung (konventionell, ökologisch 1) auf ausgewählte Mineralstoffgehalte der geernteten Pelargonien-Stecklinge, Standort Erfurt, Tageslicht, Sorte 'Penve'. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren

Ernte	Sorte	Kultur	Mineralstoffgehalte [% Trockenmasse]			
			N	P	K	Ca
1	'Penve'	konv.	4,04	0,75	5,87	1,65
		ökol. 1	4,38	1,03	6,80	1,50
2	'Penve'	konv.	3,13	0,47	4,10	1,25
		ökol. 1	2,93	0,74	4,31	1,05
3	'Penve'	konv.	2,82	0,56	3,24	1,34
		ökol.	2,80	0,54	3,65	1,26
4	'Penve'	konv.	2,90	0,61	4,25	1,50
		ökol. 1	2,89	0,57	4,26	1,42
Mittelwert 4 Ernten	'Penve'	konv.	3,22 a	0,60 a	4,36 a	1,43 a
		ökol. 1	3,25 a	0,72 a	4,76 a	1,31 a

Kohlenhydratgehalte

Der Einfluss der ökologischen Kulturführung auf die Kohlenhydratverteilung in den Poinsettienstecklingen der Sorte 'White Star' ist in den Abbildungen 16- 17 dargestellt. Die vorübergehende Stickstoffunterversorgung der ökologisch produzierten Stecklinge (Tab. 10) führte zu einem Anstieg an Saccharose und insbesondere an Stärke in den Stecklingsblättern, was durch die enge Wechselbeziehung zwischen Stickstoff- und Kohlenhydratstoffwechsel erklärt werden kann (Marschner 1995). Hierbei steht die Stickstoffassimilation insbesondere mit der Stärkesynthese der Blätter in Konkurrenz um den assimilierten Kohlenstoff, mögliche beteiligte Prozesse wurden in Zusammenhang mit der Bewurzelung von Chrysanthemenstecklingen intensiv diskutiert (Druege et al. 2000). Auch die zum zweiten Erntetermin niedrigeren Saccharose-, Stärke-, Glucose – und Gesamtzuckergerhalte in den Blättern (Abb. 16a,bc, Abb. 17a) der ökologisch produzierten Stecklinge können mit dem Stickstoffstatus in ursächlichem Zusammenhang stehen, denn zu diesem Termin wiesen die ökologisch produzierten Stecklinge leicht erhöhte N-Gehalte auf (Tab. 10). Demgegenüber deuten die unanhängig vom Erntetermin kontinuierlich niedrigeren Glucosegehalte in der Sprossbasis der ökologisch produzierten Stecklinge im Vergleich zur konventionellen Produktion auf einen Stickstoff-unabhängigen Einfluss der ökologischen Produktion (Abb. 16 d). Der geringere Glucosegehalt führte jedoch nicht zu einer Beeinträchtigung der Stecklingsbewurzelung (Abb. 9). Nach der Lagerung war Stärke unabhängig von den Kulturvarianten in den Blättern nur noch in Spuren nachweisbar, was in Übereinstimmung mit an Chrysanthemen erzielten Ergebnissen steht (Druege et al. 2000). Die Zuckergerhalte wurden in der Regel durch die Stecklingslagerung vermindert, wie am Beispiel des Gesamtzuckergerhaltes der Blätter dargestellt ist (Abb. 17a). Jedoch variierte die Reaktion der Saccharose in der Sprossbasis in Abhängigkeit vom Erntetermin und der Kulturführung (Abb. 17b).

Die Kohlenhydratgerhalte der unter hohem Assimilationslicht kultivierten Pelargonien-sorten 'Fireworks Scarlet' wurden ab der zweiten Ernte analysiert. Der Einfluss der ökologischen Kultur auf die Zuckergerhalte der Blätter variierte je nach Erntetermin wie am Beispiel der Saccharose dargestellt ist, wobei die Konzentrationen nach einer Stecklingslagerung deutlich niedriger und nicht mehr durch die Kulturführung beeinflusst waren (Abb. 18a).

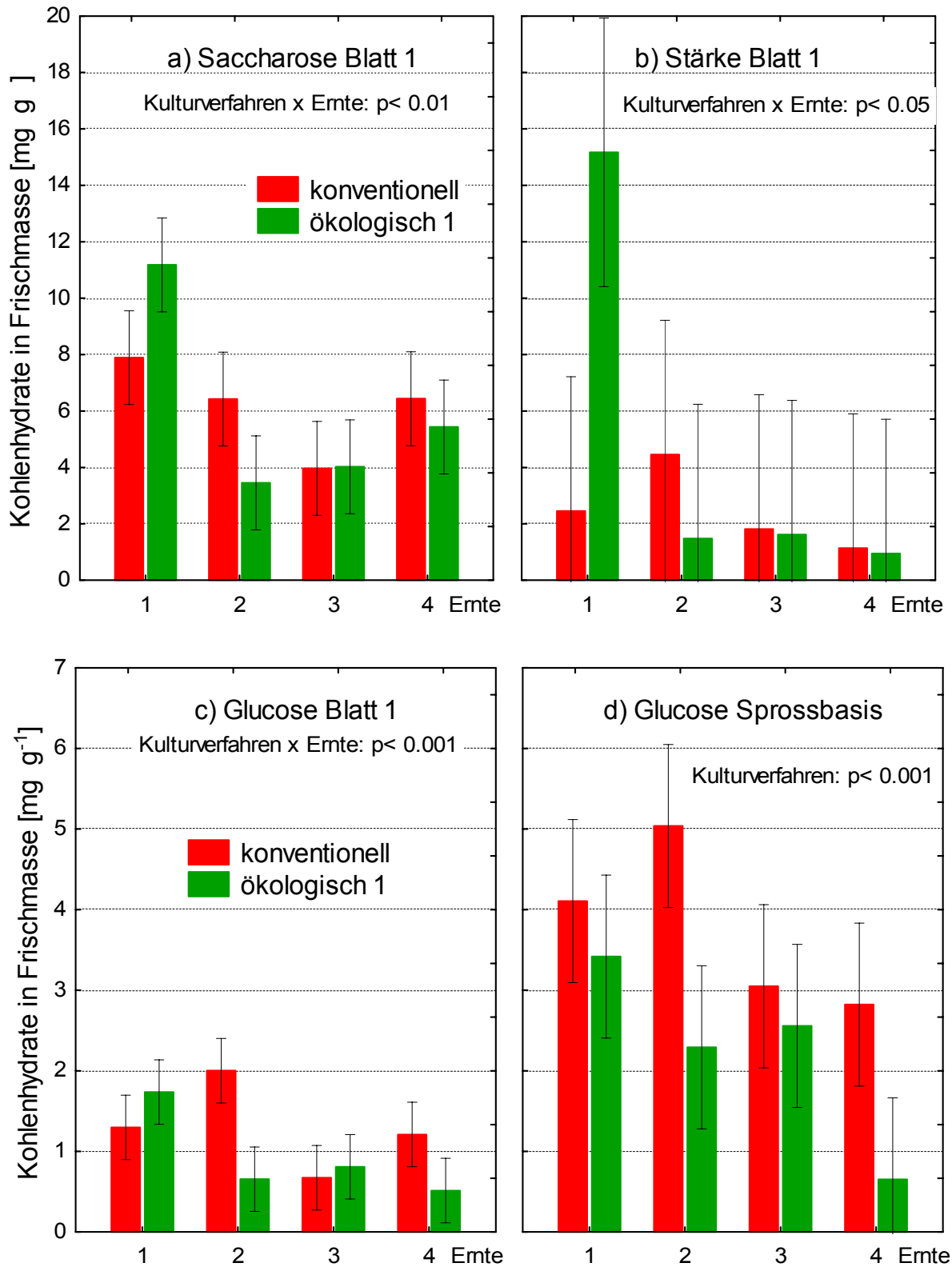


Abb. 16. Gehalte an a) Saccharose, b) Stärke und c,d) Glucose in der Blattspreite (a,b,c) und der Sprossbasis (d) von ungelagerten Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'White Star' in Abhängigkeit von der Kulturführung. Erfurt, Versuch 2271-E. Balken = Konfidenzintervalle $p < 0.05$.

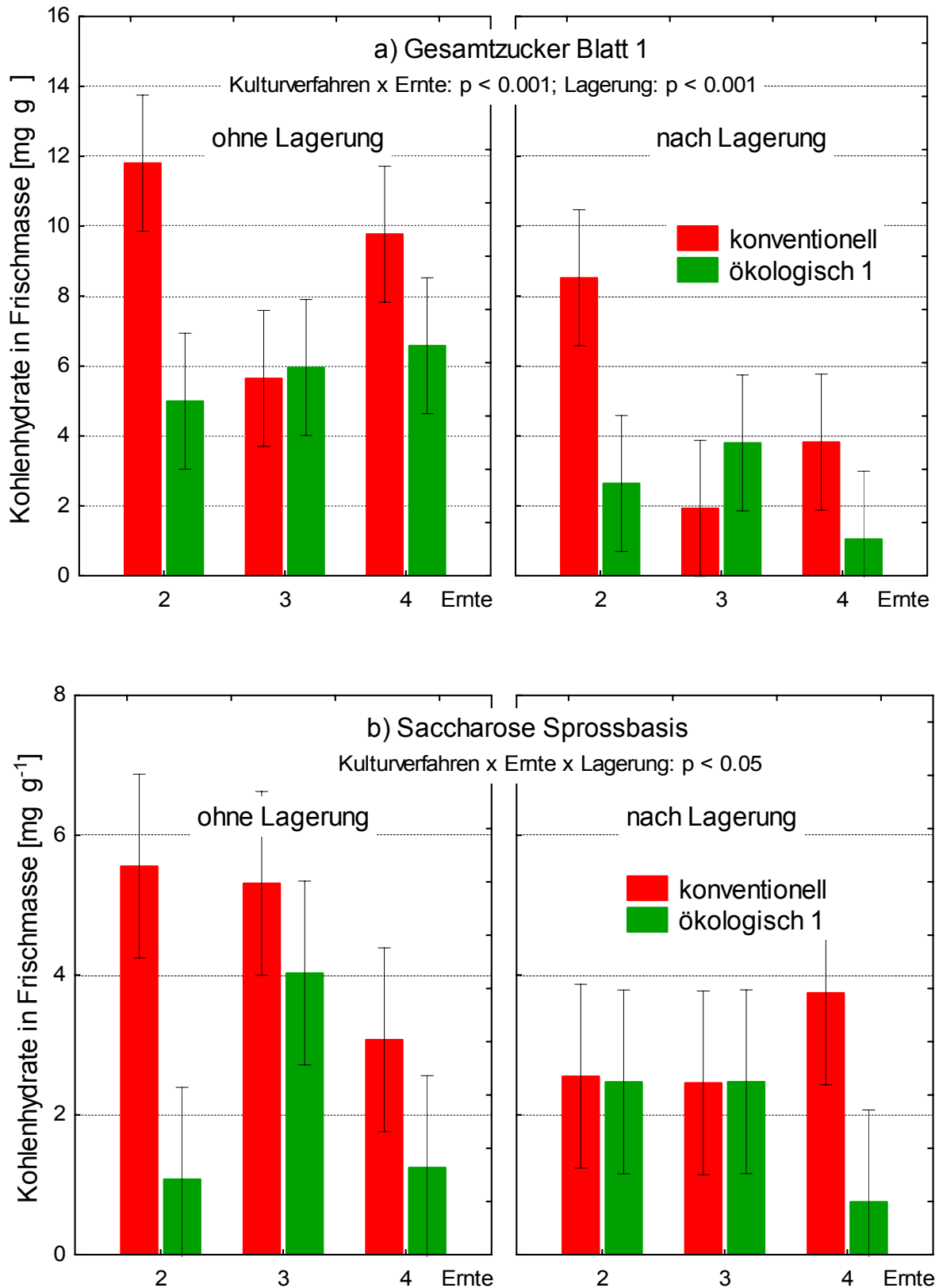


Abb. 17. Einfluss von Kulturführung (konventionell, ökologisch 1) und Stecklingslagerung auf den a) Gesamtzuckergehalt der Blattspreite und b) den Saccharosegehalt der Sprossbasis von Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'White Star'. Erfurt, Versuch 2271-E. Balken = Konfidenzintervalle $p < 0.05$.

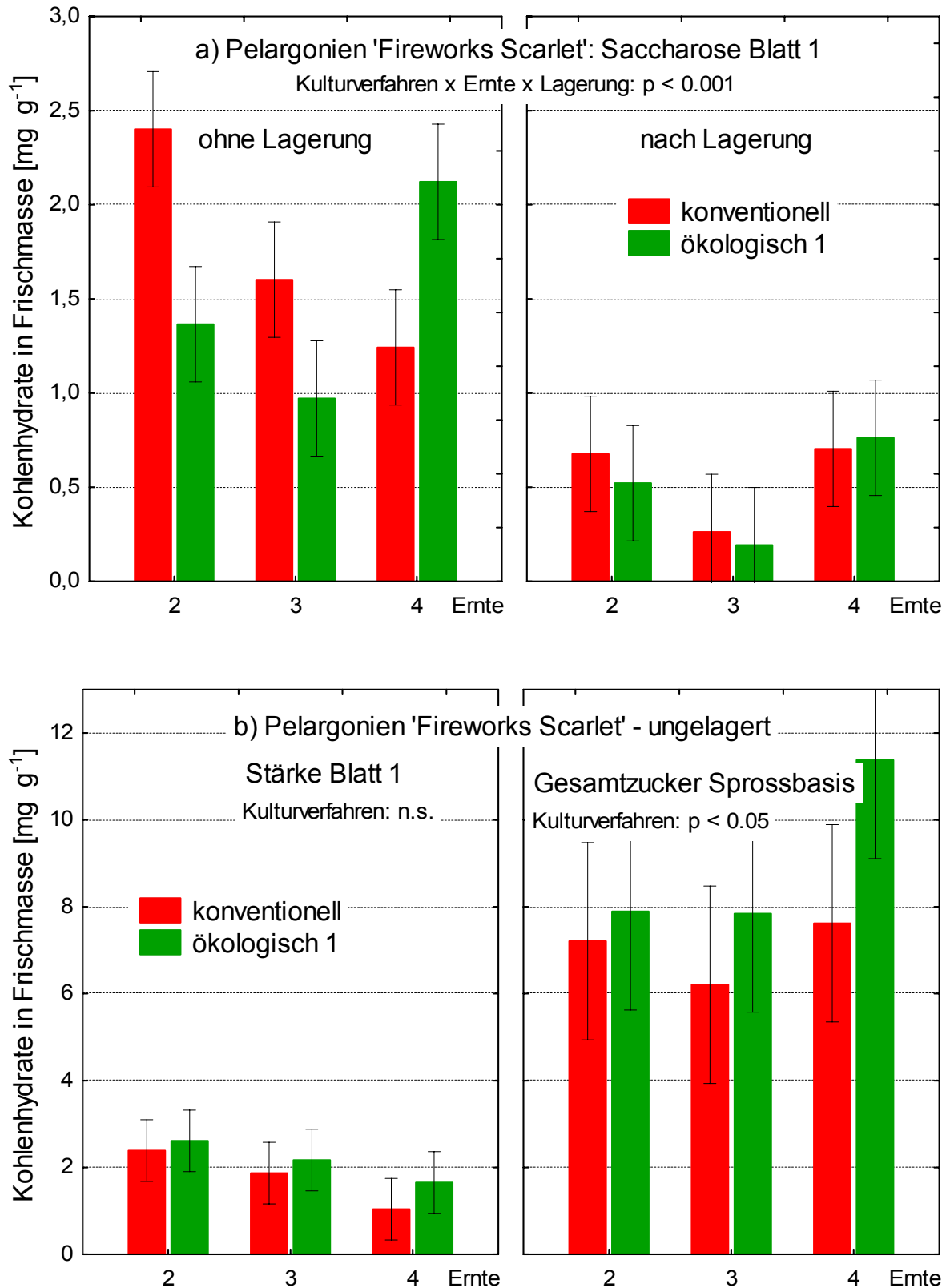


Abb. 18. Einfluss von Kulturführung (konventionell, ökologisch 1) und Stecklingslagerung auf den a) Saccharosegehalt der Blattspreite und b) den Stärkegehalt der Blattspreite (linke Teilgrafik) und Gesamtzuckergehalt der Sprossbasis (rechte Teilgrafik) von Pelargonien-Stecklingen der Sorte 'Fireworks Scarlet'. Erfurt, Versuch 2272-E. Balken = Konfidenzintervalle $p < 0.05$.

Auch bei Pelargonien ist auffällig, dass der niedrigere Saccharosegehalt der ökologischen Kultur zur zweiten Ernte mit einem gleichzeitig höheren N-Gehalt der Stecklinge verbunden war, während zum 4. Erntetermin die Verhältnisse umgekehrt waren (Tab. 11). Dies deutet darauf hin, dass auch bei dieser Pflanzenart der Kohlenhydratstatus der Blätter nicht einem prinzipiellen Einfluss des Kultursystems unterlag, sondern wesentlich durch die Stickstoffversorgung beeinflusst wurde. Der Stärkegehalt der Blätter war auf einem niedrigen Niveau und nicht durch die Kulturführung beeinflusst (Abb. 18b). Die Lagerung führte zu einem Totalverlust an Stärke in den Blättern (Daten nicht dargestellt). Statistisch unabhängig vom Erntetermin wiesen die frisch geernteten ökologisch produzierten Stecklinge höhere Zuckergehalte in der Sprossbasis auf, wobei die Unterschiede zur 4. Ernte am größten waren, was mit einem niedrigeren N-Gehalt zusammentraf (Tab. 11).

Insgesamt lassen bei beiden Pflanzenarten die unter den Versuchsbedingungen ermittelten Kohlenhydratgehalte und Bewurzelungsdaten (3.1.1.1.4) keine Limitierung des Bewurzelungsvermögens durch die Kohlenhydratversorgung erkennen.

3.1.1.2. System 2: Hohe Stickstoffbevorratung (AP2)

Da eine entzugsorientierte Flüssignachdüngung mit organischem Stickstoff sehr kosten- und arbeitsintensiv ist, wurde in der zweiten Projekthälfte die ökologische Kultur beider Pflanzenarten in dem gleichen Substrat, jedoch mit einer wesentlich höheren, an dem Gesamtbedarf der Mutterpflanzen orientierten Aufdüngung durchgeführt.

3.1.1.2.1. Wurzelraumchemie

Die Verläufe der Nährstoffgehalte und Salzgehalte der Substrate des Poinsettienversuches in Erfurt (2273-E) sind in Abb. 19 und Abb. 20a dargestellt. Die höhere Aufdüngung mit unterschiedlichen Hornfraktionen führte in der ökologischen Variante 2a unter den extrem hohen Temperaturen des Sommers 2003 (Tab. 4) zu einer starken Mineralisierung des organischen Stickstoffs, so dass die Konzentrationen an Nitratstickstoff im Wurzelraum bis zur siebten Kulturwoche auf 600 mg pro l anstiegen (Abb. 19). Dies führte im weiteren zu sehr hohen, das Niveau der konventionellen Kultur erheblich überschreitenden, Salzgehalten (Abb. 20a).

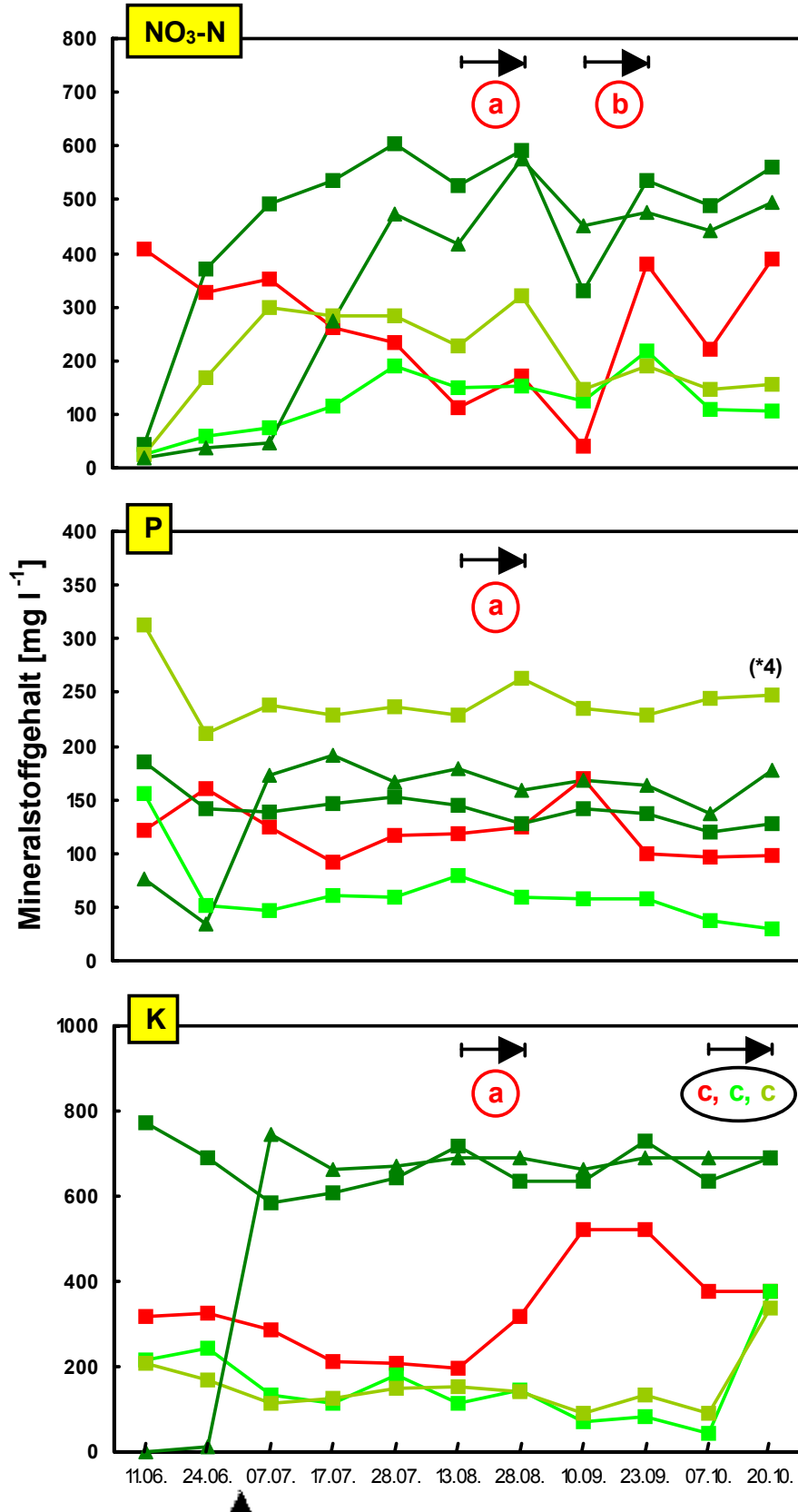


Abb. 19. Nährstoffgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei konventioneller und ökologischer (System 2) Kultivierung von *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen Sorte 'Cortez Red'. Versuch 2273-E, ■ konventionell, ■ ökologisch 2a, ■ ökologisch 2b, ■ ökologisch 2c ▲ ökologisch 2d. Versuchsstandort Erfurt. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung: (a) 91 mg N l⁻¹, 37 mg P l⁻¹, 127 mg K l⁻¹, (b) 92 mg N l⁻¹, (c,c,c) 149 mg K l⁻¹, Pfeil markiert Umtopftermin Variante 2d. (*4) dargestellte Werte bei 2c sind mit 4 zu multiplizieren.

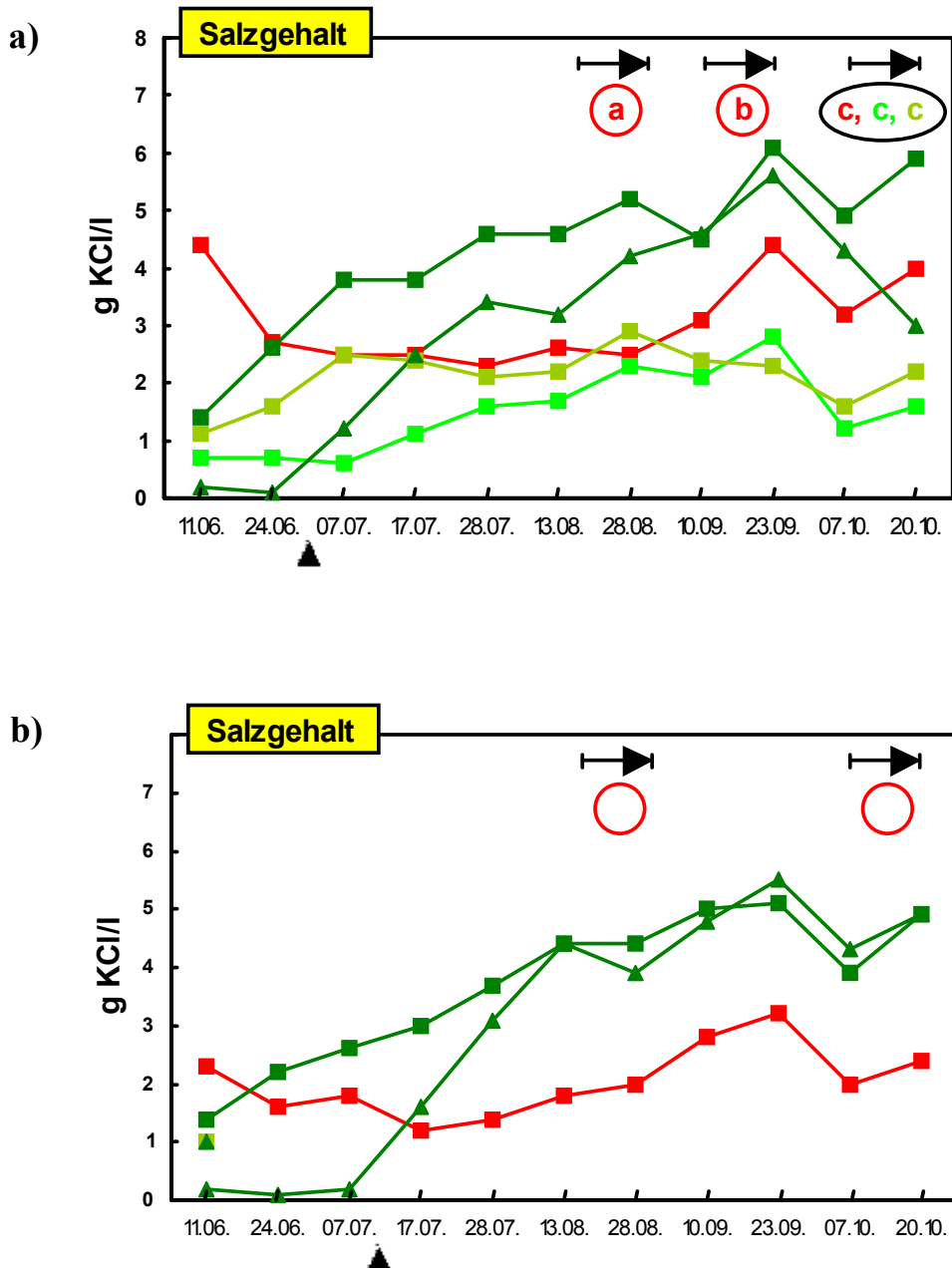


Abb. 20. Salzgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei konventioneller und ökologischer (System 2) Kultivierung von a) *Euphorbia pulcherrima* Mutterpflanzen Sorte 'Cortez Red' Versuch 2273-E und b) *Pelargonium x hortorum* Mutterpflanzen Sorte 'Penve' Versuch 2274-E, ■ konventionell, ■ ökologisch 2a, ■ ökologisch 2b, ■ ökologisch 2c ▲ ökologisch 2d. Versuchsstandort Erfurt. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung siehe Abb. 19 bzw. 20, Pfeil markiert Umtopftermin Variante 2d.

Die gleichen Verläufe waren bei der Variante 2d zu beobachten, sobald die Kulturen nach der vierwöchigen Vorkultur in Mangelsubstrat (= 2e, Tab. 6) in das gleiche Substrat wie 2a umgetopft worden waren. Entsprechend der vierwöchigen Vorkultur wurde bei dieser Variante die maximale Nitratkonzentration erst in der 11. Kulturwoche beobachtet. Die Phosphor- und Kaliumkonzentrationen (Abb. 19) der Variante 2a lagen kontinuierlich auf einem im Vergleich zur konventionellen Kultur höheren Niveau. Gleiches galt für die Variante 2d ab der vierten Kulturwoche (nach dem Umtopfen). Die Reduktion des Kompost- und Tongehaltes im Substrat (Variante 2b) führte nicht nur zu einer Verminderung der Phosphor- und Kaliumkonzentrationen, was die hohen Phosphor- und Kaliumgehalte dieser Substratkomponenten reflektiert, sondern resultierte sekundär in einer erheblich reduzierten Mineralisierung des organischen Stickstoffs. So wurde trotz gleich hoher Stickstoffaufdüngung wie in Variante 2a nur ein sehr geringer Anstieg der Nitratstickstoffgehalte auf 200 mg pro l bis zur siebenten Kulturwoche ermittelt. Danach variierten die Konzentrationen in einem Bereich zwischen 120 und 220 mg pro l (Abb. 19), was im Vergleich zur Variante 2a auch in deutlich niedrigeren Salzgehalten im Substrat resultierte (Abb. 20a). Die zusätzliche Düngung dieser Substratmischung mit Thomasphosphat in der Variante 2c führte nicht nur wie angestrebt zu sehr hohen P-Gehalten während des gesamten Kulturverlaufs sondern stimulierte erheblich die ansonsten durch die niedrigen Kompost- und Tonanteile reduzierte Mineralisierung des organischen Stickstoffs (Abb. 19a, Vergleich 2a zu 2b). So stieg die Konzentration an Nitratstickstoff innerhalb von vier Wochen bis auf das Niveau der konventionellen Kultur an und blieb danach in einem Bereich zwischen 150 und 325 mg pro l (Abb. 19). Die höhere N-Mineralisierung führte sekundär zu höheren jedoch unkritischen Salzgehalten im Substrat (Abb. 20a). Die auf der veränderten Substratmischung beruhenden verringerten Kaliumkonzentrationen der Varianten 2c und 2d erforderten als einzige notwendige Düngungsmaßnahme in der ökologischen Kultur eine zusätzliche Kaliumdüngung zu Versuchsende (Abb. 19). Die Nährstoffverläufe der bei den Pelargonien-Mutterpflanzen geprüften Varianten entsprachen im wesentlichen den Resultaten der entsprechenden Varianten der Poinsettien (Abb. 20b, 21). Aufgrund der Spiegelung des Versuchsaufbaus waren die Verläufe der Nährstoff- und Salzgehalte bei den Poinsettien in Hannover ähnlich wie bei den Pelargonien in Erfurt bzw. vice versa (Daten nicht dargestellt). In Hannover führte somit auch bei den Pelargonien eine Reduktion des Kompost- und Tonanteils zu einer erheblichen Verminderung der Stickstoffmineralisierung, die durch eine zusätzliche Düngung mit Thomasphosphat wiederum deutlich stimuliert wurde.

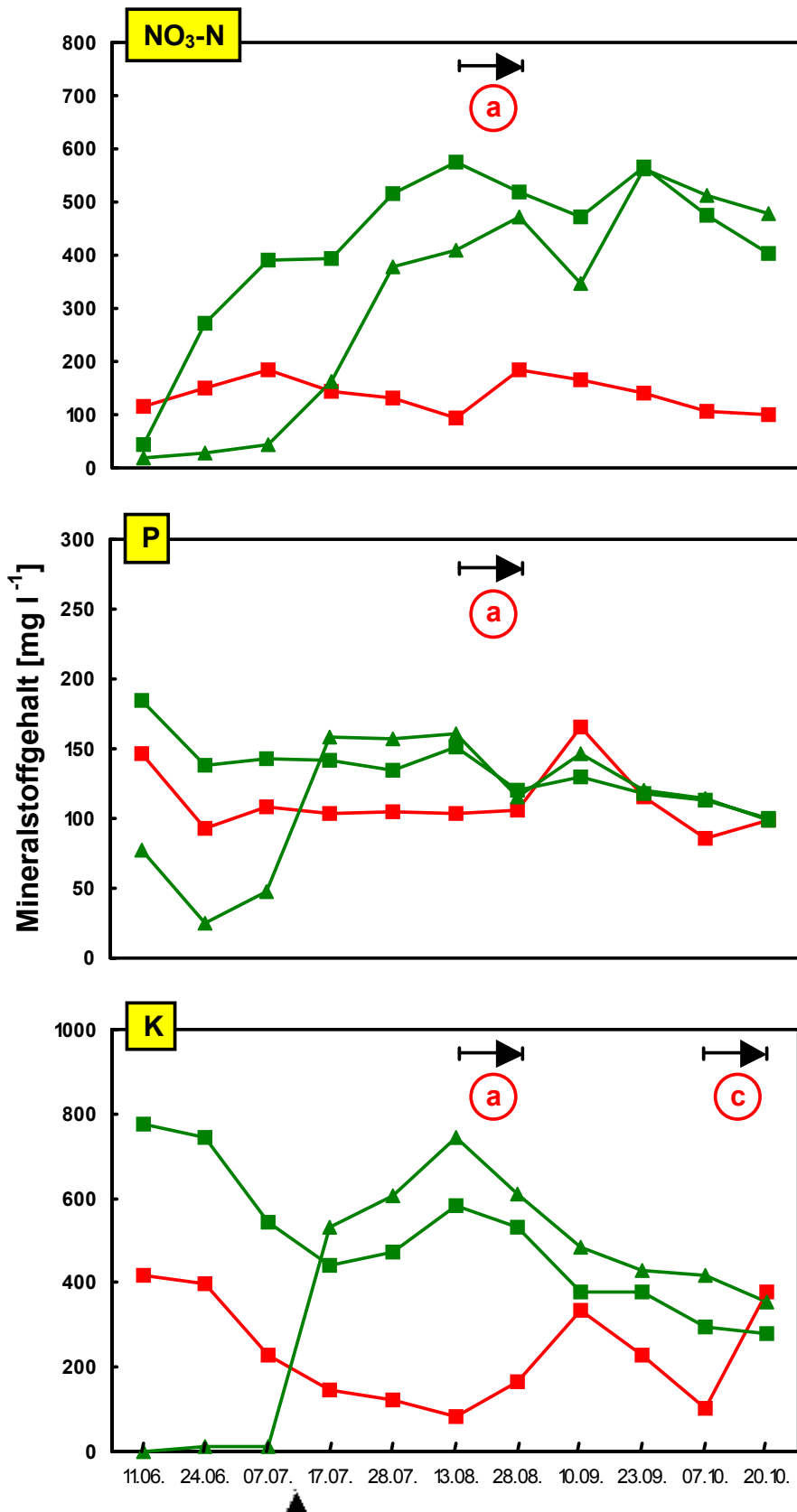


Abb. 21: Nährstoffgehalte im Substrat und Nährstoffzufuhr bei konventioneller und ökologischer (System 2) Kultivierung von *Pelargonium x hortorum* Mutterpflanzen Sorte 'Penve'. Versuch 2274-E, ■ konventionell, ■ ökologisch 2a, ▲ ökologisch 2d. Versuchsstandort Erfurt. Applizierte Nährstoffmenge pro Woche durch Düngung: (a) 91 mg N l⁻¹, 37 mg P l⁻¹, 127 mg K l⁻¹, (c) 149 mg K l⁻¹, Pfeil markiert Umtopftermin Variante 2d.

3.1.1.2.2. Pflanzengesundheit Mutterpflanzen

Wie bei AP1 traten auch bei AP2 sehr vereinzelt Wurzelfäulen auf (Abb. 22), die jedoch keine Rückschlüsse auf die Versuchsvarianten zuließen.

Während des Sommers 2003 standen die Mutterpflanzenkulturen in einem nicht durch Insektennetze geschützten Gewächshaus. Das hatte zur Folge, dass Schmetterlinge eindringen und Eier auf den Blättern ablegen konnten. Die geschlüpften Larven verursachten Lochfraß (Abb. 23). Der Schaden trat an einer kleinen Gruppe von Mutterpflanzen auf. Durch die Ausbringung eines *Bacillus thuringiensis* Präparates konnte ein weiterer Befall verhindert werden.



Abb. 22. Pflanzenbestand Poinsettien-Mutterpflanzen ('White Star') in Hannover (Versuch 2273-H, 25.08.2003). Eine Pflanze ist durch Pythium-Infektion geschädigt



Abb. 23. Raupenfraß an einer Pelargonien-Mutterpflanze der Sorte 'Penve' in Hannover (Versuch 2274-H 25.08.2003).

Die hohe Stickstoffmineralisierung und daraus resultierenden hohen Nitrat- und Salzgehalte im Substrat in der ökologischen Variante 2a führten bei den Poinsettien am Standort Erfurt zu Symptomen insbesondere an den älteren Blättern in Form von weiss-gelblichen Chlorosen der Blattaderbereiche (Abb. 24a,b). Die Symptome deuten auf eine gestörte Balance der

Mineralstoffaufnahme hin. Die konventionell kultivierten Poinsettien und die in dem kompost- und tonreduzierten Substrat kultivierten Pflanzen der ökologischen Variante 2b) wiesen diese Symptome nicht auf (Abb. 24 c).

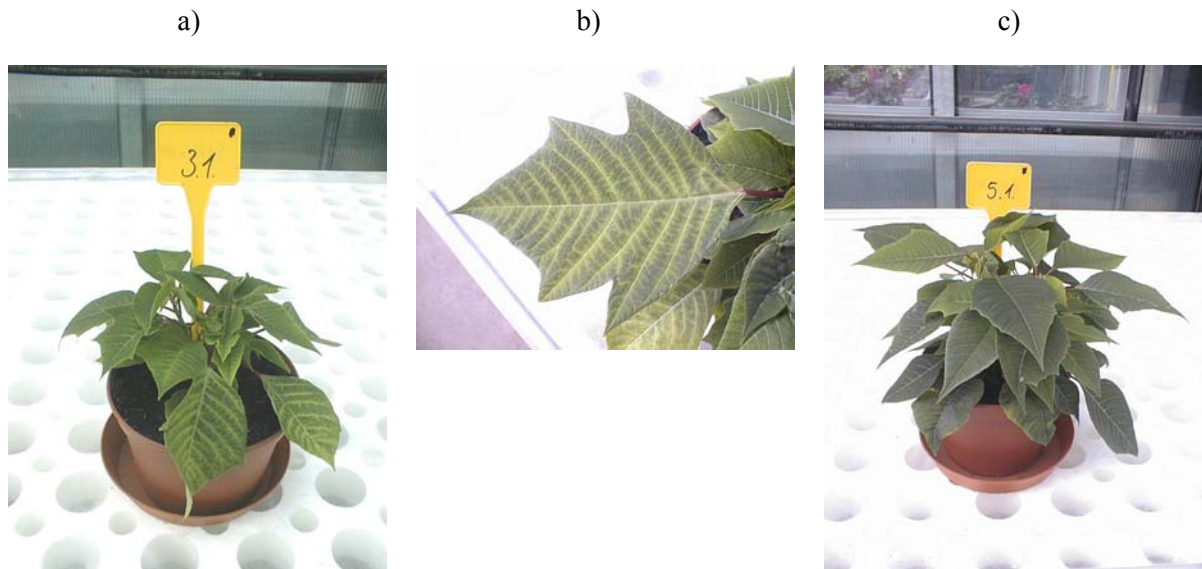


Abb. 24. Blattsymptome an Poinsettien-Mutterpflanzen Sorte 'Cortez Red' der ökologischen Variante 2a, a) gesamte Pflanze, b) einzelnes Blatt, c) symptomfreie Variante 2b, Versuch 2273-E, Erfurt, 11.09.2003.

Gegen Versuchsende wurden dagegen bei der Variante 2c (kompost- und tonreduziertes Substrat plus Thomasphosphat) andere Blattsymptome beobachtet (Abb. 25), die möglicherweise auf einen Kaliummangel zurückzuführen sind (siehe auch Abb. 19 und Abschnitt 3.1.1.2.6).



Abb. 25. Blattsymptome an Poinsettien-Mutterpflanzen Sorte 'Cortez Red' der ökologischen Variante 2c, Versuch 2273-E, Erfurt, 26.09.2003.

Ähnliche Aufhellungen der Intercostalfelder wurden an den in kompost- und tonreduziertem Substrat (2b, 2c) ökologisch kultivierten Pelargonien am Standort Hannover beobachtet.



Abb. 26. Blattsymptome an Pelargonien-Mutterpflanze Sorte 'Penve' der ökologischen Variante 2b, Versuch 2274-H, Hannover, 26.09.2003.

Trotz der ungünstig hohen Stickstoffmineralisierung in der ökologischen Variante 2a konnte am Standort Erfurt der bereits in Arbeitspaket 1 beobachtete hemmende Einfluss der ökologischen Kulturführung auf die Ausprägung der physiologischen Blattschäden reproduziert werden. Jedoch wurden unter diesen Bedingungen die Schäden nicht gänzlich verhindert, sondern Umfang und Intensität der Blattnekrosen und -chlorosen wurden durch die ökologische Kultur reduziert (Abb. 27). In Hannover wurden solche Symptome in AP2 nicht beobachtet.

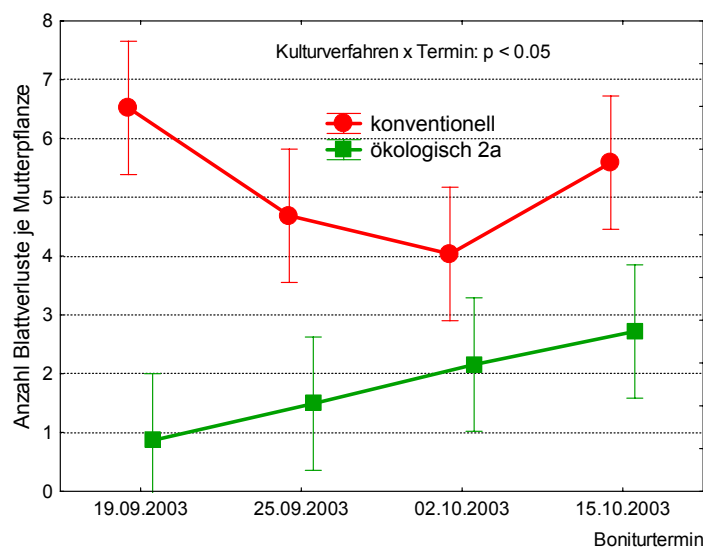


Abb. 27. Einfluss der Kulturführung auf die durch physiologisch bedingte Blattschäden hervorgerufenen Blattverluste (gesamte Blattspreite chlorotisch und/oder nekrotisch) von Pelargonien-Mutterpflanzen Sorte 'Penve', Versuch 2274-E, Erfurt.

Als mögliche Ursachen für abiotisch bedingte Blattchlorosen und Nekrosen an Pelargonien wird in der Literatur u.a. Mikronährstoff-, insbesondere beschriebene Mangantoxizität (Bachmann and Miller 1995, Lee et al. 1996). Die Symptome deuten jedoch auf eine Beeinträchtigung des Mikrowasserhaushaltes der Blätter als wahrscheinliche Ursache. So stehen die Ergebnisse der mikroskopischen Analysen in Übereinstimmung mit der in diesem Zusammenhang für *Pelargonium x hortorum* (Balge et al. 1996) und *Pelargonium peltatum* (Rangarajan and Tibbits 1994) beschriebenen Symptomentwicklung. Die Störungen treten zunächst an der Blattunterseite als makroskopisch sichtbare blasige Aufwölbungen in Erscheinung (Abb. 28a). Bei stärkerer Vergrößerung ist anhand der Lichtreflexionen zu erkennen, dass die Bereiche mit Flüssigkeit gefüllt sind (Abb. 28b). Im weiteren Verlauf weist die untere Epidermis ein nekrotisches Zentrum mit einem chlorophyllfreien Hof auf (Abb. 28c). Anhand der Blattquerschnitte ist ersichtlich, dass die Schädigung im Schwammparenchym beginnt. Dort entwickeln sich zunächst großlumige chlorophyllarme Zellen, die eine Aufwölbung der unteren Epidermis hervorrufen (Abb. 28d). Im weiteren vergrößert sich der Bereich und in der Mitte wird eine nekrotisierte Zone erkennbar (Abb. 28e). Möglicherweise hat die beobachtete Hypertrophie der Schwammparenchymzellen wie von Balge et al. (1969) beschrieben ihren Ursprung in den substomatären Bereichen (siehe Abb. 28e). Im weiteren Verlauf wird auch das Palisadenparenchym chlorophyllfrei (Abb. 28f), so dass das durchscheinende Gewebe und der größer werdende nekrotische Bereich auf der Oberseite sichtbar werden (Abb. 28e). Wahrscheinliche Ursache für solche Schädigungen ist eine überhöhte Wasseraufnahme des Blattgewebes im Verhältnis zur Transpiration (Balge et al. 1969, Rangarajan and Tibbits 1994). Das Auftreten solcher Symptome ist erheblich abhängig von den Umweltfaktoren im Blattbereich wie Lichtintensität, Tageslänge, spektrale Zusammensetzung (Hellrot- Dunkelrotanteil), Luftfeuchtigkeit, Blatt- und Lufttemperatur, aber auch von den Wurzelraumbedingungen wie Wurzelraumtemperatur, Wasser- und Nährstoffangebot sowie Struktur und Zusammensetzung des Substrates. Dies erklärt den großen Einfluss des Assimilationslichtes auf die Symptomausprägung in AP1 und die generell unterschiedliche Intensität der Symptome zwischen den beiden Versuchsstandorten.

Die im Gegensatz zur konventionellen Kultur vollständige Symptomfreiheit der ökologisch kultivierten Pelargonien in AP1 dokumentiert, dass eine Kultur in komposthaltigen Substrat und/oder eine organische Düngung zu einem ausgewogeneren Wasserhaushalt beitragen können. Der geringere aber dennoch deutliche Effekt in AP2 kann durch die ungünstig hohe Stickstofffreisetzung und die resultierenden hohen Salzgehalte der untersuchten ökologischen Varianten erklärt werden.

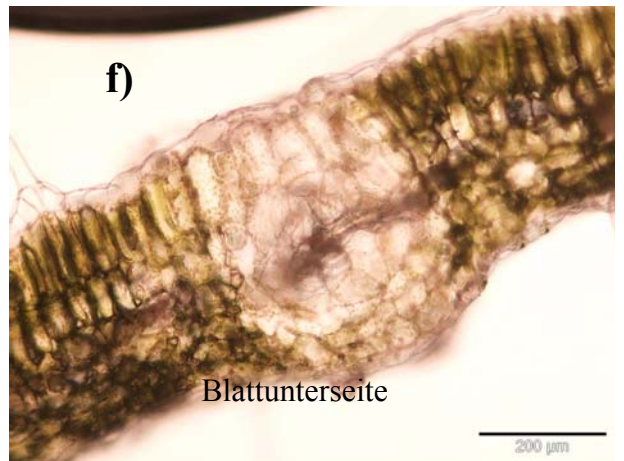
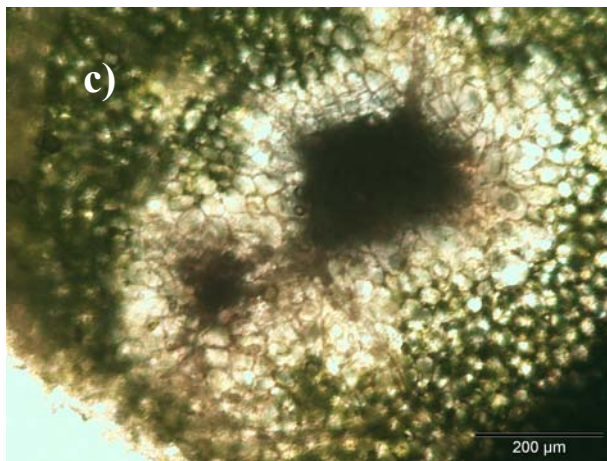
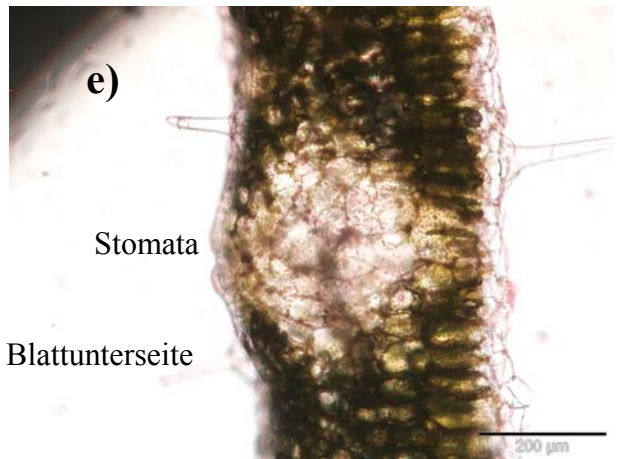
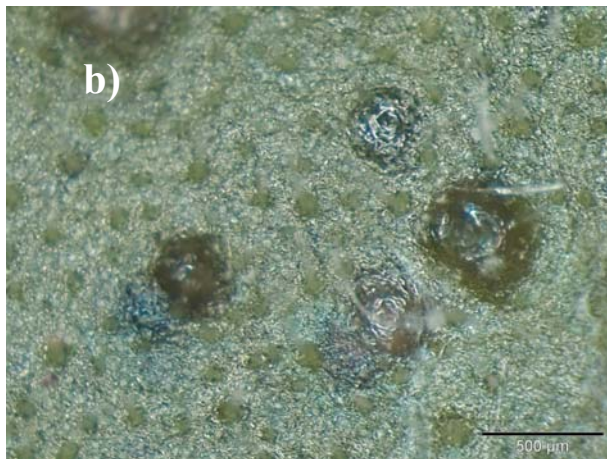
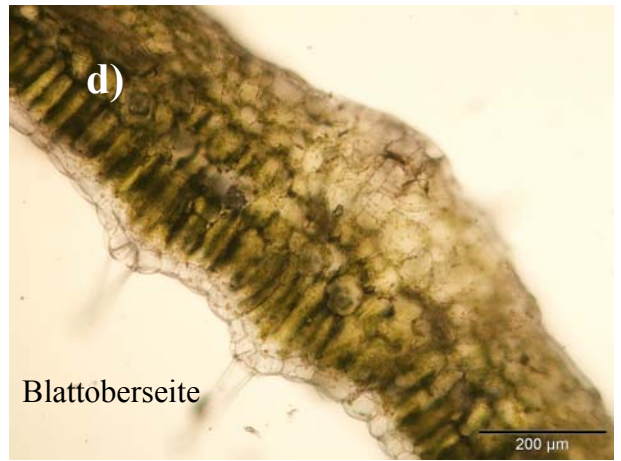


Abb. 28. Symptomentwicklung physiologisch bedingter Blattschäden an *Pelargonium x hortorum* 'Penve' a) Aufsicht Blattunterseite; b) Nahaufsicht Blattunterseite; c) Epidermisabzug Blattunterseite; d) frühes, e) mittleres, f) spätes Stadium jeweils Blattquerschnitte; g) Nahaufsicht Blattoberseite



3.1.1.2.3. Mutterpflanzenwachstum und Stecklingsertrag

In Hannover wurden deutlich geringere Stecklingserträge erzielt als in Erfurt. Dies ist u.a. mit der geringeren Laufzeit verbunden, da die Versuche in Hannover aufgrund von Problemen mit dem gelieferten Stecklingsmaterial später aufgebaut wurden. Insgesamt wurden unter den hohen Sommertemperaturen bei den Pelargonien-Mutterpflanzen besonders in Hannover ein guter Seitenaustrieb jedoch ein nur langsames Streckungswachstum beobachtet. Die dort erzielten hohen durchschnittlichen Stecklings-Frischmassen können teilweise auf den sehr gedrunghenen Wuchs zurückgeführt werden (Abb. 29). Die ökologische Variante 2a führte aufgrund der extrem hohen Nitrat- und Salzgehalte im Substrat Standort-unabhängig zu einer deutlichen Wachstumsdepression im Vergleich zur konventionellen Kultur. Dies resultierte bei beiden Kulturen zu signifikanten Mindererträgen und zu einer reduzierten Sprossbiomasse der Mutterpflanzen zu Versuchsende (Tab. 13, 14). Erwartungsgemäß führte die vierwöchige Vorkultur in Mangelsubstrat zu einer weiteren Wachstumsverzögerung (Tab. 13, 14). Mit zunehmender Kulturdauer und Anzahl Ernten trat dieser Effekt jedoch mehr in den Hintergrund. So waren die Unterschiede bei den Poinsettien-Mutterpflanzen in Erfurt zu Versuchsende nicht mehr signifikant (Tab. 13). Bei beiden Kulturen konnten die Stecklingserträge der ökologischen Kultur durch eine Reduzierung des Kompost- und Tonanteils signifikant erhöht werden (Vergleich Varianten 2b und 2a, Tab. 13, 14), wobei bei den Pelargonien in Hannover durch diese Maßnahme ähnliche Erträge wie in der konventionellen Kultur erreicht wurden (Tab. 14). Dieser Effekt kann durch die Verminderung der Stickstoffübersorgung (Abb. 19, 21) und die geringere Salzbelastung (Abb. 20) erklärt werden. Bei beiden Pflanzenarten führte eine hohe Düngung der kompost- und tonreduzierten ökologischen Variante mit Thomasphosphat zu geringeren Stecklingserträgen (Tab. 13, 14).



Abb. 29. Pflanzenwachstum Pelargonien 'Penve' in Hannover, Sommer 2003

Tab. 13. Über den Versuchszeitraum erzielter Stecklingsertrag von Euphorbien in Abhängigkeit von Kulturverfahren und Versuchsstandort (Erfurt 4 Ernten, Hannover 3 Ernten). Versuch 2273. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren für die betreffende Sorte am jeweiligen Standort

Standort	Sorte	Kultur- führung	Stecklingsertrag pro Mutterpflanze			Mutterpflanzen Versuchsende
			kumulativ		durchschnittl.	
			Anzahl [Stück]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g/Stück]	Sprossfrischmasse [g/Stück]
Erfurt	'Cortez rot'	konventionell	16,1 a	57,2 a	3,91 a	35,30 a
		ökologisch 2a	9,1 cd	30,9 d	3,56 a	19,48 b
		ökologisch 2b	12,8 b	47,6 b	3,98 a	31,31 a
		ökologisch 2c	10,9 bc	38,4 cd	3,60 a	20,68 b
		ökologisch 2d	7,2 de	27,6 de	3,84 a	15,18 b
Hannover	'White Star'	konventionell	8,3 a	33,8 a	4,89 a	38,07 a
		ökologisch 2a	6,2 b	24,8 b	4,87 a	20,11 b
		ökologisch 2d	3,0 c	12,8 c	4,19 a	14,86 c

Tab. 14. Über den Versuchszeitraum erzielter Stecklingsertrag von Pelargonien in Abhängigkeit von Kulturverfahren und Versuchsstandort (Erfurt 2 (2d) - 3 Ernten, Hannover 1 Ernte). Versuch 2274. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren für die betreffende Sorte am jeweiligen Standort

Standort	Sorte	Kultur- führung	Stecklingsertrag pro Mutterpflanze			Mutterpflanzen Versuchsende
			kumulativ		durchschnittl.	
			Anzahl [Stück]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g/Stück]	Sprossfrischmasse [g/Stück]
Erfurt	'Penve'	konventionell	9,30 a	34,66 a	3,59 a	69,25 a
		ökologisch 2a	6,80 b	20,99 b	3,16 b	53,95 a
		ökologisch 2d	5,85 b	17,71 b	2,99 b	41,39 b
Hannover	'Penve'	konventionell	1,81 b	14,25 ab	7,82 a	75,18 a
		ökologisch 2a	1,35 c	8,81 c	6,56 a	43,52 b
		ökologisch 2b	2,32 a	15,04 a	6,51 a	56,68 b
		ökologisch 2c	1,66 b	11,26 abc	6,75 a	49,44 b
		ökologisch 2d	0 d	0 d		43,76 b

3.1.1.2.4. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit

Die am Standort Hannover ohne zusätzliche Stecklingslagerung geprüfte Bewurzelung der Poinsettien-Stecklinge der Sorte 'White Star' unterschied sich nicht signifikant zwischen den geprüften Kulturvarianten konventionell, ökologisch 2a und ökologisch 2d. Es wurden nahezu keine Ausfälle der Stecklinge beobachtet (maximal 2,5%). Diese waren ebenso am Standort Erfurt bei der Sorte 'Cortez Red' sehr gering, auch wenn die Stecklinge gelagert worden waren (maximal 4,5%). Die Adventivwurzelbildung der ungelagerten Poinsettien-Stecklinge unterschied sich nur geringfügig zwischen der Kulturvarianten. Die meisten Wurzeln wurden von Stecklingen der Variante 2b gebildet (Abb. 30a), wohingegen eine hohe Düngung der Mutterpflanzen mit Thomasphosphat eine geringere durchschnittliche Wurzellänge zur Folge hatte (Fig. 30b). Dieser Effekt war auch bei den zusätzlich gelagerten Stecklingen zu beobachten (Fig. 30c).

Bis Projektabschluss konnte nur eine Stecklingsernte der Pelargonien bezüglich der Bewurzelungsfähigkeit geprüft werden, so dass für diese Kultur noch keine Aussage gemacht werden kann.

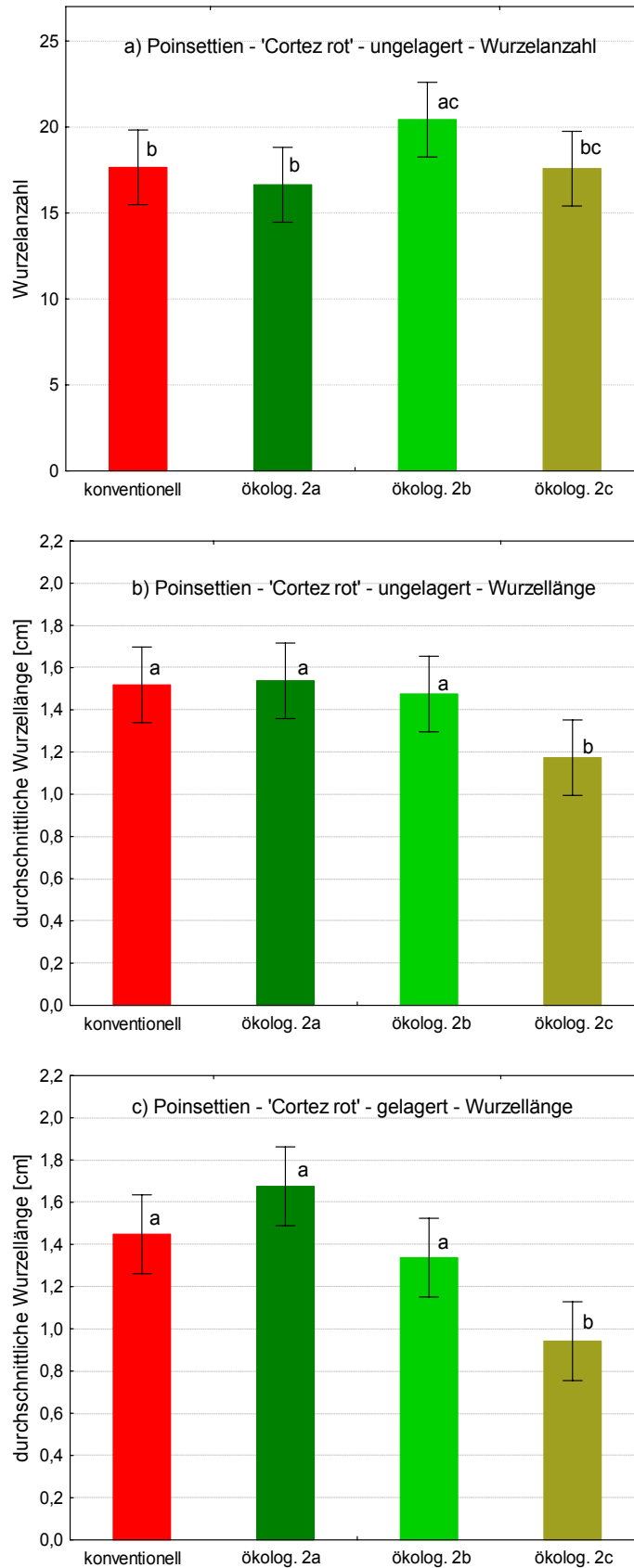


Abb. 30. Einfluss der Kulturführung der Poinsettien-Mutterpflanzen Sorte 'Cortez Red' auf die a) Wurzelanzahl, b) durchschnittliche Wurzellänge ungelagerter und c) durchschnittliche Wurzellänge gelagerter Stecklinge. Versuch 2273-E. Balken = Konfidenzbereiche, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede, $p < 0.05$.

3.1.1.2.5. Stecklingsgesundheit: *Botrytis cinerea*

Natürlicher Befall mit Botrytis

Gesundes, ungestresstes Jungpflanzen- und Stecklingsmaterial wird nur bei sehr ungünstigen Umweltbedingungen vom Grauschimmel befallen. Sind die Pflanzen jedoch vorgeschädigt, ist die Infektionswahrscheinlichkeit jedoch erheblich höher, da Infektionsmaterial dieses Erregers ubiquitär verbreitet ist. So waren zwei Lieferungen von Poinsettienstecklingen aus Südeuropa für den Versuch 2273-H im Frühjahr 2003 so durch ungünstige Transportbedingungen geschwächt (Abb. 31), dass hier gehäuft Botrytisinfektionen auftraten (Abb. 32) und viele Stecklinge abstarben. Die erste Lieferung musste insgesamt verworfen werden.



Abb. 31. Zustand der gelieferten Poinsettien-Stecklinge für AP2 (Hannover; 15.05.2003)



Abb. 32. *Botrytis*-Befall an durch Transport geschwächten Poinsettien-Stecklingen

„Natürlicher“ *Botrytis*-befall trat bei Stecklingen der eigenen Mutterpflanzen nur sehr vereinzelt auf (Abb. 33). Waren die Stecklinge vor der Bewurzelungsphase gelagert worden, führte das zu einer erhöhten Befallshäufigkeit (Abb. 34) die hoch genug war um eine Auswertung hinsichtlich der Versuchsvarianten durchzuführen (Abb. 35). Die *Botrytis*-Anfälligkeit der gelagerten Stecklinge war durch die ökologische Kultur der Mutterpflanzen offensichtlich reduziert. Allerdings ist die Varianz erheblich, was auf die geringe Wiederholungszahl zurück zu führen ist, die durch das geringe Wachstum der Mutterpflanzen bedingt war.



Abb. 33. „Natürlicher“ *Botrytis*-Befall bei Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'White Star' ohne Lagerung in Hannover (Versuch 2273-H; 08.10.2003).



Abb. 34. „Natürlicher“ *Botrytis*-Befall bei Poinsettien-Stecklingen der Sorte 'White Star' nach Lagerung in Hannover (Versuch 2273-H; 08.10.2003).

Mykorrhizaentwicklung der Mutterpflanzen (bei Ö2a 510) führte zu keiner weiteren Steigerung der *Botrytis*-Resistenz. Die Variante K2 510 war trotz Inokulation nicht mykorrhiziert (siehe 2.1.2.1).

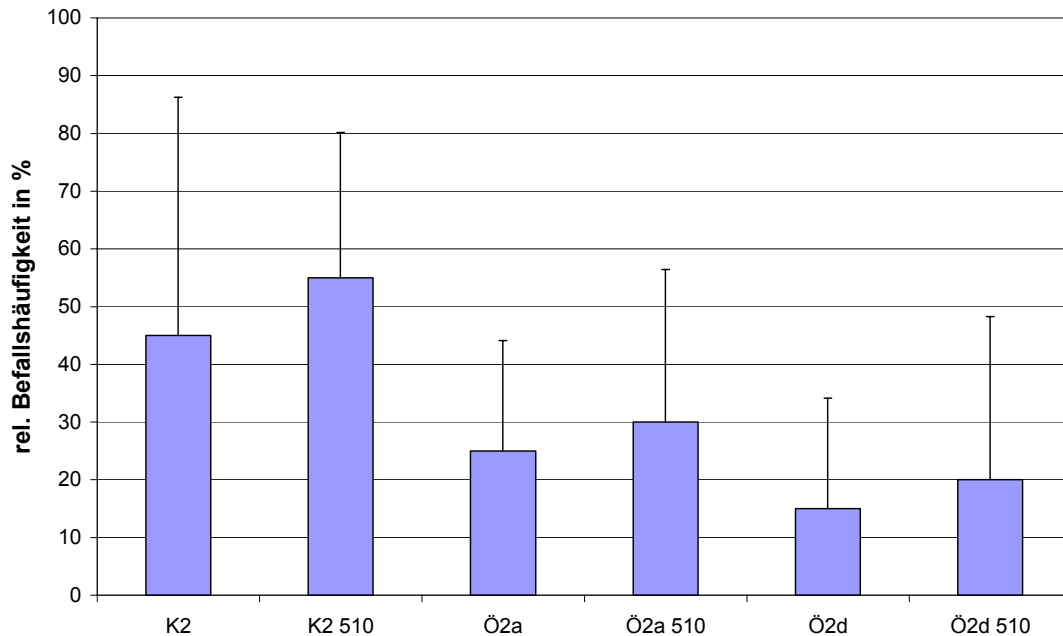


Abb. 35. *Botrytis*-Befall (% Befallshäufigkeit) an gelagerten Poinsettienstecklingen der Sorte 'White Star' in Hannover bei *Botrytis*-exponierter Aufstellung (Sporulation im gleichen Gewächshaus). Versuch 2273-H.K2 = konventionelle, Ö = ökologische Kulturführung. Balken = Standardabweichung.

Versuche mit *Botrytis*inokulationen

Auch im Rahmen von AP2 wurden Inokulationsversuche mit Konidiensuspensionen an Pelargonien und Poinsettien durchgeführt, die bei Pelargonien zur Ausbildung des typischen Grauschimmels führten, bei Poinsettien war die Intensität der Symptome nur gering.

Die Ergebnisse zweier Inokulationsversuche mit *Botrytis* an Pelargonien sind in Abb. 36 und 37 dargestellt. Bei der Bonitur wurde zwischen dem Befall der vor der Inokulation perforierten Blätter und des Vegetationspunktes unterschieden (Abb. 36). Die Ergebnisse konnten die in AP1 erzielten jedoch nicht reproduzieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Mutterpflanzen der ökologischen Varianten in AP2 einer massiven Stickstoffübersversorgung und Salzbelastung ausgesetzt waren. Die extrem hohe N-Versorgung hat möglicherweise zu einer erhöhten Anfälligkeit beigetragen (Huber 1980), so dass die positive Wirkung der ökologischen Produktion nicht zum tragen kommen konnte.



Abb. 36. *Botrytis*-Befall nach Inokulation von ungelagerten, links an verletzten Blättern, rechts am Vegetationspunkt. (Hannover; Versuch 2274-H; 08.10.2003)

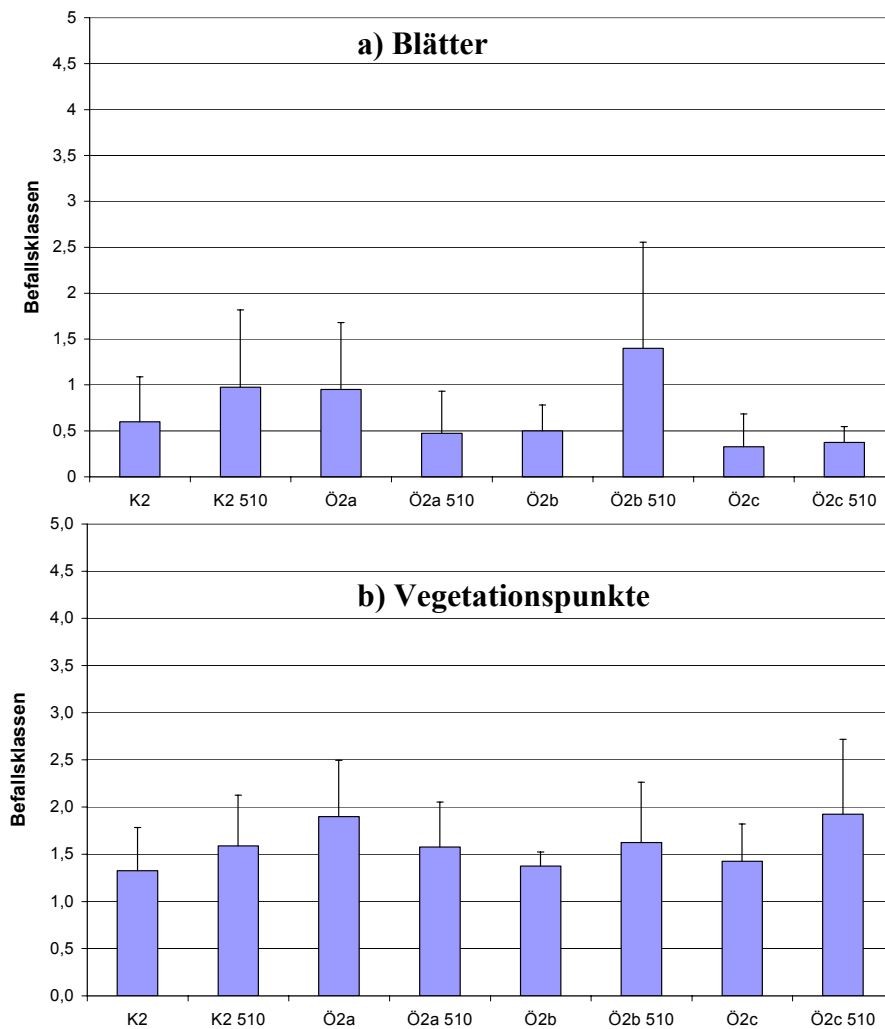


Abb. 37. *Botrytis*-Befall (0 = gesund; 5 = abgestorben) an a) **Blättern** und b) **Vegetationspunkten** von Pelargonienstecklingen der Sorte 'Penve' in Hannover 18 Tage nach Inokulation (Ansprühen) mit 10^7 Konidien/ml in Saccharoselösung (10%ig). K2 = konventionelle, Ö = ökologische Kulturführung. Versuch 2274-H. Balken = Standardabweichung.

Detektion des Botrytisbefalls mit Hilfe von PCR

Nach DNA Extraktion mit dem Quiagen DNAeasy Kit ließen sich mit dem verwendeten Primer (siehe Material und Methoden) *Botrytis cinerea* Isolate von Chrysanthemen und Pelargonien bei Verwendung von Agarplatten-Material problemlos nachweisen. Das gleiche war auch bei Verwendung von Botrytis-infiziertem Chrysanthemenblättern möglich (Abb. 38).

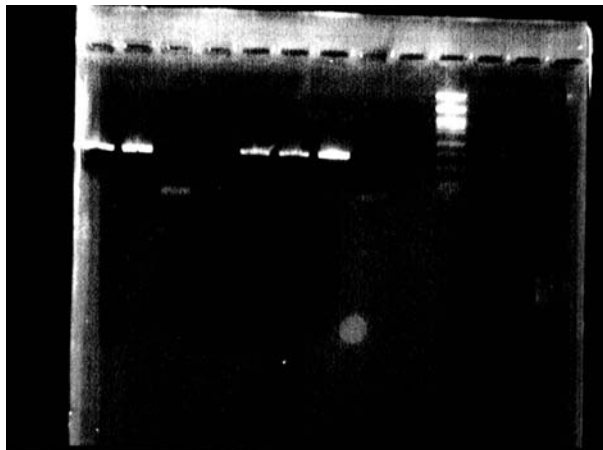


Abb. 38. Botrytisnachweis mit PCR.
 1,2 = befallene Chrysanthemenblätter
 3,4 = gesunde Chrysanthemenblätter
 5,6 = Botrytis Isolat von Chrysanthemen
 7 = Botrytis Isolat von Pelargonien
 8 = Wasserkontrolle
 10 = Größenmarker

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bei Verwendung von befallenen Pelargonienblättern und Poinsettienblättern konnte bislang kein Amplifikat erzeugt werden. In diesen Pflanzen sind offensichtlich Stoffe enthalten, die die PCR stören und die durch die relativ einfache DNA Extraktionsmethoden nicht entfernt werden. Diese Hemmstoffe ließen sich nicht ausverdünnen (1:10 und 1:100). Zur Zeit wird versucht die DNA-Extraktion so zu verbessern, das ein *Botrytis*-Nachweis auch aus Poinsettien und Pelargonien ermöglicht wird. Der Primer ist, wie die Ergebnisse mit Chrysanthemenblättern zeigen, geeignet.

3.1.1.2.6. Stecklingsqualität: Mineralstoffgehalte und Chlorophyllfluoreszenz

Die Mineralstoffgehalte der in Erfurt geernteten Poinsettien-Stecklinge der Sorte 'Cortez Red' sind in Tab. 15 dargestellt. Trotz der höchsten Nitratgehalte im Wurzelraum der ökologischen Variante 2a (Abb. 19) führten diese nicht zu höheren N-Gehalten in den Stecklingen als die konventionelle Kultur. Hingegen wurden die höchsten N-Gehalte in den Proben der kompost- und tonreduzierten Variante 2b ermittelt. Dies macht deutlich, dass die physikalisch-chemischen und möglicherweise auch mikrobiologischen Eigenschaften von Substraten die Stickstoffaufnahme erheblich beeinflussen. Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen an Chrysanthemen-Mutterpflanzen (Zerche et al. 1999).

Unabhängig von der Kulturvariante liegen die Stickstoffgehalte in einem unkritischen Bereich (Bergmann 1988). Das trifft auf die P-Gehalte zu. Hier führte jedoch die zusätzliche Düngung mit Thomasphosphat nahezu zu einer Verdoppelung der P-Gehalte. Die Kaliumgehalte der Stecklinge waren bei der ökologischen Variante 2b trotz des deutlich geringeren Angebotes im Wurzelraum der Mutterpflanzen (Abb. 19) nur geringfügig niedriger als in den anderen Varianten (Tab. 15, nicht signifikant).

Tab. 15. Einfluss der Kulturführung auf ausgewählte Mineralstoffgehalte der geernteten Poinsettien-Stecklinge 'Cortez rot', Standort Erfurt, Versuch 2273-E. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturverfahren

Ernte	Kultur	Variante	Mineralstoffgehalte [% Trockenmasse]			
			N	P	K	Ca
1	konventionell		4,46	0,63	3,50	1,33
	ökologisch	2a	4,58	0,57	3,15	1,41
	ökologisch	2b	5,72	0,46	2,82	0,80
	ökologisch	2c	4,45	1,07	3,40	1,53
2	konventionell		4,10	0,49	3,27	1,29
	ökologisch	2a	4,81	0,54	3,12	1,90
	ökologisch	2b	5,54	0,54	2,73	1,12
	ökologisch	2c	4,95	0,75	2,58	1,76
3	konventionell		4,79	0,82	3,19	1,04
	ökologisch	2a	4,50	0,59	2,99	1,90
	ökologisch	2b	5,37	0,54	2,67	1,33
	ökologisch	2c	4,09	1,21	3,30	1,64
Mittelwert	konventionell		4,45 b	0,65 b	3,32 a	1,22 b
3 Ernten	ökologisch	2a	4,63 b	0,57 b	3,08 a	1,74 a
	ökologisch	2b	5,55 a	0,51 b	2,74 a	1,08 b
	ökologisch	2c	4,50 b	1,01 a	3,09 a	1,64 a

Im Gegensatz zu den im ersten Projektabschnitt bei moderater Stickstoffgrundversorgung mit der Sorte 'White Star' erzielten Ergebnissen (Tab. 10) führte die hohe Grundversorgung mit Hornmaterial in dem gleichen Substrat bei der Sorte 'Cortez Red' gegenüber der konventionellen Produktion zu erhöhten Calciumgehalten (Tab. 15), die möglicherweise auch zu dem im vorherigen Abschnitt dargestellten geringeren „natürlichen“ Botrytisbefall in Hannover beigetragen haben (Huber 1980). Die höheren Ca-Gehalte basieren möglicherweise auf dem extrem hohen Nitratangebot in Folge der Mineralisierung. Ein hohes Nitratangebot kann aufgrund der durch die Pflanze regulierten Ionenbalance zu einer erhöhten Calciumaufnahme führen (Marschner 1995). Die geringeren Calciumgehalte der Stecklinge der kompost- und tonreduzierten Variante 2b (Tab. 15) können aus der wesentlich geringeren Nitratverfügbarkeit (Abb. 19) resultieren und/oder auf einer durch die veränderte Substratmischung reduzierten Calciumverfügbarkeit beruhen.

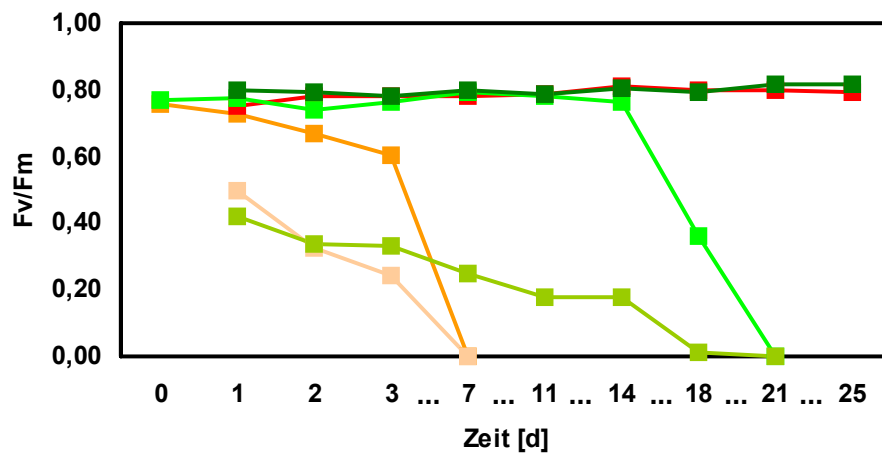
Die Photosynthese stellt den wohl wichtigsten pflanzlichen metabolischen Prozess dar. Mit Hilfe der Analyse der Chlorophyllfluoreszenz kann man die Effizienz der photosynthetischen Energieumwandlung eindrucksvoll nachweisen. Da die Photosynthese sehr empfindlich auf Stress verschiedenster Art reagiert, ist es möglich, durch Chlorophyllfluoreszenz-Messungen schon sehr frühzeitig die erste pflanzlichen Reaktionen zu ermitteln – schon weit bevor optische Schäden überhaupt sichtbar werden. Daher wurde an ausgewählten Prüfgliedern geprüft, ob die durch die Kulturführung beeinflusste Stresssituation der Mutterpflanzen bzw. der entnommenen Stecklinge mit Hilfe der Quantenausbeute von Photosystem II quantifiziert werden kann. An gesund wirkenden Blättern von *E. pulcherrima*-Mutterpflanzen der durch Stickstoffübersorgung und Salzstress (Abb. 19, 20) beeinträchtigten ökologischen Variante 2a konnte bereits eine 5 %ige Erniedrigung der optimalen Quantenausbeute von Photosystem II (Verhältnis F_v/F_m) nachgewiesen werden, die dann in den älteren, nun schon symptombehafteten Blättern, noch deutlicher ausfiel (12 %).

In einem weiteren Versuch sollte der Verlauf der Photosyntheseeffektivität während der Bewurzelung von *E. pulcherrima*-Stecklingen untersucht und geprüft werden, ob sich ökologisch produzierte (Variante 2a) von konventionellen unterscheiden und inwieweit eine Lagerung die Leistungsfähigkeit der Photosynthese beeinflusst. Hierbei zeigte sich, dass eine 1-wöchige Lagerung von Stecklingen bei 9 °C unter Dunkelbedingungen die Effizienz der Photosynthese nur geringfügig erniedrigt (Abb. 39). Dies ist möglicherweise mit dem Wasserverlust der Stecklinge zu erklären, da auch das F_v/F_m -Verhältnis ungelagerte Stecklinge während der ersten 3 Bewurzelungstage parallel zu dem in dieser Zeit auftretenden reduziertem Wassergehalt der Stecklinge leicht vermindert war (Abb. 40) In der darauffolgenden Bewurzelungszeit wiesen dann die Photosyntheseeffektivitäten nicht-seneszenter Blätter von sowohl ungelagerten als auch gelagerten Stecklingen optimale Werte von $0,82 \pm 0,01$ aus. Bei den von einer Blattalterung betroffenen Blättern lagen die F_v/F_m -Werte erwartungsgemäß niedriger. Hierbei zeigte sich wiederum (siehe auch 3.1.1.1.4, 3.1.1.1.5) dass eine Blattseneszenz bei ungelagerten Stecklingen im Vergleich zu gelagerten langsamer voranschreitet (Abb. 39, 40), dass aber eine ökologische Kultivierung die durch eine Lagerung beschleunigte Blattseneszenz und damit einhergehende *Botrytis*-Anfälligkeit reduziert (Abb. 39). Inwieweit der Prozess der Photosynthese nun die Bewurzelung von Stecklingen beeinflusst, soll in weiteren Versuchen geklärt werden. Des Weiteren werden bereits beprobte Stecklingsteile (Blattspreite, Sprossbasis) hinsichtlich der Kohlenhydratgehalte untersucht, so dass die Ergebnisse mit in die Publikationen einfließen.

A.) Messorte:



B.) Maximale Effektivität (Fv/Fm) von Photosystem II:



C.) Blattseneszenz:

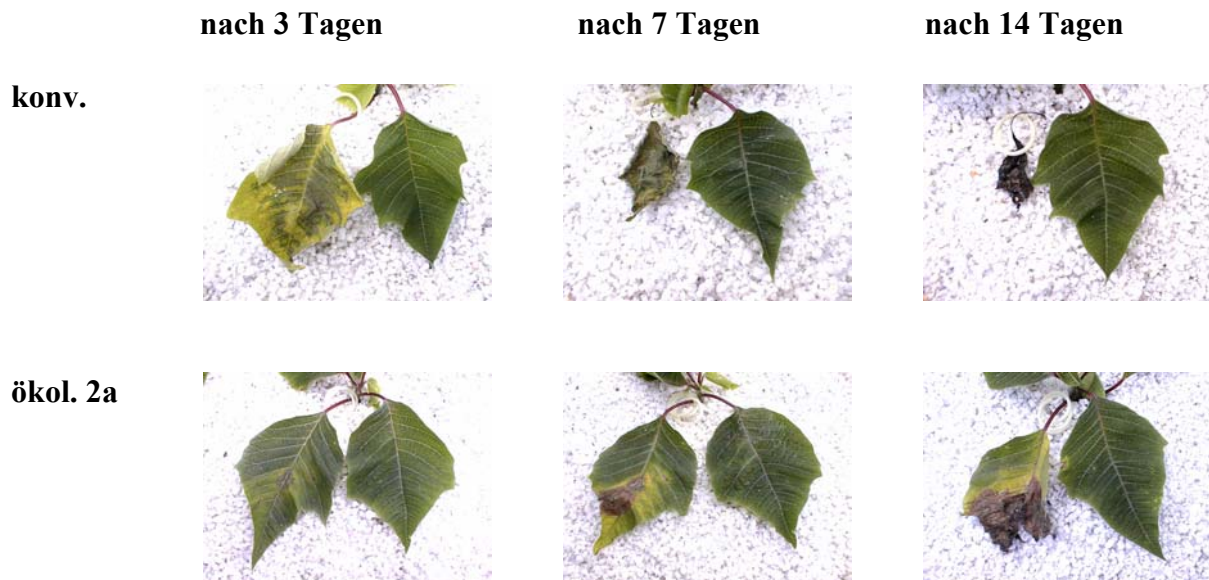
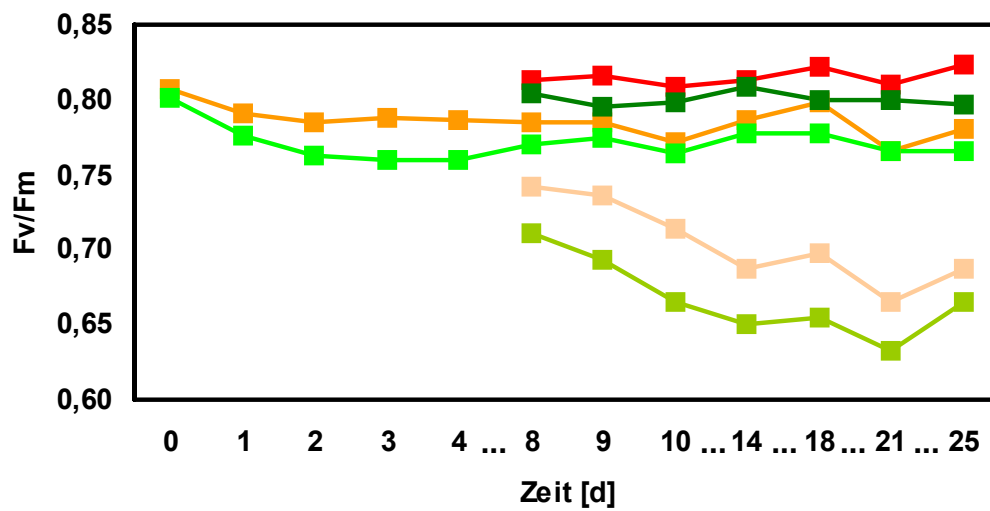


Abb 39. Verlauf der maximalen photochemischen Quantenausbeute (Fv/Fm) von Photosystem II während der Bewurzelung gelagerter Stecklinge von *Euphorbia pulcherrima*, Sorte 'Cortez Red' (Versuch 2273-E)

A.) Messorte:



B.) Maximale Effektivität (Fv/Fm) von Photosystem II:



C.) Blattseneszenz:

nach 8 Tagen



nach 25 Tagen



Abb 40. Verlauf der maximalen photochemischen Quantenausbeute (Fv/Fm) von Photosystem II während der Bewurzelung ungelagerter Stecklinge von *Euphorbia pulcherrima*, Sorte 'Cortez Red' (Versuch 2273-E)

3.1.2. Etablierung und Wirkung der arbuskulären Mykorrhiza

3.1.2.1. Mykorrhizierung der Mutterpflanzen

Entgegen der sich aus den positiven Vorversuchen ergebenden Erwartung entwickelte sich sowohl im konventionellen als auch ökologischen Substrat die Mykorrhiza bei den Poinsettien-Mutterpflanzen der Versuche des *API* schlecht. Meist war nur Außenmyzel zu beobachten, maximal wurde eine Besiedelung von 10% der Wurzellänge erreicht. Eine Nachinokulation der Pflanzen führte zu keinem verbesserten Mykorrhizierungsgrad.

Pelargonien-AMP Screeningversuch

Um für den ersten Versuch mit Pelargonien-Mutterpflanzen eine bessere Mykorrhizaentwicklung zu ermöglichen, wurden in einem Screening verschiedene AMP-Isolate auf Kompatibilität geprüft. Die Bonitur erfolgte nach fünf Wochen Kultur, das Ergebnis ist in Tab. 16 dargestellt.

Tab. 16. AM-Befallshäufigkeit [%] 5 Wochen nach Inokulation von Pelargonien-Jungpflanzen in Bio-Topferde (bio) und Einheitserde (kon).										
Sorten/Isolat	40		49		139		301		510	
	kon	bio	kon	bio	kon	bio	kon	bio	kon	bio
'Mitzou'	11,6	10,0	20,0	6,7	8,0	1,6	0,0	0,0	5,0	3,3
'Isabell'	21,6	13,3	0,0	6,6	3,3	25,0	3,3	3,3	1,6	8,3
'Penve'	6,6	0,0	25,0	40,0	16,6	3,3	13,3	5,0	36,0	28,0
'Shocking Violet'	23,3	5,0	8,3	15,0	3,3	15,0	0,0	8,3	5,0	3,3
'Fireworks Scarlet'	13,3	15,0	21,6	43,0	6,6	11,6	6,6	10,0	30,0	63,0
'Fireworks Red-White'	0,0	3,3	0,0	3,0	23,3	3,3	0,0	18,3	13,3	13,3

Die Ergebnisse der Befallshäufigkeit zeigen, dass die beste Mykorrhizierung bei den Sorten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' in Kombination mit den Isolaten 49 und 510 vorlag. Hier konnten bereits Vesikel festgestellt werden. Die Befallsintensität lag bei allen Versuchsvarianten bei 1. Auffällig ist, dass die Mykorrhizierung im Ökosubstrat besser verlief als im konventionellen Substrat. In Auswertung dieser Ergebnisse wurden in dem Pelargonien-Mutterpflanzen-Versuch die Sorten 'Penve' und 'Firework Scarlet' verwendet.

Mykorrhizierung Pelargonien-Mutterpflanzen in AP1

Die Mykorrhizierung der Pelargonien entwickelte sich sehr langsam, es konnte zuerst nur Außenmyzel festgestellt werden. Daher wurde zum einen am 10.2.2003 (Hannover) bzw. 05.02.03 (Erfurt) eine Nachinokulation durchgeführt. Die Bonitur des späteren Mykorrhizierungsgrades ist in Abb. 41 und 42 dargestellt. Es wurde nach 14 Wochen eine

Mykorrhizierung erreicht, die sicherlich ausreichen würde, um physiologische Effekte auf die Mutterpflanzen bzw. und damit auf die Qualitätsparameter der Stecklinge zu haben. Die Werte waren in Erfurt deutlich höher, allerdings nur wenn dort intensive Assimilationsbeleuchtung genutzt wurde, war diese abgeschaltet, lagen die Mykorrhizierungswerte im gleichen Bereich wie in Hannover.

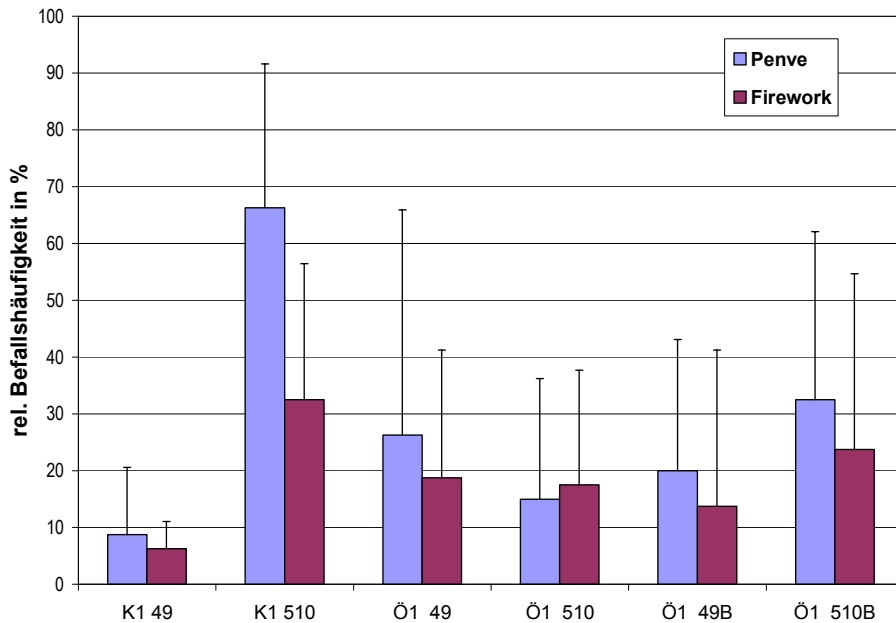


Abb. 41. Befallshäufigkeit von Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' und 'Firework Scarlet' in Hannover, 14 Wochen nach Inokulation. Versuch 2272-H. Balken = Standardabweichung. K1 = konventionell, Ö1 = ökologisch 1 (Details siehe 2.1.1).

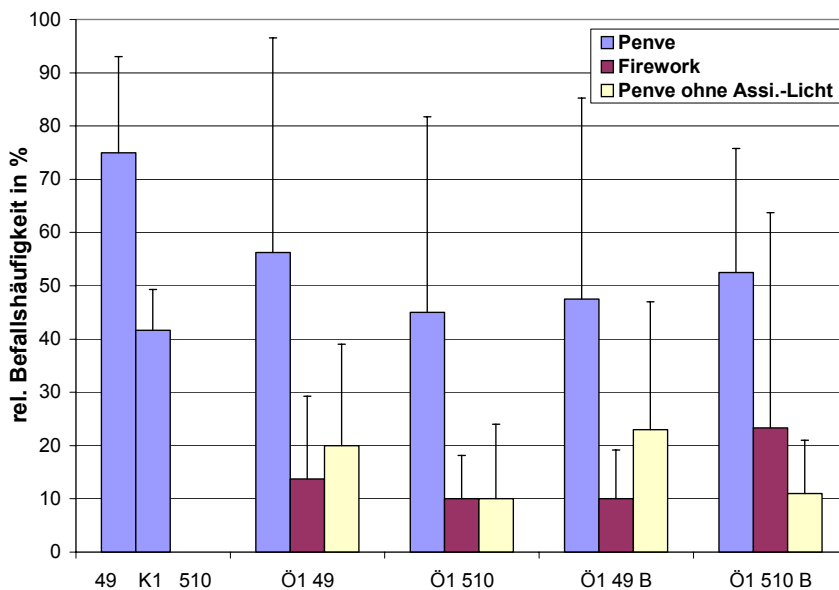


Abb. 42. Befallshäufigkeit von Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' und 'Firework Scarlet' in Erfurt, 14 Wochen nach Inokulation. Versuch 2272-E. Balken = Standardabweichung. K1 = konventionell, Ö1 = ökologisch 1 (Details siehe 2.1.1).

Es wurde ein Zusatzversuch durchgeführt, um Ursachen für die bisherige schlechte Mykorrhizierung zu finden. Hierzu wurden Jungpflanzen der Pelargonienarten 'Penve' und 'Fireworks Scarlet' in Bio-Topferde und in ein Sand-Einheitserden-Gemisch (70/30) getopft. Von der Bio-Topferde wurde eine alte Charge (5 Monate gelagert) im Vergleich zu einer neuen Charge (1 Monat gelagert) eingesetzt. Das Screening mit erfolgreicher Mykorrhizierung war in Bio-Topferde einer alten Charge erfolgt. Es war zu prüfen, ob durch Substratlagerung Prozesse stattfinden, die die Mykorrhizierung beeinflussen. Die Nährstoffanalysen beider Substratchargen ergaben keine nennenswerten Unterschiede. Die Inokulation erfolgte durch Beimengung der Isolate 49 und 510 von 5 Volumenprozenten (3 Wiederholungen) und 10 Volumenprozenten (2 Wiederholungen) zum verwendeten Substrat. Zusätzlich wurden auch Pelargonien in reinem Sand inokuliert. Hier kam eine intensive Mykorrhizierung von 100% der Wurzellänge zustande, in den anderen Varianten war jedoch nur Außenmyzel erkennbar. Diese Ergebnisse zeigen neben der grundsätzlichen Kompatibilität der beteiligten Organismen einen entscheidenden Einfluss des Substrates, der in der weiteren Forschungsarbeit berücksichtigt werden sollte.

Mykorrhizierung der Mutterpflanzen in AP2

Um die in AP1 deutlich gewordene Substratproblematik intensiver zu berücksichtigen, wurden in AP2 die Mykorrhizapflanzen bereits in inokulierter Perlite bewurzelt und zum Topftermin nochmals inokuliert. Da das Isolat 49 und die Bakterienapplikation insbesondere hinsichtlich einer Mykorrhizawirkung nicht überzeugt hatten (siehe 3.1.2.2), wurde nur das Isolat 510 ohne zusätzliche Bakterieninokulation verwendet. Zusätzlich neben den geplanten Varianten wurde eine Vorkultur der Pflanzen in einem nährstoffarmen Sand-haltigen Substrat (2e, Tab. 6) eingearbeitet. Diese Vorkultur dauerte 4 Wochen, dann wurden die Pflanzen in das Ökosubstrat umgetopft.

Die Bewurzelung in inokulierter Perlite bewirkte bei Pelargonien eine Mykorrhizierung von 37% der Wurzellänge (Wert aus Erfurt), diese Pflanzen konnten also schon im symbiontischen Status umgetopft werden, bei Poinsettien kam in der Perlite keine Mykorrhizierung zustande. Die Mykorrhizierungswerte nach 4 Wochen Vorkultur in Sand-Einheitserde Gemisch sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tab. 17. Mykorrhizierung (in % besiedelte Wurzellänge) von Poinsettien- und Pelargonien - Mutterpflanzen, die in AMP-inokulierter Perlite bewurzelt wurden und dann in die jeweiligen Substrate (konventionell, ökologisch, Vorkultur Sand-Einheitserde Gemisch) getopft wurden. 4 Wochen nach dem Topfen. (K2 = konventionell; Ö2a = ökologisch; Ö2b = ökologisch mit reduziertem Kompostgehalt; Ö2c = wie Ö2b mit Phosphatdüngung; Ö2d = ökologisch mit vierwöchiger Vorkultur)

Variante	Erfurt		Hannover	
	Pelargonien	Poinsettien	Pelargonien	Poinsettien
K2 510	5	6,3	5	5
Ö2a 510	3,8	16	5	0
Ö2b 510	entfällt	0	0	entfällt
Ö2c 510	entfällt	nicht geprüft	12,5	entfällt
Ö2d 510	13,8	12,5	40	78

Durch die Vorkultur konnte die Mykorrhizierung der Pflanzen zu dem in Tabelle 17 dargestellten frühen Termin im Versuchsverlauf verbessert werden, wobei in Hannover deutlich höhere Werte erzielt wurden. Die nicht vorkultivierten Pflanzen standen zur Zeit der Probenahme schon vier Wochen in konventionellem bzw. ökologischen Substrat. Hier war die Mykorrhizierung gering, obwohl vier Wochen zuvor ja in Erfurt eine Verpilzung von 37% festgestellt worden war. Offensichtlich waren nach dem Topfen schnell wachsende nicht verpilzte Wurzeln gebildet worden, mit denen die Pflanzen das neue Substrat erschließen. Hierdurch wurde der mykorrhizierte Anteil des Wurzelsystems vermindert.

Die Mykorrhizierung der Mutterpflanzen in den Versuchen des AP2 zu späteren Probezeitpunkten ist in den Abbildungen 43 bis 47 dargestellt.

In Erfurt entwickelte sich im weiteren Versuchsverlauf in den Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' eine ausreichende bis gute Mykorrhizierung, die allerdings durch die hohen Phosphatgaben in Variante Ö2c „weggedüngt“ wurde (Abb. 43), was durchaus nach Stand der Literatur zu erwarten ist. Gegen Ende des Versuches (18 Wochen) ging die Befallshäufigkeit deutlich zurück (Abb. 44), was sicher auf das immer geringere Lichtangebot (Oktober, relativ dunkle Kabine) zurück geführt werden kann. Die Vorkultur und die Reduzierung des Kompost- und Tonanteils durch Kokosbestandteile und ein hierdurch erreichter niedrigerer P-Gehalt im Substrat (Abb. 19) wirkten sich bei diesen Pflanzen in keiner Weise positiv auf die Mykorrhizierung aus.

Bei den Pelargonienpflanzen wurde die Befallshäufigkeit erst wieder zum Versuchsende geprüft, sie lag im gleichen Bereich wie bei den Poinsettien, allerdings war hier die Variante

mit Vorkultur am besten besiedelt. Zwischen konventionellem und ökologischem Substrat bestand in Erfurt hinsichtlich der Mykorrhizaentwicklung kein Unterschied (Abb. 45).

In Hannover wurden die Pflanzen nach 13 Wochen beprobt, dieser Zeitpunkt entspricht jahreszeitlich durch den verzögerten Versuchsbeginn in Hannover in etwa dem 18-Wochen Termin in Erfurt. Zu dieser Zeit war in Hannover in den ökologisch kultivierten Poinsettien-Mutterpflanzen eine gute Mykorrhizierung zu verzeichnen. Im konventionellen Substrat entwickelte sich die in Tabelle 16 erkennbare beginnende Mykorrhizierung jedoch nicht weiter, so dass die Pflanzen zum Versuchsende mykorrhizafrei waren (Abb. 46). Die vorkultivierten Pflanzen, die beim Umtopfen eine intensive Mykorrhizierung gezeigt hatten, konnten diesen Status nicht konservieren.

Die Mykorrhizierung der Pelargonienpflanzen in AP2 war in Hannover deutlich geringer als bei den Poinsettien (Abb. 47). Hier wurden die besten Werte im Substrat mit reduziertem Kompostanteil und damit reduziertem P-Gehalt gefunden. Bemerkenswert ist, dass im Gegensatz zu den Pflanzen in Erfurt hier eine starke Phosphatdüngung nicht zur Eliminierung der Symbiose führte.

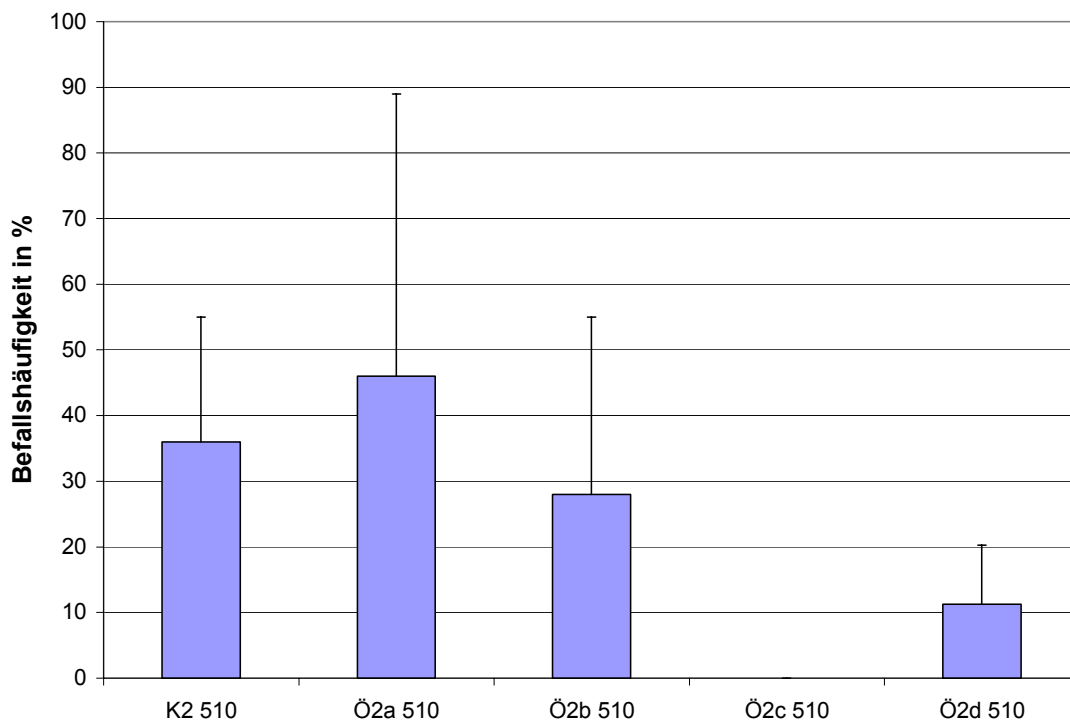


Abb. 43. Befallshäufigkeit von Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' in Erfurt, 10 Wochen nach dem Topfen. Versuch 2273-E, Balken = Standardabweichung.

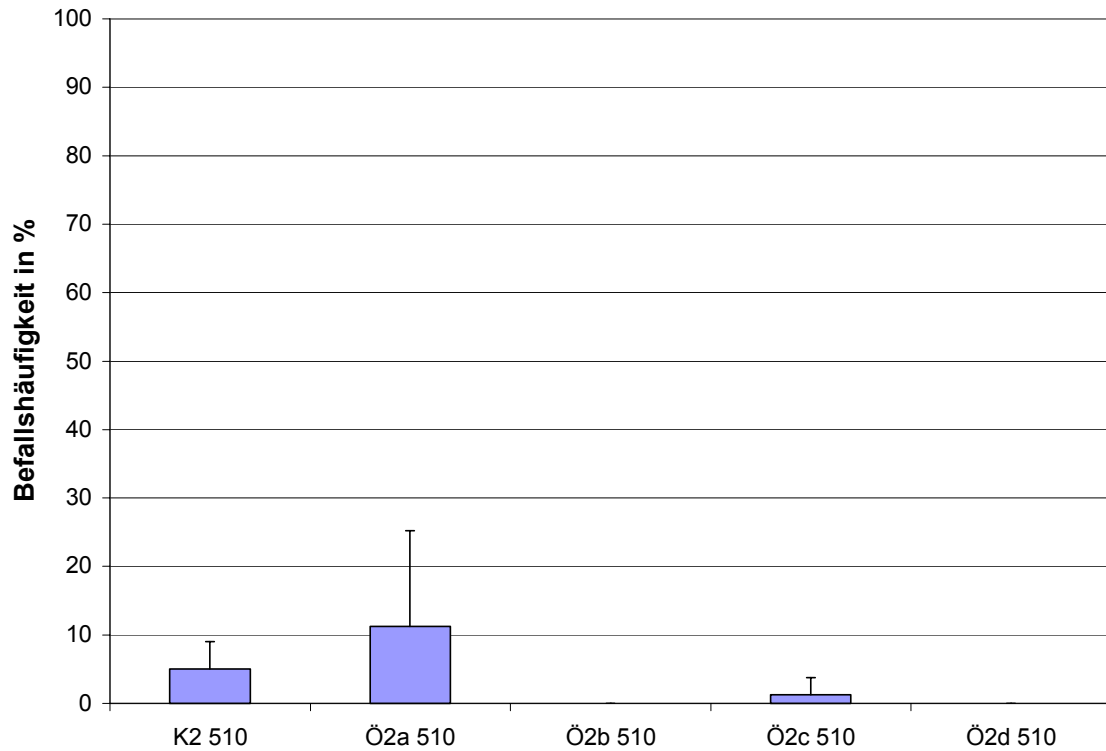


Abb. 44. Befallshäufigkeit von Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' in Erfurt, 18 Wochen nach dem Topfen. Versuch 2273-E, Balken = Standardabweichung.

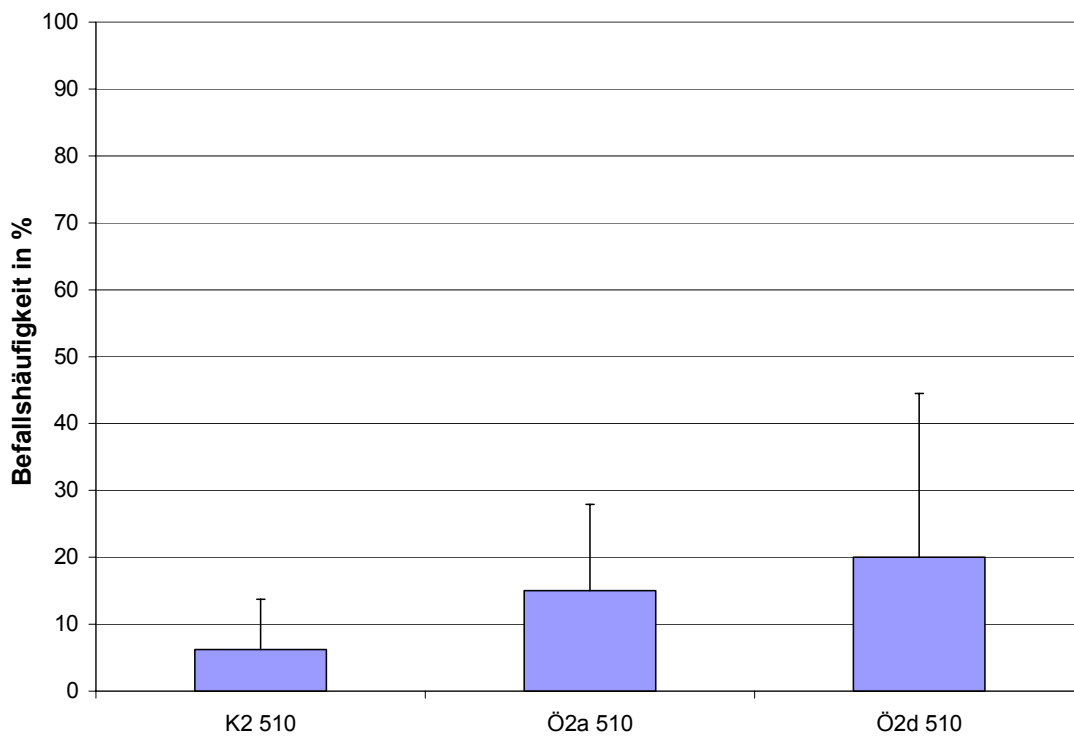


Abb. 45. Befallshäufigkeit von Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' in Erfurt, 18 Wochen nach dem Topfen. Versuch 2274-E, Balken = Standardabweichung.

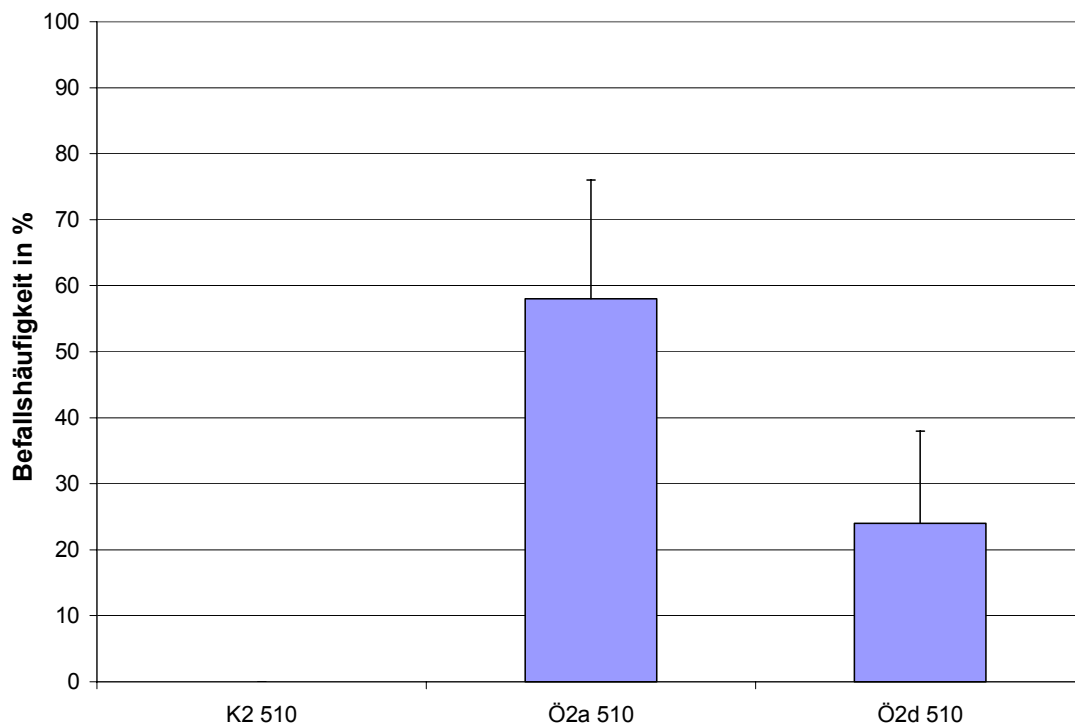


Abb. 46. Befallshäufigkeit von Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'White Star' in Hannover, 13 Wochen nach dem Topfen. Versuch 2273-H, Balken = Standardabweichung.

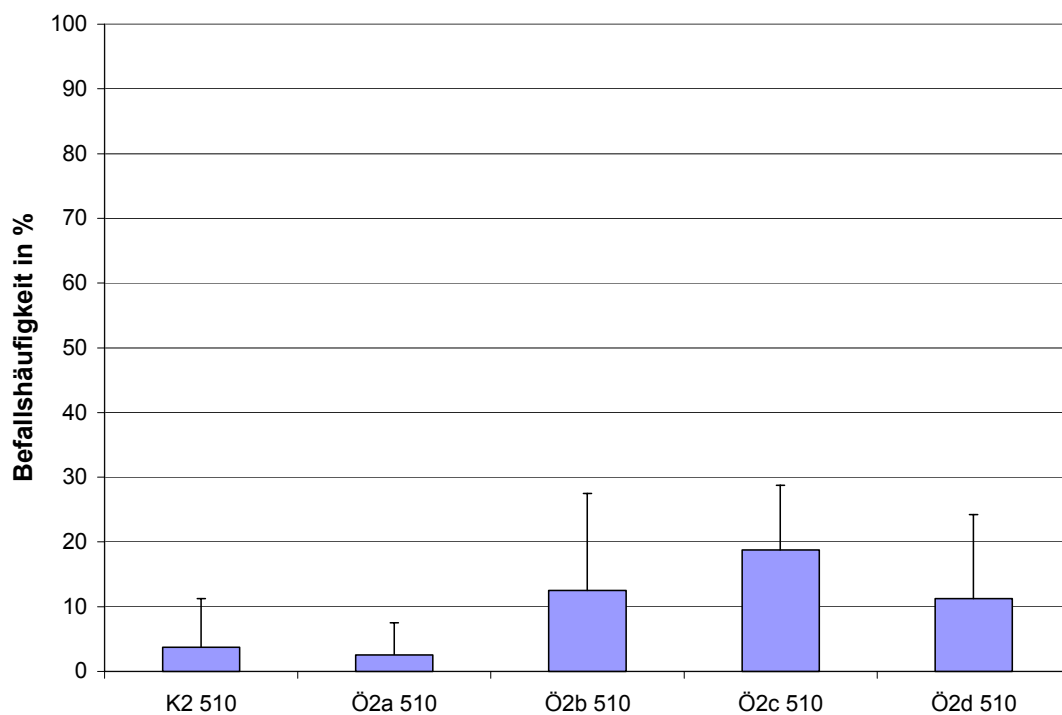


Abb. 47. Befallshäufigkeit von Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' in Hannover, 13 Wochen nach dem Topfen. Versuch 2274-H, Balken = Standardabweichung.

3.1.2.2. Einfluss der Mykorrhiza auf Mutterpflanzen und Stecklinge

3.1.2.2.1. Wachstum und Stecklingsertrag

In AP 1 kam es nur bei den Pelargonien-Mutterpflanzen zu einer intensiven Mykorrhizierung der Wurzeln. In Hannover führte die hohe Mykorrhizierungsrate der konventionell kultivierten Sorte 'Penve' nach Inokulation mit dem Isolat 510 (Abb. 41) zu einer signifikanten Ertragssteigerung und einer insgesamt um 40% erhöhten Sprossbiomasseproduktion (Tab. 18). Die erhöhte Sprossbiomasse der Mutterpflanzen zu Versuchsende macht deutlich, dass in dieser Variante ein noch höherer Stecklingsertrag möglich gewesen wäre, wenn man die Stecklingserntetermine auf dieses Prüfglied ausgerichtet hätte. (Um einheitliche Bedingungen während der Bewurzelungsprüfung zu gewährleisten, wurden die Prüfglieder immer zu demselben Termin geerntet). Die konventionell produzierte Sorte 'Fireworks Scarlet' reagierte auf dieselbe Inokulation mit einer geringeren Wachstumssteigerung, die sich nur in der Sprossbiomasse zu Versuchsende bzw. der Gesamtbiossymbiosebildung manifestierte (Tab. 18), was mit einer deutlich geringeren Verpilzungsrate zusammentraf (Abb. 41). Ähnliche Effekte hatte bei der Sorte 'Penve' die Inokulation der konventionellen Kultur mit Isolat 49 (Tab. 18), was in guter Übereinstimmung mit der niedrigen Verpilzungsrate steht (Abb. 41). Diese fiel bei der Sorte 'Fireworks' noch geringer aus (Abb. 41) und war nicht mehr ertragswirksam (Tab. 18). Die relativ geringe Mykorrhizierung der ökologisch kultivierten Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' führte nur bei Verwendung von Isolat 510 zu einer erhöhten Stecklingsfrischmasse (+ 25%, Tab. 17). Jedoch führten alle Mykorrhizainokulationen mit oder ohne Bakterien bei der ökologischen Kultur zu einer erhöhten Sprossbiomasse zu Versuchsende, was in einer Steigerung der Gesamtsprossbiomasse von 19 bis 22% resultierte (Tab. 18). Demgegenüber waren die nur geringfügig niedrigeren Verpilzungsraten der Sorte 'Fireworks Scarlet' (Abb. 41) nicht wachstumsrelevant (Daten nicht dargestellt).

Am Standort Erfurt unter hohem Assimilationslicht hatte die im Verhältnis zu Hannover geringere Mykorrhizierung der mit Isolat 510 inokulierten konventionell kultivierten 'Penve' Mutterpflanzen (Abb. 41, 42) ebenso keine Auswirkung auf Wachstum und Ertrag wie eine hohe Mykorrhizierung (Abb. 42) nach Inokulation mit Isolat 49 (Daten nicht dargestellt). Jedoch war bei der ökologischen Kulturführung die Gesamtsprossbiomassebildung der Mutterpflanzen signifikant erhöht, wenn diese mit Isolat 49 oder 510 in Kombination mit Bakterien inokuliert waren (Abb. 48). Dies betraf beide Sorten gleichermaßen, obwohl sich die Mykorrhizierungsraten erheblich unterschieden (Abb. 42).

Tab. 18. Einfluss der Inokulation mit AMP und begleitenden Bakterien auf den über den Versuchszeitraum erzielten Stecklingsertrag von Pelargonien am Standort Hannover in Abhängigkeit von Sorte und Kulturverfahren (3 Ernten). Versuch 2272-H. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mykorrhizavarianten für die betreffende Sorte und das jeweilige Kulturverfahren

Sorte	Sorte	Kultur- führung	Stecklingsertrag ¹ kumulativ		Sprossbiomasse Mutterpflanzen Versuchsende	Gesamtspross- biomasse
			Anzahl [Stück]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g]	Frischmasse [g]
'Penve'	konventionell	Kontrolle	4,89 b	44,67 b	48,81 c	93,49 c
		I 49	4,62 b	39,49 b	65,52 b	105,01 b
		I 510	6,52 a	51,49 a	80,72 a	132,22 a
'Fireworks Scarlet'	konventionell	Kontrolle	7,91 a	53,24 a	60,81 b	114,05 b
		I 49	8,02 a	52,15 a	62,24 b	114,39 b
		I 510	8,77 a	57,11 a	78,42 a	135,53 a
'Penve'	ökologisch 1	Kontrolle	4,70 b	39,81 b	64,95 b	104,77 b
		I 49	6,06 a	44,91 ab	82,57 a	127,48 a
		I 49+B	6,25 a	43,13 ab	82,98 a	126,11 a
		I 510	6,34 a	49,77 a	75,19 a	124,97 a
		I 510+B	5,83 a	47,28 ab	79,32 a	126,59 a

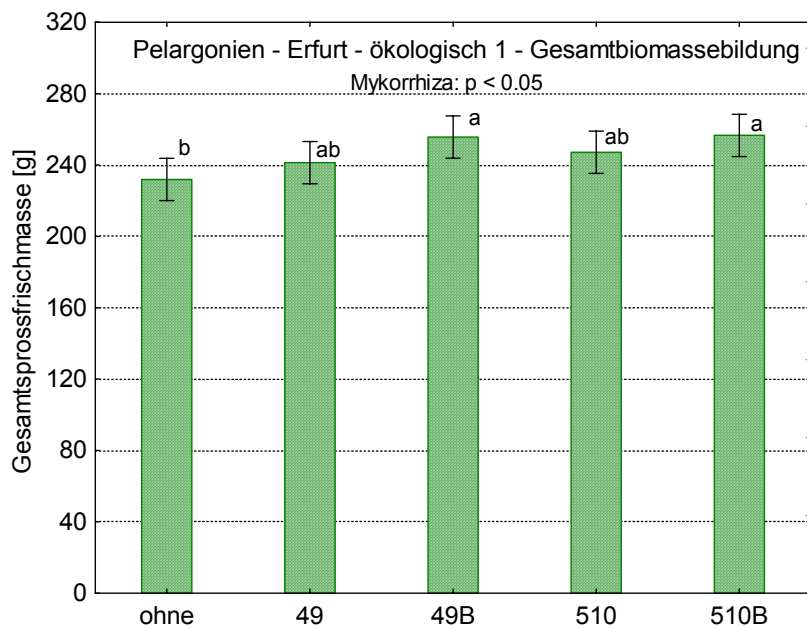


Abb. 48. Einfluss der Inokulation mit AMP und begleitenden Bakterien auf die über den Versuchszeitraum produzierte Gesamtsprossfrischmasse (Stecklinge + Mutterpflanzen u Versuchsende) von ökologisch kultivierten Pelargonienmutterpflanzen am Standort Erfurt unter Assimilationslicht. Mittelwerte über beide Sorten. Versuch 2272-E. Balken = Konfidenzintervalle, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede $p < 0.05$

Dagegen hatte die allgemein geringe Mykorrhizierung unter Tageslichtbedingungen (Abb. 42) keine Auswirkungen auf Wachstum und Stecklingsertrag der Sorte 'Penve'.

In AP2 wurden nur geringe Einflüsse der Mykorrhizainokulation auf Wachstum und Stecklingsertrag beobachtet. In Hannover führte die Inokulation der Poinsettien-sorten 'White Star' mit dem Isolat 510 unabhängig von dem Kulturverfahren (1, 2a, 2d) zu einer geringfügigen Reduktion der Frischmasse der insgesamt geernteten Stecklinge ($-2,5\text{g}/\text{Mutterpflanze} = -10,3\%$, $p < 0.05$) bzw. der insgesamt gebildeten Biomasse ($-4,7\text{g}/\text{Mutterpflanze} = -9,7\%$, $p < 0.05$). Demgegenüber führte in Erfurt die gleiche Inokulation der Sorte 'Cortez Red' unabhängig vom Kulturverfahren (1, 2a, 2b, 2c, 2d) zu einer geringfügig erhöhten Anzahl insgesamt geernteter Stecklinge ($+1,4\text{ Stück}/\text{Mutterpflanze} = +12\%$, $p < 0.05$), wobei die Gesamtbiomassebildung jedoch nicht beeinflusst war.

Bei den ökologisch (System 2a) kultivierten Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' deuten eine um $+14,8\text{ g} = +19,8\%$ in Erfurt bzw. um $+4,8\text{ g} = +9,2\%$ in Hannover erhöhte Gesamtbiomassebildung nach Inokulation mit Isolat 510 auf einen wachstumsfördernden Mykorrhizaeinfluss. Dieser Effekt konnte aufgrund der relativ starken Streuungen jedoch an den einzelnen Standorten nicht statistisch abgesichert werden.

3.1.2.2.2. Stecklingsqualität: Bewurzelungspotential und Lagerfähigkeit

In AP1 wurden Einflüsse der Mykorrhizierung der Pelargonien-Mutterpflanzen auf die nachfolgende Bewurzelungsreaktion der Stecklinge festgestellt. Diese traten jedoch nur bei der schlechter bewurzelnden Sorte 'Penve' auf und variierten erheblich zwischen Versuchsstandort, Kulturverfahren und Erntetermin. Trotz der in Hannover höheren Verpilzungsrate der konventionell kultivierten Mutterpflanzen waren die Einflüsse auf die Bewurzelungsreaktion weniger deutlich als bei ökologischer Kultur. Eine zum ersten Erntetermin beobachtete hohe Ausfallrate der Stecklinge war bei den Stecklingen, die von den mit Isolat 510 inokulierten Mutterpflanzen geerntet wurden, signifikant reduziert (Abb. 49a). Die Bewurzelung war zum ersten Erntetermin insgesamt sehr gering. Zum zweiten Erntetermin war die Bewurzelung deutlich besser und die Anzahl gebildeter Adventivwurzeln war signifikant erhöht, wenn die Stecklinge von mit Isolat 510 inokulierten Mutterpflanzen geerntet worden waren (Abb. 49b).

Bei den ökologisch produzierten Stecklingen waren Wurzelanzahl (Abb. 50a), Gesamtwurzellänge (Abb. 50b) und Wurzelfrischmasse (Abb. 50c) zum ersten Erntetermin auf einem niedrigem Niveau. Die Mykorrhizainokulation der Mutterpflanzen führte zu einer Bewurzelungsförderung, die aufgrund einer relativ großen Streuung jedoch nicht signifikant

war (Abb 50). Zum zweiten Erntetermin waren Wurzelanzahl, Gesamtwurzellänge und Wurzelfrischmasse deutlich erhöht, wenn die Stecklinge von mit Isolat 49 oder 510 inokulierten Mutterpflanzen stammten. Diese Effekte waren nach einer zusätzlichen Applikation des Bakteriums *Bacillus mycoides* noch stärker, so dass die Bewurzelungsintensität gegenüber der Kontrolle um mehr als 200% gesteigert wurde (Abb. 50). Diese Effekte waren jedoch bei der dritten Ernte nicht mehr zu beobachten.

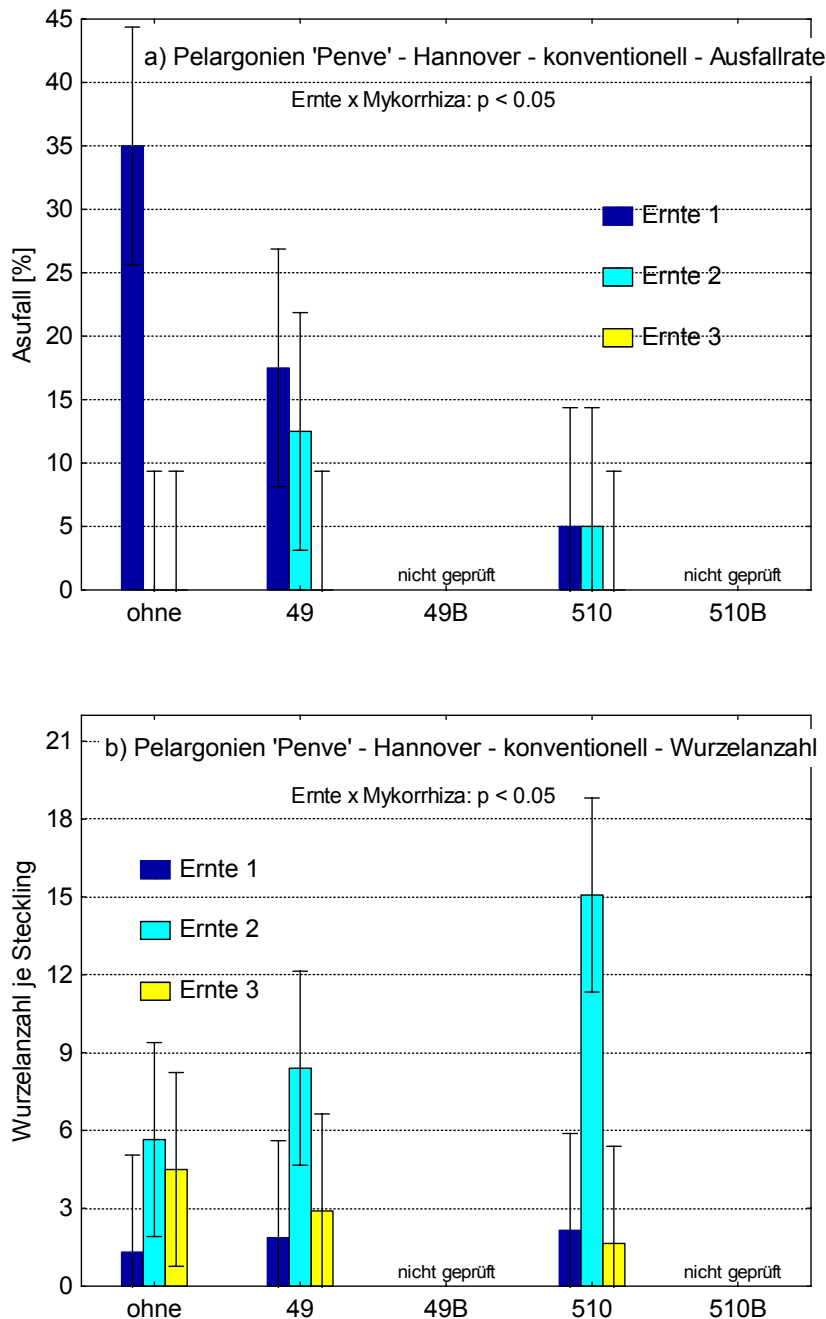


Abb. 49. Einfluss der Inokulation mit AMP auf a) Ausfallrate und b) Anzahl gebildeter Adventivwurzeln der konventionell kultivierten Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve'. Hannover, Versuch 2272-H. Balken = Konfidenzintervalle, $p < 0.05$.

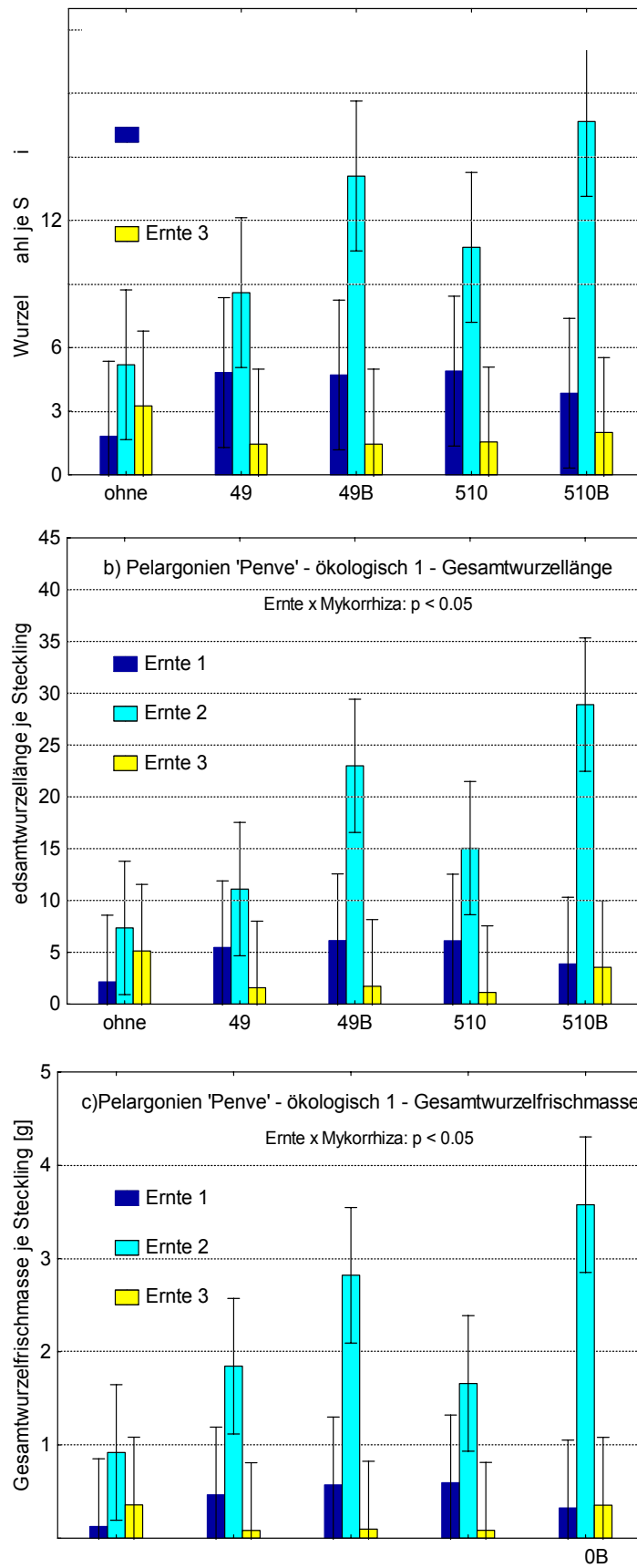


Abb. 50. Einfluss der Inokulation mit AMP auf a) Anzahl, b) Gesamtlänge, c) Frischmasse gebildeter Adventivwurzeln der ökologisch kultivierten Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Perve'. Hannover, Versuch 2272-H. Balken = Konfidenzintervalle, $p < 0.05$.

Am Standort Erfurt, wo die Pelargonien-Mutterpflanzen unter anderen Lichtbedingungen (hohes Assimilationslicht bzw. ohne Assimilationslicht) kultiviert wurden, konnte keine positive Wirkung der Symbiose auf die nachfolgende Bewurzelungsreaktion der Stecklinge festgestellt werden. Bei der ökologischen Mutterpflanzenkultur ohne Assimilationslicht, die auch nur eine geringe Mykorrhizierung ermöglichte (Abb. 42), wurde demgegenüber eine geringfügig verminderte Bewurzelung derjenigen ungelagerten Stecklinge ermittelt, die von mit Isolat 510 oder mit Isolat 49 plus Bakterien inokulierten Mutterpflanzen stammten (Abb. 51).

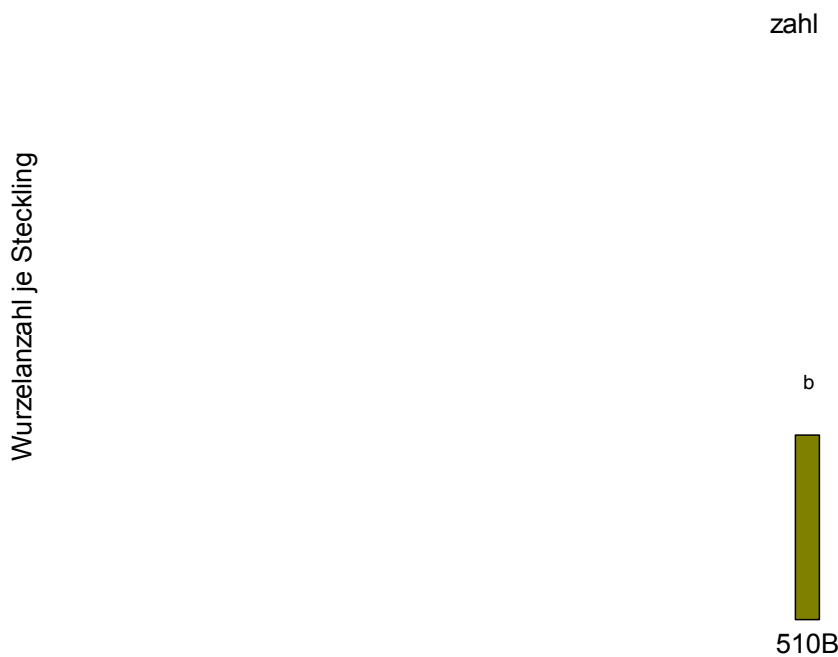


Abb. 51. Einfluss der Inokulation mit AMP von unter Tageslicht (ohne Assimilationslicht) ökologisch produzierten Pelargonien-Mutterpflanzen der Sorte 'Penve' auf die Anzahl von ungelagerten Stecklingen gebildeten Adventivwurzeln. Erfurt, Versuch 2272-E. Balken = Konfidenzintervalle, $p < 0.05$

In AP2 führte bei ökologischer Produktion der Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' in kompost- und tonreduziertem Substrat (2b) die Mykorrhizierung zu einer verbesserten Bewurzelung der zusätzlich gelagerten Stecklinge. Dieser Effekt war statistisch unabhängig von dem jeweiligen Erntetermin. In Abb. 48 wird deutlich, dass durch den Mykorrhizaeinsatz die Wurzelanzahl (Abb. 52a) in geringerem Maße gefördert wurde als die Wurzellänge (Abb. 52 b,c). Des weiteren waren die Effekte zum letzten Erntetermin schwächer ausgeprägt, was durch eine abnehmende Mykorrhizierung der Mutterpflanzen (Abb. 44) erklärt werden kann.

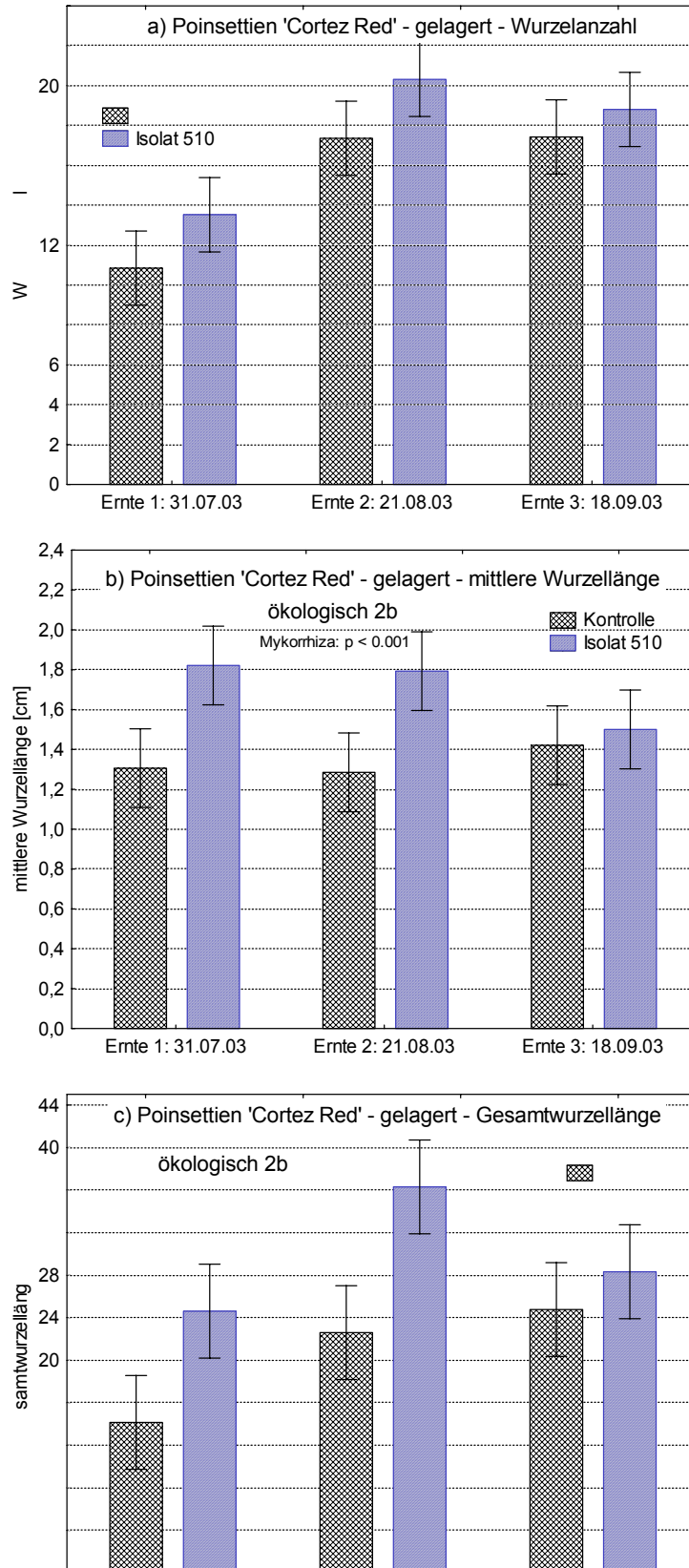


Abb. 52. Einfluss der Inokulation mit AMP von ökologisch produzierten Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' auf die a) Anzahl, b) durchschnittliche Länge und c) Gesamtlänge der von gelagerten Stecklingen gebildeten Adventivwurzeln. Erfurt, Versuch 2273-E. Balken = Konfidenzintervalle.

Die zusätzliche Phosphatdüngung der Mutterpflanzen (ökologische Variante 2c) reduzierte die Mykorrhizawirkung. So war die Anzahl der von den gelagerten Stecklingen gebildeten Wurzeln nach Inokulation mit Isolat 510 gleich hoch wie bei den nicht inokulierten Kontrolle und die durchschnittliche Wurzellänge war nur geringfügig erhöht (+ 0,2 cm, $p < 0.05$). Dies kann durch die starke Beeinträchtigung der Wurzelbesiedelung der Mutterpflanzen (Abb. 43, 44) erklärt werden. In Hannover konnte bei der Poinsettien-sorten 'White Star' kein Einfluss der Mykorrhizainokulation der Mutterpflanzen beobachtet werden, wobei die ökologische Kulturvariante 2b auch nicht geprüft worden war und die Stecklinge nicht gelagert wurden. Einflüsse der Mykorrhiza auf das Bewurzelungsverhalten der Pelargonienstecklinge wurden an keinem der beiden Versuchstandorte beobachtet, wobei das eingeschränkte Wachstum in Hannover auch keine verlässliche Bewurzelungsprüfung zuließ.

3.1.2.2.3. Stecklingsqualität: Mineralstoffe, Kohlenhydrate und Abscisinsäure

Am Standort Erfurt wurde der Einfluss der Mykorrhizainokulation der Poinsettien-Mutterpflanzen der Sorte 'Cortez Red' auf die N,P,K, und Ca-Gehalte der geernteten Stecklinge untersucht. Es wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Insbesondere die P-Gehalte der Mykorrhiza- und Kontroll-Stecklinge waren identisch und wurden nur durch das Kultursystem beeinflusst. Die N- und K-Gehalte waren teilweise in den Mykorrhiza-Stecklingen sogar etwas niedriger (nicht signifikant), was auf einem im Zuge einer geringen Wachstumsförderung (n.s.) auftretenden Verdünnungseffekt beruhen kann. Die dargestellten Effekte der Mykorrhiza auf die Bewurzelungsfähigkeit beruhen offenbar nicht primär auf Nährstoffeffekten sondern haben andere Ursachen. Proben für die Analyse der Kohlenhydratverteilung in den Stecklingen wurden aus demselben Versuch gewonnen und werden nachfolgend analysiert, so dass die Ergebnisse in die Publikationen einfließen.

Von den Mutterpflanzen des letzten Versuches in Hannover wurden ebenfalls Blattproben entnommen, an denen der Effekt einer Mykorrhizierung in Kombination mit den verschiedenen Kultivierungstypen auf den „Stressstatus“ dieser Pflanzen untersucht werden soll. Parameter ist der Gehalt des Stresshormons Abscisinsäure im Gewebe. Die Proben sind gefriergetrocknet und werden zur Zeit (Zeitpunkt der Berichtslegung) gemörsert. Anschließend erfolgt die Analyse per GC-MS. Die Daten können nicht mehr in diesen Bericht aufgenommen werden, fließen jedoch ebenfalls in die Publikation mit ein.

3.2. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse, insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen, die durch BMVEL weiter verwendet werden können

Die wesentlich Zielsetzung des Projektes bestand darin, wissenschaftliche Voraussetzungen zur Bereitstellung ökologisch produzierter Stecklinge in ausreichender hoher Qualität und Gesundheit zu schaffen. Weiterhin war die Frage zu beantworten, ob arbuskuläre Mykorrhizapilze in den ökologischen Systemen, ggfs. unter Einsatz unterstützender Bakterien integriert werden können, und ob die Symbiose unter diesen Bedingungen Vitalität und Gesundheit des Vermehrungsmaterials beeinflusst.

Die Ergebnisse des aktuellen Projektes zeigen, dass mit Hilfe **der ökologischen Mutterpflanzenkultur hohe Erträge an qualitativ hochwertigen Stecklingen möglich sind**. Aus Sicht des *Pflanzenschutzes* ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Mutterpflanzenbestände aus konventionell produziertem Jungpflanzen- bzw. Stecklingsmaterial aufgebaut und die Versuche in Versuchsgewächshäusern unter relativ geringem Schaderregerdruck über Zeiträume von maximal fünf Monaten durchgeführt wurden. Allerdings erwies sich der Schaderregerbefall auch bei einem in „zweiter“ Generation aus den ökologisch kultivierten Mutterpflanzen des ersten Pelargonienversuches aufgebauten Mutterpflanzenbestand als unproblematisch. Die Ergebnisse machen auch deutlich, dass aus Sicht der *Pflanzenernährung* der entzugsorientierten **Stickstoffversorgung eine Schlüsselrolle** zukommt. Während eine moderate Stickstoffgrundversorgung und Flüssignachdüngung eine angemessene entzugsorientierte Nährstoffversorgung ermöglichte, erwies sich im zweiten Arbeitspaket trotz der sehr sorgsam kalkulierten Aufdüngung mit verschiedenen Hornfraktionen die Stickstoffmineralisierung und damit das Stickstoffangebot unter den hohen Temperaturen des Sommers 2003 als wesentlich zu hoch und damit nicht kalkulierbar. Hierbei wurde auch deutlich, welchen großen Einfluss die Substratzusammensetzung in diesem Zusammenhang hat. **Da die beteiligten Mechanismen und Prozesse nach jetzigem Kenntnisstand nicht ausreichend prognostizierbar sind, ist nach unserer Einschätzung zur Zeit von einer solchen Düngungsstrategie (hohe Stickstoffaufdüngung am Gesamtbedarf orientiert) abzuraten, um eine adäquate Nährstoffversorgung vom Mutterpflanzen zu gewährleisten**. Hierzu besteht noch erheblicher Forschungsbedarf (siehe Pkt. 5). **Als gangbarer Weg erscheint dagegen die Kombination aus moderater Stickstoffaufdüngung und Nachdüngung mit einem Stickstoffdünger, der relativ schnell mineralisiert wird und gut appliziert werden kann**. Die im Ergebnisteil dargestellten

im wesentlichen über den Dünger Aminosol applizierten Stickstoffmengen können genutzt werden, um darauf aufbauend Düngungsstrategien für andere im organischen Landbau zugelassene Stickstoffdünger bzw. Stickstoff-betonte Dünger zu entwickeln. Die Ergebnisse machen auch deutlich, dass die besonderen Wurzelraumbedingungen der ökologischen Kultur zu einer höheren Toleranz der Mutterpflanzen und geernteten Stecklinge gegen abiotische Stressfaktoren und biotische Schaderreger beitragen können. Auch hier besteht erheblicher weiterer Forschungsbedarf (siehe Pkt. 5).

Die Symbiose der arbuskulären Mykorrhiza entwickelte sich bei den hier verwendeten Pflanzen und Substraten langsam, berücksichtigt man jedoch die lange Standzeit von Mutterpflanzen, ist dieses evtl. akzeptabel. Eine Bewurzelung in inokulierter Perlite kann, ebenso wie Vorkultur in Sandgemisch zu einer guten Frühmykorrhizierung führen, wobei eine Frühlkultur jedoch das Wachstum verzögert. Auch bei guter Frühmykorrhizierung passt sich die ***Symbioseentwicklung in Geschwindigkeit und Intensität nach dem Umtopfen den Umweltbedingungen an. Eine hohe Phosphatdüngung kann, muss aber nicht zur Eliminierung der Symbiose führen. Gutes Lichtangebot und damit Assimilatproduktion im Überschuss erscheint als essentiell für die Symbioseentwicklung***. Dies ist bei Überlegungen zum Einsatz von Assimilationsbeleuchtung (Regeln der ökologischen Produktion!) oder zum Standort der Mutterpflanzenkultur (Südstandort?) zu berücksichtigen. Weiterhin ist immer noch unklar, welche Bestandteile und Parameter eines Kultursubstrates für eine Mykorrhizierung der Pflanzen zuträglich oder hinderlich sind. Die Ergebnisse machen weiterhin deutlich, dass ***auch unter hinsichtlich der Nährstoffversorgung optimaler Kulturführung der Mutterpflanzen beachtliche positive Wirkungen der Mykorrhizierung der Mutterpflanzen auf Stecklingsertrag und Stecklingsqualität möglich*** sind. Die Wirkungen waren jedoch ***insgesamt erheblich abhängig von Pflanzenart, Sorte, dem verwendeten Pilzisolat, Versuchstandort (= weiteren Umweltbedingungen) und dem Entwicklungsstadium der Mutterpflanze***. Hier ist weitere intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig, bevor die arbuskulären Mykorrhizapilze quasi „blind“ in der gärtnerischen Produktion eingesetzt werden können. Bislang muss die Entwicklungsmöglichkeit der Symbiose in einem gegebenen Produktionssystem durch Vorversuche geprüft werden (siehe auch Pkt. 5).

4. Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes sollten am Beispiel der Kulturen Pelargonie und Weihnachtsstern folgende Fragen beantwortet werden: 1) Wie beeinflusst die ökologische Kulturführung von Mutterpflanzen die Pflanzengesundheit und Qualität der geernteten Stecklinge? 2) Können arbuskuläre Mykorrhizapilze in den ökologischen Systemen integriert werden und beeinflusst die Symbiose dann die Vitalität und Pflanzengesundheit des Vermehrungsmaterials?

Im ersten Versuchsjahr wurde die ökologische Kultur in einem moderat aufgedüngten komposthaltigen Substrat durchgeführt (System I). Unter Auswertung der kontinuierlich analysierten Nährstoffgehalte der Substrate erfolgte eine entzugsorientierte organische Stickstoffnachdüngung. Dies ermöglichte gleich hohe Stecklingserträge wie in einer konventionellen Kultur und eine gute Bewurzelung, die sich auch in hierauf Einfluss nehmenden inneren Eigenschaften (Mineralstoff- und Kohlenhydratgehalte) widerspiegelte. Die Mutterpflanzen beider Pflanzenarten wiesen nahezu keinen Befall mit Schaderregern auf. Ein in dem komposthaltigen Substrat stärkeres Auftreten von Trauermücken konnte mit *Steinernema feltiae* gut bekämpft werden. Die ökologische Kulturführung hatte einen positiven Einfluss auf die Stresstoleranz bzw. Pflanzengesundheit. So zeichneten sich Stecklinge einer lagerempfindlichen Poinsettienorte, die von ökologisch kultivierten Mutterpflanzen geerntet wurden, durch eine im Vergleich mit einer konventionellen Kultur bessere Lagerfähigkeit und geringere Verluste durch Befall mit *Botrytis cinerea* aus. Die ökologisch produzierten Stecklinge wiesen höhere Kaliumgehalte in der Stecklingstrockenmasse auf, die möglicherweise zu einer erhöhten Botytisresistenz beigetragen haben. Die Pelargonien-Mutterpflanzen insbesondere einer Sorte zeigten bei konventioneller Kulturführung Blattschäden in Form von Nekrosen und Chlorosen, die auch gelegentlich in Praxisbetrieben beobachtet werden. Bakterielle und pilzliche Infektionen konnten als Ursache ausgeschlossen werden. Die Symptomentwicklung und Lichtabhängigkeit deutet auf eine Beeinträchtigung des Mikrowasserhaushaltes der Blätter als Folge eines Ungleichgewichtes von Wasseraufnahme und Wasserabgabe. Im Gegensatz zur konventionellen Kultur blieben unabhängig von Lichtbedingung und Versuchsstandort sämtliche Versuchspflanzen der ökologischen Variante (System I) vollständig symptomfrei.

In der zweiten Projekthälfte erfolgte die ökologische Kultur mit einer höheren, an dem Gesamtbedarf der Mutterpflanzen orientierten Aufdüngung (System II). Unter den extremen Licht- und Temperaturbedingungen des Sommers 2003 fand eine sehr hohe Stickstoffmineralisierung statt, was eine Stickstoffübersorgung und hohe Salzgehalte im

Substrat zur Folge hatte und sich in einem deutlich verringerten Wachstum äußerte. Trotz dieser ungünstigen Bedingung konnte der hemmende Einfluss der ökologischen Kultur auf die Ausprägung der physiologischen Blattschäden der Pelargonien reproduziert werden, wobei die Symptome jedoch nicht vollständig verhindert wurden. Des Weiteren bestätigte sich bei gelagerten Stecklingen der lagerempfindlichen Poinsettienorte der geringere Botrytisbefall nach ökologischer Produktion. Eine Verringerung des Kompostanteils im Substrat resultierte in einer deutlich verzögerten Stickstoffmineralisierung und einem wesentlich verbesserten Wachstum. Mit Hilfe der Analyse der Chlorophyllfluoreszenz der Blätter konnte die unterschiedliche Stresssituation der Poinsettien-Mutterpflanzen als Folge der variierten Wurzelraumbedingungen und die durch die ökologische Kulturführung der Mutterpflanzen verbesserte Lagerfähigkeit der Stecklinge physiologisch charakterisiert werden.

Die Symbiose der arbuskulären Mykorrhiza entwickelte sich bei den verwendeten Pflanzen und Substraten langsam. Auch bei einer durch Stecklingsinokulation und Vorkultur in nährstoffarmen Substrat erreichten guten Frühmykorrhizierung passte sich die Symbioseentwicklung in Geschwindigkeit und Intensität nach dem Umtopfen den Umweltbedingungen an. Hierbei führte eine sehr hohe P-Düngung nur bei den Poinsettien zu einer Eliminierung der Symbiose. Hohes Lichtangebot förderte die Symbioseentwicklung. Die Reaktionen auf die variierte Substratzusammensetzung lassen noch keine Rückschlüsse über limitierende Substratkomponenten zu. Auch unter hinsichtlich der Nährstoffversorgung optimaler Kulturführung der Mutterpflanzen wurden beachtliche positive Wirkungen der Mykorrhizierung der Mutterpflanzen auf Stecklingsertrag und Stecklingsqualität beobachtet. Die Wirkungen waren jedoch insgesamt erheblich abhängig von Pflanzenart, Sorte, dem verwendeten Pilzisolat, Versuchstandort und dem Entwicklungsstadium der Mutterpflanze.

Die Resultate zeigen, dass mit Hilfe der ökologischen Mutterpflanzenkultur hohe Erträge an qualitativ hochwertigen Stecklingen möglich sind. Allerdings kommt der entzugsorientierten Stickstoffversorgung hierbei eine Schlüsselstellung zu. Diese ist bei dem aktuellen Kenntnisstand nur durch eine moderate Grundversorgung in Kombination mit einer an den Nährstoffverlauf im Substrat und dem Wachstum orientierten Nachdüngung zu gewährleisten. Die besonderen Wurzelraumbedingungen der ökologischen Kultur können zu einer höheren Toleranz der Mutterpflanzen und geernteten Stecklinge gegen abiotischen Stress und biotische Schaderreger beitragen. Durch Inokulation der Mutterpflanzen mit arbuskulärer Mykorrhiza können höhere Stecklingserträge und ein verbesserten Bewurzelungsvermögen der Stecklinge erreicht werden. Um eine Stabilisierung dieser Effekte zu erreichen, sind weitere Forschungsarbeiten notwendig.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Ziele; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Im wesentlichen wurden die ursprünglich geplanten Ziele erreicht. Insgesamt stellen die Ergebnisse eine gute Basis dar, um darauf aufbauend praxisreife Strategien zu entwickeln. Für einen solchen Transfer stellen Versuche unter Praxisbedingungen den geeigneten Weg dar. Weitere grundlagenorientierte Arbeiten sind notwendig, um die interessanten Einflüsse der ökologischen Kulturführung und der Symbiose mit arbuskulärer Mykorrhiza zu verstehen, so dass darauf aufbauend die Systeme in ihrer Wirkungssicherheit stabilisiert werden können. Bezüglich der Stickstoffversorgung sind auch Flüssigdünger auf pflanzlicher Basis in Betracht zu ziehen (Gramms et al. 2003). Die Beeinflussung der Stresstoleranz sowie der Resistenz und Toleranz gegen Blattpathogene und tierische Schaderreger durch die Mineralstoff- und insbesondere Stickstoffversorgung sind bekannt (Huber 1980, Marschner 1995, Drüge 2000, Sander und Heitefuß 1998, David et al. 2003, Herms 2002, Jansson und Ekbiom 2002). Während positive Wirkungen von Komposten bzw. organischer Düngung auf die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Wurzelpathogene beschrieben sind (Hoitink und Boehm 1999, Bruns et al. 2000), liegen über die spezifischen Auswirkungen unterschiedlicher für den ökologischen Landbau zugelassenen Substratkomponenten und Düngungsmaßnahmen auf die Anfälligkeit des Sprosses gegen biotische Schaderreger und abiotischen Stress wenig Erkenntnisse vor.

6. Literaturverzeichnis

- Anonymus, 2000:** Bioblumen & Zierpflanzen. Information der Stiftung Ökologie & Landbau, <http://www.bioblumen.de>
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. M., 1997:** Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens - an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6, 457-464.
- Bachmann, G.R., Miller, W.B., 1995:** Iron chelate and inducible iron/manganese toxicity in zonal geranium. *Journal of Plant Nutrition* 18, 1917-1929.
- Backhaus, G.F., 1984:** Untersuchungen zur Nutzung der endotrophen (VA) Mykorrhiza in der gärtnerischen Pflanzenproduktion. Diss. Universität Hannover.
- Balge, R.J., Struckmeyer, B.e., Beck, G.E., 1969:** Occurrence, severity and nature of oedema in *Pelargonium hortorum* Ait. *J. Amer. soc. Hort. Sci.* 94, 181-183.

- Behrens, V., 1988:** Storage of Unrooted Cuttings. In: Adventitious root formation in cuttings, edited by Davis, T.D., Haissig, B.E., and Sankhla, N. Portland, Oregon: Dioscorides Press, p. 235-247.
- Bergmann, W., 1988:** Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 2. Auflage, Fischer-Verlag, Jena.
- Boucher, A., Dalpe, Y., Charest, C., 1999:** Effect of arbuscular mycorrhizal colonization of four species of *Glomus* on physiological responses of maize. *Journal of Plant Nutrition* 22(4-5), 783-797.
- Brückner, B., Feller, C., George, E., Grosch, R. Schmidt, R., 2001:** Ökologischer Gemüsebau – Stand und Forschungsbedarf. Studie Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.
- Bruns, C., Schüler, C., Waldow, F., 2000:** Suppressive effects of yard waste compost amended growing media on soilborne plant pathogens in organic horticulture. In: Alföldi, T., Lockeretz, W., Niggli, U. (Hrsg.): Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. Hochschulverlag, Zürich, S.46-49.
- David, M., Swiader, J., Williams, K., Eastburn, D., 2003:** Nitrogen nutrition, but not potassium, affects powdery mildew development in *Hiemalis begonia*. *Journal of Plant Nutrition*. 2003; 26 (1): 159-176.
- Dehne, H.-W., 1986:** Influence of of VA mycorrhiza on host plant physiology. Pp 781-786 in: Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi (eds.): Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. INRA, Service des Publications, Versailles.
- Drüge, U., Schönbeck, F., 1992:** Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection on Transpiration, Photosynthesis and Growth of Flax (*Linum usitatissimum* L.) in Relation to Cytokinin Levels. *J. Plant Physiol.* 141:40-48.
- Drüge, U., 2000:** Influence of pre-harvest nitrogen supply on post-harvest behaviour of ornamentals: Importance of carbohydrate status, photosynthesis and plant hormones. *Gartenbauwissenschaft* 65, 53-64.
- Drüge, U., Kadner, R., Zerche, S., 1999:** Komplexe Größe: Aspekte zur Qualität von Zierpflanzenstecklingen. - *Gärtnerbörse* 99 (02), 20-24.
- Drüge, U., Zerche, S., Kadner, R., Ernst, M., 2000:** Relation between nitrogen status, carbohydrate distribution and subsequent rooting of chrysanthemum cuttings as

- affected by pre-harvest nitrogen supply and cold-storage. *Annals of Botany* 85, 687-701.
- Drüge, U., Zerche, S., Kadner, R., 1998:** Relation between nitrogen and soluble carbohydrate concentrations and subsequent rooting of chrysanthemum cuttings. - *Adv. Hort. Sci.* 12 (2), 78-84.
- Ehrenberger, F., 1991.** Quantitative organische Elementaranalyse. VCH, Weinheim.
- Elad, Y., 1988:** Latent infection of *Botrytis cinerea* in rose flowers and combined chemical and physiological control of the disease. *Crop Protection* 7(6), 361-366.
- Forschner, W., Reuther, G., 1984:** Photosynthese und Wasserhaushalt von Pelargonien-Stecklingen während der Bewurzelung unter dem Einfluss verschiedener Licht- und CO₂-Bedingungen. *Gartenbauwissenschaft* 49(4), 182-190.
- Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N.R., 1989:** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim. Biophys. Acta* 990, 87-92, 1989.
- Göhler, F., Drews, M., 1978:** Chemische Betriebslaboratorien in Gewächshausanlagen. Internationale Gartenbauausstellung der DDR - Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.
- Goicoechea, N., Antolin, M.C., Sanchez-Diaz, M., 1997:** Gas exchange is related to the hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. *Physiologia Plantarum* 100, 989-997.
- Gramms, G., Voigt, K.-D., Bergmann, H., 2003:** Irrigation with plant extracts in ecofarming increases biomass production and mineral and organic nitrogen content in plants. *J. plant Nutr. soil Sci.* 166, 612-620.
- Hausbeck, M.K., Pennypacker, S.P., 1991:** Influence of grower activity on concentrations of airborne conidia of *Botrytis cinerea* among geranium cuttings. *Plant Disease* 75(12), 1236-1243.
- Hawkins, H.J., Johansen, A., George, E., Kling, M. (ed.), Graham, J.H. (ed.), Jakobsen, I. (ed.), Miller, R.M., 2000:** Uptake and transport of organic and inorganic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 226(2), 275-285.
- Hendrix, D.L., 1993:** Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science* 33, 1306-1311.

- Herms, D. A., 2002:** Effects of fertilization on insect resistance of woody ornamental plants: Reassessing an entrenched paradigm. Environmental Entomology. 2002; 31 (6): 923-933.
- Hoffmann, C., Drüge, U., Kadner, R., Zerche, S., 2000:** Einfluss der Stickstoffversorgung von Pelargonienmutterpflanzen und der Stecklingslagerung auf die Kohlenhydratverteilung in Stecklingen und deren Beziehung zur Bewurzelung. - Poster, 37. Tagung der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Gesellschaft, 8.-10.3.00, Zürich, Schweiz, BDGL-Schriftenreihe 18, 66.
- Hoitink H. A. J., and Boehm, M.J., 1999:** Biocontrol within a context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. Ann. Rev. Phytopathol. 37, 427-446.
- Huber, D.M., 1980:** The role of mineral nutrition in defense. In : Horsfall, J.G. and E.B. Cowling (eds.), Plant Disease Vol. V, Academic Press, New York.
- Jansson, J., Ekbohm, B., 2002:** The effect of different plant nutrient regimes on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* growing on petunia. Entomologia Experimentalis et Applicata. 2002; 104 (1): 109-116.
- Jarvis, B.C. 1986:** Endogenous control of adventitious rooting in non-woody cuttings. In: New Root Formation in Plants and Cuttings, edited by Jackson, M.B. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers, p. 191-222.
- Kadner, R., Drüge, U., Kühnemann, F., 2000:** Ethylenemission von Pelargonienstecklingen während der Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen. Gartenbauwissenschaft 65 (6), 272–279.
- Lee, Ch.W., Choi, J.-M., Pak, Ch.-H., 1996:** Micronutrient toxicity in seed geranium (*Pelargonium x hortorum* Bailey). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121, 77-82.
- Marschner H., 1995.** Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. London: Academic Press.
- Niehues, R., Lux, S., 2001:** Material zur Marktberichterstattung Bd. 38: Absatzwege für Blumen, Zierpflanzen und Baumschulprodukte (Herausgeber R. Goessler), Verlag ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, Bonn.
- Panholzer, F., 1994:** Druckaufschluß mit PMD. In: Labor Praxis 10 (18), Sonderdruck, Vogel Verlag Würzburg.

- Rabie, G.H., 1998:** Induction of fungal disease resistance in *Vicia faba* by dual inoculation with *Rhizobium leguminosarum* and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycopathologia* 141(3), 159-166.
- Rangarajan, A., Tibbitts, T.W., 1994:** Exposure with far-red radiation for control of edema injury on yale ivy geranium. *HortScience* 29, 38-40.
- Reiners, P., 2001:** Ökologische Pflanzenzüchtung und –vermehrung: Was bedeutet das? pp. 7-10 in: Zusammenfassung der Referate des Auweiler Öko-Seminars 2001 „Züchtung und Vermehrung im ökologischen Zierpflanzenbau“, Köln-Auweiler, 4. Dezember 2001.
- Rigotti, S., Gindro, K., Richter, H., Viret, O., 2002:** Characterization of molecular markers for specific and sensitive detection of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. in strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.) using PCR. *FEMS Microbiol Letters*, 209, 169-174
- Sander, J. F., Heitefuss, R., 1998:** Susceptibility to *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* and phenolic acid content of wheat as influenced by different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Phytopathology*. 1998; 146 (10) 495-507.
- Schreiber, U., 1986:** Detection of rapid induction kinetics with a new type of high-frequency modulated chlorophyll fluorometer. *Photosynth. Res.* 9, 261-272.
- Schreiber, U., Schliwa, U. and Bilger, W., 1986:** Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynth. Res.* 10, 51-62.
- Shaul, O., Galili, S., Volpin, H., Ginzberg, I., Elad, Y., Chet, I., Kapulnik, Y., 1999:** Mycorrhiza-induced changes in disease severity and PR protein expression in tobacco leaves. *Molecular Plant Microbe Interactions* 12(11), 1000-1007.
- Subramanian, K.S., Charest, C., 1999:** Acquisition of N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus and its impact on physiological responses in maize under drought-stressed and well-watered conditions. *Mycorrhiza* 9(2), 69-75.
- Svenson, S.E., Davies, F.T.J., 1990:** Relation of Photosynthesis, Growth, and Rooting during Poinsettia Propagation. *Proc.Fla.State Hort.Soc.* 103, 174-176.
- Uchneat, M.S., Spicer, K., Craig, R., 1999:** Differential response to floral infection by *Botrytis cinerea* within the genus *Pelargonium*. *HortScience* 34(3), 718-720.

Welz, B., Sperling, M., 1997: Atomic absorption spectrometry. Wiley-VCH, Weinheim, p. 994.

Zerche, S., Drüge, U., Kadner, R., 2003. Optimierte N-Düngung von Pelargonien-Mutterpflanzen. Gärtnerbörse 103 (5), 16-21.

Zerche, S., Kadner, R., Drüge, U., 1999: Effect of cultivar, nitrogen nutrition and cultivating system of chrysanthemum mother plants on cuttings yield, nitrogen concentration and subsequent rooting of cuttings. Gartenbauwissenschaft 64(6), 272 – 278.

Zimmer, K., Escher, F., Gugenhan, E., Kneipp, O., 1991: Hauptkulturen im Zierpflanzenbau. Handbuch des Erwerbsgärtners. 3. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.