

Maiszünslerbekämpfung mit *Bacillus thuringiensis*

Control of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with *Bacillus thuringiensis*

Von Gustav-Adolf Langenbruch

Zusammenfassung

Bei zweimaliger Anwendung von 2 kg/ha eines *Bacillus thuringiensis*-Spritzpulvers (Dipel) gegen den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) wurde in zwei von drei Versuchen ein Bekämpfungserfolg (Verminderung der Larvenzahl) von 70% erzielt. Eine zusätzliche Unterblattspritzausrüstung mit 1,20 m langen Auslegern zur besseren Benetzung der unteren Pflanzenteile brachte bis jetzt nur bei einem frühzeitigen Einsatz geringfügig bessere Wirkungsgrade. Durch Additiva ließ sich die Wirkung des Spritzpulvers nicht steigern. Ein *Bacillus thuringiensis*-Granulat wirkte bei ein- oder zweimaliger Ausbringung (jeweils 30 kg/ha) schlechter als eine Spritzung. Eine gegenüber den Spritzterminen frühere oder spätere Anwendung der Granulate erhöhte ihre Wirkung nicht. Bei einem Befall von mehr als 2,5 Larven/Stengel konnte eine signifikante Korrelation zwischen Larvenzahl und Korngewicht festgestellt werden. Ebenso war der Stengelbruch mit dem Maiszünslerbefall hoch signifikant korreliert.

Summary

Two applications of 2 kg/ha wettable powder of *Bacillus thuringiensis* (Dipel) reduced the infestation of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) by about 70% in two of three field trials. Until now, a special spray equipment with additional nozzles 1.20 m under the nozzle-boom to contaminate the lower parts of the plants showed a slightly higher effect at an early treatment. There were no positive effects of additives visible. *Bacillus thuringiensis* granules applied once or twice at 30 kg/ha gave poorer control than the wettable powder. When the granules were applied a few days earlier or later than the suspensions, the results were not better.

The correlations between the numbers of larvae and the weight of the grains were significant at infestations of more than 2.5 larvae per stalk. Stalk breakage was also closely correlated with the degree of infestation.

Der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) ist der bedeutendste Maisschädling im südwestdeutschen Raum. Detaillierte Angaben über seine Lebensweise und Verbreitung finden sich bei ZWÖLFER (1928; 1930) und ENGEL (1971).

Zur direkten Schadensverminderung werden die jungen Larven des Zünslers bekämpft. Von den Eiern, überwiegend auf der Blattunterseite im unteren Drittel der Maispflanze abgelegt, wandern die Raupen nach dem Schlüpfen in wenigen Stunden in die Blattachsen, wo sie hinter den Blattscheiden fressen, oder in die zu dieser Zeit gerade schiebende Fahne. Sie bohren sich dort bald ein und fressen von nun an im Inneren des Stengels oder Kolbens. Sie kommen nur dann nach

außen, wenn sie auf ihrer Fraßwanderung in tiefere Stengelteile harte Stengelknoten (im Bereich der Blattachsen) umgehen müssen oder andere Pflanzen aufsuchen wollen (vgl. auch BURGSTALLER, 1974).

Der günstigste Bekämpfungstermin wird in Deutschland durch Beobachtung des Flugverlaufs mittels Lichtfalle und durch Kontrolle der Eiablage im Bestand ermittelt. Im Elsaß ist nach Untersuchungen von STENGEL (1970; 1975) eine Bekämpfung 21 Tage nach Beginn des Falterfluges (im Schlüpfkäfig) am erfolgreichsten.

Abgesehen von systemisch wirkenden Präparaten, von denen bis jetzt nur eines in dieser Indikation zugelassen ist, erfordert die Bekämpfung dieses Schädlings eine ausreichende Kontamination der oberflächlichen Fraß- und Aufenthaltsorte. Wegen der Bestandsgröße von 1,80–2,50 m ist dies mit einem normalen, horizontalen Spritzbalken selbst bei hohem Druck (10 bis 14 bar) in den unteren Pflanzenteilen nicht zu erreichen. Sprühverfahren (mit Trägerluftstrom) und Hubschraubereinsatz könnten die Bestandsdurchdringung verbessern, doch fehlt es einmal an geeigneten Bodengeräten, zum anderen sind Luftapplikationen nur bei großflächigen Gemeinschaftsaktionen wirtschaftlich.

In den USA – wohin der Maiszünsler um 1917 aus Europa verschleppt wurde – erreichten Cox et al. (1956) eine Verbesserung und Vereinfachung der Applikation durch den Einsatz von (DDT-)Granulat, das gleichzeitig den Vorteil hatte, wesentlich weniger Rückstände als die bis dahin üblichen Spritzpulver und Stäube auf den dort als Viehfutter verwendeten Pflanzenteilen zu hinterlassen. Die Granulanwendung setzte sich in den USA (BRINDLEY und DICKE, 1963) und in Frankreich (ANGLADE, 1970; SOYER, 1974) allgemein durch und ist auch in anderen europäischen Staaten teilweise üblich. In Deutschland brachte ENGEL (1965; 1966) versuchsweise granuliert chemische Insektizide mit dem Hubschrauber aus. Nach eingehenden Untersuchungen faßte er jedoch 1972 die Ergebnisse dahingehend zusammen, daß für diese Formulierung noch geeignete Applikationsgeräte fehlen.

Der Vorteil der Granulate soll darin bestehen, daß sie bevorzugt in den Blattachsen und dem Trichter an der Triebspitze liegen bleiben und hier ein Reservoir bilden, von dem die wirksamen Bestandteile je nach vorhandener Feuchtigkeit mehr oder weniger schnell freigesetzt werden. Neben der konzentrierten Wirkung am Fraßort der Junglarven sollte demnach auch die Wirkungsdauer der Granulate die eines Spritzbelags übertreffen.

Bereits im Jahre 1928 beschrieben HUSZ sowie METALNIKOV und CHORINE die Empfindlichkeit des Maiszünslers gegen den *Bacillus thuringiensis* (= *B. t.*). Obwohl noch keine formulierten Präparate zur Verfügung standen, führten sie bereits 1929 bzw. 1930 in Ungarn und Jugoslawien Feldversuche zur Bekämpfung dieses

Schädlinge durch, die erste Erfolge erbrachten. Eine nicht näher beschriebene *B.t.*-Spritzung von ECKSTEIN 1934 in Rastatt schlug fehl. Wenig später hörten allgemein die Versuche mit diesem Pathogen aus unbekanntem Gründen auf, und das Interesse an diesem Erreger nahm erst wieder zu, nachdem Resistenzerscheinungen gegenüber chemischen Insektiziden beobachtet wurden und die Sorge über eine Gefährdung durch Pflanzenschutzmittelrückstände anstieg (BRINDLEY und DICKE, 1963).

YORK erprobte 1958 den Einsatz von *B.t.*-Granulaten und erzielte positive Ergebnisse. RAUN (1963) sowie RAUN und JACKSON (1966) verglichen dann verschiedene Granulatformulierungen auf der Basis dieses Erregers hinsichtlich Streuverhalten und Wirkung auf den Maiszünsler. Seit 1967 wurde auch in Frankreich ein *B.t.*-Granulat versuchsweise gegen diesen Schädling eingesetzt (MARTOURET u. ANGLADE, 1971). Es erwies sich als ebenso wirksam wie das bis dahin übliche DDT-Granulat, so daß letzteres ab 1976 u. a. durch *B.t.* in der Praxis ersetzt werden soll (STENGEL, 1972; 1975; LANCRENON, 1974).

Grundsätzlich liegen auch bei der Maiszünslerbekämpfung die Vorteile der *B.t.*-Präparate gegenüber den in der Praxis eingeführten chemischen Mitteln in ihrer Selektivität. Bei Anwendung in der vorgeschriebenen Konzentration werden nur Lepidopterenlarven geschädigt. Die Präparate sind also unbedenklich für Mensch und Vieh, so daß weder mit der Ausbringung selbst noch mit einer möglichen Abdrift (z. B. bei Luftapplikation), noch mit dem auf den Vermehrungsflächen evtl. gleichzeitig erforderlichen Entfahnen Gefahren verbunden sind, wie sie bei chemischen Insektiziden beobachtet wurden (ENGEL, 1973). Außerdem sind die bisher geprüften *B.t.*-Präparate weder bienengefährlich noch fischgiftig, und da sie keine natürlichen Gegenspieler (Parasiten und Prädatoren) vernichten, ist eine provozierte Blattlausübervermehrung (ENGEL, 1972 a) nicht zu befürchten. Da diese Präparate praktisch bis zur Ernte eingesetzt werden dürfen, sind sie für die Behandlung von Süßmais besonders interessant.

Zur wirksamen Bekämpfung des Maiszünslers mit *B.t.* müssen die Sporen und die Endotoxinkristalle dieses Pathogens oral aufgenommen werden. Deshalb ist eine ausreichende Kontamination des Fraßorts für den Bekämpfungserfolg ausschlaggebend und damit der Applikationstechnik besondere Aufmerksamkeit zu

schenken. Für die Anwendung einer Granulatformulierung sprechen bei *B.t.* neben den bereits angeführten Vorteilen, daß die UV-empfindlichen Sporen in den Granula vor Sonneneinstrahlung geschützt sind und daß bestimmte Trägerstoffe, z. B. Maismehl, eine fraßstimulierende Wirkung ausüben und dadurch die Aufnahme einer tödlichen Dosis durch die Raupen begünstigen können.

In Deutschland wurden *B.t.*-Präparate etwa ab 1970 von den drei im Hauptbefallsgebiet des Maiszünslers liegenden Pflanzenschutzämtern Freiburg, Karlsruhe und Frankfurt erprobt. Es wurden Suspensionen und Granulatformulierungen mit wechselndem Erfolg eingesetzt, ohne daß es zu einer amtlichen Zulassung dieser Mittel kam (ENGEL, 1972 b; KRÄMER, 1972; BROD, 1974). Ein gemeinsam vom Pflanzenschutzamt Frankfurt und vom Institut für biologische Schädlingsbekämpfung durchgeführter Versuch im Jahre 1973 zeigte, daß die Wirkungen von zwei Spritzpulver- sowie drei Granulatformulierungen des *B.t.* bei Aufwandmengen von 2 kg/ha bzw. 15 kg/ha (Reihenapplikation beim Granulat) nicht wesentlich voneinander abwichen. Die aus der Verminderung des Larvenbesatzes errechneten Wirkungsgrade lagen zwischen 43 und 51%. Eine Verdoppelung der Granulatmenge verbesserte das Ergebnis nur um maximal 9%.

Die hier mitgeteilten Ergebnisse wurden in drei Versuchen im hessischen Ried in den Jahren 1974 und 1975 gewonnen. Diese Versuche hatten das Ziel, durch eine Verbesserung der Applikationstechnik und durch die Ermittlung des günstigsten Behandlungstermins mit *B.t.* einen unter Beachtung wirtschaftlicher Aspekte ausreichenden Bekämpfungserfolg zu erzielen. Die Untersuchungen werden seit 1975 durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziell unterstützt.

Methode

Applikationsverfahren

Zur Applikation stand 1974 ein Kleinparzellengerät zur Verfügung, das, ausgehend von einem Grundgerät der Firma Mattke, Rheinbach, in Anlehnung an eine Konstruktion des Pflanzenschutzamtes Frankfurt mit einem über den Mais reichenden Trägerbalken ausgestattet wurde. Als Spritzausrüstung diente ein Tecnomaspritzbalken mit einer Dralldüse 18/10 H4 je Maisreihe.

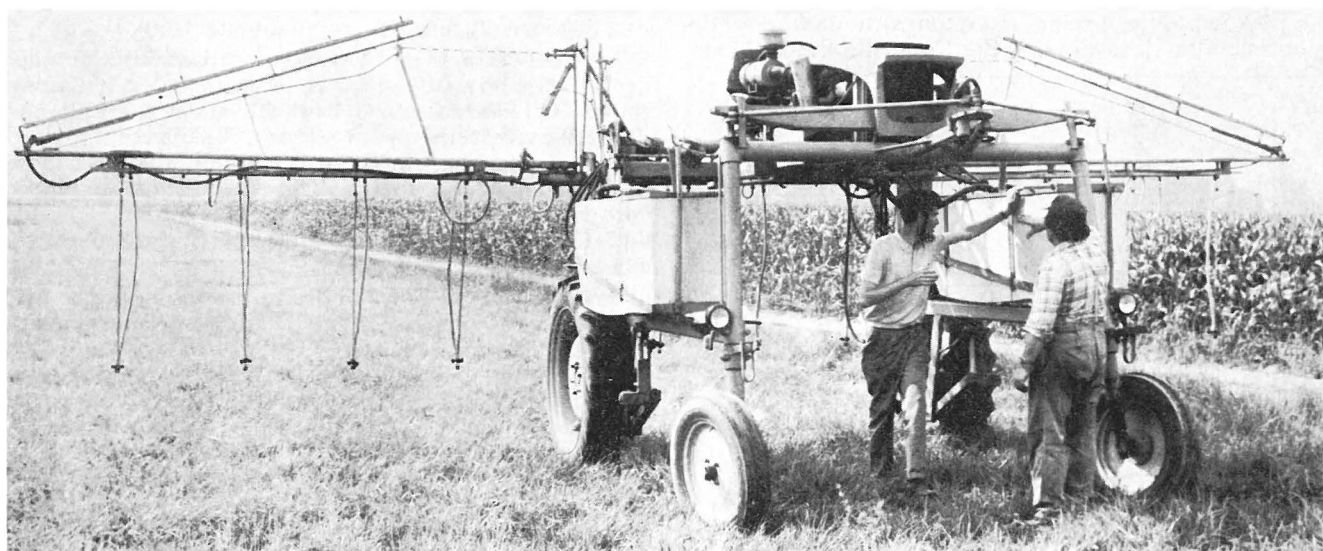


Abb. 1. Stelzenschlepper mit Spritzbalken und zusätzlicher Unterblattspritzausrüstung für 8,25 m Arbeitsbreite.

Es wurden 500 l/ha bei einem Druck von 4 bar ausgebracht.

Zur besseren Benetzung der unteren Pflanzenteile wurden im Vergleich zu diesem normalen Spritzbalken bei einigen Versuchsvarianten zusätzlich 1,20 m lange Unterblattspritzgestänge des gleichen Fabrikats mit einer Doppeldüse montiert, so daß jede Maisreihe nicht nur von oben, sondern auch von den beiden Seiten behandelt werden konnten. Im folgenden werden Applikationen mit dieser Düsenanordnung als Unterblattspritzung bezeichnet. Bei Verwendung der gleichen Düsen mußte die Ausbringmenge bei halber Konzentration verdoppelt und der Druck auf 3,5 bar gesenkt werden.

1975 konnte in einem Versuch (Versuch Nr. 2) ein Stelzenschlepper eingesetzt werden, der mit dem gleichen Spritzbalken wie das Kleinparzellengerät versehen war (Abb. 1). Die Düsenausstattung wurde aber so abgeändert, daß bei der Unterblattspritzung die beiden seitlichen Düsen die gleiche Flüssigkeitsmenge ausbrachten wie die dritte Düse von oben. Dazu war der Spritzbalken mit Dralldüsen 15/10 H4 bestückt, während die Ausleger den Typ 10/10 H2 erhielten. Dadurch konnten einheitlich sowohl mit Normal- als auch mit Unterblattspritzbalken 500 l/ha appliziert werden. Beim Einsatz des normalen Spritzbalkens fuhr der Stelzenschlepper mit einer auf die Hälfte reduzierten Geschwindigkeit (2,3 km/h). Der Spritzdruck betrug einheitlich 9 bar.

Abweichend von der sonst üblichen Applikation richtete sich also beim Stelzenschlepper ebenso wie beim Kleinparzellengerät der Düsenabstand nach dem Reihenabstand (75 cm). Es erfolgte also eine Bandspritzung und keine Flächenspritzung.

Der zweite Versuch im Jahre 1975 (Versuch Nr. 3) wurde wiederum mit dem Kleinparzellengerät durchgeführt, dessen normaler Spritzbalken mit den Dralldüsen 15/10 H4 – wie beim Stelzenschlepper – ausgerüstet war. Der Spritzdruck betrug wie im Vorjahr 4 bar.

Zur Granulatausbringung dienten 1974 zwei auf dem Parzellengerät montierte Streuer der Firma Tröster, Butzbach, mit Bodenantrieb über Greiferrad und Kette. 1975 kamen 6 Gandy-Hopper 901 Jr PRR mit Antrieb über Handkurbel zum Einsatz. In beiden Jahren behandelte jeweils ein Streuer eine Maisreihe (Streubreite ca. 20 cm).

Applikationstermine und Witterung

Die Bekämpfungstermine richteten sich nach den Ergebnissen der Lichtfalle und der Kontrolle der Eiablage.

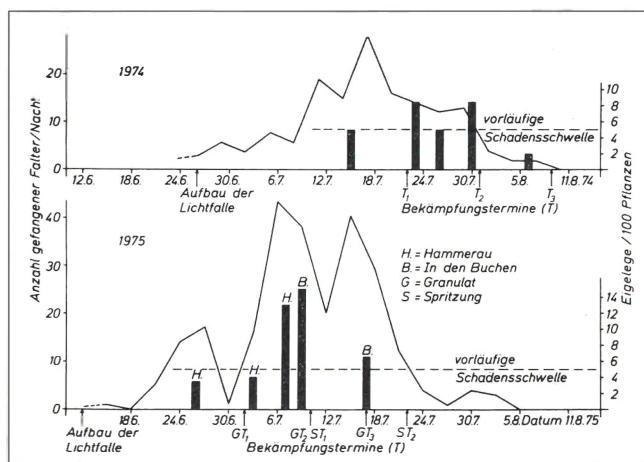


Abb. 2. Maiszünslerflug und -eiablage sowie Bekämpfungstermine in den Jahren 1974 und 1975.

Die Lichtfalle wurde während der Hauptflugzeit täglich geleert. In den Flugkurven (Abb. 2) sind die Werte von jeweils 3 Tagen gemittelt.

Die erste Spritzung erfolgte, wenn die zur Zeit vom amtlichen Pflanzenschutzdienst angenommene Schädenschwelle von 5 Eigelegen/100 Pflanzen erreicht und auf Grund der Lichtfallenfänge ein weiterer Befallsanstieg zu erkennen war (BROD, 1973; ENGEL, 1973). Der zweite Spritztermin lag 9–12 Tage später. Im Jahre 1974 erfolgte noch eine dritte Spritzung.

Das Granulat wurde 1974 gleichzeitig mit den Spritzungen gestreut. 1975 lag eine sehr frühe Applikation in Anlehnung an die französischen Erfahrungen 21 Tage nach Beginn des Falterfluges. Es folgten zwei weitere Termine im Abstand von 8 bzw. 7 Tagen.

Während der Zeit des Maiszünslerfluges war es im Jahre 1974 wesentlich kühler und feuchter als 1975. So lag die durchschnittliche Tages-Maximumtemperatur im Juli 1974 mit 21,8 °C um 4 °C unter dem entsprechenden Wert des Jahres 1975. Die Minimumtemperaturen betragen 1974 im Durchschnitt des Monats Juli 13,0 °C, 1975 15,8 °C. Im Juli 1974 fielen 116 mm Regen, im Juli 1975 nur 53 mm, davon allein 32 mm an 2 Tagen.

Die Applikationen wurden nach Möglichkeit zu trockenen, windarmen Zeiten (Windgeschwindigkeit unter 2 m/s) vorgenommen. Mehr als 2 mm Niederschlag an den beiden auf die Behandlung folgenden Tagen fielen am 3. Termin 1974 (11,5 mm), am 1. Termin (Granulat) 1975 (20,8 mm) und am 2. Termin 1975 (3,2 mm).

Versuchsanlage und -auswertung

Alle drei Versuche lagen in Körnermais (Sorte: Limac, Aussaat: 22.–24. 4.), und zwar 1974 auf dem Hof Gräbenbruch bei Allmendfeld und 1975 auf zwei Feldern des Wamboldtschen Gutes in Klein-Rohrheim („Hammerau“ und „In den Buchen“).

In den Kleinparzellenversuchen – angelegt mit drei Wiederholungen und zusätzlichen unbehandelten Kontrollen – betrug die Größe der Einzelparzellen 70 m² (1974) bzw. 50 m² (1975). Zwischen den behandelten Streifen lag jeweils eine unbehandelte Fläche von 32 m Breite. 1975 wurde Ende Juli zusätzlich eine Reihe beiderseits der Versuchspartellen herausgeschnitten, um ein Überlaufen aus dem unbehandelten Bestand zu verhindern.

Der Stelzenschlepperversuch entsprach mit 4 Wiederholungen, zusätzlichen Kontrollen und 500 m² großen Parzellen den Richtlinien von BROD und STEIN (1973).

Zur Auswertung der Versuche wurden kurz vor der Ernte (1974 ab 1. 10., 1975 ab 8. 9.) auf den Kleinparzellen 50 Pflanzen (1974) bzw. 60 Pflanzen (1975) und in dem Stelzenschlepperversuch 100 Pflanzen je Parzelle aufgeschlitzt, auf Befall bonitiert, die vorhandenen Larven gezählt und die Kolben von Hand gepflückt. Ferner erfolgte eine Bestimmung des Kolbengewichts und 1975 auch des Korngewichts je Stichprobe sowie des Wassergehalts.

Der im Jahre 1975 ermittelte Larvenbesatz wurde statistisch verrechnet. Da das Datenmaterial nicht normal verteilt war, kam der U-Test von WILCOXON, MANN und WHITNEY (SACHS, 1974) zur Anwendung. Neben den absoluten Zahlen werden Larvenbesatz und Ertrag auch in % der jeweils benachbarten unbehandelten Parzellen (= ub) mitgeteilt. Die Beziehungen zwischen Larvenbefall und Ertrag sowie Larvenbefall und Stengelbruch sind unter Verwendung der Parzellenwerte als Stichprobenelemente durch die entsprechenden Rangkorrelationskoeffizienten von SPEARMAN (SACHS, 1974) charakterisiert.

Präparate

In allen Versuchen wurde das *Bacillus thuringiensis*-Präparat Dipel¹⁾ eingesetzt. Die Spritzpulverformulierung enthält mindestens 25×10^8 Sporen/g, die Aufwandmenge betrug bei jeder Applikation 2 kg/ha. Die Granulatformulierung weist 2% aktives Material, d. h. 50×10^7 Sporen/g auf. Es handelt sich um ein Feingranulat mit einer Korngröße von 0,2–2,0 mm auf Maiskeimbasis. Es wurden jeweils 30 kg/ha als Streifenbehandlung ausgebracht. Als Vergleich diente das amtlich zugelassene Thiodan 35 fl.²⁾, das 385 g/l Endosulfan enthält, in einer Aufwandmenge von 3 l/ha zu jedem Termin.

1974 wurden dem Dipel-Spritzpulver in einer Versuchsvariante 4 l/ha Synergid³⁾ zugesetzt. 1975 erfolgte in je einer Variante eine Zugabe von 250 ml/ha Netzmittel Riedel⁴⁾ bzw. 10 l/ha Cargill Insecticide Base (C.I.B.)⁵⁾, einer Melasseformulierung.

Ergebnisse

Wie aus den Tabellen 2–4 zu entnehmen ist, ergeben sich im Larvenbesatz als dem durch die Bekämpfung direkt beeinflussten Faktor wesentlich deutlichere Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten als im indirekt davon mitbedingten Ertrag. Aus den statistisch signifikanten Differenzen ($\alpha = 0,1$ bzw. 0,05) und aus der Verminderung der Larvenanzahl gegenüber den nächstliegenden ub in % (Wirkungsgrad) ist der erzielte Bekämpfungserfolg am besten zu ersehen. Die Ertragsdaten werden weiter unten analysiert.

Untersuchungen 1974

(Versuch Nr. 1, Gräbenbruch)

Im Jahre 1974 wurde die Lichtfalle am 26. 6. aufgebaut. Bereits bei der ersten Kontrolle am folgenden Tag wurden 3 Maiszünsler ($\delta \delta$) gezählt (Abb. 2). Im weiteren Flugverlauf ergab sich eine ausgeprägte Spitze zwischen dem 11. und 20. 7. mit nachfolgend starker Eiablage. Der erste Bekämpfungstermin wurde auf den 22. 7. gelegt, nachdem ein Auszählen der Eigelege im Bestand am 15. 7. den Schwellenwert von 5 Gelegen/100 Pflanzen erreichte und auf Grund des Flugverlaufs mit einem weiteren Anstieg zu rechnen war. Die beiden übrigen Termine lagen jeweils 9 Tage später. Zur Zeit der dritten Applikation war der Flug bereits beendet, und es fanden sich auch nur noch wenige Eigelege im Feld. Dennoch erschien im Hinblick auf das einzusetzende Granulat eine Applikation zu diesem späten Termin interessant, da mit einer Wirkung auf abwärts wandernde, Stengelknoten umgehende Larven zu rechnen war.

Die Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt. Wie zu erwarten, wurde der Maiszünslerbefall durch eine zweimalige Behandlung (Varianten 2, 6, 10 und 14) bei allen Verfahren stärker herabgesetzt als durch eine einmalige Applikation. Die Ausbringung von Dipel mit dem normalen Spritzbalken (Nr. 2) führte dabei mit

1) Hersteller: Abbott Laboratories, North Chicago, Ill., USA. Vertrieb in Deutschland: AAgrunol-Stähler Pflanzenschutzunion GmbH, Stade.

2) Farbwerke Hoechst AG, Frankfurt, zugelassen zur Maiszünslerbekämpfung mit einer Aufwandmenge von 3 l/ha bei einmaliger und 2 l/ha bei zweimaliger Anwendung.

3) AAgrunol-Stähler Pflanzenschutzunion GmbH, Stade.

4) Riedel de Haen AG, Seelze.

5) Cargill Co., Minneapolis, Minn., USA.

Tab. 1. Maisentwicklung und Maiszünslerflug zu den Bekämpfungsterminen in den Jahren 1974 und 1975 im Hessischen Ried

Datum	Bekämpfung	Höhe der Pfl. (cm)	Anzahl sichtb. Fahnen (%)	Tage nach Flugbeginn a)	Bis zu diesem Termin gefangene Falter in % v. Ges.	
					♀♀	♂♂
22. 7. 74	T ₁	130	50	22	67	78
31. 7. 74	T ₂	190	80	31	97	97
9. 8. 74	T ₃	200	100	41	100	100
2. 7. 75	GT ₁	100	40/10b)	11	14	17
10. 7./	GT ₂	150/180b)	70/50	19	65	54
11. 7. 75	ST ₁					
17. 7. 75	GT ₃	200	100/80	26	94	87
22. 7. 75	ST ₂	200/220	100	31	97	95

a) Zeitpunkt, an dem erstmals ♀♀ und ♂♂ gefangen wurden
b) In den Buchen/Hammerau

T₁, T₂, T₃ = 1., 2., 3. Bekämpfungstermin

G = Granulatausbringung; S = Spritzung mit Normal- oder Unterblattspritzbalken

einem Bekämpfungserfolg von 75% zu einem besseren Durchschnittswert als die Unterblattspritzung, das Granulat oder das chemische Vergleichsmittel.

Die Unterblattspritzung mit 1000 l/ha bei halber Konzentration gegenüber dem normalen Spritzbalken (mit 500 l/ha) bewirkte am ersten Termin eine relativ hohe Larvenabtötung, zeigte aber beim zweiten Termin, an dem bereits über die Hälfte der Larven geschlüpft war, keine Vorteile. Allgemein betrachtet wurden mit dieser Ausrüstung und Dosierung um so weniger Raupen abgetötet, je später der Einsatz erfolgte. Eine Behandlung zum dritten Termin war nur dann wirksam, wenn am ersten Termin keine Applikation erfolgt war. Dies dürfte in der Applikationsart begründet sein: Bei der Unterblattspritzung wurden die unteren, nicht mehr wachsenden Pflanzenteile auf Kosten der oberen intensiver benetzt.

Tab. 2. Larvenbesatz und Kolbenertrag im Versuch Nr. 1 (Gräbenbruch, 1974)

Behandlung a)	Larven in 100 Pfl.	Larven- Verm. in % b)	Kolben- ertrag kg/100 Pfl.	Ertrag in % der nächst- liegenden ub
1 DNT ₂	50	40	18,1	101
2 DNT ₁ + T ₃	18	75	16,3	96
3 DUT ₁	34	59	18,2	107
4 DUT ₂	46	45	18,4	108
5 DUT ₃	52	40	15,8	91
6 DUT ₁ + T ₃	30	60	17,3	103
7 GT ₁	34	59	18,0	99
8 GT ₂	66	24	17,7	103
9 GT ₃	42	45	17,8	97
10 GT ₁ + T ₃	32	62	16,1	88
11 INT ₁	72	25	17,7	103
12 INT ₂	52	31	18,4	104
13 INT ₃	54	39	17,5	102
14 INT ₁ + T ₃	38	57	17,8	105
15 ub	80		17,4	

a) D = Dipel-Spritzpulver, G = Dipel-Granulat, I = chemisches Insektizid Thiodan, N = Normaler Spritzbalken, U = Unterblattspritzausrüstung, T₁, T₂, T₃ = 1., 2., 3. Bekämpfungstermin

b) Verminderung der Larvenzahl im Vergleich zur nächstliegenden unbehandelten Kontrolle in %

Der Belag war tief im Bestand vor Abwaschung und Sonneneinstrahlung relativ geschützt und damit lange wirksam. Die oberen, wachsenden Pflanzenteile wurden nur von einem Drittel der Präparatmenge getroffen. Bei der Wiederholung der Unterblattspritzung wurden die unteren Pflanzenteile unnötigerweise erneut mit zwei Drittel des Präparats kontaminiert, während das restliche Drittel nicht ausreichte, die obere Pflanzhälfte zu schützen. Diese unbefriedigenden Verhältnisse wurden durch die Umrüstung des Spritzbalkens 1975 abgeändert.

Das *B. t.*-Granulat erbrachte bei einer frühen Applikation und bei zweimaligem Einsatz etwa den gleichen Erfolg wie die Unterblattspritzung. Die Anwendung zum zweiten Termin führte nur zu einer geringen Larvenverminderung, was möglicherweise dadurch bedingt wurde, daß dieser Termin in eine 9tägige Trockenperiode – die einzige im Juli dieses Jahres – fiel. Ein Granulateinsatz zum dritten Termin ergab noch eine deutliche Befallsabnahme, die wahrscheinlich auf die erwartete Abtötung älterer Larven zurückzuführen ist, die beim Abwärtswandern die Stengelknoten umgingen und in den Blattachsen fraßen. War bereits zum ersten Termin bekämpft worden, blieb eine zweite Applikation zum dritten Termin nahezu erfolglos. Offenbar war zur Zeit der letzten Granulatbehandlung an den Ablagerungsstellen (Blattachsen usw.) noch genügend Präparat von der ersten Bekämpfung vorhanden, so daß keine zusätzliche Mortalität herbeigeführt werden konnte. Das würde bedeuten, daß eine Granulatapplikation unter den Bedingungen des Jahres 1974 ausreicht, um die Blattachsen 3 bis 4 Wochen zu kontaminieren.

Das Thiodan, ausgebracht mit dem normalen Spritzbalken, wirkte am ersten Termin deutlich schlechter als Dipel-Spritzpulver und Dipel-Granulat. Zu den beiden späteren Zeitpunkten lassen sich jedoch keine sicheren Unterschiede ermitteln. Bei zweimaligem Einsatz des Thiodan ist der erwartete additive Effekt der Einzelbehandlungen zu beobachten, der bei den anderen Verfahren vermißt wurde.

Untersuchungen 1975

Im Jahre 1975 war die Lichtfalle ab 12. 6. im Einsatz und bei der ersten Kontrolle am 15. 6. fanden sich 2 Falter (♂♂). Zur Erprobung einer frühzeitigen Granulatausbringung wurde entsprechend den französischen Erfahrungen der erste Streutermin auf den 2. 7. gelegt. Die erste Flugspitze zeichnete sich am 6. 7. ab (Abb. 2) und führte zu hohen Eiablagen auf beiden Versuchsfeldern. Die erste Spritzung wurde daraufhin

am 10. 7. (In den Buchen) bzw. 11. 7. (Hammerau) vorgenommen. Zum Vergleich fand die zweite Granulatapplikation zum gleichen Zeitpunkt – also 8 Tage nach der ersten – statt. Der dritte Granulateinsatz erfolgte weitere 7 Tage später.

Bei der Spritzung wurde von einer 10tägigen Wirkungsdauer ausgegangen. Daher erfolgte die zweite Behandlung am 22. 7., nachdem am 17. 7. noch mehr als 6 Eigelege/100 Pflanzen ermittelt worden waren.

Wie aus der Besprechung der Flugkurven hervorgeht, ist es schwierig, den Beginn des Maiszünslerfluges festzulegen, da einzelne ♂♂ bereits mehrere Tage vor Beginn des eigentlichen Fluges an der Lichtfalle erscheinen. Es ist deshalb zweckmäßig, denjenigen Zeitpunkt als Flugbeginn anzusehen, an dem erstmals gleichzeitig ♂♂ und ♀♀ gefangen werden (Tab. 1).

Wie die Tabelle zeigt, lag danach der erste Granulatstreutermin bereits 11 Tage nach Flugbeginn. Im übrigen entsprach nach Maisentwicklung, Flugverlauf und Eiablage der zweite Streutermin (= 1. Spritztermin) 1975 ungefähr dem ersten Bekämpfungstermin des Jahres 1974. Beim dritten Streutermin 1975 waren etwa die gleichen Voraussetzungen gegeben wie beim zweiten Termin 1974; während der zweite Spritztermin 1975 etwas früher als der dritte Termin des Jahres 1974 lag, vor allem was die Anzahl Eigelege im Feld betrifft.

Versuch Nr. 2 (Hammerau)

Die mit dem Stelzenschlepper erzielten Ergebnisse (Tab. 3) stimmen gut mit denen aus dem vorjährigen Kleinparzellenversuch überein. In allen Varianten wurde eine signifikante Larvenverminderung gegenüber den unbehandelten Kontrollen erreicht. Zweimalige Behandlung führte beim Normalspritzbalken zu einem gesichert höheren Bekämpfungserfolg als einmalige Applikation. Auch im Pflanzenbefall sind diese Unterschiede klar erkennbar.

Alle Befürchtungen, die Unterblattspritzgestänge würden bei der erforderlichen Schlepperfahrgeschwindigkeit von 4,7 km/h abknicken oder Schaden im Maisbestand anrichten, erwiesen sich als unbegründet. Die Umstellung der Unterblattspritzrüstung, die nunmehr die Hälfte des Präparats von oben und die andere Hälfte von den Seiten ausbrachte, verbesserte deren Wirkung bei zweimaliger Behandlung gegenüber dem Vorjahr. Es wurde aber kein höherer Wirkungsgrad als mit dem normalen Spritzbalken erzielt. Eine Betrachtung der Larvenzahlen zeigt die bereits im Versuch Nr. 1 beobachtete Tendenz, daß eine gute Benetzung der unteren Pflanzenteile vor allem zu Beginn der Eiablage wichtig ist, denn bei einmaliger Applikation zum ersten Termin wurden mit der Unterblattspritzaus-

Tab. 3. Larvenbesatz, Kornertrag und Pflanzenbefall im Versuch Nr. 2 (Hammerau, 1975)

Behandlung	Larven in 100 Pflanzen	Signif. Diff. ($\alpha = 0,05$) a)	Larven- Verminderung in %	Kornertrag kg/100 Pflanzen (86 % TS)	Ertrag in % von ub	Anzahl befallener Pflanzen (%)
1 DNT ₁	127	○ x	49	11,9	118	85
2 DNT ₁ + T ₂	79	○ ○	72	10,9	95	76
3 DUT ₁	117	○	57	11,9	111	84
4 DUT ₁ + T ₂	78	○ ○	70	12,7	126	71
5 ub	258	x		10,8		97

a) x ——— signifikant größer als —○—○—○ (U-Test von WILCOXON, MANN und WHITNEY)
Übrige Legende vgl. Tab. 2

Tab. 4. Larvenbesatz, Kornertrag und Pflanzenbefall im Versuch Nr. 3 (In den Buchen, 1975)

Behandlung	Larven in 100 Pflanzen	Signif. Diff. ($\alpha = 0,1$)	Larven- Verminderung in %	Kornertrag kg/100 Pflanzen (86 % TS)	Ertrag in % von ub	Anzahl befallener Pflanzen (%)
1 DNT ₁ + T ₂	97	○	52	8,3	103	77
2 GT ₁	155	○	31	8,3	112	94
3 GT ₂	110	○	47	10,2	127	77
4 GT ₃	105	○	46	8,7	101	82
5 INT ₁ + T ₂	118	○	32	8,6	104	83
6 ub	203	x		8,1		91

Legende vgl. Tabellen 2 und 3

rüstung mehr Larven abgetötet als mit dem normalen Spritzbalken. Da aber die Bekämpfungserfolge bei zweimaliger Behandlung bei den beiden Verfahren weitgehend übereinstimmen, scheint es bei einem zweiten Einsatz vorteilhafter zu sein, nur von oben zu spritzen.

Versuch Nr. 3 (In den Buchen)

Der Kleinparzellenversuch führte allgemein zu schlechteren Ergebnissen als der des Vorjahres (Tab. 4). Nach einmaliger Granulatanwendung wurden stets mehr Larven gefunden als nach zweimaliger Dipel-Spritzung. Im Unterschied zum Vorjahr erbrachte die Granulatapplikation zum ersten Termin ein schlechtes Ergebnis. Wie bereits ausgeführt, lag dieser Zeitpunkt aber auch wesentlich früher als 1974. Eine sehr frühe Granulatanwendung scheint also unter unseren Klima- und Anbauverhältnissen nicht zweckmäßig zu sein. Allerdings muß hier einschränkend daran erinnert werden, daß nach dieser ersten Granulatapplikation 21 mm Niederschlag innerhalb zweier Tage fielen, wodurch Abschwemmverluste verursacht worden sein könnten.

Befallsermittlungen in zwei der drei Versuche zeigen also, daß mit 2×2 kg/ha Dipel-Spritzpulver eine Reduktion des Larvenbesatzes von 70% und damit ein als ausreichend betrachteter Bekämpfungserfolg zu erzielen ist. Eine einmalige Applikation führte in keinem Fall – auch nicht beim chemischen Vergleichsmittel – zu einem befriedigenden Ergebnis, es wurde aber mehrfach ein Wirkungsgrad von fast 60% erreicht. Eine Unterblattspritzausrüstung erscheint bei einer frühzeitigen Applikation vorteilhaft. Die Granulatformulierung war dem Spritzpulver nicht überlegen.

Einfluß der Additiva

Zur Verbesserung der Belagsbildung und der Regenbeständigkeit sowie zur Verlängerung der Wirkungsdauer wird u. a. eine Zugabe von Synergid zur Spritzbrühe empfohlen. Eine solche Variante in Versuch Nr. 1 zeigte aber keinen positiven Effekt (Tab. 5).

Die Zugabe des Netzmittels Riedel im Versuch Nr. 3 sollte die Benetzung des Stengels verbessern und im Gegensatz zum Synergid ein Abwaschen des Spritzbelages von der Blattspreite in die den bevorzugten Fraßort darstellenden Blattachsen erleichtern. Die Melasseformulierung C.I.B., die eigentlich zu einer Verbesserung der Luftapplikation im Forst entwickelt wurde, sollte als Haftmittel dienen. Ferner wurde bei Melasse eine Wirkung als Fraßstimulans bei bestimmten Lepidopteren (YENDOL et al., 1975) und als Attraktans für

Maiszünsler-Prädatoren (CARLSON und CHIANG, 1973) festgestellt. Die erhaltenen Ergebnisse entsprechen nicht den Erwartungen; bei Melasse ist sogar eine deutliche Mortalitätsverminderung zu beobachten.

Maiszünslerbefall und Ertrag

Wenn das Ziel einer Maiszünslerbekämpfung in der Verhütung von Ertragsverlusten besteht, so sollte sich dieser Effekt auch in den ermittelten Ertragsdaten widerspiegeln. Wie aus Tab. 2 hervorgeht, war das 1974 in keiner Weise der Fall. Auf Parzellen mit stark verminderten Larvenzahlen lagen die Erträge nur selten höher, teilweise sogar niedriger als auf den unbehandelten Flächen. Im Jahr 1975 waren auf den behandelten Teilstücken zwar überwiegend Ertragssteigerungen festzustellen, doch standen sie nur selten in Beziehung zur Höhe der Larvenverminderung.

Zur genaueren Untersuchung dieser Zusammenhänge wurden für die Befalls- und Ertragsdaten der beiden Versuche des Jahres 1975 die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN errechnet. In Tab. 6 ist dazu angegeben, wieviel Wertepaare (Anzahl Parzellen) diesen Berechnungen jeweils zugrunde liegen, auf welchem Stichprobenumfang ein solches Wertepaar fußt und wie hoch die unbehandelten Kontrollen befallen waren.

Es zeigt sich, daß nur in dem Versuch Nr. 2, der einen Befall von mehr als 250 Larven/100 Pflanzen in ub aufwies, eine signifikante Beziehung vorliegt, nach der mit einer Befallszunahme eine deutliche Korngewichtsabnahme gekoppelt ist. Dabei ist zu beachten, daß es sich hierbei nur um die Verminderung des Korngewichts handelt, ohne daß die durch den Stengelbruch verursachten Ernteverluste berücksichtigt wurden. Zur Abschätzung einer wirtschaftlichen Schadensschwelle sind weitere Untersuchungen erforderlich, die neben den Ernteverlusten z.B. auch die Begünstigung von

Tab. 5. Einfluß von Additiva auf die Wirkung von Dipel-Spritzpulver

Versuch Nr.	Behandlung	Verminderung der Larvenanzahl in % von ub
1	1 × Dipel	40
	1 × Dipel + Synergid	33
3	2 × Dipel	52
	2 × Dipel + Netzmittel	53
	2 × Dipel + Melasse	31

Tab. 6. Beziehungen zwischen Maiszünslerbefall, Korngewicht und Stengelbruch

Versuch Nr.	Anzahl Parzellen	Anzahl bonitierter Pflanzen/Parz.	Larven in 100 Pflanzen auf ub	r_s a) Korngew.-Anz. Larven	Anzahl gebrochener Stengel (%) auf ub	r_s Stengelbruch-Anzahl Larven
2	43	4 × 25	258	-0,51 ^{xxx}	27	0,84 ^{xxx}
3	47	6 × 10	203	-0,23	20	0,46 ^{xxx}

a) r_s = Rangkorrelations-Koeffizient nach SPEARMAN
Signifikanzgrenze: xxx $\alpha = 0,001$

Pilzkrankungen durch den Maiszünsler berücksichtigen sollten.

Maiszünslerbefall und Stengelbruch

Der Stengelbruch ist das auffallendste Merkmal des Maiszünslerbefalls. Der dadurch verursachte wirtschaftliche Schaden hängt wesentlich davon ab, an welcher Stelle der Stengel abknickt. Auf Korngewicht und maschinelle Ernte dürfte sich ein Abknicken unterhalb des Kolbens am nachteiligsten auswirken. Deshalb wurde nur dieses in Tab. 6 berücksichtigt. In den beiden Versuchen des Jahres 1975 konnte eine signifikante Beziehung zum Maiszünslerbefall festgestellt werden. Verglichen mit dem optischen Eindruck des recht erheblich zusammengebrochenen Bestandes ist es aber erstaunlich, daß auch bei einem für deutsche Verhältnisse recht hohen Befall von 250 Larven/100 Pflanzen nur etwa jeder 4. Stengel unter dem Kolben gebrochen war.

Der Stengelbruch ist kein direktes Maß für die Ernteverluste, da selbst bei gebrochenem Stengel der Kolben häufig senkrecht auf dem Boden aufsteht und somit u. U. noch von der Erntemaschine erfaßt werden kann. Andererseits brechen beim Erntevorgang weitere Stengel, wenn die sie stützenden Nachbarpflanzen gemäht sind.

Die Beziehungen zwischen Stengelbruch und Ernteverlusten sollen weiter verfolgt werden.

Diskussion

Eine Larvenverminderung von 70% ist bei der Maiszünslerbekämpfung bereits beachtlich. Dieser mit zweimaliger *B. t.*-Spritzung erzielte Wirkungsgrad entspricht beinahe den im Elsaß erhaltenen Ergebnissen mit Granulatformulierungen dieses Erregers (STENDEL, 1972; SCHUBERT und STENDEL, 1974). Die geringeren Bekämpfungserfolge in dem Kleinparzellenversuch 1975, der in der Parzellengröße, aber nicht in der Parzellenanordnung einem Vorschlag von ANGLADE und CANGARDEL (1974) entspricht, sind trotz des Entfernens der Randreihen u. U. auf ein spätes Einwandern von Larven aus dem unbehandelten Bestand zurückzuführen. So gibt ENGEL (1973) an, daß die Larven bis zu 5 m im Umkreis gesunde Pflanzen aufsuchen.

Auf Grund wirtschaftlicher Überlegungen ist eine einmalige Bekämpfung anzustreben, doch war damit in unseren Versuchen unter den Bedingungen der Jahre 1974 und 1975 kein ausreichender Wirkungsgrad zu erreichen. Zu dem gleichen Schluß kommen KRÄMER (1973) und BROD (1974) für die Jahre 1972 bzw. 1973 nach Spritzung amtlich zugelassener chemischer Präparate im südhessischen und nordbadischen Raum. Dagegen geht ENGEL (1971; 1972 a) im südbadischen Bereich von nur einer Spritzung mit chemischen Insektiziden aus und erzielte damit z. T. Wirkungsgrade von über 80%. STENDEL im benachbarten Elsaß erreichte seine oben-

genannten, befriedigenden Ergebnisse ebenfalls mit nur einer Behandlung sowohl bei chemischen Wirkstoffen als auch beim *B. t.* Wenn dies in unseren bisherigen Versuchen im nördlichen Teil des Oberrheingrabens nicht möglich war, so sollen weitere Untersuchungen zeigen, ob bei Abänderung der Spritztechnik eine einmalige *B. t.*-Behandlung ausreicht. Da allgemein ein hoher Spritzdruck (11–14 bar) als vorteilhaft für eine gute Durchdringung des Bestandes angesehen wird (HUDON, 1962; ENGEL, 1972 a; BROD, 1974), ist es einerseits erstaunlich, daß in unserem Kleinparzellenversuch 1974 auch schon mit 4 bar ein ausreichender Bekämpfungserfolg mit dem *B. t.*-Präparat erhalten wurde, und andererseits erklärlich, daß das chemische Vergleichsmittel relativ schlecht abschnitt. Allerdings wurden in beiden Fällen 500 l/ha statt der in der Praxis üblichen 400 l/ha Spritzflüssigkeit ausgebracht.

Die *B. t.*-Präparate sind zur Zeit noch teurer als einige chemische Mittel in dieser Indikation. Um diesen biologischen Präparaten nicht ein ähnliches Schicksal zuteil werden zu lassen wie dem selektiv wirkenden *Ryania* in den USA, das seinerzeit von dem nicht besser wirkenden, aber billiger einzusetzenden DDT in der Maiszünslerbekämpfung verdrängt wurde, wäre auch eine Reduzierung der Aufwandmengen wünschenswert. Möglicherweise kann dazu ein Einsatz der Unterblattspritzausrüstung zum ersten Behandlungstermin und des normalen Spritzbalkens zum zweiten Termin dienen.

Bei der Festlegung der Anwendungstermine führt die Erfassung des Flugverlaufs mittels Lichtfalle und die Kontrolle der Eiablage zu brauchbaren Daten. Diese Methode ist aber auch sehr aufwendig. Wenn als Flugbeginn der erste gemeinsame Fang von ♂♂ und ♀♀ angesehen wird, lagen die günstigsten Zeitpunkte sowohl für die Spritzung als auch für die Granulatausbringung in beiden Jahren etwa 21 Tage nach Beginn des Falterfluges, was den Untersuchungen von STENDEL (1970) entspricht. Beobachtungen in weiteren Jahren werden zeigen, ob diese Termine immer hinreichend übereinstimmen und somit eine einfachere Ermittlung möglich ist.

Allgemein gesehen sollte auch im Mais eine integrierte Schädlingsbekämpfung angestrebt werden, um den Eingriff in die Biozönose so gering wie möglich zu halten. Mit der amtlichen Zulassung des *Bacillus thuringiensis*-Präparats Dipel (als Spritzpulver) zur Maiszünslerbekämpfung ist ein wesentlicher Baustein dazu vorhanden. Weiter sind einschlägige Kulturmaßnahmen zur Bekämpfung dieses Schädlings bekannt. ENGEL (1971) und STENDEL (1972; 1975) haben ausgeführt, welche große Bedeutung einem Häckseln und sauberen Tiefpflügen der Stoppeln zukommen. Bei geringer Population z. B. in den neuen Einwanderungsgebieten des Zünslers kann der Schädling wahrscheinlich allein auf diese Weise schon unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle gehalten werden. Auch ein Anbau standfester Sorten und eine möglichst frühe

Ernte tragen zur Verminderung von Ertragsverlusten bei (CHIANG und HODSON, 1950). Schließlich sind erste, in Frankreich durchgeführte Versuche mit einer Freilassung des Eiparasiten *Trichogramma* so erfolgversprechend (VOEGELE et al., 1975), daß auch eine Erprobung unter unseren Verhältnissen lohnend erscheint.

Herrn O. KAPLAN-REITERER, Pflanzenschutzamt Frankfurt, danke ich für die Informationen zur Konstruktion des Kleinparzellergerätes und Herrn K. H. KÜBLER, technischer Assistent am Institut, für die sorgfältige Betreuung der Lichtfalle und seinen Einsatz bei der Versuchsdurchführung. Herrn KRAFT, Hof Gräbenbruch, und Herrn VOLKWEIN, Klein-Rohrheim, sei auch an dieser Stelle für die Bereitstellung der Maisflächen gedankt. Der Firma AAgrunol-Stähler Pflanzenschutzunion GmbH danke ich für ihr Entgegenkommen und Interesse an den Versuchen.

Literatur

- ANGLADE, P.: Mise au point d'une méthode de lutte contre la Pyrale du maïs. Compte rendu d'activité du groupe de travail du maïs. Ann. Zool. Écol. anim. **2**, 1970, 303–308.
- ANGLADE, P., CANGARDEL, H.: Guidelines for the evaluation of pesticides to control the European corn borer. Fourth report of the working party and panels on pesticides for plant protection. EPPO Publ., ser. C, no. 36, 1974, 46–49.
- BRINDLEY, T. A., DICKE, F. F.: Significant developments in European corn borer research. Ann. Rev. Ent. **8**, 1963, 155–176.
- BROD, G.: Mehrjährige Beobachtungen über den Flug und die Eiablage des Maiszünslers in Nordbaden. Gesunde Pflanzen **25**, 1973, 195–204.
- BROD, G.: Die Maiszünslerbekämpfung. Mais **2**, 1974, 22–26.
- BROD, G., STEIN, E.: Richtlinien für die Prüfung von Mitteln gegen den Maiszünsler an Mais. In: Biolog. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft: Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, Reihe 5, Nr. 2.1.13, 1973, Braunschweig.
- BURGSTALLER, H.: Untersuchungen über den Einfluß endogener und exogener Faktoren auf die Anfälligkeit von Maisgenotypen gegenüber dem Maiszünsler *Ostrinia nubilalis*. Diss., Univ. Hohenheim, 1974.
- CARLSON, R. E., CHIANG, H. C.: Reduction of an *Ostrinia nubilalis* population by predatory insects attracted by sucrose sprays. Entomophaga **18**, 1973, 205–211.
- CHIANG, H. C., HODSON, A. C.: Stalk breakage caused by European corn borer and its effect on the harvesting of field corn. J. Econ. Entomol. **43**, 1950, 415–423.
- COX, H. C., BRINDLEY, T. A., LOVELY, W. G., FAHEY, J. E.: Granulated insecticides for European corn borer control. J. Econ. Entomol. **49**, 1956, 113–119.
- ECKSTEIN, F.: Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung von *Pyrausta nubilalis* und *Platyparea poeciloptera*. Arb. physiol., angew. Entomol. **1**, 1934, 109–131.
- ENGEL, H.: Versuche zur Bekämpfung des Maiszünslers vom Hubschrauber aus. Z. angew. Entomol. **55**, 1965, 419–432.
- ENGEL, H.: Granulatausbringung vom Hubschrauber bei der Maiszünslerbekämpfung. Gesunde Pflanzen **18**, 1966, 258–262.
- ENGEL, H.: Tierische Schädlinge und ihre Bekämpfung. In: RINTELEN, P.: Mais. Ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomik. BLV, München 1971.
- ENGEL, H.: Erfolge und Probleme der Maiszünslerbekämpfung. Gesunde Pflanzen **24**, 1972 (a), 47–51.
- ENGEL, H.: Maiszünslerbekämpfung 1971. Persönliche Mitteilung 1972 (b).
- ENGEL, H.: Weitere Erfahrungen zur Bekämpfung des Maiszünslers. Gesunde Pflanzen **25**, 1973, 191–194.
- HUDON, M.: Field experiments with *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides for the control of the European corn borer on sweet corn in southwestern Quebec. J. Econ. Entomol. **55**, 1962, 115–117.
- HUSZ, B.: *Bacillus thuringiensis*, a bacterium pathogenic to corn borer larvae. A preliminary report. Internat. Corn Borer Invest. Sci. Rep. 1927–28, 191–193.
- HUSZ, B.: Field experiments on the application of *Bacillus thuringiensis* against the corn borer. Internat. Corn Borer Invest. Sci. Rep., iii, 1930, 91–93.
- KRÄMER, K.: Maiszünslerbekämpfung in Hessen 1971. Gesunde Pflanzen **24**, 1972, 24–28.
- KRÄMER, K.: Auftreten und Bekämpfung des Maiszünslers. Gesunde Pflanzen **25**, 1973, 57–60.
- LANCRENON, P.: La Pyrale du maïs – biologie et lutte chimique. La France Agricole, 24. 5. 74, 21–22.
- MARTOURET, D., ANGLADE, P.: *Bacillus thuringiensis* dans la lutte contre la Pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*. Ann. Zool. Écol. anim. **3**, 1971, 57–68.
- METALNIKOV, S., CHORINE, V.: The infections diseases of *Pyrausta nubilalis*. Internat. Corn Borer Invest. Sci. Rep. 1927–28, 41–69.
- METALNIKOV, S., CHORINE, V.: Experiments on the use of bacteria to destroy the corn borer. Internat. Corn Borer Invest. Rep., ii, 1929, 54–59.
- RAUN, E. S.: Corn borer control with *Bacillus thuringiensis*. Iowa State Coll. J. Sci. **38**, 1963, 141–150.
- RAUN, E. S., JACKSON, R. D.: Encapsulation as a technique for formulating microbial and chemical insecticides. J. Econ. Entomol. **59**, 1966, 620–622.
- SACHS, L.: Angewandte Statistik, 4. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974.
- SOYER, M.: La Pyrale du maïs – mode dépanage des produits. La France Agricole, 24. 5. 74, 22–23.
- STENGEL, M.: Une méthode de prévision de dégâts de la Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*). Mise au point de la lutte dans les cultures de la Plaine d'Alsace. Ann. Zool. Écol. anim. **2**, 1970, 309–325.
- STENGEL, M.: La Pyrale du maïs en Alsace. Biologie, influence de l'attaque, prévision des dégâts et méthodes de lutte. Rev. suisse d'agric. **4**, 1972, 100–106.
- STENGEL, M.: Integrierte Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* im Elsaß. Z. ang. Ent. **77**, 1975, 417–424.
- SCHUBERT, G., STENGEL, M.: Sur la Pyrale du maïs. Comparaison de l'activité insecticide de quatre formulations a base de *Bacillus thuringiensis* et d'un ester phosphorique. Rev. Zool. Agric. Pathol. Veg. **73**, 1974, 47–52.
- VOEGELE, J., STENGEL, M., SCHUBERT, G., DAUMAL, J., PIZZOL, J.: Les Trichogrammes. V (a). Premiers résultats sur l'introduction en Alsace sous forme de lâchers saisonniers de l'écotype moldave de *Trichogramma evanescens* contre la Pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*. Ann. Zool. Écol. anim. **7**, 1975, 535–551.
- YENDOL, W. G., HAMLIN, R. A., ROSARIO, S. B.: Feeding behavior of gypsy moth larvae on *Bacillus thuringiensis* treated foliage. J. Econ. Entomol. **68**, 1975, 25–27.
- YORK, G. T.: Control of the European corn borer with the fungus *Beauveria bassiana* and the bacterium *Bacillus thuringiensis*. Ph. D. Thesis Iowa State Coll., 1958.
- ZWÖLFER, W.: Bericht über die Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers in Süddeutschland. Arb. Biol. Reichsanst. Teil 1. **15**, 1928, 355–400. Teil 2. **17**, 1930, 459–498.