

Der Einfluß von Gammastrahlen auf den Südafrikanischen Nelkenwickler (*Epichoristodes acerbella* Walker) – ein Beitrag zur Lösung eines aktuellen Quarantäneproblems

Influence of gamma radiation on the South African Carnation Tortrix (*Epichoristodes acerbella* Walker) – contribution to solve an acute quarantine problem

Von Volkhard Köllner

Zusammenfassung

In der Pflanzenquarantäne können Gammastrahlen gegen den Südafrikanischen Nelkenwickler (*Epichoristodes acerbella* Walker) an Nelkenschneitblumen eingesetzt werden, weil es mit Hilfe der Strahlen möglich ist, den Schädling zu sterilisieren, ohne die Nelken zu schädigen. Um die Mindestdosis zu ermitteln, die eine Entwicklung fertiler Falter verhindert, wurden Eier, Larven und Puppen an einer Kobaltquelle mit einer Dosis von 10, 11 oder 15 krad bestrahlt. Aus Eiern entwickelten sich selbst nach einer Bestrahlung mit 15 krad noch fertile männliche und weibliche Falter. Der Anteil fertiler Falter betrug schätzungsweise 1% der bestrahlten Eier. Nach einer Bestrahlung der Larven wurden bei 10 krad noch fertile Weibchen, bei 11 krad noch fertile Männchen und bei 15 krad keine fertilen Falter mehr gefunden. Nach einer Bestrahlung der Puppen mit 10 krad schlüpfen noch fertile Männchen und Weibchen; nach einer Bestrahlung mit 11 krad waren alle Weibchen praktisch steril. Eine geringe Restfertilität wurde bei 15 krad festgestellt: Eine einzige Larve entwickelte sich zu einem männlichen Falter, der jedoch nicht mehr fortpflanzungsfähig war.

Eine Mindestdosis von 13 krad bei einer Dosisleistung von 5 krad/min wird als Quarantänemaßnahme für ausreichend gehalten, wenn die Zeit zwischen dem Verpacken und dem Bestrahlen der Nelken nur wenige Stunden beträgt.

Abstract

In plant quarantine gamma radiation is a possible means for control of the South African Carnation Tortrix (*Epichoristodes acerbella* Walker), because it sterilizes the pest without damaging the carnation cut flowers. To determine the minimum dose that prevents development of fertile adults, eggs, larvae, and pupae were irradiated from a Co-60-source with doses of 10, 11, or 15 krad. Few of the eggs irradiated with a dose of 15 krad developed into fertile females and males. The quote of the fertile adults amounted to about 1%. Irradiation of the larvae resulted still in fertile females at 10 krad, and fertile males at 11 krad. At 15 krad no fertile adults were found. Irradiation of the pupae resulted in fertile females and males at 10 krad. At 11 krad all females were practically sterile. An unimportant remaining fertility ascertained after irradiation with a dose of 15 krad: one larvae only developed into a male adult, but was sterile.

The minimum irradiation dose of 13 krad with a dose rate of 5 krad/min is regarded sufficient as a quarantine method, if the time between packing up and irradiation of carnations is a few hours only.

1. Einleitung

Der Südafrikanische Nelkenwickler ist in italienischen und südfranzösischen Nelkenkulturen weit verbreitet (CIAMPOLINI 1972, SOLA 1974). Da die Larven während des größten Teiles ihrer Entwicklung im Inneren der Nelkenpflanzen leben, ist dieser Schädling mit chemischen Mitteln bis heute nicht sicher zu bekämpfen. Er wird daher häufig auch an Nelkenschneitblumen gefunden, die in die Bundesrepublik importiert werden sollen. Nach den Bestimmungen der Pflanzenbeschauverordnung müssen befallene Nelken an den Grenzen zurückgewiesen werden. Es ist nicht zu bestreiten, daß der Nelkenwicklerbefall und die daraus sich ergebenden Zurückweisungen den internationalen Blumenhandel erheblich belasten.

Angesichts der Schwierigkeiten bei der chemischen Bekämpfung sind in Italien Versuche mit Gammastrahlen durchgeführt worden, und zwar mit dem Ziel, den Schädling durch Bestrahlung der fertig verpackten, zum Export bereitstehenden Nelken auszuschalten (CAVALLORO und PIANA 1972, BESTAGNO, PIANA, ROBERTI und ROTA 1973). Die Versuche zeigten, daß man den Südafrikanischen Nelkenwickler mit Hilfe von Gammastrahlen sterilisieren oder abtöten kann, ohne die Nelkenschneitblumen zu schädigen. Es scheint sogar, daß bestrahlte Nelken haltbarer sind als unbestrahlte. Die einzelnen Entwicklungsstadien des Schädlings und die Geschlechter sind unterschiedlich empfindlich. Nach CAVALLORO und PIANA (1972) wird eine völlige Sterilität schon durch Bestrahlung der Eier mit 1 krad erreicht, während bei Larven etwa 6 krad, bei Puppen 10–30 krad und bei Faltern 25–55 krad notwendig sind.

Die Untersuchungen, über die hier berichtet wird, wurden im Rahmen einer von der EG-Kommission angeregten internationalen Gemeinschaftsaktion durchgeführt. Ziel dieser Gemeinschaftsaktion war die Überprüfung der bis dahin publizierten Befunde und die Festlegung einer Mindestdosis, um so die Voraussetzungen für eine möglichst schnelle internationale Anerkennung der Bestrahlung als Verfahren der Pflanzenquarantäne zu schaffen. Der abschließende Bericht der Arbeitsgruppe wird der EG-Kommission in Kürze zugehen.

2. Material und Methode

Die Versuchstiere wurden einer Laborzucht (KÖLLNER 1976) entnommen. Bestrahlt wurden unterschiedlich alte Eigelege auf Blattstücken, Larven im letzten Sta-

dium der Larvalentwicklung, die sich in Nelkenstengeln befanden oder zwischen Blättern eingesponnen hatten, sowie verschieden alte Puppen, die aus den Kokons herauspräpariert worden waren. Das Versuchsmaterial wurde in Tablettenröhrchen aus Glas (1 cm Durchmesser, 12 cm Länge) überführt; zwischen die Puppen wurde Zellstoff gelegt. Röhrchen, die Eier oder Puppen enthielten, wurden mit feiner Textilgaze zugebunden; die Röhrchen mit den Larven wurden mit Gummistopfen verschlossen.

Die Bestrahlungen wurden im Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung GmbH Berlin*) mit einer ^{60}Co -Quelle durchgeführt, die aus einem Stab von 1,2 cm Durchmesser und 15 cm Länge bestand. Sie hatte zur Zeit der Bestrahlungen eine Aktivität von ca. 600 Ci. Die Glasröhrchen mit den Versuchstieren wurden im Abstand von 5 cm ringförmig um die Strahlenquelle aufgestellt. Die Dosisleistung, berechnet nach Messungen mit dem Fricke-Dosimeter ($G[\text{Fe III}] = 15,5$), betrug bei der ersten Bestrahlung am 13. 11. 1974 4,3 krad/min, bei der zweiten Bestrahlung am 13. 5. 1975 4,0 krad/min. Wenn man den Meßfehler und den Abfall der Dosisleistung im Versuchsgefäß berücksichtigt, dürfte die bei den verschiedenen Versuchen angegebene absorbierte Dosis auf $\pm 10\%$ genau sein. Die Raumtemperatur bei der Bestrahlung betrug $+ 22^\circ\text{C}$.

Für die Transporte zwischen der Biologischen Bundesanstalt und dem Hahn-Meitner-Institut wurden die Versuchsgefäße so verpackt, daß die Tiere auch bei einem Unfall mit auftretendem Glasbruch nicht hätten entweichen können. Gleichzeitig schützte die Verpackung die Tiere vor Temperaturschwankungen während der etwa 15 Minuten dauernden Autofahrt.

Nach der Bestrahlung wurden die Tiere im Labor aufgezogen (vgl. KÖLLNER 1976) und auf ihre Fortpflanzungsfähigkeit geprüft. Zu diesem Zweck wurden Einzelpaare oder Zuchtgruppen zusammengestellt, die aus bestrahlten Männchen und bestrahlten Weibchen, bestrahlten Männchen und unbestrahlten Weibchen oder unbestrahlten Männchen und bestrahlten Weibchen bestanden. Einzelpaare wurden in Gläsern, Zuchtgruppen in Käfigen gehalten. Als Kontrolle diente die in demselben Raum unter gleichen Bedingungen gehaltene umfangreiche Laborzucht, der die Versuchstiere entstammten.

3. Versuchsergebnisse

Im Vergleich zu den unbehandelten Kontrolltieren war die Mortalität bei den bestrahlten Tieren wesentlich höher. Außerdem wurden während der Weiterentwicklung der bestrahlten Tiere häufig Störungen bei der Puppen- und Imaginalhäutung beobachtet, die zu Mißbildungen führten. Einige Puppen waren nicht mehr in der Lage, die Larvenhaut vollständig abzustreifen, andere zeigten Deformationen an den Extremitätenanlagen. Bei der Imaginalhäutung konnten sich einige Falter nicht von der Puppenhülle befreien; entweder blieb die Puppenhülle an einzelnen Extremitäten hängen, oder der Falter blieb mit dem Abdomen in der Puppenhülle stecken. Bei den vollständig geschlüpften Faltern reichte die Skala der Mißbildungen von leichten Flügeldeformationen bis zur völligen Verkrüppelung der Flügel. Falter, die nur geringfügige Flügeldeformationen zeigten, wurden in die Fertilitätsprüfung einbezogen.

3.1. Bestrahlung mit einer Dosis von 10 krad

Am 13. 11. 1974 wurden 25 Gelege, 172 Larven und 200 Puppen mit einer Dosis von 10 krad bestrahlt.

Von den 25 Gelegen waren 9 Gelege 1–6 Tage alt (meist 1–2 Tage) und 16 älter als 6 Tage. Aus den Eiern beider Altersgruppen schlüpften Larven, und zwar aus den älteren wesentlich mehr als aus den jüngeren. Aus den Larven entwickelten sich 73 Puppen, aus denen 19 verkrüppelte und 38 normal aussehende Falter (29 ♂, 9 ♀) schlüpften; 16 Puppen starben. 20 bestrahlte Männchen und 21 bestrahlte Weibchen wurden zu 4 Zuchtgruppen zusammengestellt. Nur Weibchen einer Zuchtgruppe legten Eier ab, aus denen dann jedoch keine Larven schlüpften. Weitere 3 Zuchtgruppen wurden aus 12 bestrahlten Männchen und 15 unbestrahlten Weibchen gebildet. In 2 Zuchtgruppen kam es zur Eiablage. Aber nur aus Eiern einer dieser beiden Zuchtgruppen – sie bestand aus 8 bestrahlten Männchen und 8 unbestrahlten Weibchen – schlüpften Larven. Sie entwickelten sich zu Faltern, die sich ebenso wie ihre Nachkommen als fortpflanzungsfähig erwiesen. Da sich bei der gesamten Nachzucht dieser Falter kein Unterschied zu unbestrahlten Kontrolltieren feststellen ließ, wurde die Zucht in der 3. Generation abgebrochen.

Von den 172 bestrahlten Larven starben 14 vor der Verpuppung; 4 bildeten verkrüppelte, nicht lebensfähige Puppen; 154 häuteten sich zu normal aussehenden Puppen. Aus diesen Puppen schlüpften 49 verkrüppelte und 46 normal aussehende Falter (21 ♂, 25 ♀); 59 Puppen starben. Die mit den Faltern angesetzten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Nachkommen wurden nur bei drei Zuchtgruppen erzielt, die alle aus unbestrahlten Männchen und bestrahlten Weibchen bestanden. In einer dieser Zuchtgruppen starben alle Larven ab, in den beiden anderen entwickelten sich fortpflanzungsfähige Falter. Unterschiede zu unbestrahlten Kontrolltieren wurden bei der Aufzucht nicht festgestellt. Deshalb wurden beide Zuchten in der 3. Generation abgebrochen.

Die 200 bestrahlten Puppen waren verschieden alt. Über die Anzahl und das Geschlecht der Puppen in den verschiedenen Altersgruppen, die Zahl der geschlüpften Falter und die Schlüpftermine gibt Tabelle 2 Auskunft. Sie zeigt, daß jüngere Puppen durch die Strahlung stärker geschädigt werden als ältere, denn die Anzahl der abgestorbenen Puppen war ebenso wie die der verkrüppelten Falter bei jüngeren Tieren größer. In Tabelle 3 sind die angesetzten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse zusammengestellt. Die meisten Nachkommen erzeugte diejenige Zuchtgruppe, die aus 2 normal aussehenden und 2 leicht verkrüppelten bestrahlten Männchen und 5 unbestrahlten Weibchen bestand. Aus den abgelegten Eiern schlüpften so viele Larven, daß nur ein Teil von ihnen bis zum Falter aufgezogen werden konnte. Diese Falter waren fortpflanzungsfähig, ebenso ihre Nachkommen. Daraufhin wurde die Nachzucht in der 3. Generation abgebrochen. Aus den Eiern aller anderen Zuchtgruppen schlüpften wesentlich weniger Larven. Ihre Mortalität war groß; nur ein Teil entwickelte sich bis zum Falter. Wegen der unterschiedlich langen Entwicklungszeit der einzelnen Tiere waren nicht immer frisch geschlüpfte Falter beider Geschlechter gleichzeitig in einer Zuchtgruppe vorhanden. Deshalb wurden Falter aus verschiedenen Zuchtgruppen zu neuen Gruppen zusammengestellt. Es zeigte sich, daß sie fortpflanzungsfähig waren. Bei der Aufzucht der folgenden Generation waren keine Unterschiede im Vergleich zu unbehandelten Kontrolltieren festzustellen. Daraufhin wurde die Zucht abgebrochen.

*) Dem Hahn-Meitner-Institut, insbesondere Herrn Professor Dr. SCHNABEL, danke ich für die Durchführung der Bestrahlungen und für die Dosisberechnungen.

Tabelle 1. Fertilitätsprüfung von Faltern (σ^* , φ^*) aus bestrahlten Larven

Dosis in krad	Zuchtgruppen (mit Anzahl der Falter, verkrüppelte in Klammern) und Zuchtergebnisse		
	$\sigma^* \times \varphi^*$	$\sigma^* \times \varphi$	$\sigma \times \varphi^*$
10	1 × 1 → -	1 × 1 → -	4 × 4 → Falter
	2 × 1 (+1) → -	2 × 2 → -	4 × 1 → Falter
	2 × (1) → -	1 × 2 → -	2 × 1 → Larven
	3 (+2) × 1 → -		1 × 1 → -
	4 × 2 → -		2 × 2 → -
	1 × 2 → -		
	1 × 4 → -		
	1 × 5 → -		
11	1 × 1 → -	1 × 1 → Falter	1 × 1 → -
	1 × 1 → -	1 × 1 → Larven	1 × 1 → -
	1 × 2 → -	1 × 1 → -	1 × (1) → -
	2 × 3 (+1) → -		
	(7) × (1) → -		
15	(1) × (1) → -		1 × 1 → Eier
	1 (+1) × (2) → -		1 × (1) → - 1 × (1) → -

Tabelle 2. Strahlenwirkung auf Puppen (10 krad)

Bestrahlte Alter in Tagen	Puppen Anzahl und Geschlecht	Anzahl der geschlüpften Falter (verkrüppelte in Klammern) am:													Summe	Puppen tot	
		13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.			
0-5	26 ♂				3	1	1		1	1	(5)	(4)	(2)	2	1	10 (11)	5
0-5	24 ♀				3	3	3	7	1	(3)						17 (3)	4
2-7	25 ♂				1	3	4	7	4	2						21 (1)	3
2-7	30 ♀			3	9	3	3	6					(1)			24 (2)	4
5-12	50 ♂		1	12	31	6			(2)							50	-
5-12	45 ♀	2	9	19	15											45	-

Tabelle 3. Fertilitätsprüfung von Faltern (σ^* , φ^*) aus bestrahlten Puppen

Dosis in krad	Zuchtgruppen (mit Anzahl der Falter, verkrüppelte in Klammern) und Zuchtergebnisse		
	$\sigma^* \times \varphi^*$	$\sigma^* \times \varphi$	$\sigma \times \varphi^*$
10	35 × 27 → Falter	2 (+2) × 5 → Falter	8 × 8 → Falter
	7 × 13 → Falter	2 × 4 → Eier	2 × 2 → Larven
	10 × 6 → Puppen	1 × 1 → -	2 × 2 → Eier
	5 × 6 → Larven	3 × 4 → -	3 × 3 → Eier
	1 × 1 → Eier		2 × 3 → Eier
	12 × 12 → Eier		
	3 × 1 (+2) → -		
11	6 × 7 → Eier	1 × 1 → -	1 × 1 → -
	6 × 10 → Eier		1 × 1 → -
	13 × 20 → Eier		
	34 × 8 → -		
	(10) × (3) → -		
15	1 × 4 → Falter	2 (+5) × 1 → -	1 × 2 → Larve
	4 × 4 → Eier	3 (+5) × 1 → -	1 × 1 → Eier
	8 × 8 → Eier		1 × 1 → Eier
	4 × 7 → Eier		1 × 2 → Eier
	1 × 1 → -		1 × 3 → Eier
	8 × 8 → -		1 × 1 → -
	18 × 12 → -		1 × 1 → -
	(3) × (1) → -		1 × 1 → -
			1 × 1 → -

3.2. Bestrahlung mit einer Dosis von 11 krad

Am 13. 5. 1975 wurden 96 Gelege, 100 Larven und 160 Puppen mit einer Dosis von 11 krad bestrahlt.

Die 96 bestrahlten Gelege waren verschieden alt. In den meisten Fällen schlüpfen Larven nur aus einem Teil der Eier eines jeden Geleges. Genauso wie bei der Bestrahlung mit 10 krad wurden auch hier jüngere Eier stärker geschädigt als ältere. Um den Zusammenhang zwischen Strahlenwirkung und Eialter zu zeigen, sind in Tabelle 4 die bestrahlten Gelege nach Altersgruppen zusammengestellt. Insgesamt schlüpfen so viele Larven, daß nur ein Teil von ihnen aufgezogen werden konnte. Aus diesen Larven entwickelten sich 113 normal aussehende Falter, die nach dem Schlüpfen immer in den gleichen Flugkäfig überführt wurden. Es wurde hier also nur eine einzige Zuchtgruppe gebildet. Innerhalb dieser Gruppe wurden Eier abgelegt, aus denen sich fortpflanzungsfähige Falter entwickelten. In der 3. Generation wurde die Zucht abgebrochen.

Von den 100 bestrahlten Larven starben 30 vor der Verpuppung, 3 häuteten sich zu verkrüppelten Puppen und starben, 67 entwickelten sich zu normal aussehenden Puppen. Aus diesen Puppen schlüpfen 23 verkrüppelte und 19 normal aussehende Falter (10 ♂, 9 ♀), 25 Puppen starben. Einen Überblick über die angesetzten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse gibt Tabelle 1. Nur zwei unbestrahlte Weibchen, die jeweils mit einem bestrahlten Männchen verpaart worden waren, legten Eier. Aus den Eiern des einen Weibchens schlüpfen 6 Larven, die in den Zuchten jedoch erst bemerkt wurden, als sie schon verhungert und vertrocknet waren. Aus den Eiern des anderen Weibchens schlüpfen 5 Larven, die sich zu 3 männlichen und 2 weiblichen normal aussehenden Faltern entwickelten. Sie wurden zu einer Zuchtgruppe vereint. Die Weibchen legten Eier, und aus etwa 50 % der Eier schlüpfen Larven. Von diesen Larven entwickelten sich jedoch nur 2 zu Faltern; alle anderen starben als Larven oder Puppen ab. Die Fertilität der beiden weiblichen Falter konnte nicht geprüft werden, da zu dieser Zeit keine männlichen Falter zur Verfügung standen.

Aus den 160 bestrahlten Puppen unterschiedlichen Alters schlüpfen 17 verkrüppelte und 114 normal aussehende Falter (60 ♂, 54 ♀); 29 Puppen starben. Auch bei der Bestrahlung mit 11 krad zeigte sich, daß jüngere Puppen empfindlicher sind als ältere. Die gebildeten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse sind aus Tab. 3 zu ersehen. Die Weibchen von 3 Zuchtgruppen legten Eier, aus denen jedoch keine Larven schlüpfen.

3.3. Bestrahlung mit einer Dosis von 15 krad

Am 13. 5. 1975 wurden 139 Gelege, 100 Larven und 160 Puppen mit einer Dosis von 15 krad bestrahlt.

Die 139 bestrahlten Gelege waren verschieden alt; es wurden die gleichen Altersgruppen zusammengestellt wie bei der Bestrahlung mit 11 krad (vgl. Tabelle 4). Jüngere Eier wurden wiederum stärker geschädigt als ältere. Da der Anteil an älteren Gelegen verhältnismäßig groß war, schlüpfen mehr Larven als aufgezogen werden konnten. Die weitergezüchteten Larven entwickelten sich unterschiedlich schnell zu insgesamt 197 Puppen, aus denen 150 Falter hervorgingen. Rund ein Drittel der Falter war stark verkrüppelt. Die anderen Falter, normal aussehend oder leicht verkrüppelt, wurden nach dem Schlüpfen immer in den gleichen Flugkäfig überführt, so daß alle Tiere eine einzige Zuchtgruppe bildeten. In dieser Gruppe wurden Eier abgelegt, die sich zu fortpflanzungsfähigen Faltern weiterentwickelten. In der 3. Generation wurde die Zucht abgebrochen.

Tabelle 4. Strahlenwirkung auf Eier (11 krad)

Alter in Tagen	Anzahl Gelege	Anzahl der Gelege aus denen x% Larven schlüpften					
		0%	< 5%	5-10%	10-30%	30-50%	50-80%
0-1	22	20	2				
1-2	26	24				2	
3	16	8			7		1
4-6	20			7		4	2
6	9				5		1
> 6	3				2		1

Von den 100 bestrahlten Larven starben 50 vor der Verpuppung, eine ergab eine verkrüppelte Puppe, und 49 entwickelten sich zu normal aussehenden Puppen. Daraus gingen 16 verkrüppelte und 2 normal aussehende Falter (1 ♂, 1 ♀) hervor; 31 Puppen starben. Die angesetzten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Nur ein bestrahltes Weibchen, das mit einem unbestrahlten Männchen verpaart worden war, legte Eier ab, aus denen jedoch keine Larven schlüpfen.

Aus den 160 bestrahlten Puppen unterschiedlichen Alters schlüpfen 14 verkrüppelte und 109 normal aussehende Falter (49 ♂, 60 ♀); 37 Puppen starben. Wie schon bei den niedrigen Strahlendosen wurden auch hier wieder jüngere Puppen stärker geschädigt als ältere. Die angesetzten Zuchtgruppen und die Zuchtergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Bestrahlte Weibchen in 9 verschiedenen Zuchtgruppen legten Eier, doch schlüpfen nur 2 Larven. Eine davon starb nach wenigen Tagen. Die zweite Larve, die aus der Zuchtgruppe „1 bestrahltes Männchen × 4 bestrahlte Weibchen“ stammte, entwickelte sich zu einem normal aussehenden männlichen Falter. Er wurde mit einem unbestrahlten Weibchen verpaart, das daraufhin Eier ablegte, aus denen jedoch keine Larven schlüpfen.

4. Diskussion

Die Kosten der Bestrahlung steigen mit zunehmender Strahlendosis. Das gilt für die Anlage- ebenso wie für die Betriebskosten. Es kommt also darauf an, diejenige Dosis zu finden, die unter praktischen Bedingungen gerade noch ausreicht, um die Entwicklung fertiler Falter zu verhindern.

Die Falter selbst wurden in die Untersuchungen nicht mit einbezogen, weil kaum anzunehmen ist, daß sie beim Verpacken der Nelken unbemerkt bleiben und so mit in die Sendung hineingelangen. Wenn in Nelkenkartons dennoch Falter auftreten, wird man also davon ausgehen können, daß sie erst nach dem Verpacken aus Puppen geschlüpft sind. Je kürzer die Zeit zwischen dem Verpacken und der Bestrahlung ist, um so weniger wahrscheinlich ist es, daß bei der Bestrahlung schon Falter vorliegen. Wenn dieser Zeitraum nur wenige Stunden beträgt, braucht eine Sterilisation der Falter nicht gefordert zu werden.

Nach einer Bestrahlung der Eier mit einer Dosis von 1 krad waren bei den Untersuchungen von CAVALLORO und PIANA (1972) alle sich entwickelnde Falter steril. Im Gegensatz dazu wurden in den hier dargestellten Versuchen sogar nach einer Anwendung von 15 krad noch fertile Falter gefunden. Dieser Unterschied ist in erster Linie eine Frage des Alters: Jüngere Eier sind empfindlicher als ältere. Die von CAVALLORO und PIANA

(1972) untersuchten Eier waren nur 36 Stunden alt. Um Eier jeglichen Alters so stark zu schädigen, daß die entstehenden Falter steril sind, muß die Mindestdosis mehr als 15 krad betragen.

Nach einer Bestrahlung der Larven mit einer Dosis von 5 krad entwickelten sich bei den Untersuchungen von BESTAGNO et al. (1973) nur noch männliche fertile Falter, alle Weibchen waren steril. Nach einer Anwendung von 6 krad wurden weder von BESTAGNO et al. (1973) noch von CAVALLORO und PIANA (1972) fertile Falter beobachtet. Dagegen traten in den hier beschriebenen Versuchen bei 10 krad noch fertile Weibchen und bei 11 krad noch fertile Männchen auf. Worauf die Unterschiede in den Versuchsergebnissen zurückzuführen sind, läßt sich nicht sicher sagen. Als Mindestdosis reichen 11 krad aus, weil dadurch ein Geschlechtspartner, nämlich das empfindlichere Weibchen, ausgeschaltet wird.

Nach einer Bestrahlung der Puppen mit einer Dosis von 10 krad waren bei den Untersuchungen von CAVALLORO und PIANA (1972) alle geschlüpften weiblichen Falter steril. Um auch bei Männchen Sterilität zu erreichen, war eine Dosis von 30 krad notwendig. Bei den hier dargestellten Versuchen wurden nach einer Bestrahlung der Puppen mit 10 krad noch fertile weibliche Falter gefunden. Erst nach einer Bestrahlung mit 11 krad waren alle Weibchen steril oder zumindest so stark geschädigt, daß aus ihren abgelegten Eiern keine Larven mehr schlüpften. Nach einer Anwendung von 15 krad entwickelte sich jedoch aus den Eiern eines Weibchens noch ein steriles Männchen. Dieser geringfügigen Restfertilität kommt aber keine praktische Bedeutung zu. Der Zweck der Bestrahlung wird mit einer Dosis von 11 krad erreicht.

Das für eine Verschleppung des Schädlings wichtigste Entwicklungsstadium ist zweifellos die Larve, die durch eine Dosis von 11 krad sicher ausgeschaltet wird. Bei der Festlegung der Mindestdosis müssen jedoch auch Puppen und Eier berücksichtigt werden. Während 11 krad für Puppen ausreichen, bietet selbst eine Dosis von 15 krad keinen vollständigen Schutz gegen Eier. Um entscheiden zu können, ob unter praktischen Bedingungen 11 krad auch gegen Eier als ausreichend angesehen werden können, ist zu fragen, in welchem Ausmaß die Eier bei dieser Dosis geschädigt werden und welche Gefahr die nicht oder ungenügend geschädigten Eier darstellen. Die Gefahr wird um so größer, je mehr fertile Falter sich entwickeln. Der Anteil fertiler Falter, die sich nach einer Bestrahlung der Eier mit einer Dosis von 11 krad noch entwickeln, kann aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse nur geschätzt werden. Um genaue Werte zu erhalten, hätten alle Gelege ausgezählt, die Weiterentwicklung aller geschlüpften Larven verfolgt und die Fertilität jedes einzelnen Falters geprüft werden müssen. Dafür reichte die vorhandene Arbeitskapazität nicht aus.

Legt man für eine Schätzung einen Mittelwert von 70 Eiern pro Gelege (KÖLLNER 1976) zugrunde, so haben sich nach einer Bestrahlung mit 10 krad rund 3% der Eier zu Faltern weiterentwickelt. Der Fertilitätsnachweis gelang jedoch nur in einer Zuchtgruppe mit 8 bestrahlten Tieren; das sind ungefähr 0,5% bezogen auf die be-

strahlten Eier. Nach einer Bestrahlung mit 11 krad wurden aus 1,5% der Eier Falter aufgezogen und auf Fertilität geprüft. Aus der Anzahl der Eigelege, die innerhalb der Zuchtgruppe gefunden wurden, kann man schließen, daß nur ein geringer Teil der Falter fertil war. Bei einer Aufzucht aller geschlüpften Larven hätten sich zwar mit Sicherheit mehr Falter entwickelt, der Anteil der noch fertilen Tiere dürfte jedoch kaum den Wert von 1% erreicht haben. Bei einer Beurteilung der Bestrahlung als Quarantänemaßnahme ist ferner zu berücksichtigen, daß die Eier nach einer Einschleppung mit Nelkenschnittblumen nicht sehr oft so günstige Bedingungen vorfinden werden, wie sie den Eiern während der Laboruntersuchungen geboten wurden. Die frisch geschlüpften Larven sind gegen ungünstige Umwelteinflüsse sehr empfindlich und haben daher nur geringe Aussicht, in die Zierpflanzenkulturen einer Gärtnerei zu gelangen und sich dort festzusetzen. Durch das Zusammenspiel beider Faktoren, der Bestrahlung der Eier und der Empfindlichkeit der Eilarven, dürfte ein so starker Verdünnungseffekt erreicht werden, daß die Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten von fertilen männlichen und weiblichen Faltern (die Voraussetzung für das Festsetzen des Schädling in einer Kultur) als sehr gering angesehen werden kann. Aus diesem Grunde wäre es nicht gerechtfertigt, wegen der geringeren Empfindlichkeit der Eier eine höhere Mindestdosis zu fordern, als für Larven und Puppen notwendig ist.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse haben gezeigt, daß für eine Bestrahlung als Quarantänemaßnahme eine Mindestdosis von 11 krad bei einer Dosisleistung von 4 krad/min als praktisch ausreichend gegen Eier, Larven und Puppen angesehen werden kann. Aus technischen und betriebswirtschaftlichen Gründen ist es wünschenswert, die Bestrahlung mit einer höheren Dosisleistung, nämlich 5 krad/min durchzuführen. Da die biologische Wirkung mit steigender Dosisleistung abnimmt, ist dann eine geringfügige Erhöhung der Dosis notwendig. In der eingangs erwähnten internationalen Arbeitsgruppe hat man sich darauf geeinigt, daß bei einer Dosisleistung von 5 krad/min die Mindestdosis 13 krad betragen muß.

Literatur

- BESTAGNO, G., PIANA, S., ROBERTI, L. und ROTA, P.: Radiazioni ionizzanti contro le tortrici del garofano. *Notiziario sulle Malattie delle Piante* N 88, (III Serie, N 15). 1973, 3-29.
- CAVALLORO, R. und PIANA, A.: Prove di radiosensibilità alle radiazioni ionizzanti dei tortricidi del garofano con particolare riguardo ad *Epichoristodes acerbella* (Walker.) *Redia* LIII. 1972, 281-302.
- CIAMPOLINI, M.: Un nuovo pericoloso nemico per la nostra floricoltura: *Epichoristodes acerbella*. *L'Informatore Agrario* (Verona) (9). 1972.
- KÖLLNER, V.: Über die Zucht des Südafrikanischen Nelkenwicklers, *Epichoristodes acerbella* Walk. (Lepidoptera, Tortricidae). *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* (Braunschweig) 28. 1976, 17-19.
- SOLA, E.: La tordeuse sud-africaine - nouvel ennemi pour les producteurs d'œillet de la Côte d'Azur. *Phytoma* 26. 1974, 21-24.