

# Phénologie du vol de la chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera virgifera*) dans le sud des Alpes suisses

J.O. DERRON et M. BERTOSSA<sup>1</sup>, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1  
R. BRUNETTI et L. COLOMBI, Servizio fitosanitario cantonale, CH-6501 Bellinzona

@ E-mail: [jacques.derron@rac.admin.ch](mailto:jacques.derron@rac.admin.ch)  
Tél. (+41) 22 36 34 315.

## Résumé

Après la première détection de *Diabrotica virgifera virgifera* en Suisse, près de Lugano en 2000, un important réseau de pièges a été mis en place. Des observations réalisées dans le canton du Tessin de 2001 à 2003 ont permis de caractériser la phénologie du vol de ce ravageur redouté. Un modèle de prévision du début du vol, basé sur la somme des températures du sol supérieures à 10,5 °C, place les premières éclosions d'adultes à 620 degrés-jours (dj). L'émergence des premiers adultes est observée à 600 ± 40 dj dans les parcelles abritant des populations de larves (monocultures de maïs), tandis que dans les parcelles non infestées (en rotation), l'activité des adultes n'est décelée que 200 dj plus tard (environ 15 jours). Le nombre moyen de captures par piège est quatre fois plus élevé dans les monocultures de maïs que dans les parcelles en rotation. Le vol des femelles dure plus longtemps que celui des mâles.



Fig. 1. Adulte de la chrysomèle du maïs *Diabrotica virgifera virgifera* se nourrissant des soies d'un épi de maïs.

## Introduction

La chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera virgifera*), le plus important ravageur du maïs aux Etats-Unis (fig.1), a été observée pour la première fois en Europe dans les environs de Belgrade en 1992. Après sa découverte dans la région de Venise en 1998, un dispositif de détection a été mis en place en Suisse dès 1999. Celui-ci a permis de capturer les quatre premiers individus près de Lugano en 2000. A partir de 2001, le réseau de détection a été notablement renforcé au nord comme au sud des Alpes (BERTOSSA

et al., 2001). Les observations réalisées dans le canton du Tessin de 2001 à 2003 (et partiellement 2004) ont permis de caractériser la phénologie du vol de la chrysomèle.

## Matériel et méthodes

### Description du site expérimental

Le réseau de pièges a été établi en fonction de la présence de cultures de maïs et de paramètres climatiques et géographiques. Les pièges retenus pour cette étude sont répartis dans les trois principales zones de production de maïs, qui forment des entités géo-

graphiques bien distinctes, séparées les unes des autres par des lacs ou des montagnes (fig. 2). Les régions 1 (Mendrisiotto) et 2 (Luganese) se situent entre 270 et 330 m d'altitude, la région 3 (plaine de Magadino) ne dépassant pas 220 m. La localité d'Aquila, dotée d'un seul piège, est représentative des zones marginales de culture du maïs où la monoculture est courante; elle est située dans le val Blenio, à 770 m d'altitude.

La plupart des pièges ont été placés dans des parcelles non infestées, soumises à la rotation de cultures. Seules trois parcelles en monoculture, où le maïs est cultivé pour la 2<sup>e</sup> année consécutive en 2003 et qui abritent des larves issues des œufs pondus l'année précédente, ont été dotées de pièges.

A l'intérieur de chaque région, tous les pièges se trouvent dans un rayon de moins de 5 km (fig. 2).

<sup>1</sup>Centre de Cadenazzo, CH-6594 Contone.

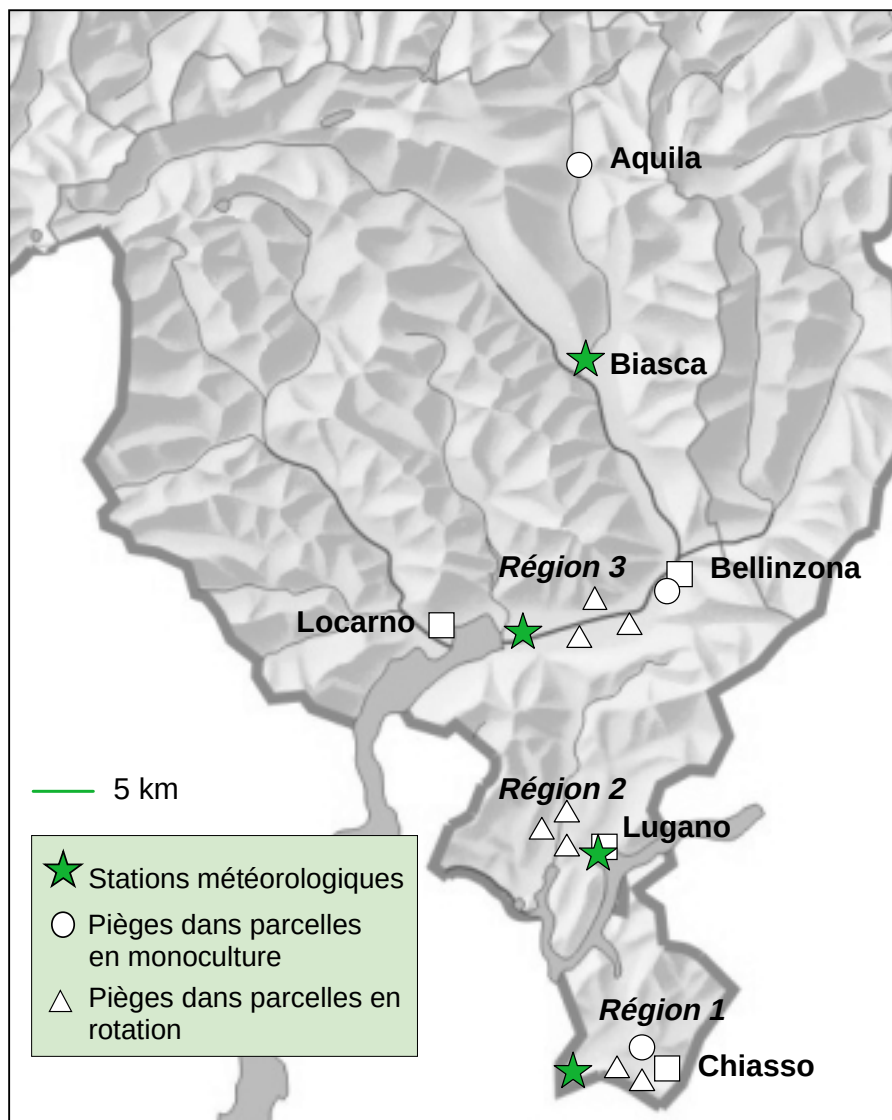


Fig. 2. Carte du canton du Tessin montrant le dispositif expérimental. Les trois régions forment des entités géographiques distinctes. La localité d'Aquila est située au fond du val Blenio, à 770 m d'altitude.

## Les stations météorologiques

Les stations météorologiques les plus proches ou les plus représentatives ont été utilisées pour calculer les sommes de températures (fig. 2; tabl.1).

La station de Mezzana, située à proximité immédiate de la parcelle en monoculture de

la région 1, n'a été mise en service qu'en 2003. Elle a été utilisée pour corriger (par un calcul de régression) les températures journalières moyennes ( $T_m$ ) de la station de Stabio, située dans un endroit moins représentatif mais dont les données sont disponibles depuis 1993, selon la formule suivante:

$$T_m(\text{Mezzana}) = 0,187 + 1,073 \times T_m(\text{Stabio})$$

$$R^2 = 0,982$$

Tableau 1. Stations météorologiques utilisées pour mesurer les températures (voir fig. 2).

| Station  | Région   | Réseau      | Altitude (m) |
|----------|----------|-------------|--------------|
| Stabio   | Région 1 | MeteoSuisse | 353          |
| Mezzana  |          | Agrometeo   | 330          |
| Lugano   | Région 2 | MeteoSuisse | 273          |
| Magadino | Région 3 | MeteoSuisse | 197          |
| Biasca   | Aquila   | Agrometeo   | 300          |

La station de Lugano, bien que toute proche, est placée en ville, où la température est probablement un peu plus élevée que dans la zone des pièges.

La température journalière moyenne à Aquila (770 m) a été calculée à partir de la station de Biasca (300 m) située au bas du val Blenio, moyennant une correction de 0,5 °C par 100 m de dénivellation (Meteo-Suisse, comm. pers.):

$$T_m(\text{Aquila}) = T_m(\text{Biasca}) - 2,4 \text{ °C}$$

Les températures du sol, utilisées pour calculer le seuil et la durée de développement de la chrysomèle, ne sont mesurées qu'à la station de Magadino. Par conséquent, cette station a servi à établir la corrélation entre la température journalière moyenne à 2 m et la température du sol (moyenne des températures journalières à 5 et 10 cm de profondeur) pour corriger les valeurs des autres stations. Cette relation est valable entre le 1<sup>er</sup> mars et le 31 juillet, et peut éventuellement varier quelque peu en fonction du type de sol.

$$T_m(\text{sol}) = -0,082 + 1,05 + T_m(2 \text{ m})$$

$$R^2 = 0,912$$

## Calcul des seuils de développement

Les seuils de développement de la chrysomèle ont été calculés selon un modèle de régression linéaire simple entre le taux de développement et la température. Le seuil (zéro de développement) correspond au point où la droite de régression coupe l'abscisse lorsque l'ordonnée est égale à zéro. La durée de développement (constante thermique) est la réciproque de la pente de la droite. Ces valeurs ont été calculées à partir des données brutes publiées par SCHAAFSMA *et al.* (1991) pour les œufs et par JACKSON et ELLIOTT (1988) pour les larves et les pupes. Les valeurs obtenues pour le seuil de développement se montent à 10,7 °C pour les œufs, 10,3 °C pour les larves et 10,5 °C pour les pupes. Un seuil unique de 10,5 °C a été retenu pour tous les stades. L'erreur standard est calculée d'après CAMPBELL *et al.* (1974). Avec ce seuil, les durées de développement sont respectivement de  $260 \pm 33$  degrés-jours (dj) pour les œufs,  $250 \pm 20$  dj pour les larves et  $110 \pm 5$  dj pour les pupes. En conséquence, lorsque les températures du sol supérieures à 10,5 °C cumulées depuis le 1<sup>er</sup> janvier atteignent  $620 \pm 58$  dj, les premiers adultes devraient apparaître.

## Les pièges et les appâts

Durant les trois ans d'observation, deux types de pièges et deux attractifs ont été utilisés (IMREI *et al.*, 2001; TÓTH *et al.*, 2003). Le piège PAL Csalomon®, appâté avec une phéromone qui ne capture que des mâles, a été utilisé chaque année sur l'ensemble du réseau. En 2003, des pièges PALS Csalomon®, appâtés avec un attractif d'odeur florale synthétique qui attire aussi bien les mâles que les femelles, ont été ajoutés sur les sites des parcelles en monoculture des régions 1 et 3. Tous les pièges ont été relevés une fois par semaine.

## Identification des mâles et des femelles

Etant donné le mauvais état des insectes englués dans les pièges pendant l'été très chaud de 2003 et la difficulté de les sexer de manière sûre sur la base de critères morphologiques externes, tous les individus ont été disséqués. C'est la présence d'un édéage (pénis) ou d'une spermathèque, deux organes bien visibles, qui a permis de séparer les chrysomèles mâles des femelles.

## Résultats et discussion

Dans les trois régions étudiées, le vol de la chrysomèle des racines du maïs, observé dans les pièges placés dans des parcelles en rotation, démarre vers la mi-juillet, un peu plus tôt en 2003 (fig. 3).

Le pic du vol est atteint à fin juillet-début août. La région 1 est la plus précoce et la région 3 la plus tardive, conformément aux températures mesurées dans les trois endroits. Dans les trois régions, le vol se termine au début de septembre, aussi bien en 2002 qu'en 2003.

Les captures de huit pièges (fig. 2) pendant quatre ans (2001 à 2004) ont servi à déterminer le début du vol dans les parcelles en rotation. Cette date est obtenue par interpolation entre la date de la première capture et celle du contrôle précédent. Le début du vol a été le plus précoce en 2003 (29.06), année particulièrement chaude, et le plus tardif en 2001 (23.07).

En degrés-jours, le début du vol ( $\pm$  l'écart-type) est observé à  $798 \pm 81$  dj (N = 30). En revanche, dans les parcelles en monoculture, le vol commence déjà à  $601 \pm 39$  dj (N = 4), ce qui correspond au modèle qui prévoit les premières éclosions des adultes à 620 dj. Cette remar-

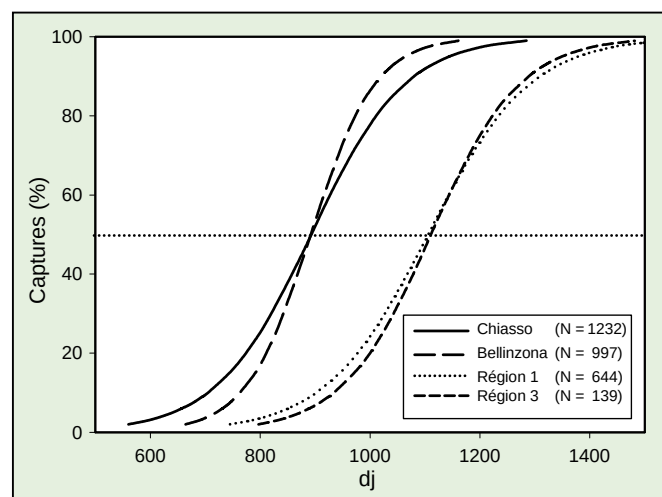
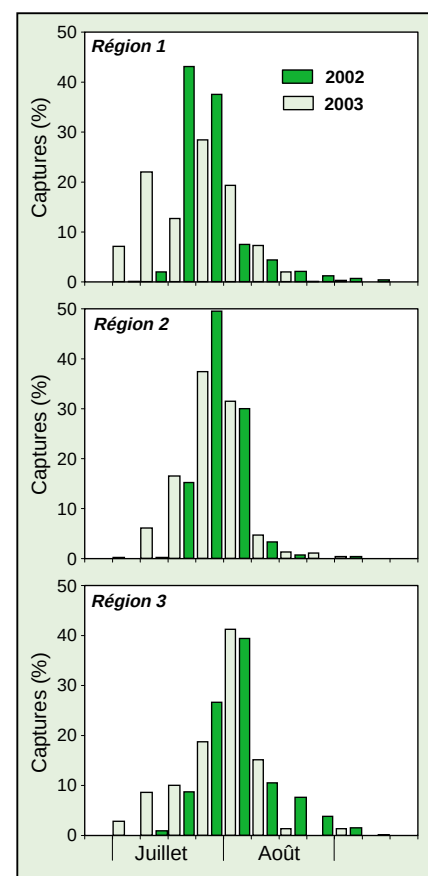
queable différence de 200 dj entre les parcelles en monoculture et celles en rotation se confirme en 2004. Elle est également lisible dans la comparaison des courbes de vol (ajustement logistique) de 2003 (fig. 4; tabl. 2). Ce délai semble représenter le temps nécessaire à la colonisation des parcelles non infestées à partir des foyers existants. Comme le nombre moyen de dj supérieurs à  $10,5^\circ\text{C}$  par jour, mesuré entre le 1<sup>er</sup> juillet et le 31 août, est de 13,2, l'écart de 200 dj correspond à environ 15 jours.

Les courbes de vol dans les trois parcelles en monoculture en 2003 montrent que 50% du vol a lieu vers 890 dj, indépendamment du lieu et de l'altitude. Plus les captures sont nombreuses, plus le vol commence tôt et finit tard (fig. 5). Le nombre moyen de captures par piège est environ quatre fois plus élevé dans les parcelles en monoculture que dans les parcelles en rotation situées à proximité (tabl. 2).

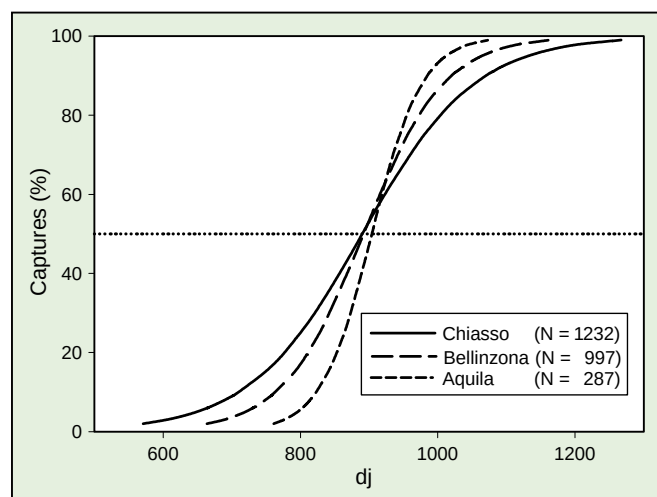
Le nombre moyen de captures par piège est environ quatre fois plus élevé dans les parcelles en monoculture que dans les parcelles en rotation situées à proximité (tabl. 2).

**Tableau 2. Comparaison des vols en degrés-jours (ajustement logistique) et des nombres de captures entre les pièges placés dans des parcelles en monoculture et dans des parcelles en rotation.**

| Vol                      | Région 1    |          | Région 3    |          |
|--------------------------|-------------|----------|-------------|----------|
|                          | Monoculture | Rotation | Monoculture | Rotation |
| 10%                      | 708         | 903      | 765         | 935      |
| 50%                      | 887         | 1107     | 893         | 1112     |
| 90%                      | 1066        | 1310     | 1022        | 1290     |
| Nombre de captures/piège | 1132        | 286      | 166         | 46       |



**Fig. 4.** Comparaison des courbes de vol des mâles en 2003, obtenues d'une part de pièges (PAL) placés dans des parcelles de maïs en monoculture (hébergeant des populations de *Diabrotica*) et d'autre part de pièges placés à proximité dans des parcelles en rotation.



**Fig. 5.** Déroulement du vol des mâles en 2003 dans les pièges (PAL) placés dans les trois parcelles cultivées en maïs pour la 2<sup>e</sup> année consécutive (monocultures).

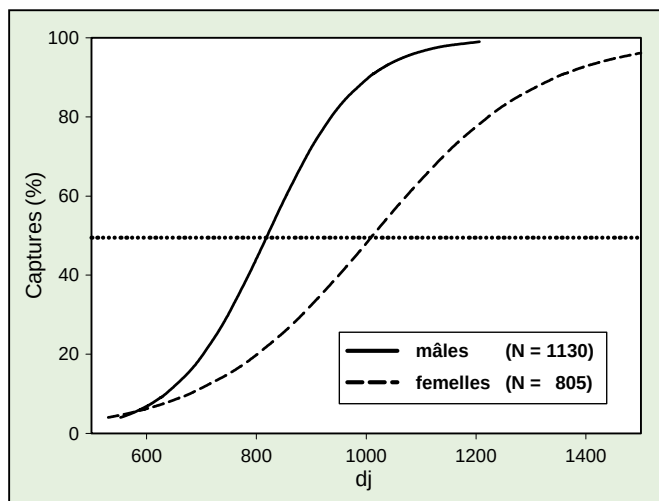


Fig. 6. Comparaison des vols des mâles et des femelles extrapolés à partir des captures des pièges PALS attirant aussi bien les mâles que les femelles, dans les parcelles en monoculture des régions 1 et 3.

Le vol des mâles et des femelles dans les pièges (PALS) commence en même temps, mais celui des femelles se prolonge en septembre (fig. 6).

## Conclusions

- ❑ Basé sur la somme des températures au-dessus de 10,5 °C, le modèle phénologique du vol de la chrysomèle des racines du maïs prévoit correctement le début du vol dans les parcelles de maïs en monoculture qui hébergent des populations de larves issues des œufs pondus l'année précédente.
- ❑ Un retard d'environ 200 degrés-jours (15 jours), est observé dans les pièges placés dans des parcelles en rotation. Ce décalage considérable est suffisant pour différencier les courbes de vol issues d'individus migrants de celles formées par des individus éclos sur place. Il semble indiquer que les mâles restent un certain temps dans les parcelles où ils ont émergé avant de les quitter.
- ❑ Le nombre moyen de captures par piège est nettement plus élevé dans les parcelles en monoculture que dans celles où le maïs est cultivé en rotation.
- ❑ L'activité des femelles dure plus longtemps que celle des mâles.

## Bibliographie

- BERTOSSA M., DERRON J., COLOMBI L., BRUNETTI R., 2001. Update of monitoring Data of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Switzerland in 2001. Proceedings of the VIIIth Diabrotica subgroup meeting, Padova, Italy, 27.10-3.11.2001, 169-173.
- CAMPBELL L., FRAZER B. D., GILBERT N., GUTTERREZ A. P., MACKAUER M., 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Applied Ecology* **11**, 431-438.
- IMREI Z., TÓTH M., VÖRÖS G., SZARUKÁN I., GAZDAG T., SZEREDI A., 2001. Comparison of performance of different trap types for monitoring of *Diabrotica virgifera virgifera*. Proceedings of the VIIIth Diabrotica subgroup meeting, Padova, Italy, 27.10-3.11.2001, 39-45.
- JACKSON J. J., ELLIOTT N. C., 1988. Temperature-dependent development of immature stages of the Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* **17**, 166-171.
- SCHAAFSMA A. W., WHITEFIELD G. H., ELLIS C. R., 1991. A temperature-dependent model of egg development of the Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. Ent.* **123**, 1183-1197.

## Summary

### Flight Phenology of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in Switzerland South of the Alps

An extensive trapping network was established after the first detection in 2000 of *Diabrotica virgifera virgifera* in Switzerland, close to Lugano. The observations of 2001 to 2003 in the Tessin were used to describe the flight phenology of this pest. A model of the beginning of flight, based on soil temperature above 10,5 °C, predicts the first emergence of the adults at 620 day-degrees. The observations indicate that the first adults of fields containing their own larval population (monoculture) emerge at 600 ± 40 day-degrees. In uninfested fields (crop rotation), adults are captured 200 day-degrees later (about 15 days). Average captures per trap are 4 times higher on traps in monoculture fields than in rotated fields. Female flight period is longer than the male one.

**Key words:** *Diabrotica virgifera virgifera*, emergence, flight, day-degrees, rotation, monoculture.

## Zusammenfassung

### Phänologie des Fluges des Westlichen Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) im Süden der Schweizer Alpen

Nach dem Auftreten von *Diabrotica virgifera virgifera* in der Umgebung von Lugano im Jahre 2000 wurde ein dichtes Netz mit Pheromonfallen errichtet. Die im Kanton Tessin von 2001 bis 2003 durchgeführten Beobachtungen haben dazu gedient, die Phänologie des Fluges dieses Schädling zu beschreiben. Ein Modell zur Prognose des Flugbeginns, welches auf der Summe der Bodentemperaturen über 10,5 °C basiert, sagt das erste Schlüpfen der Käfer nach 620 Gradtagen voraus. Die Beobachtungen zeigen, dass die ersten Käfer in den mit Larven befallenen Parzellen (Monokulturen) bei 600 ± 40 Gradtagen auftreten. In den nicht befallenen Parzellen (bei Fruchtfolge) machen sich die Käfer erst 200 Gradtage später bemerkbar (ungefähr 15 Tage). In den Monokultur-Parzellen wurden durchschnittlich vier mal mehr Käfer pro Falle gefangen als in den Parzellen, die einer Fruchtfolge unterliegen. Der Flug der Weibchen dauert länger als jener der Männchen.

## Riassunto

### Fenologia del volo della diabrotica del mais (*Diabrotica virgifera virgifera*) al Sud delle Alpi svizzere

Dopo la prima apparizione di *Diabrotica virgifera virgifera* in Svizzera, vicino a Lugano nel 2000, è stata installata una vasta rete di trappole. Le osservazioni realizzate dal 2001 al 2003 nel Canton Ticino sono servite a caratterizzare la fenologia del volo di questo fitofago. Un modello previsionale dell'inizio del volo basato sulla somma di temperatura del suolo superiore a 10,5 °C, prevede lo sfarfallamento d'insetti adulti a 620 gradi-giorno (gg). Le osservazioni mostrano che i primi adulti nelle parcelle contenenti popolazioni di larve (campi in monocultura di maïs) emergono a 600 ± 40 gg. Nelle parcelle senza infestazione (campi in rotazione colturale) l'attività degli adulti inizia solo 200 gg (ca. 15 giorni) più tardi. Il numero medio di catture per trappola è 4 volte più elevato nelle trappole delle parcelle in monocultura paragonato a quelle in rotazione. Il volo delle femmine dura più a lungo di quello dei maschi.

TÓTH M., SIVCEV I., TOMASEK I., IMREI Z., HORVÁTH P., SZARUKÁN I., 2003. Development of trapping tools for detection and monitoring of *Diabrotica v. virgifera* in Europe. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **38**, 307-322.