

Diss. E T H

Diss. Nr. 4033 B.

**Biologische Untersuchungen an *Pandemis heparana*
(Den. und Schiff.)
unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren,
welche die Diapause induzieren
und die Eiablage beeinflussen**

Abhandlung
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der technischen Wissenschaften

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
ERWIN MANI
dipl. Ing.-Agr. ETH
geboren am 30. Dezember 1935
von Zürich



Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. BOVEY, Referent
Prof. Dr. H. ULRICH, Korreferent

LAUSANNE
IMPRIMERIE LA CONCORDE

1968

wird (Abb. 9). Dabei entspricht die Art in ihrem Verhalten dem innerhalb der Insekten weit verbreiteten Langtagtyp (DANILEVSKII 1965). Die auf die Photoperiode sensible Phase liegt vorwiegend im 1. und 2. Larvenstadium, also unmittelbar vor dem Diapausestadium (Abb. 10).

Hohe Temperatur (Abb. 11) und Unterschiede im Alter der Apfelblätter (Abb. 12) vermochten zwar die Schwelle der kritischen Photoperiode in einem gewissen Umfang zu verschieben, ohne aber die tägliche Belichtungszeit als Grundelement in der Induktion der Diapause auszuschalten. Demzufolge unterliegt im Freiland der Diapausebeginn von Jahr zu Jahr keinen grossen Schwankungen (Tab. 5).

Wichtiger als die erwähnte Verschiebung in der kritischen Belichtungsdauer dürfte unter Freilandbedingungen der indirekte Einfluss der Temperatur und der Futterqualität sein. Durch ihre beschleunigende oder hemmende Wirkung auf die Entwicklung (siehe Abb. 4, 6 und 13 sowie Tab. 3) können sie bewirken, dass sich die auf die tägliche Belichtungszeit sensiblen Stadien der Sommergeneration noch unter diapauseverhindernden oder bereits unter diapauseinduzierenden Photoperioden entwickeln. Gerade im Jahre 1965 mit den relativ niedrigen Frühjahrs- und Vorsommertemperaturen wurde der Entwicklungsgang derart verzögert, dass sich ein beträchtlicher Teil der Raupen der ersten Generation unter diapauseinduzierenden Belichtungszeiten entwickelten und demzufolge in Diapause gingen. Abgesehen von den höheren Lagen ist aber in Normaljahren mit 2 Generationen pro Jahr zu rechnen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit hatten zum Ziel, die Kenntnisse über die biologischen Verhältnisse bei *Pandemis heparana* Den. und Schiff. zu erweitern. Sie wurden vorwiegend im Laboratorium durchgeführt.

Pandemis heparana ist in den Obstanlagen der Ostschweiz und des Bündnerlandes unter den blattfressenden Wicklern eine der häufigsten Arten, ohne jedoch bis jetzt nennenswerte Schäden verursacht zu haben. Sie überwintert meist im 3. Larvenstadium und durchläuft pro Jahr in der Regel 2 Generationen. In höheren Lagen und in Jahren mit niedrigen Frühjahrs- und Vorsommertemperaturen geht jedoch bereits ein beträchtlicher Teil der Raupen der ersten Generation in Diapause.

Die Entwicklungsdauer für das Ei-, Larven- und Puppenstadium zeigte die übliche hyperbolische Abhängigkeit von der Temperatur (Abb. 4, 6 und 13). Das Eistadium erwies sich ausserdem als sehr empfindlich gegenüber ungünstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen. Der optimale Bereich mit einer Sterblichkeit von nur ca. 10 % war eng begrenzt (18–22° C; 80–90 % rel. Luftfeuchtigkeit).

Die männlichen Tiere durchliefen normalerweise 5 und die weiblichen 6 Larvenstadien. Daneben gab es einen kleineren Prozentsatz

männlicher Raupen mit 6 und weiblicher Raupen mit nur 5 Stadien. Die Qualität der Raupennahrung (junge und alte Apfelblätter) bewirkte deutliche, statistisch gesicherte Unterschiede: Junge Blätter ergaben eine geringere Mortalität und kürzere Entwicklungsdauer der Raupen, ein höheres Puppengewicht sowie eine grössere Fruchtbarkeit der Weibchen.

Unter optimalen Verhältnissen wurden von den befruchteten Weibchen durchschnittlich 440–480 Eier abgelegt (Extremwerte 90–721). Allerdings legten jeweils rund $\frac{1}{3}$ der Tiere keine oder nur unbefruchtete Eier ab. Im Gesamtdurchschnitt ist deshalb die Zahl der Eier um diesen Bruchteil zu reduzieren. Temperaturen unter 15°C , geringe rel. Luftfeuchtigkeit (45–35 %), die Verhinderung jeglicher Flüssigkeitsaufnahme, Dauerlicht sowie absolute Dunkelheit hemmten die Eiablage.

Unter Freilandverhältnissen konzentrierte sich die Eiablage auf die Abend- und ersten Nachtstunden. Versuche im Laboratorium zeigten, dass der Zeitpunkt der Eiablage durch den Übergang von der Hell- zur Dunkelphase bestimmt wird und nicht an einen inneren Rhythmus gebunden ist.

Im Freiland wird im Verlaufe des Monates Juli darüber entschieden, ob sich die frisch geschlüpften Räumchen noch zu einer zweiten Generation weiter entwickeln oder bereits in Diapause gehen. Als bestimmender Faktor konnte die tägliche Belichtungsdauer ermittelt werden, wobei die lichtempfindliche Phase vorwiegend im ersten und zweiten Larvenstadium lag.

Temperatur und Qualität des Raupenfutters (junge und alte Apfelblätter) vermochten zwar die kritische Photoperiode etwas zu verschieben, ohne aber die tägliche Belichtungsdauer als Grundelement der Diapauseinduktion auszuschalten. Die beiden Faktoren können aber im Freiland durch ihren beschleunigenden oder verzögernden Einfluss auf die Entwicklung darüber entscheiden, ob sich die photosensiblen Jungraupen noch unter diapauseverhindernder oder bereits unter diapauseinduzierender Photoperiode entwickeln. Sie üben damit einen wesentlichen indirekten Einfluss auf die Diapauseinduktion aus.

Die erhaltenen Resultate wurden mit den Verhältnissen im Freiland verglichen. Es zeigte sich, dass verschiedene Laboratoriumsbefunde wertvolle Elemente liefern, um Verhalten, Populationsdynamik und praktische Bedeutung dieser Art zu erklären.

RÉSUMÉ

Les recherches qui font l'objet de ce travail avaient pour but d'améliorer nos connaissances biologiques sur *Pandemis heparana*. Elles ont été principalement conduites en laboratoire.

Dans les vergers de la Suisse orientale et du canton des Grisons, *Pandemis heparana* est une des tordeuses phyllophages les plus fré-

quentes, bien qu'elle n'ait pas causé jusqu'à maintenant de dégâts très appréciables. Elle hiverne le plus souvent au troisième stade larvaire et évolue dans la règle en deux générations annuelles. En altitude et durant les années avec basses températures printanière et estivale, une proportion importante des chenilles de la première génération entre en diapause.

La durée du développement de l'œuf et des stades larvaires et nymphal a présenté les relations habituelles hyperboliques avec la température. Le stade embryonnaire se révèle être très sensible aux conditions de température et d'humidité ; l'optimum vital, avec une mortalité inférieure à 10 %, est très limité (+18 à +22° C et 80 à 90 % d'humidité relative).

Dans la règle, les chenilles du sexe mâle ont présenté 5, celles du sexe femelle 6 stades larvaires. Toutefois, une faible proportion des chenilles mâles ont évolué en 6 stades, respectivement des chenilles femelles en 5 stades. La qualité de la nourriture des larves (jeunes et vieilles feuilles du pommier) s'est traduite par des différences très nettes et statistiquement assurées dans le développement : les chenilles nourries de jeunes feuilles se sont développées plus rapidement, ont donné des chrysalides plus fortes et par conséquent des femelles plus fécondes.

Sous les conditions optimales, les femelles fécondes ont pondu en moyenne 440 à 480 œufs (valeurs extrêmes 90-721). Toutefois, un tiers des individus en expérience n'ont pas pondu ou ont déposé des œufs stériles. Dans la moyenne générale, le nombre des œufs doit être réduit de cette proportion. Les températures inférieures à +15° C, une faible humidité de l'air (35 à 45 %), l'absence de nutrition liquide, l'illumination permanente ainsi que l'obscurité complète sont défavorables à la ponte.

Sous les conditions de la nature, la ponte se déroule durant le crépuscule et les premières heures de la nuit. Des recherches en laboratoire ont montré que le moment de la ponte n'est pas lié à un rythme interne, mais dépend du passage de la phase claire à la phase obscure.

En plein air, c'est durant le cours du mois de juillet que se décide si les chenilles néonates continueront à se développer pour donner une deuxième génération ou au contraire entreront en diapause. La photopériode en est le facteur déterminant, la phase sensible étant représentée par les premier et deuxième stades larvaires.

La température et la qualité de la nourriture (jeunes ou vieilles feuilles) peuvent décaler quelque peu la photopériode critique sans pour cela éliminer la durée du jour comme facteur de base de l'induction de la diapause. Dans la nature, ces deux facteurs, par leur action accélératrice ou retardatrice sur le développement, décident si les stades sensibles peuvent encore se développer sous une photopériode inhibitrice ou au contraire sous une photopériode inductrice de la diapause. Ils exercent ainsi une influence indirecte sur ce phénomène.

Les résultats obtenus ont été comparés aux conditions de la nature. Il en ressort que diverses constatations faites en laboratoire contribuent à une meilleure connaissance du comportement, de la dynamique des populations et de l'importance pratique de cette espèce.

SUMMARY

The investigations dealt with in the present paper were directed to increase the knowledge on the biology of *Pandemis heparana* Den. and Schiff. They were mainly carried out in the laboratory.

Pandemis heparana is one of the commonest species of leafrollers in the orchards of Eastern Switzerland and the canton of Grison, without, however having caused appreciable damage hitherto. It mostly hibernates in the third larval stage, generally passing through 2 generations annually. However, in higher areas and in years with low spring and early summer temperatures, a considerable number of the caterpillars of the first generation go into the diapause.

The duration of development of the egg, larval, and pupal stage showed the usual hyperbolic dependence on temperature (Figs. 4, 6, and 13). Moreover, the egg stage proved to be very sensitive to unfavourable temperature and humidity conditions. The optimal range with a mortality of only about 10% was narrowly limited (18–22° C; 80–90% relative air humidity).

The males normally pass through 5 and the females through 6 larval instars. In addition there was a small percentage of male larvae with 6 and female with only 5 instars. The quality of the larval food (young and mature apple leaves) resulted in evident, statistically significant differences: young leaves led to a lower mortality and shorter duration of development of the larvae, increased weight of the pupae, and greater fecundity of the females.

Under optimal conditions fertilized females laid an average of 440–480 eggs (extreme values 90–721). However, about one-third of the females of our experiments laid no or unfertilized eggs. A corresponding number of eggs should therefore be deducted from the given average in order to get the general average. Temperatures below 15° C, low relative air humidity (45–35%), prevention of all water intake, continual light, as well as absolute darkness, hindered oviposition.

Under outdoor conditions, oviposition was confined mainly to the evening and early hours of the night. Experiments in the laboratory showed that the time of oviposition is determined by transition from light to dark phases, and is not dependent on an internal rhythm.

Under outdoor conditions, the decision whether the freshly hatched larvae will develop further to form a second generation, or go into diapause is made in July. The day length was established as the de-

termining factor, the light-sensitive phase being predominantly in the first and second larval stages.

Temperature and quality of the larval food (young and mature apple leaves) caused some shifting of the critical photoperiod, without, however, eliminating the day length as a fundamental element of diapause induction. But under outdoor conditions the accelerating or delaying influence on development of both these factors can determine whether the young caterpillars sensitive to photoperiod still develop under diapause inhibiting or already under diapause-inducing photoperiods. They thus exercise a considerable indirect influence on diapause induction.

The data obtained were compared with outdoor conditions. Various results from the laboratory supply valuable elements in the interpretation of behaviour, population dynamics and practical importance of this species.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- ADKIN, R., 1924. *Apple fruit attacked by the larva of Tortrix heparana*. Entomologist 57: 188-189.
- ADKISSON, P. L., BELL, R. A. and WELLSO, S. G., 1963. *Environmental factors controlling the induction of diapause in the pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Saunders)*. J. Ins. Physiol. 9: 299-310.
- ANDREWARTHA, H. G., 1952. *Diapause in relation to the ecology of insects*. Biol. Rev. 27: 50-107.
- ATWAL, A. S., 1955. *Influence of temperature, photoperiod and food on the speed of development, longevity, fecundity and other qualities of the diamond back moth, Plutella maculipennis (Curtis) (Lepidoptera: Tineidae)*. Austr. J. Zool. 3: 185-221.
- BAGGIOLINI, M., 1957. *Observations sur l'activité de la tordeuse de la pelure (Capua reticulana Hb. = Adoxophyes orana F. R.) en Suisse romande*. Rev. rom. Agr. Vitic. Arbor. 13: 44-46.
- BARBER, G. W., 1925. *Observations on the response of adults of the European corn borer to light in egg laying*. Ann. ent. Soc. Am. 18: 419-431.
- BECK, S. D., 1962. *Photoperiodic induction of diapause in an insect*. Biol. Bull. Woods Hole 122: 1-12.
- BENDER, E., 1953. *Auftreten, Schaden und Bekämpfung einiger Tortriciden an Obstbäumen in den Jahren 1949-52*. Mitt. Biol. Zentralanst. Ld. u. Forstw. 75: 218-224.
- BLAIS, J. R., 1952. *The relationship of the spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.) to the flowering condition of balsam fir (Abies balsamea L. Mill.)*. Can. J. Zool. 30: 1-29.
- BLAIS, J. R., 1953. *Effects of the destruction of the current year's foliage of balsam fir on the fecundity and habits of flight of the spruce budworm*. Can. Ent. 85: 446-448.
- BÖHM, H., 1957. *Zum Auftreten des Fruchtschalenwicklers Capua (Adoxophyes) reticulana Hb. in Österreich*. Pfl'schutzber. 19: 159-175.
- BOVEY, P., 1937. *Recherches sur le carpocapse des prunes, Laspeyresia (Grapholita) funebrana Tr.* Rev. Path. vég. Ent. agr. France 24: 189-317.
- BOVEY, P., 1966. *Super-famille des Tortricoidea, les Pandemis*; in: Balachowsky, A. S., Entomologie appliquée à l'agriculture, Paris, Masson. Tome II, Vol. 1: 495-506.
- BROSZKUS, W., ADLUNG, K. G. und MADEL, W., 1958. *Lepidopterologische Beobachtungen in einer Ingelheimer Apfelanlage mit besonderer Berücksichtigung der Tortriciden*. Anz. Schäd. kde 31: 20-23.