



Doctoral Thesis

Die Bedeutung der Kohlendioxyd-Ausscheidung der Wurzeln für die Orientierung der Larven von *Otiorrhynchus sulcatus* F. und anderer bodenbewohnender phytophager Insektenarten

Author(s):

Klingler, Jakob

Publication Date:

1959

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000139365> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 2857 ^{B.}

Diss ETH

Die Bedeutung der Kohlendioxyd-Ausscheidung der Wurzeln für die Orientierung der Larven von *Otiorrhynchus sulcatus* F. und anderer bodenbewohnender phytophager Insektenarten

VON DER
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG
DER WÜRDE EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
GENEHMIGTE

PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON
Jakob KLINGLER
DIPL. ING.-AGR.
VON BÜLACH (ZH)



Referent : Herr Prof. Dr. P. BOVEY
Korreferent : Herr Prof. Dr. F. KOBEL

IMPRIMERIE LA CONCORDE
LAUSANNE

1959

Larven immer wieder und immer weiter von den Wurzeln entfernten, wieder zurückkehrten, sich wieder entfernten usw. Dasselbe trifft zu, wenn die CO₂-Quelle eine künstliche ist. Wenn die Larve keine Nahrung findet, bleibt sie nicht an der Stelle der höchsten CO₂-Konzentration, sondern wandert wieder von dieser weg, dann wieder zur CO₂-Quelle zurück usw.

Das Wegwandern von den Wurzeln einer als Nahrung ungeeigneten Pflanze bzw. einer künstlichen CO₂-Quelle zeigt die Eigenschaften einer gerichteten Reaktion und es ist wahrscheinlich, dass die Larve in diesem Moment negativ chemotaktisch auf den CO₂-Gradienten reagiert. Ein misslungener Versuch der Nahrungssuche würde also in einer Umkehr der Reaktion gegenüber CO₂ resultieren, wobei diese Umkehr die Larve von der ungeeigneten Nahrungsquelle wegführt. Eine erneute positive Reaktion gegenüber CO₂ tritt jedoch nach einiger Zeit wieder ein, worauf ein neuer Versuch unternommen wird, d. h. eine erneute Annäherung an eine CO₂-Quelle stattfindet. Dieser Mechanismus könnte es der Larve ermöglichen, eine neue Nahrungsquelle, d. h. eine andere geeignete Wurzelart zu finden. Infolge der grossen Widerstände im Boden ist allerdings zu vermuten, dass die Zahl der Fehlleistungen, die sich eine Larve erlauben kann, sehr begrenzt ist.

Über diesen Fragenkomplex müssten weitere Untersuchungen geführt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit befasst sich mit der Orientierung bodenbewohnender, phytophager Insektenlarven, hauptsächlich *O. sulcatus*. Es wird besonders das Problem der Anziehung der Larven zu den Wurzeln der Wirtspflanzen untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die Larven von *O. sulcatus* durch die Wurzeln von Wirtspflanzen über eine Distanz von vielen Zentimetern (bis 10 cm und mehr) angezogen werden, und dass sie die Reizquelle in einer gerichteten Wanderung aufzufinden vermögen. Der Nachweis der Anziehung erfolgte durch zwei Methoden, nämlich Glasröhren- und Glasplattenversuche.

Die Untersuchungen über die Natur des anziehenden Stoffes haben ergeben, dass für die Anziehung das von den Wurzeln abgegebene CO₂ verantwortlich gemacht werden kann. Diese Tatsache bringt einen neuen Aspekt in das Problem der Orientierung von Bodenlebewesen. Apparat und Methode zur Anziehung der Larven mittels künstlicher CO₂-Quellen werden beschrieben.

Als Folge der positiv chemotaktischen Reaktion auf CO₂-Gradienten konnte eine anziehende Wirkung von Larvenansammlungen beobachtet werden. Die CO₂-Ausscheidung der Larven und diejenige der Wurzeln wurden gemessen und mit denen unserer künstlichen CO₂-Quelle verglichen.

Der CO₂-Gradient während der Larvenorientierung konnte mittels

einer elektrokonduktometrischen Methode gemessen werden. Diese wird eingehend beschrieben. Es war möglich, die Gradienten sowohl in Versuchen mit Wurzeln als auch in Versuchen mit künstlicher CO₂-Quelle zu messen. Aus diesen Messungen geht hervor, dass zur Auslösung einer gerichteten Reaktion eine CO₂-Differenz von rund 0,1 Vol. % auf 10 cm Distanz notwendig ist.

Eine abstossende Wirkung von CO₂ begann in unseren Versuchen bei einer Konzentration zwischen 3,5 und 6,5 Vol. %. Die Werte variieren möglicherweise noch stärker, wobei äussere Faktoren mitspielen könnten.

Das Verhalten der Larven während des Orientierungsprozesses wird beschrieben und daraus abgeleitet, dass die gerichtete Wanderung in der Hauptsache einer klinotaktischen Orientierung entspricht. Es besteht die Möglichkeit, dass dieser eine Kline-Kinese vorangeht und eine Tropo-Taxis folgt.

Die Anziehung der Larven von *O. sulcatus* zu den Wurzeln hat einen Einfluss sowohl auf die Mortalität derselben, als auch auf den Befall der Wirtspflanze. Der Aufbau des Wurzelwerkes beeinflusst die Anziehung. Befallsunterschiede zwischen veredelten und unveredelten Reben können zum Teil hierauf zurückgeführt werden.

Anziehung durch CO₂-Gradienten konnte, abgesehen von den Larven von *O. sulcatus*, auch bei Drahtwürmern (*Agriotes*) und Engerlingen (*Melolontha*) beobachtet werden. Es besteht kein Grund zur Annahme, dass die Anziehung auf diese Arten beschränkt ist.

Die Orientierung bodenbewohnender Insektenlarven nach CO₂-Gradienten birgt das Risiko von Fehlleistungen in sich. Dieses Risiko wird durch die Polyphagie der Larven und die Wirtspflanzenselektion der Imagines bei der Eiablage stark vermindert.

Die Begriffe Nah- und Fernorientierung sind in etwas modifizierter Form auch bei der Orientierung nach CO₂-Gradienten im Boden anwendbar.

RÉSUMÉ

Ce travail est principalement consacré à l'étude de l'orientation, vers les racines de leurs plantes-hôtes, des larves phytophages souterraines, en particulier de celles de l'Otiorrhynque sillonné (*Otiorrhynchus sulcatus* F.).

Les recherches entreprises ont montré que les larves d'*O. sulcatus* sont attirées vers les racines de la plante-hôte, en l'occurrence la vigne, d'une distance de plusieurs centimètres (jusqu'à 10 et plus) et qu'elles trouvent la source attractive en parcourant un trajet orienté. La preuve de cette orientation a été apportée à l'aide de deux méthodes d'investigation, avec tubes et plaques de verre, et l'on a montré que la substance attractive n'était autre que le CO₂ libéré par la respiration des racines. Cette constatation jette un jour nouveau sur le problème de l'orientation des organismes phytophages souterrains.

L'attrance a été vérifiée avec une source artificielle de CO₂, selon une méthode décrite en détail.

Ensuite de la réaction chimiotactique positive à un gradient croissant de CO₂, on a mis en évidence une action attractive des rassemblements larvaires. Les quantités de CO₂ émises par les larves et par les racines ont été mesurées et comparées à celles de notre source artificielle de gaz.

Le gradient de CO_2 durant l'orientation des larves a pu être mesuré à l'aide d'une méthode de conductibilité électrique, tant dans les expériences réalisées avec les racines que dans celles faisant appel à une source artificielle du gaz. Il ressort de ces mesures, qu'une différence de l'ordre de 0,1 vol. % de CO_2 sur une distance de 10 cm est nécessaire pour déclencher une réaction orientée.

Dans nos expériences, nous avons constaté une action répulsive du CO_2 à partir d'une dose de 3,5 à 6,5 vol. %, selon les cas. Ces valeurs varient peut-être dans de plus grandes limites sous l'influence de facteurs externes.

Le comportement des larves durant le processus d'orientation est décrit en détail; il ressort de son étude que nous avons principalement affaire à une orientation clinotactique. Il est cependant possible que cette clinotaxie soit précédée d'une clinocinèse et suivie d'une tropotaxie.

L'attraction exercée par les racines sur les larves d'*O. sulcatus* a une influence, d'une part sur la mortalité de ces dernières, d'autre part sur le degré d'attaque de la plante-hôte. Les différences observées dans les dégâts sur vignes greffées et non greffées doivent être attribuées, en grande partie, à la structure du système racinaire.

Ce mécanisme attractif par un gradient croissant de CO_2 a également été observé chez les Vers fil de fer (*Agriotes*) et les Vers blancs (*Melolontha*). Il y a tout lieu de croire qu'il se manifeste chez d'autres espèces.

Ce comportement des larves d'insectes vivant dans le sol peut conduire à des « erreurs » d'orientation, compensées toutefois, dans une large mesure, par la polyphagie de ces larves et par la sélection des plantes-hôtes par les femelles pondueuses.

Les notions d'orientation à courte et à longue distance définies dans le cas de l'abeille domestique devraient être révisées pour être applicables au cas des larves souterraines.

SUMMARY

This paper deals with the orientation of soil inhabiting polyphagous insect larvae mainly *Otiorrhynchus* (= *Brachyrhinus*) *sulcatus*, with special reference to the problem of the attraction of the larvae to the roots of the host plants.

The results show that larvae of *O. sulcatus* are attracted to the host plant's roots from as great a distance as 10 cm or more and that the source of stimulation is reached by directed movements. The attraction was studied by means of two methods; glass tubes and glass plates.

Studies concerning the nature of the attracting substances have shown that the CO_2 given off by the plant roots can be held responsible for the attraction. Apparatus and methods for the attraction of the larvae by means of artificial CO_2 -sources are described.

As a result of the positive chemotactic reaction to CO_2 -gradients, aggregations of larvae may serve as centres for further attraction. The CO_2 excretion of the larvae and the roots were measured and compared with our artificial CO_2 -sources.

The CO_2 -gradients during the larvae's orientation could be measured electroconductometrically. This method is described in full. By the

above means it was possible to measure CO_2 -gradients in experiments with both roots and artificial CO_2 sources. As a result of these measurements, it was found that a CO_2 difference of 0.1 % over a distance of 10 cm was necessary in order to cause a directed movement.

The larvae were repelled by a CO_2 concentration of 3.5–6.5 Vol. %. These values may in all possibility vary even more.

The behaviour of the larvae during the orientation process is described and it has been inferred that the directed movement is mainly the result of klinotactic orientation. The possibility exists that this type of reaction is preceded by a klino-kinesis and is followed by a tropo-taxis.

The attraction of the *O. sulcatus* larvae to the roots has an influence not only on the mortality of the larvae but on the degree of infestation of the host plants. The form of the root system influences the attraction. Differences in degree of infestation between grafted and non-grafted vines can in part be explained by the effect of these root patterns.

Attraction by CO_2 -gradients could in addition to those observed in *O. sulcatus* be also observed in wireworms (*Agriotes*) and white grubs (*Melolontha*). There is no basis to believe that the attraction is limited to these species.

The orientation of soil-inhabiting insect larvae by means of CO_2 gradients entails the risk that they may be attracted to the wrong roots. This possibility is in part offset by the polyphagy in the larvae as well as by selection of the proper host plant by imagos for their egg laying.

The concepts of "long-distance" and "short-distance" orientation may, in somewhat modified form be used in the case of CO_2 orientation in the soil.

XI. LITERATURVERZEICHNIS

- ANDERSEN, K. TH., 1931. *Reizphysiologisches Verhalten und Biologie der Sitona lineata-Larve*. Zeitschr. vergl. Physiol. 15, 749–783.
- DETHIER, V. G., 1947. *Chemical Insect Attractants and Repellents*. The Blakiston Company Philadelphia and Toronto, 289 Seiten.
- DE WILDE, J., 1958. *Host plant selection in the colorado beetle larva (Leptinotarsa decemlineata Say)*. Ent. exp. et appl. 1, 14–22.
- ENE, J. M., 1942. *Experimentaluntersuchungen über das Verhalten des Maiskäferengerlings (Melolontha spec.)*. Zeitschr. f. angew. Entom. 29, 529–600.
- FALCONER, D. S., 1945 a. *On the behaviour of wireworms of the genus Agriotes Esch. (Col., Elat.) in relation to temperature*. J. exp. Biol. 21, 17–32.
- 1945 b. *On the movement of wireworms of the genus Agriotes Esch. (Coleoptera, Elateridae) on the surface of the soil and their sensitivity to light*. J. exp. Biol. 21, 33–58.
- FEYTAUD, J., 1918. *Etude sur l'Otiorrhynque sillonné (Otiorrhynchus sulcatus Fabr.)*. Ann. Serv. Epiph. 5, 145–192.
- FRAENKEL, G. S. und GUNN, D. L., 1940. *The Orientation of Animals*. Clarendon Press, Oxford, 352 Seiten.
- FREY-WYSSLING, A., 1949. *Stoffwechsel der Pflanzen*. Büchergilde Gutenberg, Zürich, 288 Seiten.
- GADD, C. H. und LOOS, C. A., 1941. *Host specialization of Anguillulina pratensis (De Man), I Attractiveness of roots*. Ann. Appl. Biol. 28, 372–381.
- GHILAROV, M. S., 1958. *Adaptations of insects to soil dwelling*. XV Int. Congr. Zool., Sect. IV, Paper 14.