

Forschungsbericht

Nr. 95

Minderung von UV-B induzierten Pflanzenschäden bei gartenbaulichen Nutzpflanzen

Verfasser

Annette Förschler, Michaela Schmitz-Eiberger und Georg Noga

Institut für Obstbau und Gemüsebau

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, Oktober 2002

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. G. Noga

Projektbearbeiter: Dipl. agr.-Ing. A. Förschler
Dr. M. Schmitz-Eiberger

Institut für Obstbau und Gemüsebau
Auf dem Hügel 6
53121 Bonn
Tel.: 0228 - 73 5135

Zitiervorschlag:

FÖRSCHLER, A., M. SCHMITZ-EIBERGER UND G. NOGA (2002): Minderung von UV-B induzierten Pflanzenschäden bei gartenbaulichen Nutzpflanzen. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 95, 54 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
2 MATERIAL UND METHODEN	2
2.A Antragsphase 1999	2
2.A.1 Versuche unter kontrollierten Bedingungen	2
2.A.1.1 Pflanzenmaterial	2
2.A.1.2 Applikationslösungen	3
2.A.1.3 Pflanzenbehandlung	3
2.A.1.4 UV-B-Behandlung	3
2.A.1.5 Absorption im UV-Bereich	4
2.A.2 FREILANDUNTERSUCHUNGEN	4
2.A.2.1 Pflanzenmaterial	4
2.A.2.2 Applikationslösungen und Applikation	4
2.B Antragsphase 2000	5
2.B.1 Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen	5
2.B.1.1 Pflanzenmaterial	5
2.B.1.2 Aufreinigung des Rosskastanienrindenextraktes	5
2.B.1.3 Pflanzenbehandlung	5
2.B.1.4 Phytotoxizitätsmessungen	5
2.B.1.5 Prüfung auf Minderung von Paraquat-induzierten Schäden	6
2.B.1.6 Prüfung der Wirksamkeit zur Minderung von UV-B-induzierten Schäden	6
2.B.1.7 Prüfung auf synergistische Wirkungen	7
2.B.1.8 Untersuchungen an Apfelfrüchten	7
2.B.1.9 Applikationslösungen	7
2.B.1.10 UV-B-Behandlung	7
2.B.1.11 Prüfung der biologischen Wirksamkeit an Apfelfrüchten	8
2.B.2 Freilanduntersuchungen	8
2.B.3 Untersuchungen der Behandlungslösungen	9
2.C Statistik	9

3.	ERGEBNISSE	9
	3.A. Antragsphase 1999	9
	3.A. VERSUCHE UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN	9
	3.A.1 Prüfung der biologischen Wirkung unter kontrollierten Bedingungen	10
	3.A.2 Visuelle Bonitur der Sonnenbrandschäden	11
	3.A.3 Absorption im UV-Bereich	13
	3.A.4 Anwendungskonzentrationen und Häufigkeit der Anwendung der <i>Hypericum</i> -Präparate und Roskastanienextrakt	13
	3.A.5 Prüfung der biologischen Wirksamkeit im Freiland	17
	3.A.6 Reifeparameter und Inhaltsstoffe	18
	3.B Antragsphase 2000	20
	3.B.1 Versuche unter kontrollierten Bedingungen	20
	3.B.1.1 Isolierung der wirksamen Fraktionen aus dem Roskastanienrindenextrakt	20
	3.B.1.2 Phytotoxizitätsmessungen	20
	3.B.1.3 Prüfung auf Minderung von Paraquat-induzierten Schäden	23
	3.B.1.4 Biologische Wirksamkeit gegenüber UV-B-Streß an <i>Phaseolus vulgaris</i> -Blättern	24
	3.B.1.5 Prüfung auf synergistische Wirkungen	25
	3.B.1.6 Prüfung der biologischen Wirksamkeit an Apfelfrüchten	28
	3.B.1.7 Messung der UV-Absorption	32
	3.B.2 Freilandversuch	33
	3.B.2.1 Reifeparameter und Inhaltsstoffe	33
4.	DISKUSSION	37
5.	ZUSAMMENFASSUNG	39
6.	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG DER ERGEBNISSE IN DIE PRAXIS.....	41
7.	LITERATURVERZEICHNIS	42
8.	ANHANG.....	43
9.	KONSEQUENZEN FÜR WEITERE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN	49
10.	MITTEILUNGEN ÜBER SCHÜTZENSWERTE NUTZUNGSRECHTE	49
11.	LISTE ÜBER VERÖFFENTLICHUNGEN.....	50
12.	LISTE ÜBER VORTRÄGE.....	51
13.	KURZFASSUNG.....	52

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Im rheinischen Obstbau sind in den letzten Jahren in zunehmendem Maße Pflanzenschäden und Ertragsdefizite zu verzeichnen, die aus der Einwirkung erhöhter UV-Strahlung resultieren. Die in den letzten 10 Jahren abnehmende Ozonschicht in der Stratosphäre gilt als Ursache für das vermehrte Auftreten von UV-B-Strahlung in der Biosphäre (CALDWELL et al., 1989).

Die spektrale Einteilung von UV-Licht erfolgt nach medizinischen und biologischen Gesichtspunkten in drei Kategorien (WELLMANN, 1983):

- UV-A (390-320 nm)
- UV-B (320-280 nm)
- UV-C (280-200 nm)

Seine biologische Aktivität und somit auch seine potentiell schädigende Wirkung entfaltet UV-B-Strahlung erst nach Absorption in der Pflanze oder dem Organismus (CALDWELL, 1982, DAY, 1992). In der Pflanze stellen aufgrund ihrer spezifischen Absorptionsspektren insbesondere Proteine, Nukleinsäuren sowie einige Phytohormone, wie Abscisinsäure und Indoleessigsäure, UV-B-Rezeptoren dar.

Als Folgen einer zu hohen UV-B-Exposition treten bei Pflanzen verschiedene Symptome in Erscheinung. Eine der ersten makroskopisch sichtbaren Veränderungen bei Blättern ist neben deren Einrollen die Ausbildung eines Glanzes oder Blankwerden der Oberfläche. Im weiteren Verlauf sind je nach UV-B-Dosis Verbräunungen und Verkorkungen des Blattgewebes zu beobachten, die aus einem Absterben der obersten Zellschichten (Epidermis) des Blattes und Reparaturmechanismen resultieren. Aufgrund einer akuten Schädigung und Zerstörung des Blattgewebes sind unmittelbare Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit und das Ertragspotential der Pflanzen zu verzeichnen.

Bei Früchten sind erste Symptome einer zu hohen UV-Belastung die Aufhellung der lichtexponierten Schalenpartien und im weiteren Verlauf die Verbräunung und Verkorkung des betroffenen Gewebes. Dies wird auch als Sonnenbrandschaden bezeichnet. Bei Früchten, die sich noch im Wachstum befinden und noch nicht vollständig entwickelt sind, können sich auch Risse in der Schale bis tief hinein in das Fruchtfleischgewebe ausbilden.

1.2 Zielsetzung

Es sollte daher ein für den ökologischen Anbau zugelassenes Pflanzenstärkungsmittel entwickelt werden, mit dem licht- sowie durch Temperatur und Trockenheit induzierte Schäden an Pflanzen und Früchten vermindert oder verhindert werden können.

Die Versuche wurden mit Hilfe einer eigens am Institut für Obst- und Gemüsebau der Universität Bonn konzipierten Untersuchungseinheit durchgeführt. Neben natürlichen Verbindungen, wie z.B. den Tocopherolen sollten auch unterschiedliche Pflanzenextrakte auf ihre biologische Wirksamkeit geprüft werden. Diese Verbindungen wurden in eine Formulierung eingebracht, die ausschließlich Stoffe natürlicher Herkunft beinhaltet. Die Formulierung verbesserte die Stabilität von Präparat und Spritzlösung, die Verteilung und Retention der Spritztropfen auf der Pflanzenoberfläche und die Aufnahme des Wirkstoffes in die Pflanze.

2 Material und Methoden

2.A Antragsphase 1999

2.A.1 Versuche unter kontrollierten Bedingungen

2.A.1.1 Pflanzenmaterial

Phaseolus vulgaris

Für die Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen wurden 10 Tage alte *Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* –Pflanzen verwendet. Die Anzucht erfolgte in einer Klimakammer bei einem Tag-/Nachtrhythmus von 12 Stunden. Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit betragen $25 \pm 2^\circ\text{C}$ bzw. $40 \pm 10 \%$ während der Lichtphase und $20 \pm 2^\circ\text{C}$ bzw. $70 \pm 10 \%$ in der Dunkelphase. Die Versuchspflanzen wurden während der Lichtphase einer Lichtintensität von $160 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ausgesetzt. Bei der Wasserversorgung wurde eine Benetzung der Blattoberflächen vermieden. Pflanzenschutzmittel wurden während des Versuchszeitraums nicht eingesetzt.

Jonagold-Früchte

Apfelfrüchte wurden in nahezu reifem Zustand frisch vom Baum gepflückt. Die Äpfel der Sorte ‚Jonagold‘ stammten von 10 Jahre alten Bäumen (Unterlage M9) und wurden am 2. September 1999 in einem biologisch-dynamisch geführten Obstbaubetrieb geerntet.

2.A.1.2 Applikationslösungen

Es wurden verschiedene Lösungen auf ihre biologische Wirkung untersucht. Emulsionskonzentrate mit den Wirkstoffen Tocopherol (Wirkstoffgehalt von 200 g/l) kombiniert mit 4-Methoxy-zimtsäure-2-ethyl-hexylester wurden für die Untersuchungen eingesetzt. Die Wirkstoffkonzentration des Tocopherols in der wässrigen Spritzlösung wurde auf 0,25 %, die der 4-Methoxy-zimtsäure-2-ethyl-hexylester auf 1 % eingestellt. Daneben wurde ein Extrakt aus der Rosskastanienrinde (100 g Rinde/l Wasser) (*Aesculus hippocastanum*) sowie im ersten Teil *Hypericum*-Präparate der Firma Ceres, Kerpen/Türnich, und Weleda, Schwäbisch Gmünd, jeweils 10 ml pro Liter verwendet.

2.A.1.3 Pflanzenbehandlung

Die entsprechenden Präparate wurden in einer formulierten Spritzlösung mit Hilfe eines Applikationsgerätes auf Blätter und Früchte aufgebracht. Nach Behandlung und Abtrocknen wurden die Pflanzen und die Früchte in einer Klimakammer bei 20/15°C Tag/Nacht-Temperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50/80% (Tag/Nacht) gelagert. Die gewünschte UV-B Dosis von 1,8 kJ/m² bei *Phaseolus vulgaris* (für Wirkungsdaueruntersuchungen 0,8 kJ/m² und 5,8 kJ/m²) bei ‚Jonagold‘-Früchten wurde mit einer eigens für dieses Projekt entwickelten Bestrahlungseinheit (10 UV-B Leuchtstoffröhren (je 100 W, Philips, FRG)) über einen Zeitraum von 14 Stunden in einer klimatisierten Pflanzenanzuchtkammer appliziert (Abb. 12). Zusätzlich wurde eine unbehandelte Kontrolle mitgeführt. Vierundzwanzig Stunden nach der UV-B-Exposition sollte die maximale Fluoreszenz (Fm), die ein Maß für die photosynthetische Aktivität der Pflanzen darstellt, ermittelt werden. Mittels visueller Bonituren sollten die Wirkung der Präparate hinsichtlich einer Minderung der Sonnenbrandschädigung ermittelt werden.

2.A.1.4 UV-B-Behandlung

Zur Induzierung einer UV-B-Belastung wurde in einem Pflanzenkulturraum eine Lichtbank installiert (Abb. 15), die mit 10 UV-B-Leuchtstoffröhren eines Wellenlängenbereiches von $\lambda = 290-320$ nm bestückt war. Es wurde zunächst sichergestellt, daß eine direkte Beziehung zwischen Strahlungsdauer und UV-B-Dosis gegeben ist. Letztere wurde mit einem speziellen Sensor erfaßt und mit einem Mikrocomputer berechnet. Somit war es möglich, über die Vorgabe der Bestrahlungszeit jede gewünschte UV-B-Dosis zu erreichen.

2.A.1.5 Absorption im UV-Bereich

Mit einem Spektrophotometer (Uvikon, Fa. Kontron) wurde die Absorption der Wirksubstanzen in der Applikationslösung im UV-Bereich bestimmt. Dazu wurden die Wirkstoffe (Vitamin E/MOZ) in ein Lösungsmittel bzw. Wasser (Roskastanienrindenextrakt) eingebracht. Nach Messung der Absorption des Lösungsmittels bzw. Wasser wurde die UV-Absorption der Wirkstoffe bestimmt.

2.A.2 Freilanduntersuchungen

2.A.2.1 Pflanzenmaterial

Der Feldversuch wurde auf den ökologisch geführten Betriebsflächen der Firma Bois in Meckenheim/Rhld. an Apfelbäumen der Sorte ‚Jonagold‘/M9 und an Früchten der Sorte ‚Granny Smith‘, auf einem Betrieb am Standort Elgin Valley, Südafrika, durchgeführt.

Weitere Untersuchungen wurden an 8 Jahre alten Apfelbäumen (Unterlage M 9) der Sorten ‚Elstar‘ und ‚Jonagold‘ auf der Obstversuchsanlage Klein-Altendorf des Instituts für Obstbau und Gemüsebau der Universität Bonn durchgeführt. Der Reihenabstand der Bäume in der Versuchsparzelle betrug 4,0 m, der Abstand innerhalb einer Reihe 1,8 m. Die Anlage wurde nach den Richtlinien des integrierten Anbaus bewirtschaftet.

2.A.2.2 Applikationslösungen und Applikation

Apfelbäume der Sorten ‚Jonagold‘ und ‚Granny Smith‘ wurden mittels einer Rückenspritze mit den unter 2.A.1.3 genannten Wirkstofflösungen behandelt. Die Behandlungen erfolgten zunächst im 8-tägigen Abstand ab 26.06.99 bis 31.08.99 und zusätzlich dann, wenn eine hohe UV-Strahlungsintensität einhergehend mit hoher Temperatur- und Ozonbelastung erwartet wurde. Der Versuch umfasste jeweils 5 Varianten mit jeweils 8 Wiederholungen.

Neben natürlichem oxidativem Stress, ausgelöst durch Hitze und UV-Strahlung, wurde der Lichtstress für die Apfel Früchte durch einen Sommerschnitt verstärkt.

Im Versuchsjahr 1999 wurden folgende Untersuchungen an den Früchten durchgeführt:

- Bonituren auf Sonnenbrandschädigungen
- Bestimmung der Reifeparameter zum Erntetermin und nach einer Lagerperiode im Kühllager für 8 Wochen: (Zucker (refraktometrisch), Säure (Titration), Festigkeit (Penetration), Jod/Stärke-Reaktion, Ausfärbung (Lab-Wert))
- Haltbarkeit im Lager

Zusätzlich wurden Untersuchungen zur optimalen Anwendungskonzentration der Präparate und der Anwendungszeitpunkte an *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen und an ‚Golden Delicious‘-Früchten bestimmt. Dazu wurden die Applikationslösungen in unterschiedlicher Konzentration auf Blätter und Früchte appliziert. Nach einer UV-B-Exposition von 5 kJ/m² über einen Zeitraum von 12 h wurde 24 h nach der UV-B-Exposition die maximale Fluoreszenz (Fm) erfasst.

2.B Antragsphase 2000

2.B.1 Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen

2.B.1.1 Pflanzenmaterial

Phaseolus vulgaris

Für die Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen wurden 10 Tage alte *Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus*-Pflanzen verwendet. Die Anzucht erfolgte wie unter 2.A.1 beschrieben.

2.B.1.2 Aufreinigung des Roskastanienrindenextraktes

Mit Hilfe von speziellen Verfahren (Filtrieren, Zentrifugieren, Einengen, Aktivkohle-Anwendung u.a.) soll der wäßrige Extrakt der Roskastanienrinde von Störstoffen befreit werden. Zudem sollen die Hauptwirkkomponenten angereichert werden.

2.B.1.3 Pflanzenbehandlung

Die Behandlung der Pflanzen erfolgte wie unter 2.A.1.3 beschrieben.

2.B.1.4 Phytotoxizitätsmessungen

Unter kontrollierten Bedingungen wurden 10 Tage alte *Phaseolus vulgaris*-Blätter mit den zu prüfenden Verbindungen in unterschiedlichen Konzentrationen behandelt. In einer Zeitreihenuntersuchung von 4 h bis 96 h nach der Behandlung sollen anhand von Messungen der maximalen Chlorophyllfluoreszenz an Buschbohnenblättern mögliche phytotoxische Wirkungen ausgeschlossen werden. Dies hat sich gleichzeitig als geeignetes Testverfahren zur frühen Beurteilung des Berostungspotentials bei Äpfeln erwiesen.

2.B.1.5 Prüfung auf Minderung von Paraquat-induzierten Schäden

Die vorbehandelten *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen wurden 24 h nach der Vorbehandlung mit 20 Tropfen einer 0,1 molaren Paraquatlösung auf der Blattunterseite behandelt (Abb. 16). Paraquat ist ein Bipyridiliumherbizid, welches in der Pflanze die Bildung von freien Radikalen induziert. Paraquat steht stellvertretend für Stressfaktoren, von denen angenommen wird, daß sie u.a. die Produktion von freien Radikalen im Gewebe induzieren. Die Untersuchung sollte Aufschluß über das Abwehrverhalten des Pflanzengewebes gegenüber freien Radikale liefern. Vier Stunden nach Einwirkung des Herbizids wurden Messungen der relativen Fluoreszenz (F_x) an den Applikationsstellen erfolgen.

Die Fluoreszenz-Induktionskurven wurden 24 h nach Paraquat-Applikation an 20 dunkeladaptierten Blättern pro Variante für eine Dauer von 6 s mit aktinischem Licht ($34 \mu\text{mol Photonen m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ermittelt. Dieser Teil der Induktionskurve wird als prompte Fluoreszenz bezeichnet (OTTEN et al., 1993). Die Kurve kann in drei Phasen unterteilt werden (O, I, D und P). Bei Belichtung mit photosynthetisch nicht aktivem Meßlicht ($0,1 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$) stellt sich die Grundfluoreszenz F_t ein (O-Phase). Anschließend steigt die Fluoreszenzabstrahlung nach Zuschalten aktinischen Lichtes bis zum F_i -Wert an (O-I). Danach beobachtet man einen geringeren Rückgang der Fluoreszenz auf das F_d -Niveau, welches mit einem D (dip) gekennzeichnet ist (I-D-Phase) und einen anschließenden starken Anstieg bis zum 'Peak'-Wert F_p (D-P-Phase). Die Messungen erfaßten die Parameter F_p und F_i (SCHREIBER, 1987), wobei sich in den vorliegenden Untersuchungen der Quotient F_x ($F_x = (F_p - F_i)/F_p$) als bestgeeigneter Parameter zur Quantifizierung Paraquat-induzierter Schäden erwies. Die Untersuchungen wurden bei Raumtemperatur mit einem Pulsamplituden-Modulations-Fluorometer (PAM 2000, Walz Effeltrich) nach der von SCHREIBER (1987) beschriebenen Methode durchgeführt.

2.B.1.6 Prüfung der Wirksamkeit zur Minderung von UV-B-induzierten Schäden

Die mit den Standardsubstanzen Aesculin bzw. mit anderen phenolischen Verbindungen behandelten Pflanzen werden 24 h nach der Behandlung einer UV-B-Belastung von $1,8 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ in einem Zeitraum von 14 Stunden in einer Pflanzenanzuchtkammer bei konstanter Temperatur ausgesetzt. Mit Hilfe der Chlorophyllfluoreszenzmessung soll das Potential der einzelnen Substanzen hinsichtlich einer Minderung von UV-B-induzierten Schäden evaluiert werden.

2.B.1.7 Prüfung auf synergistische Wirkungen

Zusätzlich wurde unter kontrollierten Bedingungen und im Freiland geprüft, ob die biologische Wirksamkeit des Roskastanienrindenextraktes durch Zusatz der α -Tocopherol-Formulierung gesteigert werden kann.

2.B.1.8 Untersuchungen an Apfelfrüchten

„Granny Smith“-Früchte:

Reife Apfelfrüchte wurden von aus der Sonne abgewandten Seite den Bäumen entnommen. Die Äpfel der Sorte „Granny Smith“ stammten von 12 Jahre alten Bäumen (Unterlage M9) und wurden am 15. September 2000 in einem biologisch-dynamisch geführten Obstbaubetrieb geerntet.

2.B.1.9 Applikationslösungen

Im Versuchsjahr 2000 wurden weitere Substanzen auf ihre biologische Wirksamkeit geprüft. Dazu gehörten:

1. ZnO (0,1, 0,5 und 1 %-ig)
2. Extrakt aus Tausendgüldenkraut (*Centaurium erythraea*) (1,2 g /100 ml H₂O),
3. Leerformulierung des α -Tocopherols
4. Zimtsäure (0,5;1 %-ig)
5. Kombinationspräparat bestehend aus α -Tocopherol, 0,5 %; ZnO, 0,5 %; Zimtsäure 0,5 %
6. Kombinationspräparat bestehend aus α -Tocopherol, 0,5 %; ZnO, 0,5 %; Tausendgüldenkraut-Extrakt.
7. Aufgereinigter Extrakt der Roskastanienrinde
8. α -Tocopherol, formuliert, 0,3 % a.i.

Alle vorgenannten Varianten wurden nach der Behandlung einer UV-B-Strahlung über einen Zeitraum von 24 h ausgesetzt. Die UV-B-Strahlungsdosis betrug 1,8kJ/m²/d.

2.B.1.10 UV-B-Behandlung

Zur Induzierung von UV-B-Schäden an Apfelfrüchten wurde die gewünschte UV-B Dosis (Spektrum im Wellenlängenbereich von 280-310 nm) von 10 UV-B 100 W UV-B Fluoreszenz-Lampen (Philips, Deutschland) geliefert. Die Früchte wurden für 9 Stunden bestrahlt, wobei die UV-B-Röhren während des gesamten Experiments 20 cm über dem Pflanztisch angebracht waren. Die auf die Apfeloberfläche auftreffende Strahlungsdosis betrug von 1,0 kJ m⁻². Die UV-B-Strahlungsdosis wurde mit einem Spektrometriemeter der Fa. Groebel Co., Karlsruhe, Deutschland, gemessen. Dieses Spektrometriemeter war mit Hilfe UV-B-Strahlungsstandards kalibriert. Um die Linearität der UV-B-Lampen zu zeigen, wurden

verschiedene UV-B-Strahlungsdosen in Abhängigkeit ihrer Bestrahlungszeit gemessen. Die biologisch effektive UV-B Dosis für eine Pflanzenreaktion wurde berechnet und auf 300 nm bezogen. Der mittlere UV-B Level in der Pflanzenanzuchtskammer, wo die Kontrollpflanzen und die einer UV-B-Strahlung exponierten Pflanzen untergebracht waren, lag bei $2 \times 10^{-4} \text{ kJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$.

2.B.1.11 Prüfung der biologischen Wirksamkeit an Apfelfrüchten

- a. Sonnenbrandbonituren
- b. Chlorophyllfluoreszenzmessungen (siehe 2.B.1.5); die Chlorophyllfluoreszenzmessungen erfolgten an 3 Meßpunkten, die entlang der Äquatorialachse verteilt waren.
- c. Farbmessungen; die Farbmessungen erfolgten jeweils an der der UV-B-Strahlung zugewandten Seite als auch an der gegenüberliegenden Seite des Apfels.
- d. Festigkeit

2.B.2 Freilanduntersuchungen

In einem Freilandversuch wurden in einer nach den Richtlinien des organischen Anbaus geführten Anlage Untersuchungen zur biologischen Wirksamkeit des aufgereinigten Extraktes durchgeführt werden. Zusätzlich wurde eine Variante einbezogen, in welcher das α -Tocopherol in einer für den organischen Obstbau geeigneten Formulierung appliziert wird. Die Lösungen sollen ab Mitte Mai bis Ende August in einem einwöchigen Abstand ausgebracht werden. Während der Vegetationsperiode sollen zur quantitativen Erfassung des Stresses bzw. dessen Minderung zu 6 Terminen Chlorophyllfluoreszenzmessungen und Messungen der Photosyntheseleistung durchgeführt werden. Ende August und zum Erntetermin erfolgen Freilandbonituren hinsichtlich des Sonnenbrand- und Krankheitsbefalls sowie der Berostung der Früchte. Untersuchungen zur Fruchtqualität sollen zum Zeitpunkt der Ernte und nach 8-wöchiger Kühlagerung durchgeführt werden. Zu diesem Zeitpunkt sollen weitere Bonituren, beispielsweise auf Sonnenbrand, Berostung, Krankheitsbefall und auf das Auftreten physiologischer Krankheiten (Lagerkrankheiten) durchgeführt werden.

2.B.3 Untersuchungen der Behandlungslösungen

Absorption im UV-Bereich

Mit einem Spektrophotometer (Uvikon, Fa. Kontron) wurde die Absorption der Wirksubstanzen in der Applikationslösung im UV-Bereich bestimmt. Dazu wurden die Wirkstoffe (Vitamin E/MOZ) in ein Lösungsmittel bzw. Wasser (Roskastanienrindenextrakt) eingebracht. Nach Messung der Absorption des Lösungsmittels bzw. Wasser wurde die UV-Absorption der Wirkstoffe bestimmt.

2.C Statistik

Bei Vorliegen von Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden die Versuchsdaten einer Varianzanalyse unterzogen (KÖHLER, 1992). Es gingen jeweils 8 Wiederholungen der einzelnen Versuchsvarianten als statistische Grundeinheit in die Berechnungen ein. Die Signifikanzen zwischen den behandelten und nichtbehandelten Varianten einer Sorte wurden mit Hilfe multipler Mittelwertvergleiche (Grenzdifferenztest nach 'Tukey') (KÖHLER, 1992) angewandt. Alle Tests wurden mit der Statistiksoftware 'Statgraphics', Rockville, Maryland, USA durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.A Antragsphase 1999

3.A. Versuche unter kontrollierten Bedingungen

Nachweis der Beziehung zwischen UV-B-Dosis und Chlorophyllfluoreszenz bei Bohnenblättern und Apfelfrüchten

Hohe UV-Bestrahlungen haben bei Pflanzen physiologische Reaktionen zur Folge, insbesondere im Bereich der Photosynthese. Mit Hilfe der Chlorophyllfluoreszenz war es möglich, Teilprozesse der Photosynthese im Bereich des Elektronentransportes in den Chloroplasten quantitativ zu erfassen. Die Chlorophyllfluoreszenz als Maß für die Integrität des Photosynthesapparates wurde mit einem Pulsamplituden-Modulations-Fluorometer (PAM 2000, Walz, Effeltrich, Germany) nach 30 min. Dunkeladaptation der Früchte gemessen. An Apfelfrüchten der Sorte 'Jonagold', die in einem Pflanzenanzuchtsraum einer UV-B-Bestrahlung ausgesetzt wurden, konnte dokumentiert werden, daß zwischen der Höhe der eingesetzten UV-B-Dosis und der Chlorophyll-Maximalfluoreszenz (F_m) eine inverse Beziehung gegeben ist, d.h. ein Anstieg der Bestrahlungsdauer ist mit zunehmenden Beeinträch-

tigungen der Elektronentransportrate in den Chloroplasten verbunden, was in einer Abnahme des Fm-Niveaus resultiert. Dieser Zusammenhang konnte in gleicher Weise auch für voll entwickelte Buschbohnenblätter validiert werden. Somit stellt die Chlorophyllfluoreszenzmessung ein nachweisempfindliches Instrumentarium zur Quantifizierung der durch UV-B induzierten Stressbelastung von Blättern und Früchten dar.

3.A.1 Prüfung der biologischen Wirkung unter kontrollierten Bedingungen

An *Phaseolus vulgaris*-Primärblättern und ‚Jonagold‘-Früchten hatte eine Vorbehandlung mit α -Tocopherol/MOZ in einer für den organischen Obstanbau eigens entwickelten Formulierung, im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nach UV-B-Exposition eine geringere Minderung der maximalen Fluoreszenz (Fm) zur Folge (Tab. 1). Auch die Behandlung mit einem Extrakt aus der Rosskastanienrinde führte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu einem geringeren Abfall des Fm-Wertes bei *Phaseolus vulgaris*-Primärblättern und ‚Jonagold‘-Früchten (Tab. 1). Diese Ergebnisse konnten durch Bonituren an *Phaseolus vulgaris*-Blättern und durch quantitative Bestimmung der aufgrund einer UV-B-Exposition geschädigten Schalenoberfläche an Früchten bestätigt werden (Tab. 2, Abb. 1).

Tab. 1: Maximale Fluoreszenz von *Phaseolus vulgaris*-Blättern und ‚Jonagold‘-Früchten 24 h nach Vorbehandlung mit *Hypericum* und Rosskastanienextrakt nach UV-Exposition (1,8 kJ/m² in einem Zeitraum von 14 Stunden), Mittelwerte \pm SE.

Behandlung	<i>Phaseolus vulgaris</i> -Blätter	Jonagold-Früchte
	Maximale Fluoreszenz (Fm)	Maximale Fluoreszenz (Fm)
Kontrolle	2,218 \pm 0,09 a	2,04 \pm 0,05 a
UV-B	1,636 \pm 0,08 bc	1,26 \pm 0,15 b
Ceres-<i>Hypericum</i> + UV-B	1,825 \pm 0,17 b	1,25 \pm 0,15 b
Rosskastanienrindenextrakt + UV-B	2,128 \pm 0,09 ab	1,48 \pm 0,12 b
Weleda-<i>Hypericum</i> + UV-B	1,897 \pm 0,05 b	1,38 \pm 0,12 b
α-Tocopherol + UV-B	2,114 \pm 0,11 ab	1,81 \pm 0,13 ab

3.A.2 Visuelle Bonitur der Sonnenbrandschäden

Sonnenbrand und eine beschleunigte Seneszenz waren bei mit α -Tocopherol und den mit Roßkastanienrindenextrakt behandelten *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen und den ‚Jonagold‘-Früchten nach UV-B-Exposition im Vergleich zur UV-Kontrolle in einem deutlich geringeren Maße nachzuweisen (vgl. Tab. 2, Abb. 1, Abb. 18, 19). Die *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen wurden anhand von Boniturklassen (0 = keine Schädigung, 1 = schwache Schädigung, 2 = mittlere Schädigung und 3 = starke Schädigung) bewertet. Bei Apfelfrüchten wurde die durch UV-B-Exposition geschädigte Fläche auf der Fruchtoberfläche ermittelt.

Tab. 2: Sonnenbrandbonitur von *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen nach Behandlung mit *Hypericum* bzw. Rosskastanienrindenextrakt und UV-B-Exposition ($1,8 \text{ kJ/m}^2$ in einem Zeitraum von 14 Stunden), Mittelwerte \pm SE.

Behandlung	Boniturklasse
Kontrolle	$0,00 \pm 0,00$ a
UV-B	$2,53 \pm 0,19$ b
Ceres- <i>Hypericum</i> + UV-B	$2,75 \pm 0,25$ b
Rossk.-extrakt + UV-B	$1,50 \pm 0,19$ a
Weleda- <i>Hypericum</i> + UV-B	$2,75 \pm 0,25$ b
α -Tocopherol + UV-B	$1,48 \pm 0,19$ a

Boniturstufen: 0 = ohne, 1 = schwache, 2 = mittlere, 3 = starke Sonnenbrandschädigung

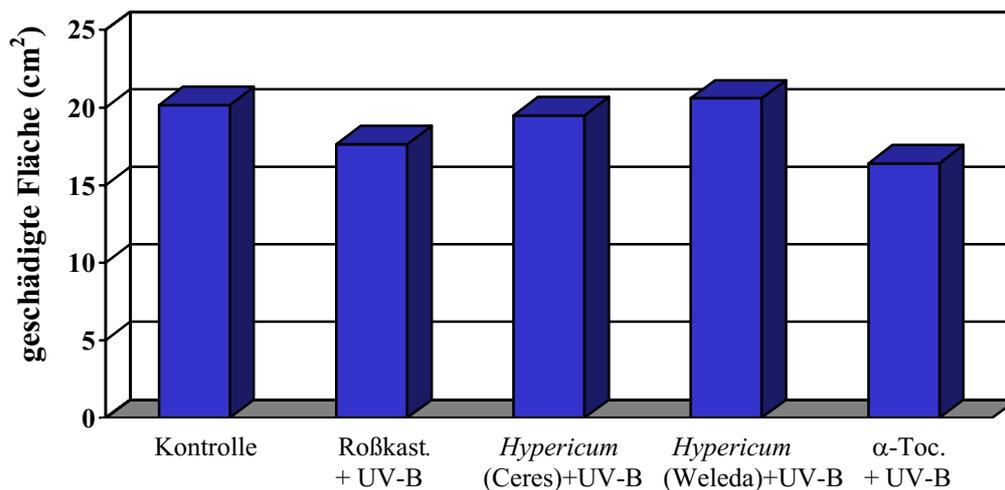


Abb. 1: Sonnenbrand-geschädigte Fläche an Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ nach Vorbehandlung mit einem Extrakt aus Rosskastanienrinde und *Hypericum*-Urtinktur (Weleda, Ceres) und nachfolgender UV-B-Exposition ($1,8 \text{ kJ/m}^2$ in einem Zeitraum von 16 Stunden)

3.A.3 Absorption im UV-B-Bereich

Anhand der aufgenommenen Absorptionsspektren konnte sowohl für das Präparat Vitamin E/MOZ als auch für den Roskastanienrindenextrakt eine deutliche Absorptionswirkung für Lichtstrahlung im UV-Bereich gezeigt werden (Abb. 2).

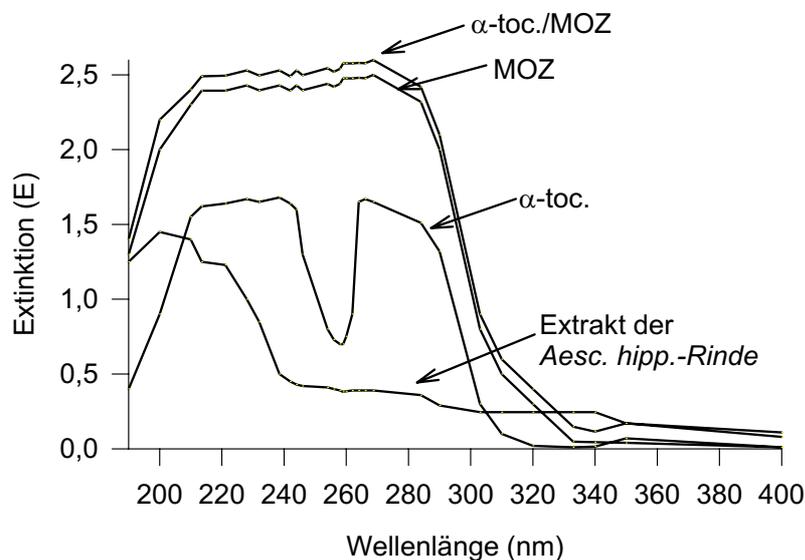


Abb. 2: Absorptionskurve von Vitamin E und 4-Methoxy-zimtsäure-2-ethyl-hexylester (MOZ) und Roskastanienrindenextrakt (1 g Rinde auf 100 ml; 1:100 verdünnt) im Wellenlängenbereich von 190-450 nm.

3.A.4 Anwendungskonzentrationen und Häufigkeit der Anwendung der Hypericum-

Präparate und Roskastanienextrakt

Mit Anwendung der *Hypericum*-Präparate (Weleda, Ceres) ließ sich in keiner der geprüften Konzentrationen eine Minderung des Sonnenbrandes erzielen. Dagegen konnten deutliche Effekte nach Applikation des Roskastanienextraktes bei einer Konzentration von 100 und 200 g/l nachgewiesen werden, während der Extrakt bei einer Anwendungskonzentration von 50 g/l eine geringfügigere Wirkung erkennen ließ.

Dies konnte sowohl aufgrund von Messungen der maximalen Fluoreszenz (F_m) als auch durch Bonituren aufgezeigt werden (Tab. 3, Tab. 4).

Tab. 3: Maximale Fluoreszenz von Buschbohnenblättern nach Behandlung mit *Hypericum* und Rosskastanienrindenextrakt in unterschiedlichen Konzentrationen und UV-B-Exposition

Behandlung	Maximale Fluoreszenz (Fm ± SE)	
Kontrolle	2,318 ± 0,091	a
UV-B	1,736 ± 0,08	b
Ceres (4-fach konzentriert) + UV-B	1,754 ± 0,07	b
Ceres (2-fach konzentriert) + UV-B	1,925 ± 0,17	b
Ceres + UV-B	1,909 ± 0,09	b
Weleda (4-fach konzentriert) + UV-B	1,833 ± 0,133	b
Weleda (2-fach konzentriert) + UV-B	1,897 ± 0,05	b
Weleda + UV-B	1,943 ± 0,077	b
Rosk.-extrakt (300 mg/l) + UV-B	1,833 ± 0,054	b
Rosk.-extrakt (200 mg/l) + UV-B	2,218 ± 0,085	ab
Rosk.-extrakt (100 mg/l) + UV-B	2,189 ± 0,076	ab

Tab. 4: Boniturwerte von Buschbohnenblättern nach Behandlung mit *Hypericum* und Rosskastanienrindenextrakt in unterschiedlichen Konzentrationen und UV-B- Exposition

Behandlung	Boniturwerte
Kontrolle	0,00
UV-B	2,53
Ceres (4-fach konzentriert) + UV-B	2,75
Ceres (2-fach konzentriert) + UV-B	2,75
Ceres + UV-B	2,87
Weleda (4-fach konzentriert) + UV-B	2,75
Weleda (2-fach konzentriert) + UV-B	2,38
Weleda + UV-B	2,88
Rosk.-extrakt (300 g/l) + UV-B	1,50
Rosk.-extrakt (200 g/l) + UV-B	1,55
Rosk.-extrakt (100 g/l) + UV-B	2,10

Boniturklassen: 0 = keine Schäden, 1 = schwache Schäden, 2 = mittlere Schäden, 3 = starke Schäden

Untersuchungen zur Wirkungsdauer an Apfelfrüchten der Sorte ‚Golden Delicious‘ zeigten eine deutliche UV-Schutzwirkung der beiden Präparate bis zu 7 Tagen nach der Behandlung.

Die Reduktion des Fm-Wertes infolge einer UV-B-Bestrahlung konnte durch Vorbehandlung mit Vit. E/MOZ bzw. Roskastanienrindenextrakt deutlich gemindert werden (Tab. 5). Dieses Resultat an Apfelfrüchten konnte sowohl unter kontrollierten Bedingungen als auch unter Freilandbedingungen erzielt werden. Bei Unterbleiben von Regenereignissen konnte an Apfelbäumen sogar eine Wirkungsdauer der Präparate bis zu 14 Tagen nachgewiesen werden.

Tab. 5: Einfluß von UV-B (5,8 kJ/m²d) und Rossk.-extrakt sowie einer Vitamin E/MOZ-Behandlung auf die maximale Fluoreszenz (Fm) bei Apfelfrüchten der Sorte ‚Golden Delicious‘ nach unterschiedlichen Terminen der Vorbehandlung

Behandlung	Zeit nach Behandlung (h)				
	4 h	24 h	48 h	96 h	144 h
Kontrolle	1.83 ± 0.05 a	1.84 ± 0.03 a	1.71 ± 0.04 a	1.54 ± 0.02 a	1.45 ± 0.01 a
UV-B	1.41 ± 0.05 b	1.52 ± 0.05 b	1.36 ± 0.02 b	1.13 ± 0.04 b	0.98 ± 0.05 b
Vit. E/MOZ + UV-B	1.80 ± 0.06 a	1.83 ± 0.05 a	1.76 ± 0.04 a	1.52 ± 0.04 a	1.33 ± 0.03 ab
Rossk.-extrakt + UV-B	1.67 ± 0.07 ab	1.61 ± 0.07 ab	1.55 ± 0.07 ab	1.57 ± 0.07 a	1.25 ± 0.07 ab

3.A.5 Prüfung der biologischen Wirkung im Freiland

Zum Zeitpunkt der Ernte (Oktober 1999) wurde an den Früchten das Auftreten von Sonnenbrand bonitiert. Daneben wurden bedeutende Fruchtqualitätsparameter, wie z.B. der Zucker- und Säuregehalt, die Fruchtfleischfestigkeit und die Ausfärbung der Früchte, bestimmt. Sonnenbrand trat sowohl im Versuchsjahr 1999 als auch im Versuchsjahr 2000 am Standort Meckenheim im Vergleich zum Vorjahr kaum auf. In der unbehandelten Kontrolle (UV) wurden nur 5 bzw. 4 Früchte gefunden, die in die Kategorie ‚mittlere Schädigung‘ fielen (Tab. 6 und 15, Abb. 17). Es wurden daher Freilandversuche in der südlichen Hemisphäre am Standort Südafrika durchgeführt.

Tab. 6: Sonnenbrandbefall an Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ nach Behandlung mit *Hypericum*-Urtinktur und einem Extrakt aus der Roßkastanienrinde (*Aesculus hippocastanum*) im Freiland

Behandlung	Sonnenbrandbefall (Zahl der Früchte)
UV-B	5
Ceres- <i>Hypericum</i>	3
Roskastanienrindenextrakt	0
Weleda- <i>Hypericum</i>	2
α -Tocopherol	0

Hier konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass bei Anwendung von α -Tocopherol und des Roskastanienextraktes ein nennenswertes Potential zur Minderung von UV-B-induzierten Schäden gegeben ist. Den Untersuchungen aus Südafrika zufolge konnte das Auftreten von Sonnenbrand bei Anwendung von α -Tocopherol nahezu vollständig unterdrückt werden (Tab. 6 oder 7, Abb. 20). Den Ergebnissen aus Südafrika kommt besondere Bedeutung zu, da dort sehr hohe UV-Intensitäten zu verzeichnen sind.

Tab. 7: Tocopherol-Behandlung und ihr Einfluß auf Sonnenbrand bei Früchten der Sorte ‚Granny Smith‘ (Elgin Valley, Südafrika; 5.2.99)

Variante	Anteil der Früchte mit Sonnenbrand (%)			
	ohne	gering	mittel	stark
Kontrolle	56,5	13,8	21,1	8,6
α -Tocopherol	96,3	3,7	0,0	0,0

Zudem ergaben Versuche in Dresden Pillnitz, dass bei Anwendung von α -Tocopherol zwar nicht die Anzahl der geschädigten Früchte gemindert werden konnte, jedoch die Stärke des Befalls (Ergebnisse nicht dargestellt).

3.A.6 Reifeparameter und Inhaltsstoffe

Zum Zeitpunkt der Ernte und 8 Wochen nach der Lagerung im Kühllager wurden die Festigkeit, die Farbausprägung, sowie die Zucker- und Säuregehalte als qualitätsbestimmende Parameter an den Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ bestimmt. Wie aus den Tabellen 8-13 zu entnehmen ist, sind mit Ausnahme einer Behandlung mit *Hypericum* des Herstellers Ceres, bei der zum Zeitpunkt der Ernte eine höhere Farbintensität gemessen werden konnte, keine signifikanten Unterschiede zum Zeitpunkt der Ernte sowie nach 8-wöchiger Lagerung zu verzeichnen. Daher wurden die Mineralstoffgehalte (Calcium, Kalium, Magnesium) zunächst an einer Stichprobe untersucht. Diese Untersuchungen ergaben keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Calcium, Kalium und Magnesiumgehalte (Ergebnisse nicht dargestellt). Demzufolge wurde auf aufwendige Serienanalysen zu den einzelnen Untersuchungsterminen verzichtet.

Tab. 8: Festigkeit von Apfelfrüchten der Sorte ‚Jonagold‘ zum Zeitpunkt der Ernte (22.09.1999); Mittelwerte \pm Standardfehler.

Behandlung	Festigkeit (N)
Kontrolle	8,98 \pm 0,15 a
Roskastanienrindenextr.	8,86 \pm 0,17 a
Hypericum (Weleda)	9,31 \pm 0,14 a
Hypericum (Ceres)	9,05 \pm 0,14 a

Tab. 9: Schalengrundfarbe zum Erntetermin an ‚Jonagold‘-Früchten (Lab-Wert), gemessen an der rotfarbigen (A) und an der grünfarbigen Seite (B); Boniturtermin: 22.09.1999 (rotfarbig C, grünfarbig B)

A

Behandlung	L	a	b
Kontrolle	78,14 \pm 1,07 a	4,77 \pm 0,54 a	42,31 \pm 0,81 b
Roskastanienrindenextr.	76,22 \pm 0,74 a	5,42 \pm 0,98 a	46,18 \pm 0,78 ab
<i>Hypericum</i> (Weleda)	76,78 \pm 0,73 a	5,79 \pm 0,8 a	43,89 \pm 1,66 ab
<i>Hypericum</i> (Ceres)	76,12 \pm 0,71 a	6,09 \pm 0,94 a	41,48 \pm 1,03 a
B	L	a	b
Behandlung			
Kontrolle	53,87 \pm 1,27 a	-16,99 \pm 0,59 a	61,10 \pm 0,38 a
Roskastanienrindenextr.	51,93 \pm 1,03 a	-14,58 \pm 1,52 a	60,76 \pm 0,66 a
<i>Hypericum</i> (Weleda)	51,85 \pm 0,81 a	-17,76 \pm 0,26 a	61,59 \pm 0,48 a
<i>Hypericum</i> (Ceres)	53,47 \pm 1,04 a	-18,02 \pm 0,30 a	61,62 \pm 0,20 a

Tab. 10: Zucker- und Säuregehalt von ‚Jonagold‘-Früchten zum Erntetermin. (Messtermin 22.09.99)

Behandlung	Zuckergehalt (%)	Säuregehalt (%)
Kontrolle	15,9	0,85
Roskastanienrindenextr.	16,4	1,03
<i>Hypericum</i> (Weleda)	15,4	0,90
<i>Hypericum</i> (Ceres)	14,8	1,18

Tab. 11: Festigkeit von Apfelfrüchten der Sorte ‚Jonagold‘ nach einer Lagerperiode von 8 Wochen (22.11.1999)

Behandlung	Festigkeit (N)
Kontrolle	8,01 ± 0,20 a
Roskastanienrindenextr.	7,96 ± 0,21 a
<i>Hypericum</i> (Weleda)	8,41 ± 0,18 a
<i>Hypericum</i> (Ceres)	8,05 ± 0,31 a

Tab. 12: Schalengrundfarbe an ‚Jonagold‘-Früchten (Lab-Wert) nach 8-wöchiger Lagerung, gemessen an der rotfarbigen (A) und an der grünfarbigen Seite (B); Boniturtermin: 22.11.1999.

A

Behandlung	L		a		b	
Kontrolle	78,08 ± 1,58	a	5,71 ± 0,61	a	40,33 ± 0,67	b
Roskastanienrindenextr.	79,44 ± 1,50	b	5,22 ± 1,00	a	41,23 ± 0,66	ab
<i>Hypericum</i> (Weleda)	77,31 ± 0,98	b	5,59 ± 0,95	a	42,56 ± 0,89	ab
<i>Hypericum</i> (Ceres)	77,63 ± 0,56	b	5,84 ± 0,94	a	40,38 ± 0,97	b
B						
	L		a		b	
Behandlung						
Kontrolle	53,44 ± 0,98	a	16,51 ± 1,09	a	61,28 ± 0,98	a
Roskastanienrindenextr.	52,33 ± 1,28	a	15,98 ± 1,02	a	61,34 ± 0,76	a
<i>Hypericum</i> (Weleda)	52,14 ± 1,03	a	16,06 ± 0,87	a	61,98 ± 0,33	a
<i>Hypericum</i> (Ceres)	52,54 ± 0,69	a	17,02 ± 0,46	a	61,24 ± 0,51	a

Tab. 13: Zucker- und Säuregehalt bei ‚Jonagold‘-Früchten, gemessen nach einer Lagerperiode von 8 Wochen. Während der Vegetationsperiode 1999 erfolgten Applikationen mit verschiedenen Pflanzenstärkungsmitteln. (Messtermin: 22.11.1999)

Behandlung	Zuckergehalt (%)	Säuregehalt (%)
Kontrolle	15,0	0,65
Roskastanienrindenextr.	15,8	0,73
<i>Hypericum</i> (Weleda)	14,9	0,75
<i>Hypericum</i> (Ceres)	14,7	0,78

3.B Antragsphase 2000

3.B.1 Versuche unter kontrollierten Bedingungen

3.B.1.1 Isolierung der wirksamsten Fraktionen aus dem Rosskastanienrindenextrakt

Der Extrakt aus der Rosskastanienrinde wurde 30 min bei 4000 U/min zentrifugiert, um nicht lösliche Partikel zu entfernen. Danach wurde der Extrakt durch Einsatz von Aktivkohle weitestgehend gereinigt (entfärbt). Der aufgereinigte Extrakt wird im Folgenden als *Roßk. (ger.)* bezeichnet.

3.B.1.2 Phytotoxizitätsmessungen

An *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen wurde zunächst die phytotoxische Wirkung des Rosskastanienrindenextraktes (gereinigt und das Rohprodukt) geprüft. Daneben wurde der Hauptinhaltsstoff Aesculin in einer Anwendungskonzentration von 2 und 5 % untersucht. Es wurde die maximale Fluoreszenz gemessen, welche ein Maß für die photosynthetische Leistungsfähigkeit darstellt. Die Applikation des Rosskastanienextraktes sowie des Aesculins in einer Anwendungskonzentration von 2 % hatten keine Veränderung der maximalen Fluoreszenz (Fm) im Vergleich zur Kontrolle zur Folge. Eine Applikation des Aesculins in einer Konzentration von 5 % führte zu einer Minderung des Fm-Wertes. Dies weist auf eine phytotoxische Reaktion in der Pflanze hin.

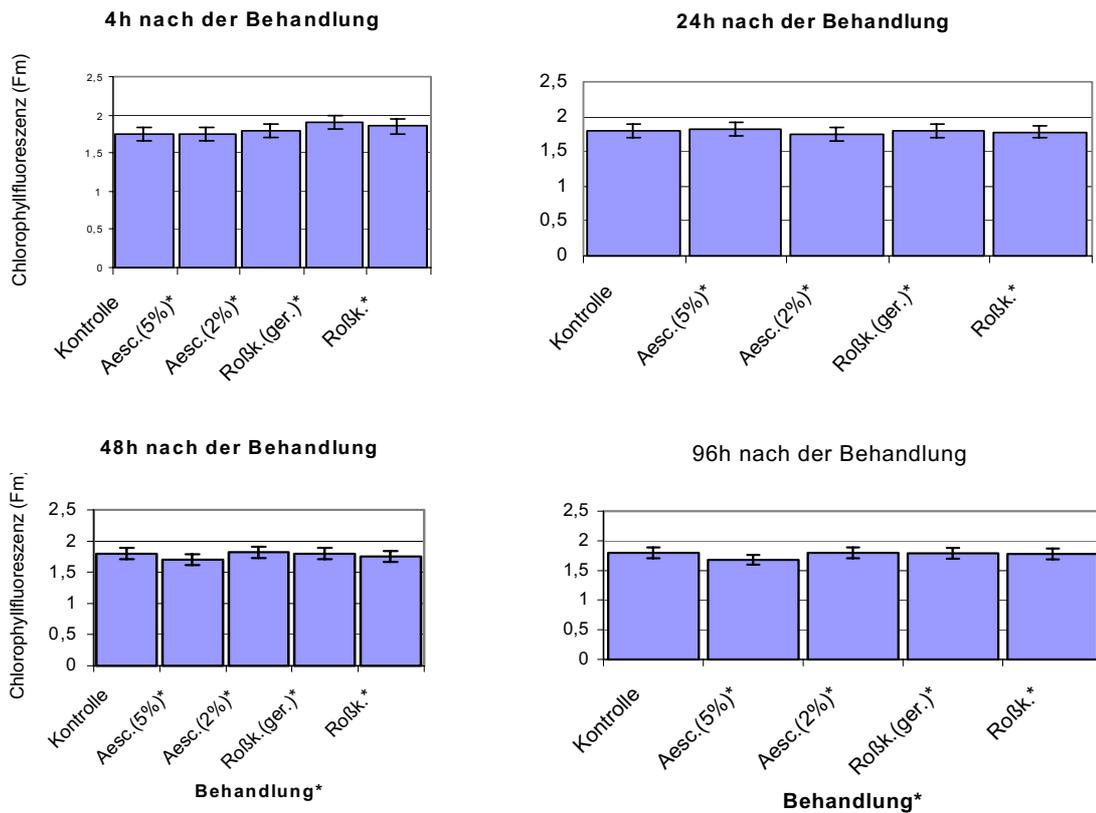


Abb. 3: Maximale Fluoreszenz an *Phaseolus vulgaris* -Blättern nach Behandlung mit verschiedenen UV-absorbierenden Substanzen. (* =+UV-B)

An *Phaseolus vulgaris*-Blättern wurden weitere UV-absorbierende Substanzen, die für den organischen Obstbau geeignet sind, auf ihre phytotoxische Wirkung geprüft. Die Messungen der Chlorophyllfluoreszenz (Fm, Fv/Fm und Fo) haben ergeben, dass keine der Substanzen in den angewandten Konzentrationen (vgl. Abb. 4) eine phytotoxische Wirkung auf das Pflanzengewebe ausübt.

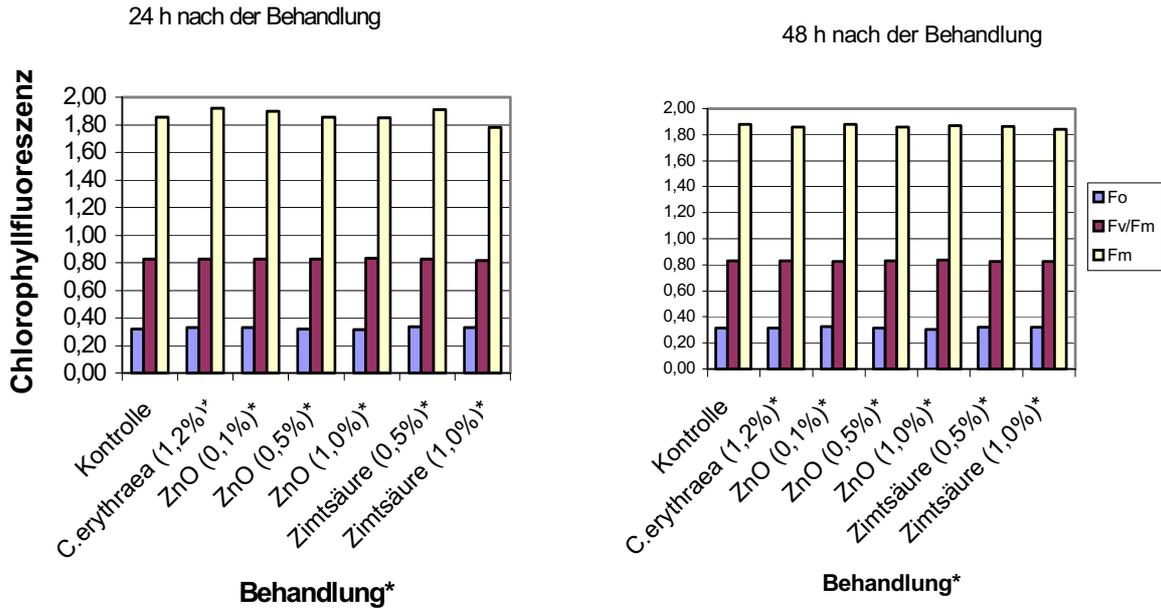


Abb. 4: Chlorophyllfluoreszenz (Fm, Fv/Fm, Fo) an *Phaseolus vulgaris*-Blättern 24 und 48 h nach Behandlung mit unterschiedl. UV-absorbierenden Substanzen. (*= +UV-B)

Eine kombinierte Anwendung der UV-absorbierenden Substanzen hatte 4 Stunden nach Anwendung in allen in Abb. 5 dargestellten Varianten eine Minderung der Chlorophyllfluoreszenz (Fv/Fm) zur Folge. Die Fluoreszenzwerte lagen jedoch 24 h nach der Behandlung in den Varianten ‚Vit. E + ZnO + Zimtsäure‘ und ‚Vit. E + ZnO + *C. erythraea*‘ wieder auf dem Niveau der unbehandelten Kontrolle.

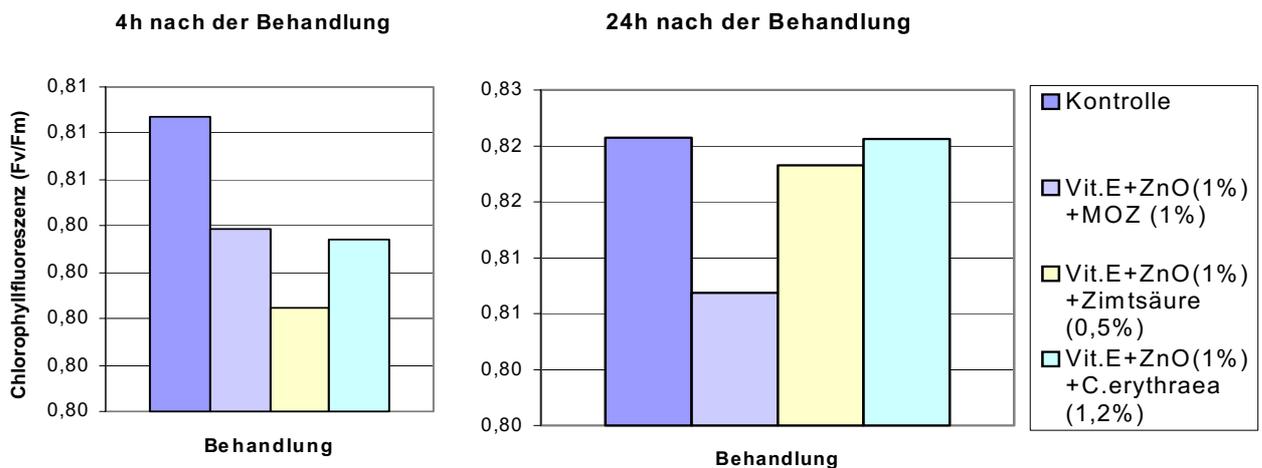


Abb. 5: Chlorophyllfluoreszenz (Fv/Fm) an *Phaseolus vulgaris*-Blättern bei kombinierter Anwendung unterschiedl. Substanzen.

3.B.1.3 Prüfung auf Minderung von Paraquat-induzierten Schäden

Der Fx-Parameter fiel in der mit Paraquat behandelten Variante gegenüber der Kontrolle signifikant ab (Abb. 6). Eine Vorbehandlung der Blätter mit Tocopherol/MOZ resultierte im Vergleich zu den lediglich mit Paraquat behandelten Pflanzen in einem signifikant geringeren Abfall des Fx-Wertes. Die Vorbehandlung mit dem Rosskastanienextrakt (aufgereinigt=Roßk. 1, unbehandelt =Roßk. 2) hatte ebenfalls einen geringeren Abfall des Fx-Wertes zur Folge, wobei die verschieden behandelten Extrakte sich nicht unterschieden. Beide lagen jedoch unter dem Niveau der Vit. E/MOZ-Variante. Die Applikation von Aesculin (2 %) resultierte nach Paraquatapplikation in einem Abfall des Fx-Wertes unter das Niveau der ausschließlich mit Paraquat behandelten Variante (Abb. 6).

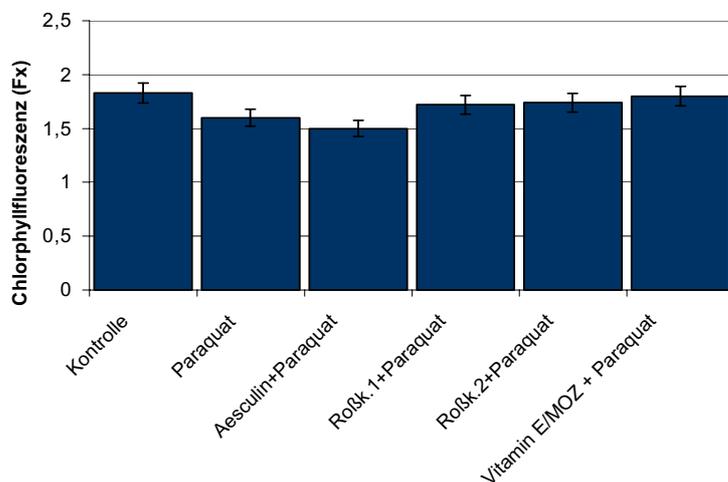


Abb. 6: Relative Fluoreszenz (Fx) in *P. vulgaris*-Segmenten nach Behandlung mit unterschiedlichen Substanzen. Die Paraquat-Applikation (0,1 mmol/l) erfolgte 24 h nach Abschluß der Vorbehandl.; Probenahme: 48 h nach Vorbehandl.; Mittelw. \pm SE; n = 15.

Die Vorbehandlung von *P. vulgaris* Pflanzen mit den in Abb. 7 angegebenen Substanzen 24 h vor der Paraquatapplikation hatte keine Steigerung des Fx-Wertes im Vergleich zur ausschließlich mit Paraquat behandelten Variante zur Folge. Der Fx-Wert war in allen Prüfgruppen signifikant reduziert im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 7).

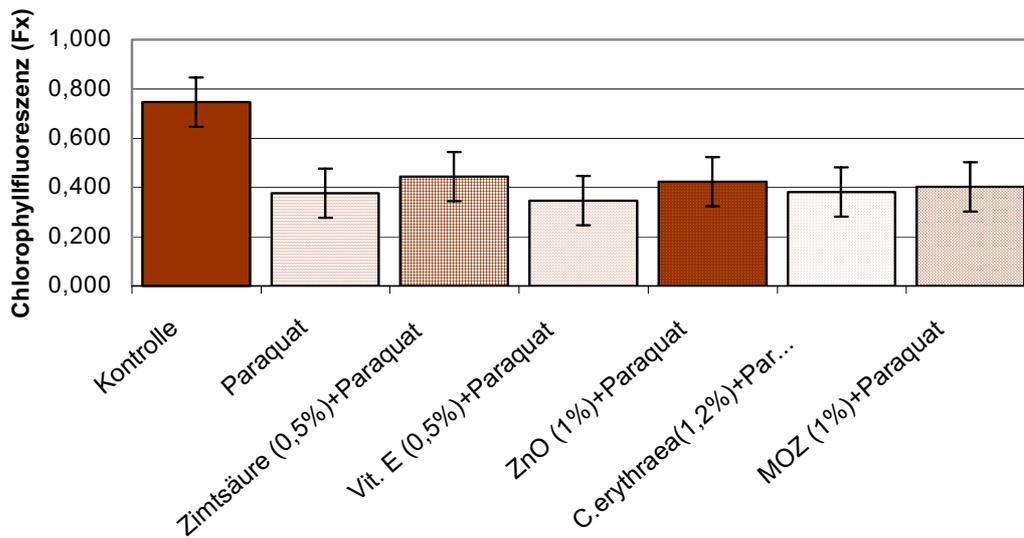


Abb. 7: Relative Fluoreszenz (Fx) in *P. vulgaris*-Segmenten nach Behandlung mit UV-absorbierenden Substanzen. Die Paraquat-Applikation (0,1 mmol/l) erfolgte 24 h nach Abschluß der Vorbehandl.; Proben.: 48 h nach Vorbehandl.; Mittelw. \pm SE; n = 15.

3.B.1.4 Biologische Wirksamkeit gegenüber UV-B-Streß an *Phaseolus vulgaris*-Blättern

Eine Bestrahlung der Kontrolle mit UV-Licht resultierte in einer deutlichen Minderung der maximalen Fluoreszenz (Fm) an *Phaseolus vulgaris*-Blättern (Abb. 21). Bei einer Vorbehandlung mit den beiden Rosskastanienextrakten war, ähnlich wie bei Vit. E/MOZ und Aesculin in einer Konzentration von 2 % die Minderung des Fm-Wertes deutlich geringer im Vergleich zur UV-Kontrolle. Die Applikation von Aesculin (5 %) führte zu einer deutlichen Minderung des Fm-Wertes bis unter das Kontrollniveau (Abb. 8).

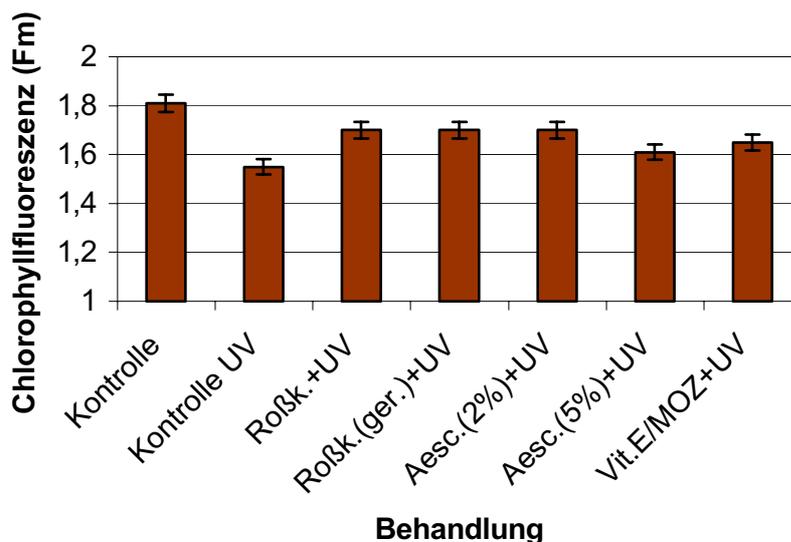


Abb. 8: Chlorophyllfluoreszenz (Fm) an *Phaseolus vulgaris*-Blättern nach Vorbehandlung mit UV-absorbierenden Substanzen und UV-Exposition ($1,8 \text{ kJ/m}^2 \text{ d}$); Mittelw. \pm SE, n=15. UV-B-Exposition: 24 h nach der Vorbehandlung, Messung 12 h nach UV-B-Exposition.

3.B.1.5 Prüfung auf synergistische Wirkungen

Die biologische Wirkung der VitaminE/MOZ-Mischung konnte durch Zusatz des Rosskastanienextraktes nicht gesteigert werden; der Fm-Wert lag auf dem Niveau der Vitamin E/MOZ Variante (Tab. 14).

Tab. 14: Chlorophyllfluoreszenz (Fm, Fv/Fm) an *P. vulgaris*-Blättern nach Vorbehandlung mit Vit.E/MOZ separat und unter Zusatz von Rosskastanienrindenextrakt, Mittelw. \pm SE, n = 15.

Behandlung	Chlorophyllfluoreszenz (Fm)	Chlorophyllfluoreszenz (Fv/Fm)
Kontrolle	$1,831 \pm 0,05$ a	$0,833 \pm 0,33$ a
Kontr. + UV-B	$1,344 \pm 0,15$ c	$0,783 \pm 0,11$ a
Vit.E/MOZ + UV-B	$1,675 \pm 0,03$ b	$0,811 \pm 0,15$ a
Vit. E/MOZ + Roßk. + UV-B	$1,699 \pm 0,09$ b	$0,817 \pm 0,14$ a

An *Phaseolus vulgaris*-Primärblättern hatte eine Vorbehandlung mit α -Tocopherol/MOZ in einer für den organischen Obstanbau eigens entwickelten Formulierung, im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nach UV-B-Exposition eine geringere Minderung des Fv/Fm-Wertes

zur Folge (Abb. 9); die maximale Fluoreszenz war ebenfalls in einem geringeren Maße beeinträchtigt (Ergebnisse nicht dargestellt). Auch die Behandlung mit einem Extrakt aus Tausendgüldenkraut (*Centaurium erythraea*) sowie der Einsatz von Zimtsäure führte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu einem geringeren Abfall des Fv/Fm-Wertes bei *Phaseolus vulgaris*-Primärblättern. Diese Ergebnisse konnten durch Bonituren an *Phaseolus vulgaris*-Blättern bestätigt werden.

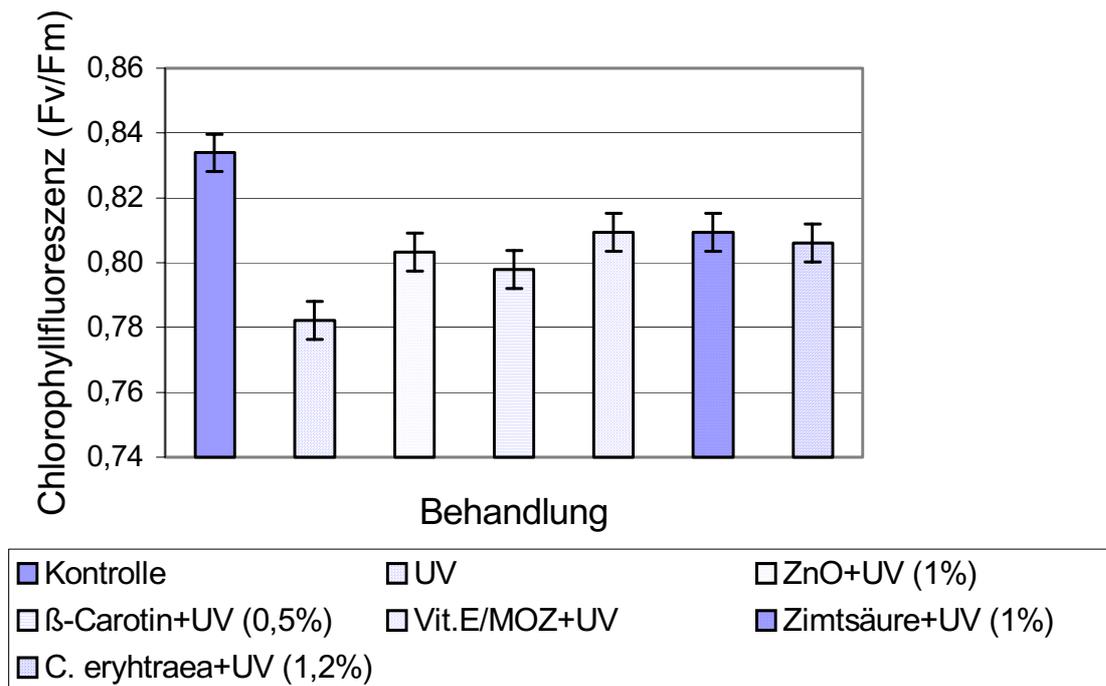
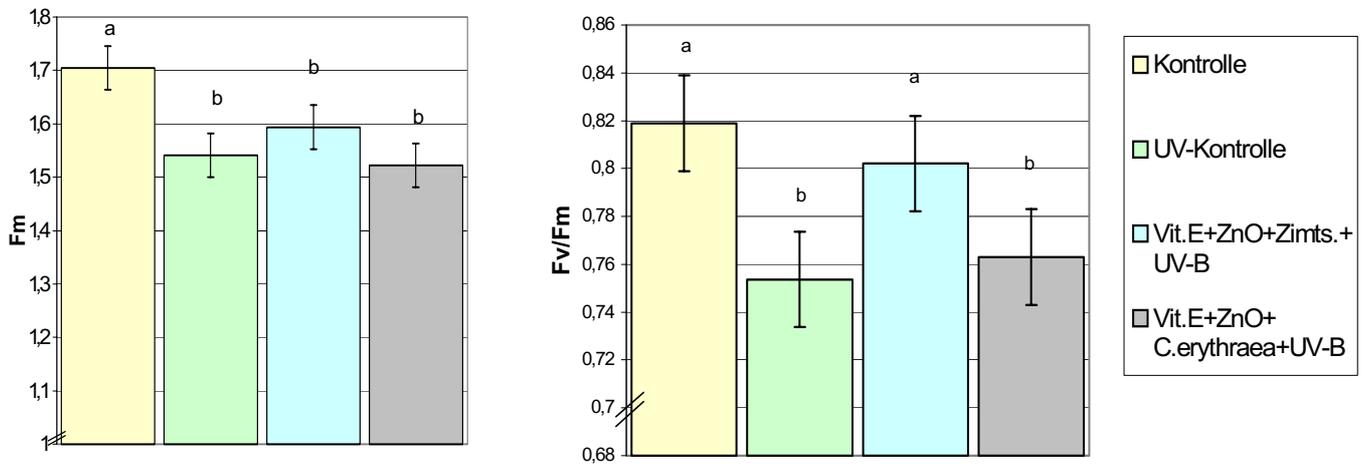


Abb. 9: Chlorophyllfluoreszenz (Fv/Fm) an *Phaseolus vulgaris* Blättern nach Vorbehandlung mit verschiedenen Präparaten und UV-B-Exposition (1,8 kJ/m²d); Mittelw. \pm SE.

Die kombinierte Applikation von Vitamin E/ZnO/Zimtsäure bzw. dem Extrakt von *Centauraeum erythrium* anstatt der Zimtsäure zeigten insbesondere zum 48 h Messtermin (Abb. 10) eine deutliche Wirkung.

24 h nach Behandlung



48 h nach Behandlung

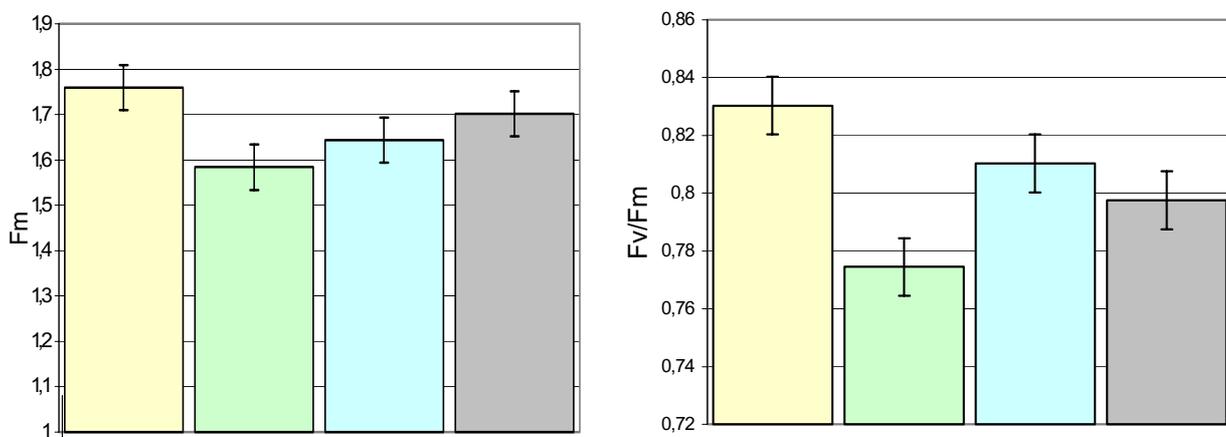


Abb. 10: Chlorophyllfluoreszenz (Fm und Fv/Fm) an *Phaseolus vulgaris* Blättern 24 h und 48 h nach Vorbehandlung mit Mischungen aus UV-absorbierenden und antioxidativ wirksamen Substanzen und UV-B Exposition (1,8 kJ/m²d); Mittelw. ± SE.

3.B.1.6 Prüfung der biologischen Wirksamkeit an Apfelfrüchten

a. Bonituren

Die UV-B-Exposition hatte die Ausbildung deutlicher Sonnenbrandschäden an den Früchten zur Folge. Die Schalengrundfarbe veränderte sich in den UV-B-exponierten Früchten von einer grünen Farbe in der Kontrolle zu einer gelb-braunen Farbe in den UV-B behandelten Früchten. Die Vorbehandlung mit den verschiedenen Wirkstoffen hatte teilweise eine Minderung der Sonnenbrandschäden zur Folge. So waren die Sonnenbrandschäden in den mit α -Toc./MOZ behandelten Früchten am stärksten gemindert, gefolgt von ZnO (Abb. 22), dem Kombinationspräparat α -Toc/ZnO/Tausendgüldenkraut, von Zimtsäure und Roskastanien-Extrakt (Tab. 15). Keine Wirkung war bei den Behandlungen mit der Leerformulierung, Tausendgüldenkraut-Extrakt und der Mischung aus α -Toc/ZnO/ Zimtsäure festzustellen. Die Behandlung mit α -Toc/MOZ hatte neben der sonnenbrand-mindernden Wirkung die Ausbildung einer glänzenden Schalenoberfläche zur Folge (Abb. 11), die bei der Vermarktung nicht erwünscht ist.

Tab. 15: Sonnenbrandbonitur von ‚Golden-Delicious‘-Früchten nach Behandlung mit unterschiedlichen Wirkstofflösungen und UV-B-Exposition (1,8 kJ/m² in einem Zeitraum von 14 Stunden), Mittelwerte + SE.

Behandlung	Boniturnote (0 = keine Schäden, 1= geringe Schäden, 2 = mittlere Schäden, 3 = starke Schäden)
Kontrolle	0,00 + 0,00 c
UV-B	2,23 + 0,19 a
ZnO+UV-B	1,28 + 0,19 b
TGK+UV-B	2,65 + 0,25 a
LF+UV-B	2,65 + 0,25 a
Zimtsäure+UV-B	2,23 + 0,19 a
α -Toc./ZnO/Zimtsäure	2,23 + 0,19 a
α -Toc./ZnO/TGK	1,48 + 0,19 a
Roskastanienextrakt	2,00 ± 0,14 ab
α -Toc./MOZ	1,26 ± 0,19 b

TGK = Tausendgüldenkraut

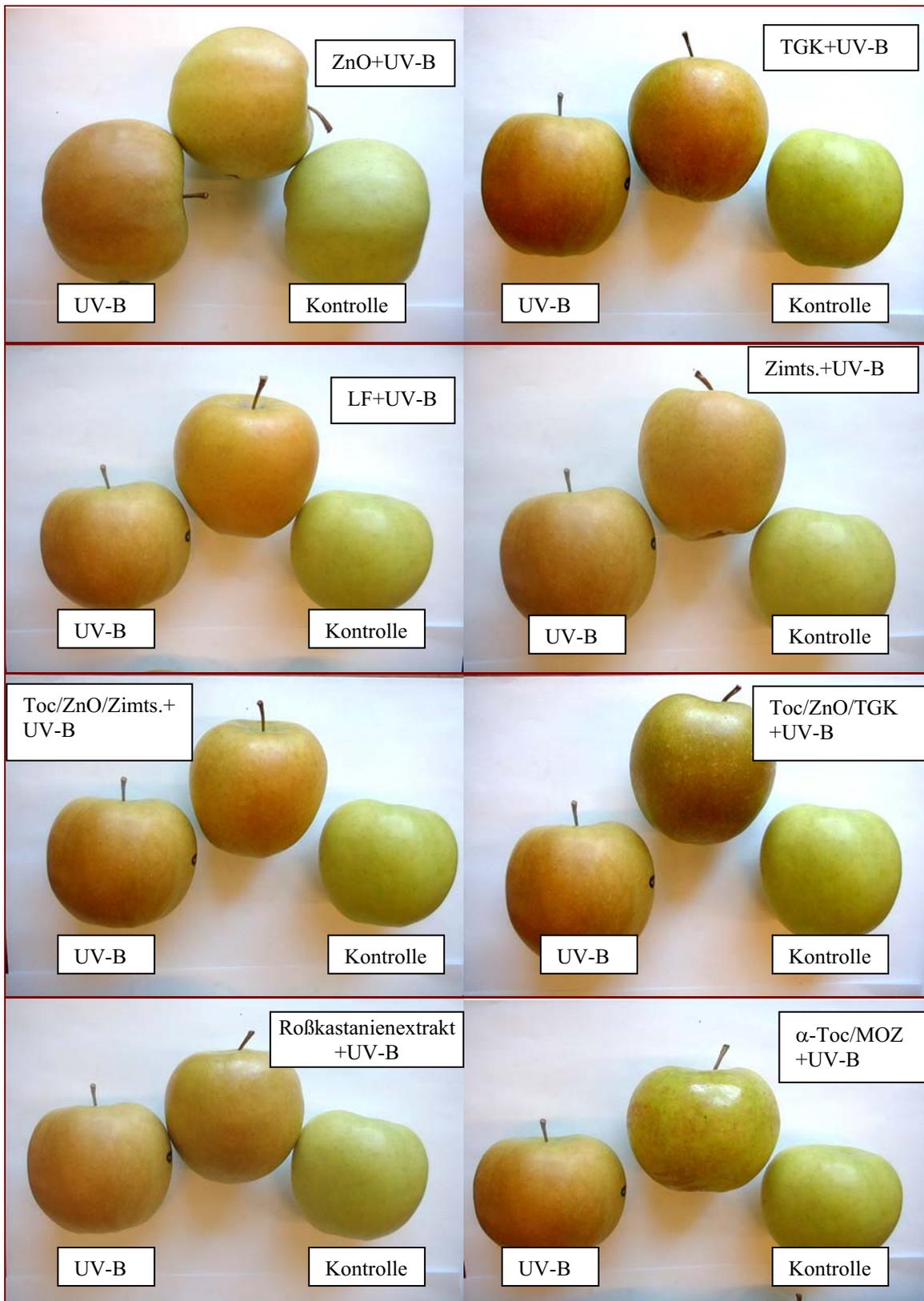


Abb. 11: ‚Granny-Smith‘-Früchte nach Behandlung mit verschiedenen Wirkstofflösungen und UV-B-Exposition im Vergleich zur UV-B-behandelten Früchten und zur Kontrolle.

Die Messungen der Chlorophyllfluoreszenz an ‚Golden-Delicious‘-Früchten haben einen starken Abfall des Fv/Fm-Wertes in der ausschließlich mit UV-B-behandelten Variante im Vergleich zur Kontrolle ergeben. Die Applikationen des Tausendgüldenkraut-Extraktes, der Leerformulierung des Tocopherols, der Zimtsäure, des Roskastanienextraktes sowie von Mischungen aus Tocopherol/ZnO/Zimtsäure und Tocopherol/ZnO/Tausendgüldenkraut resultierten in einem leichten Abfall der Fv/Fm-Werte im Vergleich zur UV-B-behandelten Variante. Eine Applikation von ZnO oder α -Toc./MOZ hatte eine deutliche Erhöhung des Fv/Fm-Wertes zur Folge.

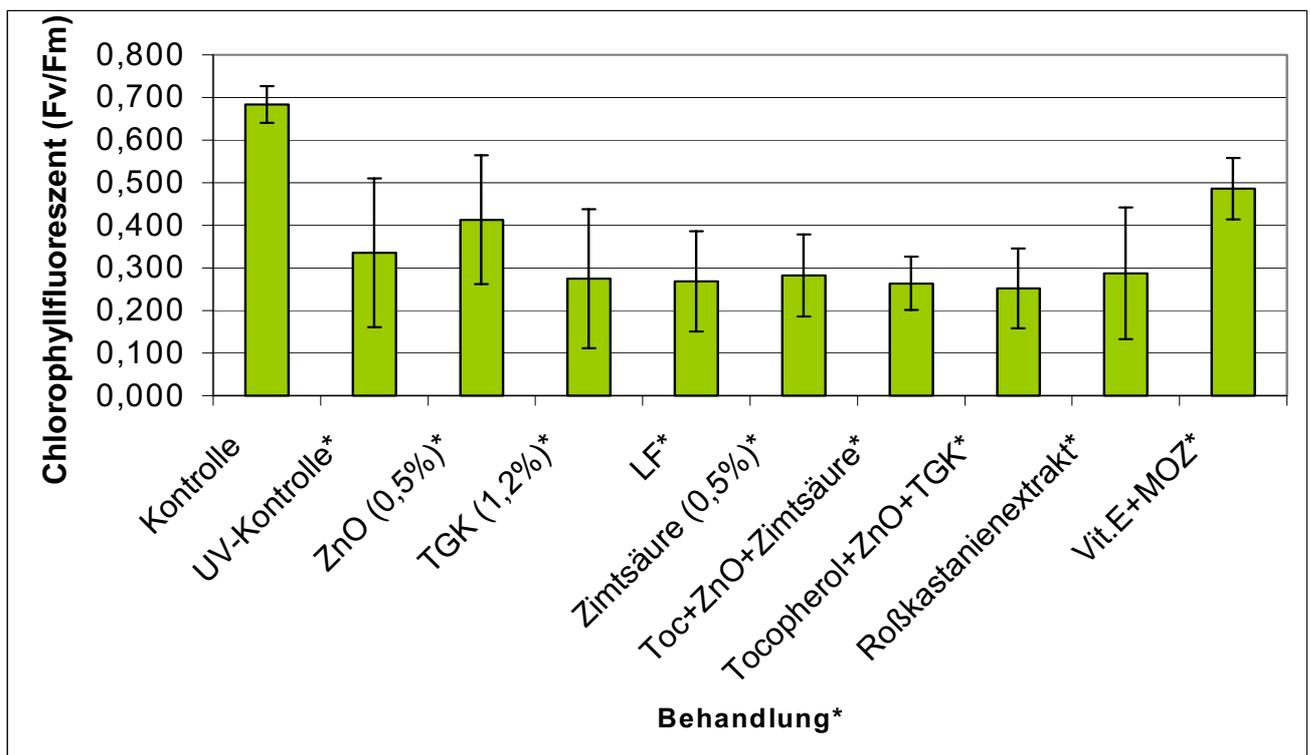


Abb. 12: Chlorophyllfluoreszenz (Fv/Fm) an ‚Golden Delicious‘-Früchten nach Vorbehandlung mit verschiedenen Lösungen und nachfolgender UV-B-Behandlung in einer Klimakammer (vgl. Abb. 11, 13); Mittelwerte \pm SE. (*= +UV-B)

Die UV-B-Behandlung von Apfelfrüchten hatte keine Veränderung der Farbindizes (Lab) an der der UV-B-Strahlung abgewandten Seite zur Folge (Tab. 17). An der UV-B behandelten Seite resultierte die UV-B-Exposition jedoch in einer deutlichen Verminderung der Farbausbildung ($a = -4,316$ gegenüber $3,206$ in der Kontrolle) vor allem in der α -Toc./MOZ-Variante (Tab. 18) gefolgt von der ZnO-Variante.

Tab. 16: Farbmessung (Lab) an ‚Golden Delicious‘-Früchten an der der Strahlung abgewandten Seite nach Vorbehandlung mit den angegebenen Lösungen und nachfolgender UV-B-Behandlung in einer Klimakammer (vgl. Abb. 11); Mittelwerte \pm SE.

Behandlung	L* unbestrahlte Seite	a* unbestrahlte Seite	b* unbestrahlte Seite
ZnO+UV-B	65,192 \pm 2,086	-12,816 \pm 1,071	42,882 \pm 4,061
Tausendgüldenkraut+UV-B	66,782 \pm 1,987	-12,200 \pm 1,255	43,622 \pm 1,331
Leerformulierung+UV-B	67,170 \pm 2,784	-12,582 \pm 2,360	43,082 \pm 1,897
Zimtsäure+UV-B	66,806 \pm 2,089	-12,076 \pm 1,210	43,315 \pm 1,602
α -toc/ZnO/Zimtsäure+UV-B	65,102 \pm 3,312	-13,254 \pm 1,351	43,546 \pm 1,391
α -toc/ZnO/Tgk+UV-B.	63,489 \pm 1,742	-13,678 \pm 1,856	42,553 \pm 2,966
Roßkastanienextrakt+UV-B	64,620 \pm 2,247	-12,246 \pm 1,845	42,573 \pm 0,538
α -toc/MOZ+UV-B	67,332 \pm 2,185	-11,799 \pm 1,431	43,274 \pm 2,879
UV-Kontrolle	66,591 \pm 1,069	-12,345 \pm 1,832	42,138 \pm 3,059
Kontrolle	63,342 \pm 6,048	-8,266 \pm 2,554	44,199 \pm 1,350

Tab. 17: Farbmessung (Lab) an ‚Golden Delicious‘-Früchten an der der UV-B-Strahlung exponierten Seite nach Vorbehandlung mit den angegebenen Lösungen und nachfolgender UV-B-Behandlung in einer Klimakammer (vgl. Abb. 11); Mittelwerte \pm SE.

Behandlung	L* uv	a* uv	b* uv
ZnO+UV-B	58,232 \pm 5,975	1,154 \pm 6,135	37,848 \pm 6,646
Tausendgüldenkraut+UV-B	54,877 \pm 1,574	2,248 \pm 3,596	38,654 \pm 1,511
Leerformulierung+UV-B	56,679 \pm 3,795	3,282 \pm 3,334	40,465 \pm 2,745
Zimtsäure+UV-B	57,588 \pm 2,228	3,810 \pm 3,466	40,318 \pm 2,224
α -toc/ZnO/Zimtsäure+UV-B	58,809 \pm 2,345	2,178 \pm 2,532	40,368 \pm 3,436
α -toc/ZnO/Tgk. +UV-B	57,264 \pm 2,933	0,895 \pm 2,759	38,316 \pm 2,066
Roßkastanienextrakt+UV-B	57,479 \pm 2,537	1,635 \pm 2,466	39,595 \pm 1,456
α -toc/MOZ+UV-B	61,630 \pm 2,382	-4,316 \pm 3,072	43,343 \pm 1,997
UV-Kontrolle	57,814 \pm 3,362	3,206 \pm 4,829	40,5117 \pm 2,423

Die Messungen der Festigkeit an den Früchten der einzelnen Varianten habe keine signifikanten Unterschiede weder an der unbestrahlten Seite der Äpfel (Ergebnisse nicht dargestellt) noch an der behandelten Seite ergeben (Abb. 13).

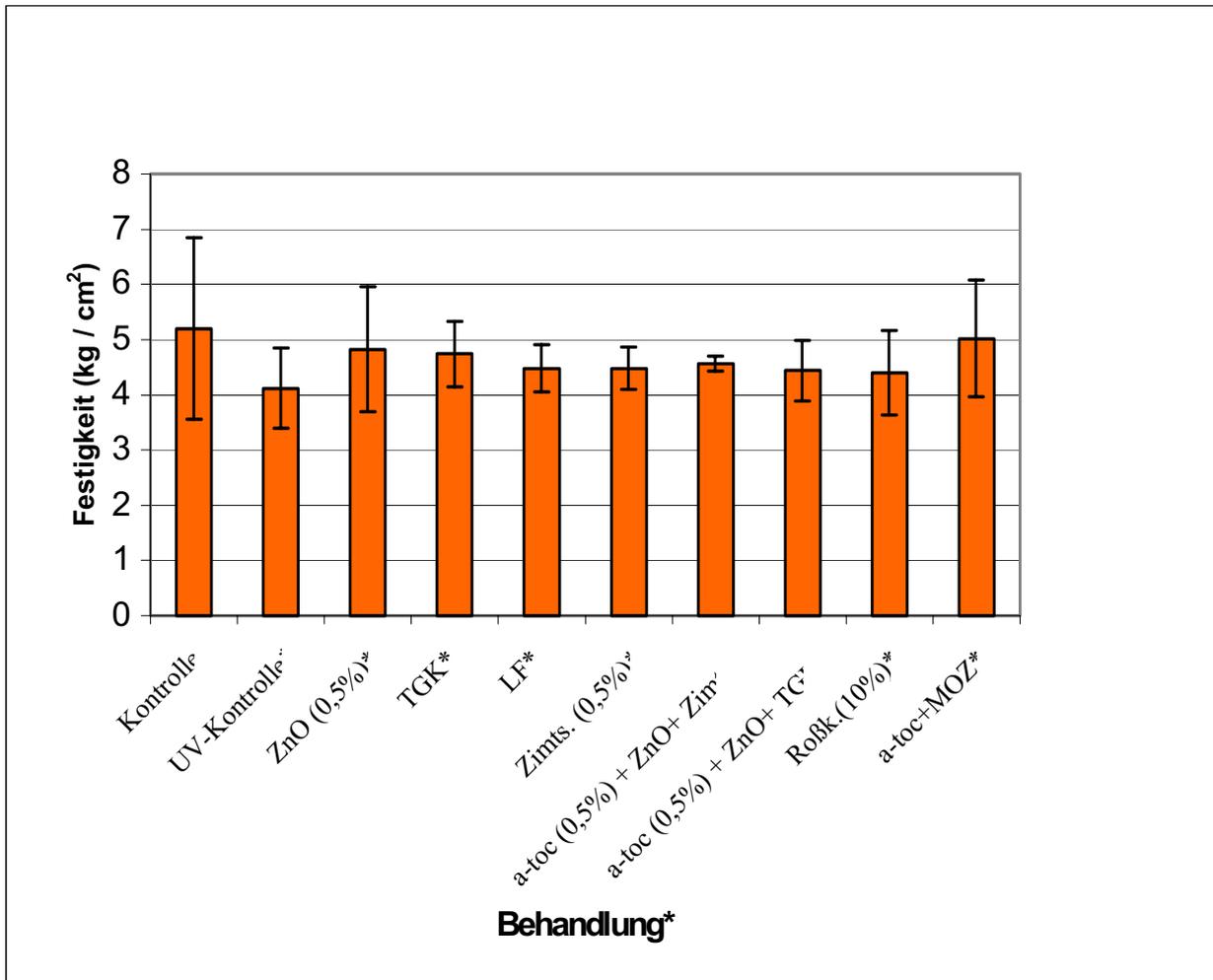


Abb. 13: Festigkeit von ‚Golden Delicious‘-Früchten nach Vorbehandlung mit den verschiedenen Lösungen und nachfolgender UV-B-Behandlung in einer Klimakammer (vgl. Abb. 11); Mittelwerte \pm SE. (*= +UV-B)

3.B.1.7 Messung der UV-Absorption

Die Messungen der Absorptionskurven des Extraktes von Tausendgüldenkraut, ZnO und Zimtsäure ergeben eine starke Absorption der Stoffe im UV-Bereich (Abb. 14).

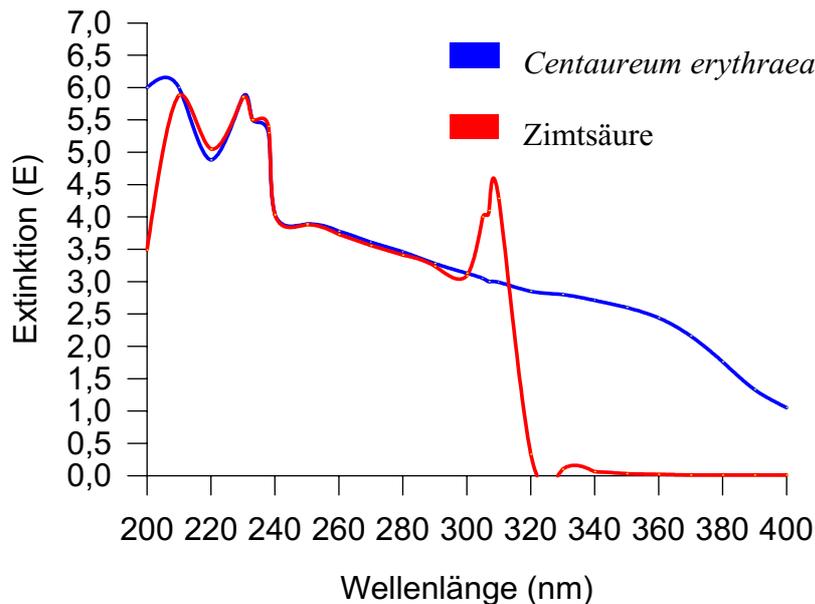


Abb. 14: Absorptionskurve von Zimtsäure (0,5 % in H₂O) und *Centaureum erythraea* (1,2 %, 1:1 verdünnt) im Wellenlängenbereich von 200-400 nm.

3.B.2 Freilandversuch, Vegetationsperiode 2000

Sonnenbrandbefall trat im Versuchsjahr 2000 am Standort Meckenheim wie im Vorjahr 1999 kaum auf. In der unbehandelten Kontrolle (UV) wurden nur 4 Früchte gefunden, die in die Kategorie ‚mittlere Schädigung‘ fielen (Tab. 18). In den übrigen Varianten trat Sonnenbrandbefall an den Früchten nur vereinzelt auf. Ein Zusatz des Rosskastanienextraktes zur Tocopherol/MOZ-Formulierung hatte keine Steigerung der biologischen Wirkung zur Folge.

Tab. 18: Sonnenbrandbefall an Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ nach Behandlung mit unterschiedlichen Präparaten (Versuchsjahr 2000)

Behandlung	Sonnenbrandbefall (Zahl der Früchte)
UV-B	4
Roßkast. (Rohextrakt)+ UV-B	3
Roßkast. (gereinigt)+ UV-B	3
α-Tocopherol/MOZ)+ UV-B	0
α-Tocopherol/MOZ/Roßkast. (gereinigt)+ UV-B	0

3.B.2.1 Reifeparameter und Inhaltsstoffe:

Zum Zeitpunkt der Ernte und 8 Wochen nach der Lagerung im Kühllager wurden auch im Versuchsjahr 2000 die Festigkeit, die Farbausbildung, sowie die Zucker- und Säuregehalte als

qualitätsbestimmende Parameter an den mit den verschiedenen Präparaten behandelten Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ bestimmt. Wie aus den Tabellen 19-25 zu entnehmen ist, sind keine signifikanten Unterschiede zum Zeitpunkt der Ernte sowie nach 8-wöchiger Lagerung zu verzeichnen. Daher wurden die Mineralstoffgehalte (Calcium, Kalium, Magnesium) zunächst an einer Stichprobe untersucht. Diese Untersuchungen ergaben keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Calcium, Kalium und Magnesiumgehalte (Ergebnisse nicht dargestellt). Demzufolge wurde auch im Vegetationsjahr 2000 auf aufwendige Serienanalysen zu den einzelnen Untersuchungsterminen verzichtet.

Tab. 19: Festigkeit von Apfelfrüchten der Sorte ‚Jonagold‘ zum Zeitpunkt der Ernte (19.09.2000); Mittelwerte \pm Standardfehler.

Behandlung	Festigkeit (N)
UV-B	9,75 \pm 0,02 a
Roßkast. (Rohextrakt)	9,05 \pm 0,12 a
Roßkast. (gereinigt)	8,93 \pm 0,01 a
α -Tocopherol/MOZ	9,80 \pm 0,07 a
α -Tocopherol/MOZ/Roßkast. (gereinigt)	9,59 \pm 0,06 a

Tab. 20: Schalengrundfarbe zum Erntetermin an ‚Jonagold‘-Früchten (Lab-Wert), gemessen an der rotfarbigen (C) und an der grünfarbigen Seite (D); Boniturtermin: 19.09.2000

Behandlung	L	a	B
UV-B	52,64 \pm 1,2 a	13,87 \pm 3,28 a	27,37 \pm 1,79 a
Roßkast. (Rohextrakt)	59,64 \pm 1,2 a	17,00 \pm 2,56 a	34,65 \pm 1,20 a
Roßkast. (gereinigt)	50,31 \pm 1,52 a	17,19 \pm 2,56 a	26,44 \pm 1,39 a
α -Tocopherol/MOZ	50,54 \pm 1,03 a	17,90 \pm 1,60 a	26,80 \pm 1,04 a
α -Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	49,00 \pm 0,60 a	20,84 \pm 1,04 a	25,32 \pm 0,49 a
D	L	a	b
Behandlung	L	a	b
UV-B	69,22 \pm 0,68 a	-16,46 \pm 0,78 a	41,22 \pm 0,59 a
Roßkast. (Rohextrakt)	69,71 \pm 0,55 a	-18,33 \pm 0,30 a	41,76 \pm 0,35 a
Roßkast. (gereinigt)	72,16 \pm 0,45 a	-18,10 \pm 0,30 a	41,46 \pm 0,45 a
α -Tocopherol/MOZ	67,78 \pm 0,41 a	-18,69 \pm 0,40 a	45,15 \pm 0,47 a
α -Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	69,64 \pm 0,32 a	-19,76 \pm 0,15 a	46,00 \pm 0,25 a

**Tab. 21: Zucker- und Säuregehalt von ‚Jonagold‘-Früchten zum Erntetermin.
(Messtermin 19.09.2000)**

Behandlung	Zuckergehalt (%)	Säuregehalt (%)
UV-B	12,25	1,25
Roßkast. (Rohextrakt)	11,0	1,23
Roßkast. (gereinigt)	12,5	1,01
α -Tocopherol/MOZ	13,5	1,14
α -Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	13,25	1,20

**Tab. 22: Festigkeit von Apfelfrüchten der Sorte ‚Jonagold‘ nach einer Lagerperiode
von 8 Wochen (19.09.2000)**

Behandlung	Festigkeit (N)
UV-B	8,84 \pm 0,14 a
Roßkast. (Rohextrakt)	8,52 \pm 0,21 a
Roßkast. (gereinigt)	8,84 \pm 0,11 a
α -Tocopherol/MOZ	8,79 \pm 0,22 a
α -Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	8,54 \pm 0,36 a

Tab. 23: Schalengrundfarbe an ‚Jonagold‘-Früchten (Lab-Wert) nach 8-wöchiger Lagerung, gemessen an der rotfarbigen (C) und an der grünfarbigen Seite (D); Boniturtermin: 25.11.2000.

C

Behandlung	L	a	b
UV-B	53,67 ± 1,23 a	13,94 ± 4,28 a	29,41 ± 2,66 a
Roßkast. (Rohextrakt)	56,54 ± 2,2 a	16,87 ± 2,11 a	33,76 ± 2,10 a
Roßkast. (gereinigt)	52,62 ± 2,41 a	15,34 ± 2,88 a	27,51 ± 1,81 a
α-Tocopherol/MOZ	51,36 ± 2,01 a	16,66 ± 1,68 a	25,92 ± 1,56 a
α-Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	50,00 ± 0,78 a	18,78 ± 1,14 a	25,41 ± 0,96 a
D	L	a	b
Behandlung			
UV-B	67,01 ± 0,71 a	-17,42 ± 0,58 a	41,27 ± 0,89 a
Roßkast. (Rohextrakt)	68,62 ± 0,51 a	-17,33 ± 0,41 a	41,98 ± 0,55 a
Roßkast. (gereinigt)	70,04 ± 0,68 a	-17,10 ± 0,52 a	41,57 ± 0,61 a
α-Tocopherol/MOZ	66,98 ± 0,98 a	-17,68 ± 0,81 a	44,22 ± 0,51 a
α-Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	68,12 ± 0,52 a	-18,71 ± 0,95 a	43,21 ± 0,45 a

Tab. 24: Zucker- und Säuregehalt bei ‚Jonagold‘-Früchten, gemessen nach einer Lagerperiode von 8 Wochen. Während der Vegetationsperiode 1999 erfolgten Applikationen mit verschiedenen Pflanzenstärkungsmitteln. (Messtermin: 25.11.2000)

Behandlung	Zuckergehalt (%)	Säuregehalt (%)
UV-B	12,25	1,21
Roßkast. (Rohextrakt)	11,0	1,20
Roßkast. (gereinigt)	12,5	1,05
α-Tocopherol/MOZ	13,5	1,16
α-Tocopherol/MOZ/ Roßkast. (gereinigt)	13,25	1,19

4. Diskussion

In den Jahren 1995 bis 1998 sind insbesondere im Rheinland in ökologisch geführten Betrieben an Apfelbäumen erhebliche Qualitäts- und Ertragsverluste aufgetreten, die auf eine starke Sonneneinstrahlung zurückzuführen waren. Neben Veränderungen der Schalengrundfarbe von Apfelfrüchten sind Verbräunungen, die Bildung von Faulstellen und Rißbildungen mit nachfolgenden Pilzinfektionen im vermehrten Maße aufgetreten. An Apfelblättern kam es zur Bildung von nekrotischen Läsionen, insbesondere in sonnenexponierten Blattbereichen. Durch Trockenheit wurden diese Schäden noch verstärkt. Daher wurden im Rahmen dieser Studie Verfahren entwickelt, die das pflanzeigene Abwehrsystem gegenüber vermehrt auftretender UV-B-Strahlung unterstützen können.

Die Untersuchungsergebnisse unter kontrollierten Bedingungen haben gezeigt, dass die Behandlung von *Phaseolus vulgaris*-Blättern mit Vitamin E/MOZ das Auftreten von Blattschäden gemindert hat. Dies konnte auch bei 'Jonagold'-Früchten gezeigt werden, wo die infolge einer UV-B-Bestrahlung geschädigte Fläche nach Behandlung mit Vitamin E/MOZ am geringsten war. In beiden Fällen erfolgte die Behandlung 24 h vor der UV-B-Bestrahlung. Daneben zeigten Blätter und Früchte, die 24 h vor der UV-Bestrahlung mit dem Rosskastanienrindenextrakt behandelt wurden, im Vergleich zur unbehandelten Variante verminderte Schäden, jedoch waren die Schäden grösser als in der mit Vitamin/MOZ behandelten Variante. Diese Boniturergebnisse konnten durch die Messungen der maximalen Fluoreszenz bestätigt werden. Die maximale Fluoreszenz (F_m), welche ein Maß für die photosynthetische Aktivität in Blättern und Früchten darstellt, war in den mit Vitamin E/MOZ behandelten Primärblättern bzw. Früchten am wenigsten stark gemindert.

Für die Wirksamkeit gegenüber UV-B-Strahlung scheinen sowohl die absorbierenden Eigenschaften, als auch die antioxidativen Eigenschaften eines Stoffes/Stoffgemisches von Bedeutung zu sein. Möglicherweise kann ein Teil der auf die Pflanzenoberfläche auftreffenden UV-B-Strahlung von den Wirkstoffen absorbiert werden. Der übrige Teil der Strahlung wird von pflanzeigenen Molekülen absorbiert und kann dort bei Überschreitung der antioxidativen Kapazitäten des Abwehrsystems in Pflanzenschäden resultieren.

Ein Vergleich der Absorptionskurven beider Stoffmischungen in der angewandten Konzentration ergab eine stärkere Absorption des Vitamin E/MOZ-Präparates im UV-B-Bereich im Vergleich zum Rosskastanienrindenextrakt.

Dies würde die bessere Wirkung des Vitamin E/MOZ-Gemisches im Vergleich zum Rosskastanienextrakt bestätigen.

Zusätzlich wird in der Literatur die hohe antioxidative Wirkung des Vitamin E's von verschiedenen Autoren beschrieben (FRYER, 1992, HESS, 1993, SCHMITZ-EIBERGER und NOGA, 2001). MEYER (1997) und MCCLURIE (1975) geben als antioxidativ wirksame Verbindungen im Rosskastanienextrakt phenolische Verbindungen an. Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass das antioxidative Potential der Tocopherole (Vitamin E) im lipophilen Medium deutlich höher ist im Vergleich zu wasserlöslichen phenolischen Verbindungen (SCHMITZ, 1997), was wiederum ein Indiz für die höhere Wirksamkeit des Vitamin E-Präparates wäre. Die bei UV-B-Bestrahlung in der Pflanze gebildeten Radikale sind ebenfalls zunächst im lipophilen Medium aktiv, da sie bevorzugt mit Membranlipiden reagieren.

In den Freilanduntersuchungen waren die UV-B-induzierten Schäden an Apfelbäumen im Vegetationsjahr 1999 und Vegetationsjahr 2000 deutlich geringer im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren. Dies ist vermutlich auf die relativ kühle Witterung und im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren geringere UV-B-Strahlung im Spätsommer zurückzuführen, da Apfelfrüchte in dieser Phase am empfindlichsten auf UV-B-Strahlung reagieren.

Dagegen waren starke Schäden in der unbehandelten Variante am Standort Elgin Valley, Südafrika, zu erkennen. Eine deutliche Minderung UV-B-induzierter Schäden an Früchten der Sorte 'Granny Smith' wurde in Südafrika nach Behandlung mit Vitamin E/MOZ nachgewiesen. Diesen Ergebnissen aus Südafrika kommt besondere Bedeutung zu, da dort sehr hohe UV-Intensitäten zu verzeichnen sind.

Die Kombination des Rosskastanienextraktes mit der Vit. E/MOZ-Formulierung führte zu keiner Steigerung der Wirksamkeit im Vergleich zu Vit. E/MOZ alleine, jedoch stieg die Wirksamkeit des Rosskastanienextraktes in Kombination mit der Vit. E-Form im Vergleich zu einer Applikation des Rosskastanienextraktes alleine an. Die Verteilung und Retention des Rosskastanienextraktes auf den Blättern und Früchten war durch den Zusatz der Vitamin E-Formulierung gleichmäßiger und resultierte möglicherweise in einer gleichmäßigeren Absorption des UV-Lichtes. Im Freiland konnten diese Untersuchungen jedoch, ähnlich wie im Vorjahr wegen des geringen Auftretens von Sonnenbrandschäden an Äpfeln, nicht bestätigt werden. In der zweiten Antragsperiode wurden zusätzlich noch einige andere möglicherweise UV-absorbierende Substanzen, wie beispielsweise ZnO, Zimtsäure oder ein

Extrakt aus *Centaureum erythraea*, sowie Mischungen aus α -Toc./ZnO jeweils unter Zusatz von Zimtsäure oder Tausendgüldenkraut-Extrakt auf ihre Wirksamkeit geprüft.

Dabei erwies sich die kombinierte Applikation von Vit.E/ZnO/Zimtsäure oder Vit.E/ZnO/*C. erythraea* unter kontrollierten Bedingungen bei *P. vulgaris* als wirksam. Diese Wirkung beruhte jedoch in geringerem Maße auf den antioxidativen -, sondern vielmehr auf den absorbierenden Eigenschaften der Stoffe, wie vorhergehende Untersuchungen mit dem radikalbildenden Herbizid Paraquat bzw. die Messung der Absorption der Komponenten im UV-Bereich gezeigt haben. Untersuchungen an Apfelfrüchten, die vor der UV-B-Behandlung mit den einzelnen Wirkstofflösungen behandelt worden waren, haben eine gute Wirksamkeit für die Wirkstoffe α -Toc./MOZ, ZnO oder eine Mischung aus α -Toc./ZnO und Tausendgüldenkraut ergeben. Diese gute Wirksamkeit ist auf die antioxidativen und absorptiven Eigenschaften des α -Toc.'s sowie die Licht- und Wärmestrahlung reflektierenden Eigenschaften des ZnO's zurückzuführen.

Der Einsatz der Hauptwirksubstanz des Rosskastanienextraktes, Aesculin, erwies sich aus Kostengründen und aufgrund der phytotoxischen Reaktionen der Pflanze als ungünstig, obwohl eine Schutzwirkung gegenüber UV-B-Stress gegeben war.

5. Zusammenfassung

Das Auftreten hoher Qualitäts- und wirtschaftlicher Einbußen in ökologisch geführten Betrieben im rheinischen Obstbau infolge hoher UV-B-Strahlung war Grundlage dieser Studie. Im Rahmen dieses Projektes sollten Möglichkeiten gefunden werden, um UV-B induzierte Pflanzenschäden zu vermindern.

Die Untersuchungen wurden an *Phaseolus vulgaris*-Primärblättern und 'Jonagold'-Früchten unter kontrollierten Bedingungen mit einer speziell für diese Studie am Institut für Obstbau und Gemüsebau etablierten Bestrahlungseinheit durchgeführt. Zusätzlich wurden Freilandversuche an der Sorte 'Jonagold' in einem ökologisch geführten Betrieb im Rheinland, an 'Jonagold'-Früchten in Dresden Pillnitz und am Standort Südafrika an der Apfelsorte 'Granny Smith' durchgeführt.

Die Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen ergaben eine Minderung von UV-B-induzierten Pflanzenschäden bei Behandlung mit Vitamin E/4-Methoxy-zimtsäure-2-ethylhexylester sowie bei Behandlungen mit dem Rosskastanienrindenextrakt. Behandlungen mit *Hypericum* der Fa. Ceres, Kerpen Türnich, und Fa. Weleda, Schwäbisch Gmünd, ergaben keine signifikante Minderung UV-B-induzierter Schäden. Die durch Bonitur erhobenen

Resultate konnten durch Messungen der maximalen Chlorophyllfluoreszenz bestätigt werden, einem Verfahren, das auf objektiver Basis die Beeinträchtigung zentraler Stoffwechselprozesse im Bereich der Photosynthese erfasst.

Im Freilandversuch in einem ökologisch geführten Betrieb im Rheinland traten im Vegetationsjahr 1999 im Vergleich zu den Vorjahren geringere Sonnenbrandschäden auf. Dies war vermutlich auf den relativ kühlen Spätsommer zurückzuführen. Dagegen waren deutliche Fruchtschäden am Standort Südafrika zu verzeichnen. Dort konnte eine deutliche Minderung von Sonnenbrandschäden an der Apfelsorte 'Granny Smith' bei Behandlung mit Vitamin E/MOZ nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis hat besondere Bedeutung, da die UV-Intensitäten in diesem Gebiet besonders hoch sind. Die Untersuchungen der verschiedenen Fruchtqualitätsparameter, wie Festigkeit, die Farbausbildung der Schale, sowie die Zucker-, Säure- und Mineralstoffgehalte als qualitätsbestimmende Parameter an den Früchten der Sorte ‚Jonagold‘ haben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Prüfvarianten und der Kontrolle ergeben.

Die optimale Anwendungskonzentration des Rosskastanienrindenextrakts lag bei 100 g Rosskastanienrinde pro Liter Wasser, die des Vitamin E-Präparates bei 0,2 % a.i. α -Tocopherol und 1,5 % a.i. Methoxyzimtsäurederivat in Wasser (Ergebnisse nicht dargestellt). Unter kontrollierten Bedingungen konnte eine Mindestwirkdauer von 7 Tagen nachgewiesen werden, die unter Freilandbedingungen bestätigt werden konnte.

Eine Verbesserung der Wirksamkeit des Rosskastanienextraktes konnte durch Zusatz der Vit. E/MOZ-Formulierung erreicht werden, da anscheinend durch die Formulierung eine bessere Verteilung des Extraktes auf der Blattoberfläche gegeben war.

In der zweiten Antragsphase wurden einige weitere Substanzen auf ihre Wirksamkeit zur Minderung von Sonnenbrandschäden unter kontrollierten Bedingungen geprüft. Dabei erwies sich die Applikation von α -Toc./MOZ sowie ZnO separat oder die kombinierte Applikation von Vit.E/ZnO/*C.erythraea* unter kontrollierten Bedingungen an *P. vulgaris*-Blättern und ‚Granny-Smith-Früchten als wirksam. Ob eine ausreichende Wirkung dieser zusätzlich untersuchten Substanzen unter Freilandbedingungen gegeben ist, wäre noch in weiteren Freilanduntersuchungen zu prüfen. Dies war jedoch nicht mehr Bestandteil dieses Projektes.

6. Schlussfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis

Das Auftreten von Sonnenbrand stellte in den letzten Jahren im Obstanbau Nordrhein-Westfalens sowohl in den ökologisch als auch in den integriert geführten Betrieben ein großes Problem dar. In Jahren mit großer Hitze und hoher UV-B-Strahlungsdichte können die Ertragsausfälle im Apfelanbau, insbesondere im ökologischen Obstbau, bei extrem empfindlichen Sorten und exponierter Lage zwischen 20-30 % erreichen. Aufgrund des Anstiegs des UV-B-Anteils in der Lichteinstrahlung und anderer Stressfaktoren, wie Hitze oder hohe Ozongehalte, werden in den nächsten Jahren zunehmende Ertragsausfälle erwartet. Vor allem nach Sommerschnitt sind Apfelfrüchte sehr sensitiv gegenüber Sonnenbrandschäden. In begrenztem Maße sind Pflanzen mit Hilfe ihres pflanzeneigenen Abwehrsystems in der Lage, sich vor solchen Schadeinwirkungen zu schützen. Übersteigt der Stress jedoch einen kritischen Bereich, kommt es zu Schäden an Blättern und Früchten.

In diesem Projekt wurden verschiedene Stoffe natürlicher Herkunft, die für eine Anwendung im ökologischen, aber auch im integrierten Obstbau verwendbar sind, auf ihre Wirksamkeit gegen Sonnenbrand geprüft. Diese Präparate sollen durch Unterstützung des pflanzeneigenen Abwehrsystems die als Folge UV-B-Streß auftretenden Schäden mindern oder verhindern. Aus diesen Untersuchungen können sichere Aussagen über die biologische Wirksamkeit natürlicher Stoffe bzw. Pflanzenextrakte gewonnen und auf der Grundlage der Freilandversuche für den ökologischen und integrierten Obstbau Empfehlungen für die Anwendung in der Praxis abgeleitet werden.

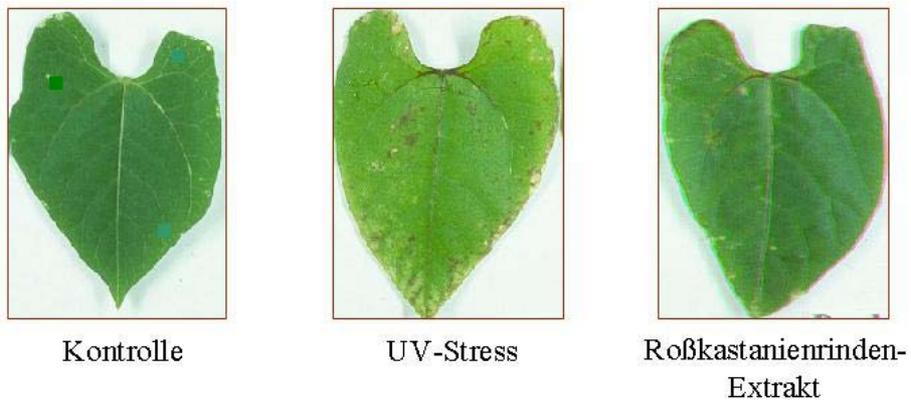
7 Literaturverzeichnis

- BAUR, P., STULLE, K., UHLIG, B., J. SCHÖNHERR, 1998: Absorption von Strahlung im UV-B und Blaulichtbereich von Blattkutikeln ausgewählter Nutzpflanzen. *Gartenbauwiss.* 63, 145-152.
- CALDWELL, 1982: UV-B sensitivity of plant photosynthesis as influenced by visible irradiation. In: Bauer, H., Caldwell, M.M., Tevini, M., Worrest, R.C. (ed.) BPT-Bericht, 5/82, GSF Neuherberg, 117-120.
- CALDWELL, M.M., TERAMURA, A.H., TEVINI, M. (1989): The changing solar ultraviolet climate and the ecological consequences for higher plants. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 4, 12, 363-367.
- DAY, T. A., Vogelmann, T.C., De Lucia, E.H., 1992: Are some plant life forms more effective than others in screening out ultraviolet-B radiation? *Oecologia* 92, 513-519.
- FRYER, M.J., 1992: The antioxidative effect of thylakoid vitamin E (α -tocopherol). *Plant, Cell and Environment* 15, 381-392.
- HESS, J.L. 1993: Vitamin E, α -Tocopherol. Antioxidants in Higher Plants. R. G. Alscher, J. L. Hess (Eds.). CRC Press, Inc., Boca Raton. 111-134.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL und P. VOLESKE 1992: *Biometrie*. Springer-Verlag, Berlin.
- MCCLURE, J.W., 1975: Introduction to plant biotechnology. In: Harborne J.B., Mabry T.J., Mabry H. (Hrsg.), *The Flavonoids*. Chapman and Hall, London.
- MEYER, U., 1997: Entwicklung von HPLC-Methoden zur Bestimmung von Sekundärmetaboliten in Zellsuspensionen von *Aesculus hippocastanum* L. und in der Grünalge *Dunaliella salina*. Dissertation Universität Braunschweig.
- SCHMITZ, M., 1997: Minderung von oxidativem Streß durch exogene Applikation von Tocopherol. Diss. Uni. Bonn.
- SCHMITZ-EIBERGER, M. und G. NOGA, 2001: Quantification and reduction of UV-B induced plant Damage in *Phaseolus vulgaris* leaves and *Malus domestica* fruits. *J. Applied Botany* 75, 53-58.
- SCHREIBER, U., BILGER, W. and NEUBAUER, C., 1995: Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schilze, E.-D. and M.M. Caldwell (eds.) *Ecophysiology of Photosynthesis*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 49-70.
- WELLMANN, E., 1993: UV- radiation in Photomorphogenesis. In: O.L. Lange, P.S., NOBEL, OSMOND, C.B., ZIEGLER, H. (eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*, Vol. 16 B, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 745-756.

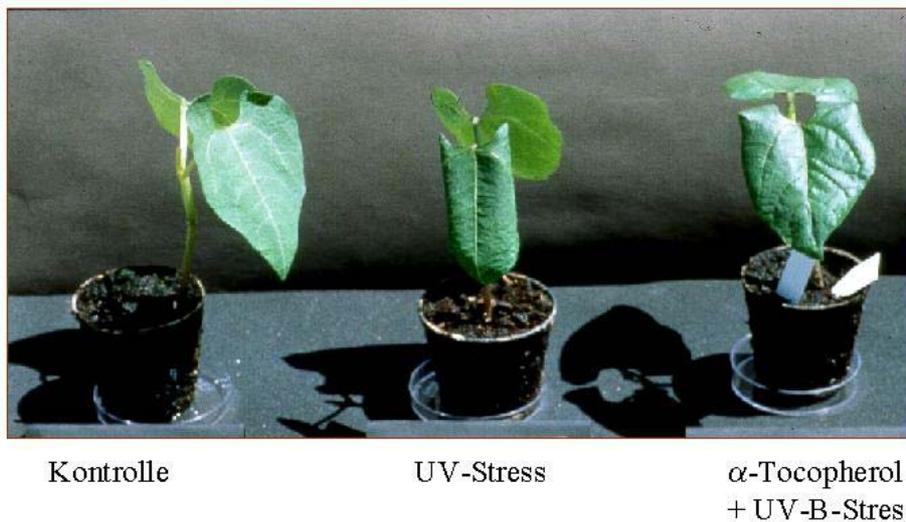
8 Anhang



**Klimakammer mit UV-B-Bestrahlungseinrichtung
und UV-B-Sensor (Pfeil)**



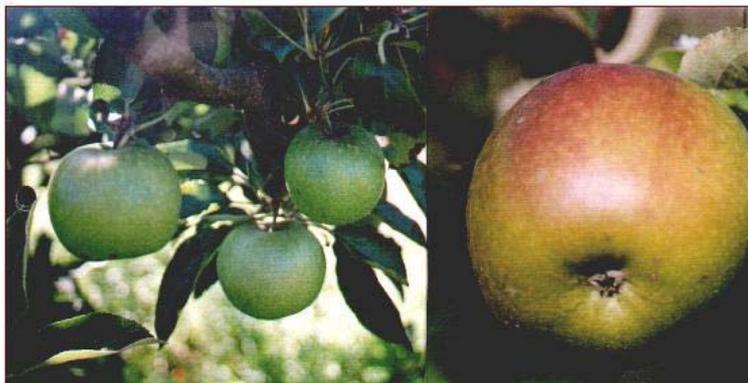
***Phaseolus vulgaris*-Blätter nach Vorbehandlung mit Roßkastanienrindenextrakt und nachfolgender UV-Exposition (5 kJ/cm^2 über 8 Stunden) im Vergleich zur Kontrolle und UV-B-Behandlung ohne vorausgegangene Präparateapplikation**



***Phaseolus vulgaris*-Blätter nach Behandlung mit α -Tocopherol und UV-B-Exposition im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und ausschließlich mit UV-B behandelten Variante.**



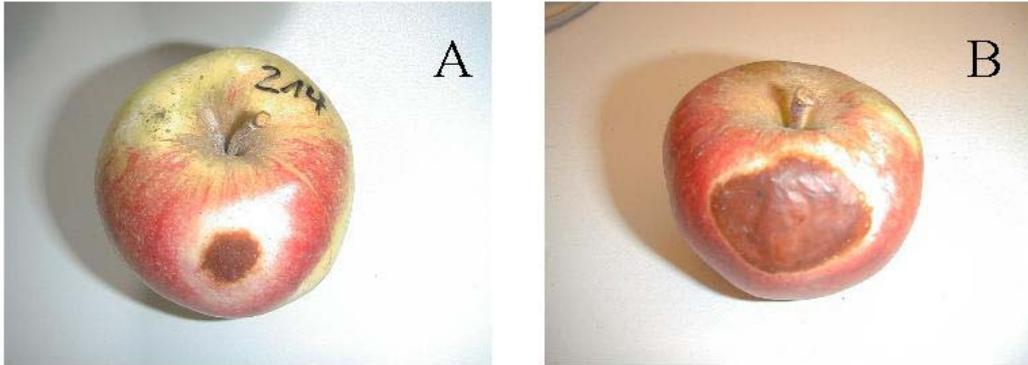
Lichtexponierte und sonnenbrandgeschädigte Kontrollfrüchte der Sorte ‚Golden Delicious‘ am Standort ‚Elgin Valley‘, Südafrika



‚Golden Delicious‘-Früchte nach Behandlung mit Vit. E/MOZ und UV-B Exposition im Freiland am Standort ‚Elgin Valley‘, Südafrika



Schwache (A), stärkere (B) Sonnenbrand-schäden sowie Verkorkung (C) an roten Früchten im Freiland



Minderung von Sonnenbrandschäden an ‚Jonagold‘-Früchten unter Freilandbedingungen; Vergleich ZnO-Behandlung (A), Zimtsäure-Behandlung (B)

9 Konsequenzen für weitere Forschungsarbeiten

Aufgrund des zunehmenden Auftretens von UV-B-induzierten Ertrags- und Fruchtqualitätsbeeinträchtigungen soll im Rahmen einer geplanten Folgestudie die Wirksamkeit des Rosskastanienrindenextraktes und des Vitamin E-Präparates beispielhaft an *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen unter kontrollierten Bedingungen und an ‚Jonagold‘-Früchten unter Freilandbedingungen optimiert werden. Dies soll einerseits durch Verfahren erfolgen, mit welchen die Hauptwirksubstanzen aus dem Extrakt der Rosskastanienrinde (*Aesculus hippocastanum*) identifiziert und angereichert werden. Andererseits soll durch Zusatz von Formulierungshilfsstoffen, die auch mit den Anforderungen des ökologischen Obstbaus konform sind, eine bessere Retention der Spritzlösung auf der Pflanzenoberfläche und homogenere Verteilung des Extraktes bei der Applikation erreicht werden. Zudem soll geprüft werden, ob durch eine kombinierte Anwendung des Rosskastanienextraktes mit α -Tocopherol eine weitere Verbesserung der biologischen Wirksamkeit zu erzielen ist.

10 Mitteilung über evtl. schützenswerte Nutzungsrechte

keine

11 Liste über Veröffentlichungen

- Schmitz, M. and G. Noga, 1998: Tocopherol and its potential for improving fruit quality in apple. In: Antioxidants in Higher Plants, G. Noga, M. Schmitz (eds.), Shaker Verlag, 139-148.
- Schmitz, M. and G. Noga, 1998: Minderung von UV-B-induzierten Pflanzenschäden. XXIII. DGQ-Vortragstagung, DGQ-Verlag, Dresden, 51-54.
- Schmitz-Eiberger, M. and G. Noga, 2000: Quantification and reduction of UV-B induced plant damage in *Phaseolus vulgaris* leaves and *Malus domestica* fruits and leaves. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. Alföldi, T., Lockeretz, W. and Niggli, U. (eds.), VDF Hochschulverlag, Zürich.
- Schmitz-Eiberger, M. und G. Noga, 2001: Quantification and reduction of UV-B induced plant Damage in *Phaseolus vulgaris* leaves and *Malus domestica* fruits. J. Applied Botany 75, 53-58.
- Schmitz-Eiberger, M. und G. Noga: UV-B radiation - Induced oxidative stress and antioxidative defense in *Phaseolus vulgaris* leaves. J. Applied Botany (in press).

12 Liste über Vorträge

Schmitz, M. und G. Noga: Tocopherol and its potential for improving fruit quality in apple. Symposium East Lansing/Michigan, USA 06/1997.

Schmitz, M. and G. Noga: Minderung von UV-B-induzierten Pflanzenschäden. Vortrag bei der XXIII. DGQ-Tagung, 03/1998.

Schmitz, M. and G. Noga: Exogenous application of antioxidants for reduction of UV-B-induced leaf and fruit damage. Internationale Tagung ISHS, Brüssel 1998.

Schmitz, M. und G. Noga: Physiologische Auswirkungen von UV-B und Trockenstreß bei Bohne und Apfel. Vortrag bei der 36. Gartenbauwissenschaftlichen Tagung, 3. bis 5. März 1999, in Dresden.

Schmitz, M. und G. Noga: Minderung von UV-B-induzierten Pflanzenschäden. Posterpräsentation USL/Bonn, 1999.

Noga, G. und M. Schmitz: Minderung von UV-B induzierten Pflanzenschäden bei gartenbaulichen Nutzpflanzen. Vortrag vor dem Arbeitskreis „Biologisch-dynamischer Obstbau“ am 29.11.1999, Schloß Türnich, Kerpen-Türnich.

Schmitz, M. und G. Noga: Quantification and reduction of UV-B induced plant damage in *Phaseolus vulgaris* leaves and *Malus domestica* fruits and leaves. Internationale Tagung der IFOAM, Basel, 2000.

Schmitz, M. und G. Noga: Effect of UV-B radiation on the antioxidative system of *Phaseolus vulgaris* plants. Internationale Tagung Plant Physiology, Rhode Island, USA.

13 Kurzfassung

Aufgrund einer anthropogen bedingten Abnahme des Ozongehaltes in der Stratosphäre ist in den letzten Jahren ein Anstieg des UV-B-Anteils der Lichteinstrahlung zu verzeichnen. Insbesondere an Tagen mit hoher Strahlungsdichte kann dies unter anderem Beeinflussungen der Photosynthese oder enzymatischer Aktivitäten im pflanzlichen Stoffwechsel zur Folge haben. Bei länger anhaltendem UV-B-Streß sind auch irreparable Pflanzenschäden möglich, die sich bei Blättern in Form von Nekrosen manifestieren. Bei Apfelfrüchten resultiert dieser UV-B-Stress in Veränderungen der Schalengrundfarbe der Früchte, in Rissbildungen oder in einer Bildung von Faulstellen. Das Auftreten von Sonnenbrand stellte in den letzten Jahren im Obstanbau Nordrhein-Westfalens sowohl in den ökologisch als auch integriert geführten Betrieben ein großes Problem dar. In Jahren mit großer Hitze und hoher UV-B-Strahlungsdichte können die Ertragsausfälle im Apfelanbau bei extrem empfindlichen Sorten und exponierter Lage 20-30 % erreichen.

Ursache für die Gewebeschäden auf zellulärem Niveau ist die Bildung von freien Radikalen, die nachweislich zu einem Abbau der Zellmembranen führen können. Ob der bei Früchten auftretende Sonnenbrand direkt aus einer erhöhten UV-B Belastung mit nachfolgender Radikalbildung resultiert, ist bislang ungeklärt, gilt aber als wahrscheinlich.

Auf der Grundlage ausgewählter physiologischer Parameter, wie der Elektronentransportaktivität in den Chloroplasten, wurden unter kontrollierten Bedingungen bei *Phaseolus vulgaris* L. Pflanzen Dosis-Wirkungsbeziehungen ermittelt. Mit Hilfe der Chlorophyllfluoreszenzmessung wurde geprüft, ob durch Applikation antioxidativ wirkender Substanzen die Intensität und das Ausmaß der Gewebeschäden gemindert werden kann.

Bereits eine Bestrahlung mit $0,5 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ resultierte bei *P. vulgaris* im Primärblattstadium in einer unmittelbaren Beeinträchtigung primärer Photosyntheseprozesse, die mit Hilfe der Chlorophyllfluoreszenz zuverlässig und reproduzierbar quantifiziert werden konnte. Die Maximalfluoreszenz (Fm) sank im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ($1,92 \pm 0,027$) auf ein Niveau von $1,66 \pm 0,021$, stieg anschließend jedoch innerhalb von 24 Stunden auf $1,84 \pm 0,015$ an. Eine Erhöhung der Bestrahlungsdauer von 30 auf 45 min. hatte ein Einrollen der Blätter sowie die Ausbildung nekrotischer Flecken zur Folge. Bei Apfelfrüchten entwickelten sich bei gleicher Dosis Aufhellungen auf den UV-B-exponierten Schalenpartien, die auf einen Chlorophyllabbau zurückzuführen waren. Bei Buschbohnen, Apfelblättern und -früchten konnte eine deutliche Minderung der UV-B-induzierten Schäden durch Vorbehandlung der Pflanzen mit einer wässrigen Vitamin E/4-Methoxy-zimtsäure-2-ethyl-hexylester-Lösung oder nach Behandlung mit Rosskastanienrindenextrakt erreicht werden. Eine Behandlung mit *Hypericum* der Fa. Ceres,

Kerpen Türrich, und Fa. Weleda, Schwäbisch Gmünd, ergab keine signifikante Minderung UV-B-induzierter Schäden. Diese Ergebnisse konnten durch Messungen der maximalen Fluoreszenz bestätigt werden.

Die Prüfung der Hauptwirksubstanz des Rosskastanienrindenextraktes ‚Aesculin‘ haben an *Phaseolus vulgaris*-Pflanzen sonnenbrandmindernde Effekte ergeben. Allerdings hatte die Applikation der Reinsubstanz phytotoxische Effekte, wie z.B. die Bildung nekrotischer Läsionen auf den Blättern zur Folge. Wegen der hohen Kosten ist die Substanz für eine Anwendung im Freiland nicht sehr geeignet. Die Untersuchungen des aufgereinigten Rosskastanienrindenextraktes und des Rohextraktes haben keine Unterschiede im Wirkungsgrad gegenüber Sonnenbrand ergeben. Der Zusatz der Vit. E/MOZ-Formulierung erhöhte die Wirksamkeit des Rosskastanienrindenextraktes; jedoch war die Wirksamkeit der Mischung nicht stärker als die Vit. E/MOZ-Formulierung alleine. Die Prüfung von Alternativsubstanzen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zum Schutz vor Sonnenbrand an *P. vulgaris*-Pflanzen ergab einen sonnenbrandmindernden Effekt für die Kombinationen aus ‚Vit. E, ZnO, Zimtsäure‘ oder ‚Vit. E, ZnO, Tausendgüldenkraut-Extrakt‘. Die Wirkung im Freiland konnte jedoch aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieses Projektes nicht mehr geprüft werden.

Im Freilandversuch in einem ökologisch geführten Betrieb im Rheinland traten im Vegetationsjahr 1999 im Vergleich zu den Vorjahren geringere Sonnenbrandschäden auf. Dies war vermutlich auf den relativ kühlen Spätsommer zurückzuführen. Dagegen waren deutliche Fruchtschäden am Standort Südafrika aufgrund der dort höheren Lichteinstrahlung zu verzeichnen. Dort konnte eine deutliche Minderung von Sonnenbrandschäden an der Apfelsorte 'Granny Smith' bei Behandlung mit Vitamin E/MOZ nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis hat besondere Bedeutung, da die UV-Intensitäten in diesem Gebiet besonders hoch sind.

Unterschiede zwischen den Prüfvarianten und der Kontrolle hinsichtlich der Fruchtfleischfestigkeit, der Farbausbildung der Schale, sowie der Zucker- und Säuregehalte und der Mineralstoffe als qualitätsbestimmende Parameter an ‚Jonagold‘-Früchten zum Erntetermin und nach 8 wöchiger Lagerung in einem Kühllager ergaben keine signifikanten Unterschiede.

Die optimale Anwendungskonzentration des Rosskastanienrindenextraktes lag bei 100 g Rosskastanienrinde pro Liter Wasser, die des Vitamin E-Präparates bei 0,2 % a.i. α -Tocopherol und 1,5 % a.i. Methoxyzimtsäurederivat in Wasser (Ergebnisse nicht dargestellt).

Unter kontrollierten Bedingungen konnte eine Mindestwirkdauer beider Präparate von 7 Tagen nachgewiesen werden. Dies konnte in Untersuchungen unter Freilandbedingungen bestätigt werden.