

Minderung frostbedingter Blütenschäden an Apfel- und Sauerkirschtrieben durch Vitamin E (α -Tocopherol) und Glycerol

D. Wölfel und G. Noga¹

1 Einleitung

Frühjahrs- bzw. Spätfröste können bei Obstkulturen zu Ertragsminderungen bis hin zum Totalausfall führen. Vielfach wurden chemische Präparate, sog. Kryoprotektoren, zum Frostschutz der Obstblüten eingesetzt. Es zeigten sich u.a. vielversprechende Ansätze bei Glycerol und Ethylenglycol (COULTER, 1962; KETCHIE und MURREN, 1976). Vitamin E (α -Tocopherol) kann in seiner Funktion als Antioxidans in der Pflanze oxidativen Streß mindern (FRYER, 1992). Oxidativer Streß wird u.a. durch niedrige Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes hervorgerufen (PRASAD et al., 1984).

Zielsetzung der Untersuchungen war es zu überprüfen, ob eine Behandlung blühender Apfeltriebe mit dem Antioxidans Vitamin E (α -Tocopherol) und/oder dem Kryoprotektor Glycerol das Ausmaß an Blütenschäden nach gradueller Temperaturabsenkung vermindert. Wegen der geringeren toxikologischen Bedenklichkeit wurde Glycerol gegenüber Ethylenglycol als Kryoprotektor bevorzugt. Die Behandlung des Pflanzenmaterials zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor der künstlichen Frostung sollte Auskunft über den optimalen Applikationstermin der Chemikalien geben.

2 Material und Methoden

Auf der Obstversuchsanlage (OVA) Klein-Altendorf der Universität Bonn wurden am 4. Mai 1994 und am 5. April 1995 Triebe von blühenden Apfelbäumen der Sorte 'Boskoop'/M9 (Pflanzjahr: 1987) entnommen. Dabei wurde auf einen vergleichbaren Blütenbesatz der Triebe geachtet.

Die blühenden Apfeltriebe ($n=4-7$) wurden mit Vitamin E (α -T-OH, 0,25% a.i. v/v, Flentge Pflanzenstärkungsmittel, Lage), Glycerol (GLY, 5% w/v) und einer Mischung aus beiden Substanzen (α -T-OH + GLY) tropfnaß eingesprüht. Als Kontrolle (K) dienten vollkommen unbehandelte Triebe. Vierundzwanzig und 48 Stunden nach der Vorbehandlung wurden die Triebe in einer Kühlzelle (Inhalt: 8 m³) einer kontrollierten Frostung ausgesetzt (Ausgangstemperatur: 10°C, Δ 0,3°C/min. Temperaturabsenkung).

¹ Diana Wölfel, Prof.Dr. Georg Noga, Institut für Obst-, Gemüse- und Weinbau der Universität Hohenheim, Fachgebiet Obstbau-Bavendorf, Schuhmacherhof, D-88213 Ravensburg

Tab.1 Frostungstemperaturen und Frostungsdauer in Abhängigkeit des verwendeten Pflanzenmaterials

Jahr	Sorte	Alter (Trieb)	Frostungstemperatur (°C)	Frostungsdauer (h)
1994	Boskoop	zweijährig mit letztjährigem Zuwachs	-2.0	3.0
1995	Boskoop	s.o.	-1.8 / -3.0	3.0 / 1.0

Zum Zeitpunkt der Frostung befanden sich die Blüten aus Infloreszenzen des mittleren Triebbereiches in folgenden Entwicklungsstadien (nach FLECKINGER, 1948):

- a) Zentralblüte - F/F₂ (Aufblühen / Vollblüte)
- b) Lateralblüten - E₂/F (Ballonstadium / Aufblühen)

Nach Abschluß des Frostvorganges erfolgte eine Erwärmung der Kühlzelle in Intervallen von 2°C je Stunde. Während der Frostung standen die Triebe in mit Wasser gefüllten Behältern. Vierundzwanzig bis 48 Stunden nach der Frostung wurden Infloreszenzen aus den mittleren Triebbereichen entfernt und die Blüten auf Frostschäden (= Verbräunung oder Schwarzfärbung des Griffels und des Fruchtknotens) untersucht. Es wurde zwischen Zentral- und Lateralblüten unterschieden, da sich nach KEMMER und SCHULZ (1955) die Frostempfindlichkeit der generativen Organe mit dem Entwicklungsstadium ändert. Insgesamt wurden je Versuchsglied 20-38 Zentral- und 50-179 Lateralblüten bonitiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich der Ergebnisse aus beiden Versuchsjahren zeigt, daß durch den Einsatz des Gemisches aus Vitamin E und Glycerol (α -T-OH + GLY) bei einem Vorbehandlungstermin von 24 Stunden der Anteil erfrorener Zentral- und Lateralblüten im Vergleich zur Kontrolle deutlich gesenkt werden konnte (Abb. 1+2).

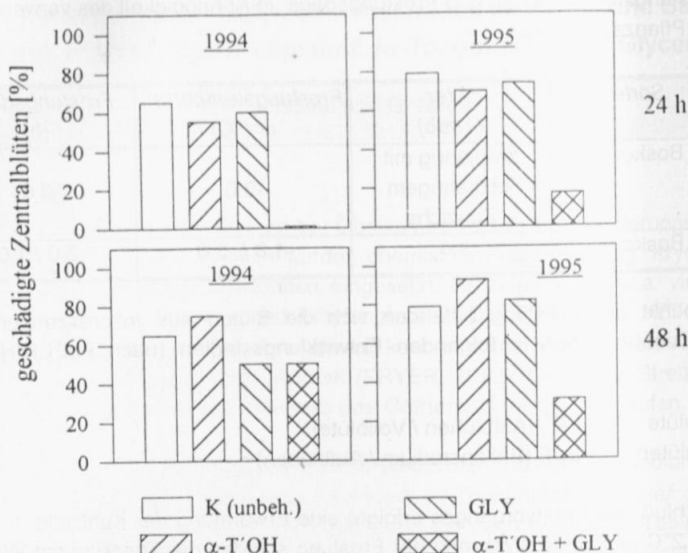


Abb. 1: Anteil geschädigter Zentralblüten nach künstlicher Frostung von Apfeltrieben der Sorte 'Boskoop' in den Versuchsjahren 1994 und 1995 in Abhängigkeit einer Vorbehandlung des Pflanzenmaterials mit Vitamin E (α -T'-OH, 0.25% a.i.) und/oder Glycerol (GLY, 5%) zu unterschiedlichen Terminen.

Im Versuchsjahr 1994 blieben in der Behandlungsvariante jegliche Frostschäden aus. Im Versuchsjahr 1995 reduzierte die Vorbehandlung mit α -T'-OH + GLY die Frostschäden bei den Zentralblüten um ca. 79%, bei den Lateralblüten um ca. 79% des entsprechenden Kontrollniveaus. Erfolgte die künstliche Frostung der blühenden Apfeltriebe 48 Stunden nach deren Behandlung, so lag im Versuchsjahr 1994 der Anteil frostgeschädigter Zentralblüten in den Varianten 'GLY' und ' α -T'-OH + GLY' unterhalb des Kontrollniveaus (Abb. 1). Bei den Lateralblüten führte die Anwendung aller Prüflösungen zu einer Reduktion der Frostschäden (Abb. 2). Dies konnte jedoch im Folgejahr nicht mehr bestätigt werden. Nach Anwendung des Mischpräparates ' α -T'-OH + GLY' waren im Vergleich zur Kontrolle die Frostschäden im Versuchsjahr 1994 bei den Zentralblüten um 23% und bei den Lateralblüten um 93%, im Versuchsjahr 1995 bei den Zentralblüten um 46% und bei den Lateralblüten um 61% reduziert.

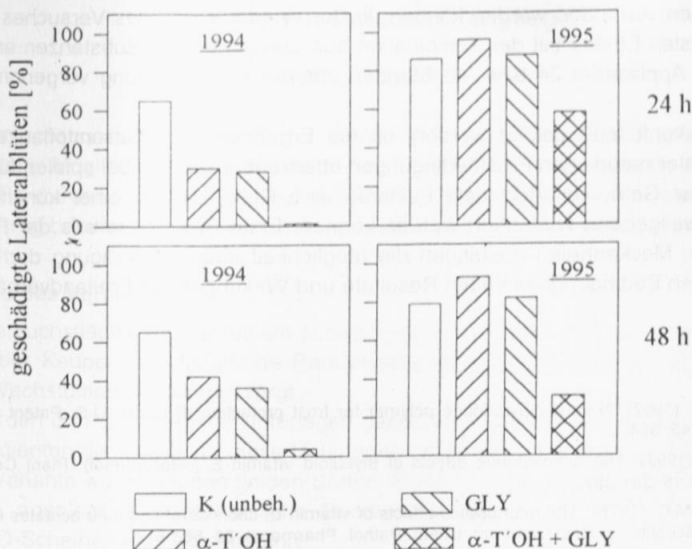


Abb. 2: Anteil geschädigter Lateralblüten nach künstlicher Frostung von Apfeltrieben der Sorte 'Boskoop' in den Versuchsjahren 1994 und 1995 in Abhängigkeit einer Vorbehandlung des Pflanzenmaterials mit Vitamin E (α -T'OH, 0.25% a.i.) und/oder Glycerol (GLY, 5%) zu unterschiedlichen Terminen.

Vitamin E erfüllt in der pflanzlichen Zelle neben der Funktion als Antioxidans die eines Regulators der Zellpermeabilität, indem es mit den Membranlipiden eine Assoziation eingeht und somit membranstabilisierend wirkt (GUTTERIDGE, 1978; URANO et al., 1988). Letzteres könnte für die Bewältigung von Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes von Bedeutung sein, denn als primäre Ursache für Frostschäden wird die Zerstörung der Plasmamembran angesehen (STĚPONKUS, 1984). Die Stabilität der Membran ist entscheidend für das Verhalten der Zelle während der Frostungs- und Auftauphasen. Extrazellulär auskristallisierende Eis entzieht dem Protoplasma Wasser, was einerseits den Gefrierpunkt senkt und die Unterkühlbarkeit steigert, andererseits jedoch in der ungefrorenen Restlösung zu einer Anreicherung von Salzionen und organischen Säuren in toxischen Konzentrationen führt (STĚPONKUS, 1984; LEVITT, 1980). Dem wirken penetrierende Kryoprotektoren entgegen. Sie binden im Gewebe Wasser (LEIBO et al., 1970; KETCHIE und MURREN, 1976) und verändern somit die osmotischen Eigenschaften des Protoplasmas. Auf diese Weise wird die Eisbildung vermindert, die zelluläre Dehydrierung aufgehalten und die Konzentration an Salzionen und potentiell toxisch wirkenden Komponenten des Protoplasmas minimiert (MERYMAN und WILLIAMS, 1985).

Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß durch den Einsatz des Antioxidans Vitamin E und des Kryoprotektors Glycerol künstlich erzeugte Frostschäden an reprodukti-

ven Organen verhindert werden können. In der Wiederholung des Versuches wurden die besten Effekte mit der Kombination aus den genannten Substanzen erzielt, sofern die Applikation 24 bzw. 48 Stunden vor der Frostbelastung vorgenommen wurde.

Für die Zukunft muß geklärt werden, ob die Ergebnisse auf Gesamtpflanzen im Freiland unter natürlichen Frostbedingungen übertragbar sind. Dabei spielen für das Ausmaß der Gefrierschäden viele Faktoren eine Rolle, die bei einer künstlichen Frostung weitgehend kontrolliert werden können. Erste Ergebnisse aus der Praxis (D. Linden, Meckenheim) bestätigen die Möglichkeit einer Übertragung der unter kontrollierten Bedingungen erzielten Resultate und Wirkungen auf Freilandverhältnisse.

Literatur

- Coulter, T.H. (1962): N-vinyl-2-pyrrolidone polymer for frost protection of plants. U.S. Patent Office. Pat. No. 3, 045, 394.
- Fryer, M.J. (1992): The antioxidative effects of thylakoid vitamin E (α -tocopherol). *Plant Cell and Environment* **15**, 381-392.
- Guttridge, J.M.C. (1978): The membranes effects of vitamin E, cholesterol and their acetates on peroxidative susceptibility. *Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol.* **22**, 563-572.
- Kemmer, E. und Schulz, F. (1955): Das Frostproblem im Obstbau. Bayr. Landw.-Verl. München, 96 S.
- Ketchie, D.O. and Murren, C. (1976): Use of cryoprotectants on apple and pear trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **101** (1), 57-59.
- Leibo, S.P., Farrant, J., Mazur, P., Hanna, Jr. M.G. and Smith, L.H. (1970): Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interaction of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose or glycerol. *Cryobiology* **6**, 315-332.
- Levitt, J. (1980): Responses of Plants to Environmental Stresses. Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Sec. Edition, Acad. Press Inc., New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco.
- Meryman, H.T. and Williams, R.T. (1985): Basic principles of freezing injury to plant cells: natural tolerance and approaches to cryopreservation. In: K.K. KARTHA (ed.) *Cryopreservation of Plant Cells and Organs*. CRC Press, Boca Raton, 13-48.
- Prasad, T.K., Anderson, M.D., Martin, B.A. and Steward, C.R. (1994): Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell* **6**, 65-74.
- Steponkus, P.L. (1984): Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **35**, 543-584.
- Urano, S., Yano, K. and Matsuo, M. (1988): Membrane-stabilizing effect of α -tocopherol and its model compounds on fluidity of lecithin liposomes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **150**, 469-475.

Summary

The treatment of apple branches (cv. Boskoop) with the antioxidant vitamin E (α -tocopherol) and/or the cryoprotector glycerol reduced freezing injury in flowers exposed to low temperatures ($T_{\max} = -1.8$, $T_{\min} = -3.0$) under controlled conditions. The combination of vitamin E and glycerol provided greater protection than either chemical alone. Time-course studies established.