

waren die Ergebnisse früher Behandlungen in Parzellen von 7 bzw. 11 Bäumen bis zur Ernte sehr gut sichtbar. Dies legt den Schluß nahe, daß *Sekundärinfektionen*, die ja durch eine "Abschwemmung" von Mycelteilchen zustandekommen, *nur im Nahbereich* eine wichtige Rolle spielen, wahrscheinlich sogar vor allem auf einer bereits infizierten Frucht und den daneben hängenden Früchten. In der Praxis hat sich gezeigt, daß der Befall mit Rußflecken in Anlagen, in denen die Schorf-spritzungen mit *Netzschwefel* bereits Anfang Juli beendet wurden, besonders stark auftrat. Dies schien der großen Bedeutung der Infektionen im Mai und Juni, die bereits von KARRER (1991) hervorgehoben wurde, zu widersprechen. Betrachtet man jedoch die Ergebnisse von Versuch A, muß dies nicht unbedingt der Fall sein. Die Anlage wurde vor Beginn der Versuchsspritzungen am 3.6.94 in praxisüblicher Spritzfolge mit Netzschwefel behandelt. In der mit dem Schwefelpräparat Hepar sulfuris behandelten Variante war die Anzahl befallener Früchte deutlich höher als bei Kokosseife und vor allem bei der Schwefel-Kalk-Brühe. Die Anzahl stark befallener Früchte (Kl. 3) war jedoch in der Hepar sulfuris-Variante kaum höher als bei Kokosseife (Tab. 2). Dies legt den Schluß nahe, daß Schwefelpräparate *gegen Primär- und Sekundärinfektionen eine unterschiedliche Wirkung* haben können. Geht man dann davon aus, daß die Primärinfektionen durch die üblichen Netzschwefelspritzungen im Mai und Juni nur ungenügend verhindert werden, wird verständlich, daß ein starker Befall mit Rußflecken auftritt, wenn die Sekundärinfektionen im Spätsommer nicht eingedämmt werden. Allerdings ist eine Übertragung der Ergebnisse mit Hepar sulfuris auf Netzschwefel nicht unbedingt ohne weiteres möglich, bevor diese beiden Präparate nicht im direkten Vergleich beobachtet wurden. BERGENGRUEN konnte 1995 mit Behandlungen mit Schwefel-Kalk-Brühe (10-11 l/ha) in Mischung mit Kokosseife (8 l/ha) bei enger Spritzfolge im Mai und Juni einen sehr guten Effekt erzielen. In einer ähnlich stark befallenen Nachbaranlage wurden drei Behandlungen ausgelassen, was zu einem wesentlich stärkeren Befall der Früchte führte. Dies scheint, wie bereits auch in Versuch A beobachtet, auf eine *bessere Wirkung von Schwefel-Kalk-Brühe und Schmierseife* im Vergleich zu Schwefelpräparaten gegen Primärinfektionen hinzuweisen. Allerdings zeigt es auch, daß im Mai und Juni in stark gefährdeten Anlagen wohl eine relativ enge Spritzfolge eingehalten werden muß. Anhand der vorliegenden Ergebnisse können *keine endgültigen Aussagen* gemacht werden. Es sollte aber in den nächsten Jahren überprüft werden, ob der Zyklus von *G. pomigena* dem hier vermuteten Verlauf entspricht.

Dank

Den Herren Bergengruen und Brugger sei für die Überlassung der Anlagen zu Versuchszwecken herzlich gedankt. Ebenso der Fördergemeinschaft für organisch-biologischen Land- und Gartenbau, Wolfsluglen für die Finanzierung des Versuchsprojekts. We also thank Mrs. Katalyn Szépkuthy for technical and moral assistance in 1995.

5 Literatur

- KARRER, E. (1991): Zur Biologie der Regenfleckenkrankheit. In: * Internationaler Erfahrungsaustausch zum Ökologischen Obstbau, Weinsberg
- KIENZLE, J. und BERGENGRUEN, K. (1995): Versuche zur Regulierung der Regenfleckenkrankheit mit ökologischen Pflanzenbehandlungsmitteln. In: Beiträge zur 3. Wiss.tagung z. Ökol. Landbau. Wiss. Verl. Gießen.
- SUTTON, T.B.; BROWN, E.M. (1993): Time of infection of *G. pomigena* and *S. pomi* on apple in North Carolina and potential control by an eradicant spray program. In: Plant disease 77; 451-455.
- SUTTON, T.B. (1990): Sooty blotch and fly speck. In: Compendium of apple and pear diseases, APSpress St. Paul, 20-22.

Resistenzinduktion durch Pflanzenpflegemittel (am Beispiel Apfel)

S. Michalek, D. Treutter¹

1 Einleitung

Viele phenolische Substanzen spielen in der Pflanze eine wichtige Rolle bei der Abwehr von schädlichen Umwelteinflüssen oder Pathogenen (HARBORNE 1982). Die Phenole können als präformierte Resistenzfaktoren oder als Phytoalexine wirken (BAILEY und MANSFIELD 1982). Flavan-3-ole, wie Catechine und Proanthocyanidine, akkumulieren besonders in den Abgrenzungsgeweben vieler Pflanzen (FEUCHT et al. 1990, 1992, 1993, 1994) und spielen auch eine wichtige Rolle bei der Resistenz des Apfels gegen Apfelschorf (MICHALEK et al. in Vorbereitung). Die Phenylalanin Ammonium-Lyase (PAL) ist das Schlüsselenzym der Phenolbiosynthese und kann als Marker für die Akkumulation von schützenden Catechinen und Proanthocyanidinen nach Stresseinwirkung herangezogen werden (FÜNFELDER et al. 1994; MAYR et al. 1995).

Pflanzenschutzmittel haben neben ihrer direkten fungiziden Wirkung auch Nebenwirkungen auf die Pflanze selbst. Pflanzenpflegemitteln wird eine pflanzenstärkende oder auch resistenzinduzierende Wirkung nachgesagt. Doch die eigentlichen Wirkmechanismen liegen noch im Dunkeln. In diesem Beitrag soll der Einfluß von Pflanzenbehandlungsmitteln auf die Phenolbiosynthese und ihre resistenzinduzierende Wirkung vorgestellt und diskutiert werden.

2 Material und Methoden

Als Modellsystem dienten Triebspitzen (Spitze bis 3. Blatt) von im Gewächshaus herangezogenen Bäumen der Unterlage M9. Der Versuch umfaßte 16 Pflanzenbehandlungsmittel mit je drei Wiederholungen. Gleichzeitig wurden Kontrollbäume mit Wasser und Triton X-100 (0,1 %) behandelt, ebenfalls mit je dreifacher Wiederholung (Tab. 1).

Die Mittel bzw. das Wasser wurden mit Hilfe einer Handspritze auf die Triebspitzen ausgebracht. Die Probenahme erfolgte 15 und 24 h nach Behandlung für die PAL und 72 h nach Behandlung für die Phenolanalysen. Die PAL-Aktivität wurde nach FÜNFELDER et al. (1994) bestimmt. Die

¹ Dipl. Ing. agr. Sabine Michalek, Dr. habil. Dieter Treutter, Lehrstuhl für Obstbau, TU München-Weihenstephan, D-85350 Freising-Weihenstephan

Trennung und Quantifizierung der Phenole erfolgte durch HPLC (TREUTTER 1989, TREUTTER et al. 1994).

Pflanzenbehandlungs- mittel	Konzentration	Pflanzenbehandlungs- mittel	Konzentration
Delan SC	0,05 %	Neudovital	3 %
Hepar sulfuris	LM 6, D 30	Phytoalexin 84	1 %, 0,4 %
Milsana Tee	1 %	PhytokinAmin	0,1 %
Milsana	1 %	Polyram Combi	0,2 %
Mycosan	1 %	SilkaBen	2 %
NAB	1 %	Sulfur	D 30
Netzschwefel	0,2 %	Ulmasud	1 %
Neudosan	3 %	Wasserglas	20 %

Tab. 1: Liste und Konzentrationen der verwendeten Pflanzenbehandlungsmittel

3 Ergebnisse und Diskussion

Fast alle getesteten Mittel konnten die PAL-Aktivität in den Apfeltrieb-
spitzen induzieren. Ihre Wirkungen unterschieden sich jedoch hinsichtlich
des Blattalters und der Geschwindigkeit, mit der die Abwehrreaktion in der
Pflanze ausgelöst wurde (Tab. 2).

So konnte für NAB, PhytokinAmin, Polyram Combi oder Wasserglas ein
Effekt bei den jüngsten Geweben (Spitze und 1. Blatt), bei Milsana und
Milsana Tee eine positive Wirkung eher bei den etwas älteren 2. und 3.
Blätter festgestellt werden. Bei P84 1% stieg die PAL-Aktivität gleichmäßig
in allen Blättern bereits nach 15 h an, bei Hepar sulfuris LM6, Mycosan,
NAB, Netzschwefel und SilKaBen war der Anstieg erst nach 24 h meßbar.
Der positive Effekt einiger Mittel, besonders der konventionellen Fungizide
und von P84, könnte auf dem Netzmittelanteil der Formulierung beruhen.
Von Netzmitteln ist bekannt, daß sie oxidativen Streß in pflanzlichen
Gewebe hervorrufen können (NOGA et al. 1987, 1990). Die PAL in
Apfelblättern ließ sich durch das Tensid Triton X-100 induzieren (MAYR et
al. 1995), und an Äpfeln konnte ein Zusammenhang von Netzmittel-
behandlung und Flavanolakkumulation festgestellt werden (BATZDORFER
1993; MAYR et al. 1994; MAYR 1995).

	Spitze		1. Blatt		2. Blatt		3. Blatt	
	15h	24h	15h	24h	15h	24h	15h	24h
Delan SC	+	0	0	0	-	0	0	0
Hepar sulfuris D30	-	0	0	-	0	0	0	0
Hepar sulfuris LM6	0	+	0	+	0	0	-	0
Milsana	0	0	0	+	0	-	+	-
Milsana Tee	0	0	0	0	0	0	+	0
Mycosan	0	0	+	+	0	0	0	+
NAB	+	+	0	+	-	0	-	0
Netzschwefel*		0		+		0		0
Neudosan	0	0	0	0	+	0	0	0
Neudovital	0	0	0	0	0	0	-	-
P84 1%	+	0	+	0	+	-	+	-
P84 0,4%	-	-	0	-	0	0	0	0
PhytokinAmin	+	0	0	0	-	0	0	0
Polyram Combi	+	0	+	0	0	0	0	0
Sulfur D30	0	0	0	0	0	0	-	0
SilKaBen	0	+	-	0	-	0	-	+
Ulmasud	-	-	0	-	-	+	-	0
Wasserglas	+	-	+	0	0	0	0	0

Tab. 2: Wirkungen der Pflanzenbehandlungsmittel auf die PAL-Aktivität +: positive
Wirkung, -: negative Wirkung, 0: keine Wirkung
* keine Meßwerte nach 15h

Unklar ist, warum einige Mittel einen negativen Einfluß auf die PAL-Ak-
tivität hatten. Möglicherweise war die Streßwirkung auf das Gewebe zu
groß. Ebenso war eine Korrelation der PAL-Aktivität mit den löslichen phe-
nolischen Inhaltsstoffen nur zum Teil nachweisbar. So folgte bei P84 1%
dem PAL-Anstieg nach 15 h ein Anstieg der Chlorogensäure, Catechin und
Epicatechin, sowie der oligomeren Proanthocyanidine B2, B5 und E-B5
nach 72 h (nicht dargestellt). Bei anderen Mitteln, wie z. B. Milsana oder
Milsana Tee konnte diese Korrelation nicht deutlich gemacht werden. Beide
Beobachtungen könnten mit der noch unbekanntem Kinetik der Phenol-
akkumulation nach erfolgter PAL-Induktion erklärt werden. Diese muß in
weiteren Experimenten mit engeren Zeitintervallen für die Probenahme

untersucht werden. Auch unlösliche phenolische Verbindungen sind in die Analytik einzubeziehen.

Die unterschiedlichen Reaktionen der verschiedenen alten Blätter könnte auch mit der Pflanzenkondition bzw. mit dem aktuellen physiologischen Status während der Behandlung zusammenhängen. Denn das Gewebe muß in der Lage sein, auf den einwirkenden Streß zu reagieren und Abwehrreaktionen einleiten zu können. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch, daß der physiologische Zustand einer Pflanze nicht nur vom Ernährungszustand und dem endogenen Hormonlevel abhängt, sondern daß er durch exogene Einflüsse verändert werden kann. All diese Einflüsse beeinflussen die Reaktionsfähigkeit des Gewebes und damit auch die Wirkungsweise von Pflanzenschutzmaßnahmen.

4 Literaturverzeichnis

- BAILEY, J.A. und J.W. MANSFIELD, 1982: Phytoalexins. Glasgow.
- BATZDORFER, R., 1993: Netzmitteleffekte auf Struktur und Flavangehalte von Apfelgeweben. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Obstbau, TU München-Weihenstephan.
- FEUCHT, W. und D. TREUTTER, 1990: Flavan-3-ols in trichomes, pistils and phelloderm of some tree species. *Ann. Bot.* **65**, 225-230.
- -, - -, E. CHRIST, 1992: The precise localization of catechins and pro-anthocyanidins in protective layers and fungal infections. *Z. PflKrankh. PflSchutz* **99**, 404-413.
- -, - -, E. Christ, 1993: Cell division as a response to shot hole infection in *Prunus domestica*: involvement of flavanols. *J Plant Dis. Prot.* **100**, 488-496.
- -, - -, E. CHRIST, 1994: Accumulation of flavanols in yellowing beech leaves from forest decline sites. *Tree Physiology* **14**, 403-412.
- FÜNFELDER, S., U. MAYR, D. TREUTTER und W. FEUCHT, 1994: Activity of phenylalanine ammonia-lyase in apple laves. *Acta Hort.* **381**, 474-478.
- HARBORNE, J.B., 1982: Introduction to ecological biochemistry. London.
- MAYR, U., R. BATZDORFER, D. TREUTTER und W. FEUCHT, 1994: Surfactant-induced changes in phenol content of apple leaves and fruit skins. *Acta Hort.* **381**, 479-487.
- MAYR, U., 1995: Einfluß des Phenolstoffwechsels beim Apfel (*Malus domestica*) auf das Resistenzpotential gegen Apfelschorf (*Venturia inaequalis*). Dissertation, Lehrstuhl für Obstbau, TU München-Weihenstephan.
- MAYR, U., S. FÜNFELDER, D. TREUTTER und W. FEUCHT, 1995: Induction of phenol accumulation by pesticides under the control of environmental factors. In: M. MANKA (Hrsg.): Environmental biotic factors in integrated plant disease control. The Polish Phytopathological Society, Poznan.
- NOGA, G., M. KNOCH, M. WOLTER und W. BARTLETT, 1987: Changes in leaf micro-morphology induced by surfactant application. *Angew. Bot.* **61**, 521-528.
- NOGA, G. und M. WOLTER, 1990: Russetting of apple fruits as induced by surfactants. *Gartenbauwiss.* **55**, 20.
- TREUTTER, D., 1989: Chemical reaction detection of catechins and proanthocyanidins with 4-dimethylaminocinnamaldehyde. *J. Chromatogr.* **467**, 185-193.
- TREUTTER, D., C. SANTOS-BUELGA, M. GUTMANN und H. KOLODZIEJ, 1994: Identification of flavan-3-ols and procyanidins by HPLC and chemical reaction detection. *J. Chromatogr. A* **667**, 290-297.

5 Zusammenfassung

Phenolische Substanzen spielen in der Pflanze eine wichtige Rolle bei der Abwehr von schädlichen Umwelteinflüssen oder Pathogenen, so auch bei der Resistenz des Apfels gegen Apfelschorf. Die PAL als Schlüsselenzym der Phenolbiosynthese kann als Marker für die Akkumulation von schützenden Catechinen und Proanthocyanidinen herangezogen werden. In diesem Beitrag wird der Einfluß von 16 Pflanzenbehandlungsmitteln auf die Phenolbiosynthese und ihre resistenzinduzierende Wirkung dargestellt und diskutiert.

6 Summary

Induction of resistance by pesticides (apple for example)

Phenolic compounds are important in plant defence against environmental stress and various pathogens. PAL is the key enzyme of the phenylpropanoid metabolism and can be used as a marker for the accumulation of defending catechins and procyanidins.

In this paper the influence of 16 different pesticides, plant strengtheners and plant care products on PAL-activity and the flavan-3-ol content will be discussed with respect to their resistance inducing effects.