

Schätzung von Populationsparametern für die Toleranz der Honigbiene (*Apis mellifera carnica*) gegenüber *Varroa jacobsoni* Oudemans

Christian Boigenzahn^{a*}, Alfons Willam^b

^a Austrian Carnica Association (ACA), Postfach 11, A-3293 Lunz am See, Österreich

^b Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Str. 33,
A- 1180 Wien, Österreich

(Eingegangen 16 Oktober 1998; überarbeitet 28 Juni 1999; angenommen 19 Juli 1999)

Zusammenfassung – Es wurden anhand von Felddaten genetische Parameter (Heritabilität, Korrelation) für die Merkmale « abgefallene *Varroa jacobsoni* » und « Honigleistung » geschätzt. Das Merkmal « abgefallene *V. jacobsoni* nach Behandlung mit Apistan » repräsentiert die Vermehrung der Milben in einem Bienenvolk innerhalb einer Saison und dient als Beurteilungskriterium für die Toleranz gegenüber dem Parasiten. Für die Auswertung standen die Daten des ersten Leistungsjahres von 1 638 Völkern, die von 412 Müttern abstammten, aus den Jahren 1988 bis 1995 zur Verfügung. Als Schätzmethode wurde *restricted maximum likelihood* (REML) verwendet. Dabei wurde unter Berücksichtigung der fortpflanzungsbiologischen und genetischen Besonderheiten der Honigbiene eine durchschnittliche Verwandtschaft von 0,38 zwischen Königinnen, die von einer gemeinsamen Mutter abstammen, zugrundegelegt. Die geschätzte Heritabilität für die abgefallenen *V. jacobsoni* beträgt 0,13, die für die Honigleistung lautet 0,20. Die genetische Korrelation zeigt nur eine sehr schwache negative Tendenz (–0,05), wobei allerdings die sehr große Standardabweichung (0,24) zu berücksichtigen ist. Die phänotypische Korrelation lautet +0,17. © Inra/DIB/AGIB/Elsevier, Paris

Apis mellifera / Toleranz gegenüber *Varroa jacobsoni* / Heritabilität / abgefallene *Varroa jacobsoni* / Honigleistung

1. EINLEITUNG

Die Bekämpfung der Varroatose mit synthetischen Pyrethroiden hat die Erhaltung einer flächendeckenden Bienenhaltung ermöglicht. Als Dauerlösung kann diese Art

der Bekämpfung des Parasiten aber wegen bereits feststellbarer Rückstände der Bekämpfungsmittel in Wachs und Honig und wegen der Gefahr der Resistenzbildung der Milbe nicht angesehen werden. Ein wichtiger Schritt, um zukünftig nur mit mög-

* Korrespondenz und reprints
E-mail: office.aca@carnica.org

lichst geringem Einsatz von chemischen Präparaten die Varroatose unter Kontrolle halten zu können, ist die züchterische Bearbeitung der Toleranz gegen *Varroa jacobsoni*. Als Beurteilungskriterium hierfür bietet sich die Anzahl abgefallener Milben nach Behandlung in einem Bienenvolk an. Das Merkmal « abgefallene Varroamilben » repräsentiert die Vermehrung der Milben innerhalb einer Saison und es kann davon ausgegangen werden, daß möglichst alle bekannten und unbekanntem Einflußfaktoren auf die Toleranz eines Bienenvolkes damit erfaßt werden können.

In der Literatur beschriebene Kriterien für die Erfassung der Toleranz gegen *V. jacobsoni* haben den Nachteil, daß sie einerseits für die Anwendung in der züchterischen Praxis zu aufwendig sind und andererseits jeweils nur einen Teilaspekt darstellen [4, 11, 12]. Sind Meßmethoden zu kompliziert und aufwendig, so werden nur sehr wenige Imker bereit sein, eine für die züchterische Arbeit unbedingt notwendige Leistungsprüfung durchzuführen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, anhand von Felddaten für die Merkmale « abgefallene Varroamilben nach Behandlung » und Honigleistung genetische Parameter (Heritabilität, Korrelation) zu schätzen.

2. MATERIAL UND METHODE

Die Daten stammen aus der Feld-Leistungsprüfung der Austrian Carnica Association (ACA) und des Institutes für Bienenkunde in Lunz am See (IBK/Lunz). Das Merkmal « abgefallene Varroamilben nach Behandlung » wurde durch

Zählen der abgefallenen Milben nach der Herbstbehandlung mit Apistan erfaßt, wobei die Apistan-Streifen insgesamt 30 Tage in den Prüfvölkern verblieben. Die abgefallenen Milben wurden auf einer Gittereinlage, die in den Boden der Beuten eingeschoben wurde, gesammelt. Die Gittereinlage wurden alle 10 Tage gewechselt und die toten Milben ausgezählt. Die Honigleistung wurde durch Wiegen der Waben vor und nach der Schleuderung ermittelt. Für die Auswertung standen die Daten des ersten Leistungsjahres von 1.638 Völkern, die von 412 Müttern abstammten, aus den Jahren 1988 bis 1995 zur Verfügung. Die Völker standen auf insgesamt 84 Prüfständen, wobei allerdings nur für 194 Jahr-Stand-Kombinationen Daten vorlagen. Im statistischen Modell wurden deshalb die systematisch wirkenden Umwelteinflüsse Jahr und Stand zu dem fixen Effekt « Jahr-Stand » zusammengefasst, um anzunehmende Wechselwirkungen zwischen Jahr und Stand korrekt berücksichtigen zu können. In *Tabelle 1* sind die Merkmale Varroaabfall und Honigleistung deskriptiv dargestellt.

Die Schätzung der Heritabilität bereitet wegen der fortpflanzungsbiologischen Besonderheiten der Honigbiene (Mehrfachpaarung der Königin, haploider Status der Drohnen) gewisse methodische Schwierigkeiten. Außerdem sind an der Ausprägung von Merkmalen, die das ganze Volk betreffen, immer zwei Generationen (Königin, Arbeiterinnen) beteiligt. In der Literatur sind für die Schätzung solcher « Volksmerkmale » zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze zu finden. Beim traditionellen Ansatz wird das Merkmal einer der beiden Generationen zugeordnet und die entsprechende Verwandtschaftsbeziehung für die Heritabilitätsschätzung herangezogen [1, 10, 13, 14]. Der zweite Ansatz geht davon aus, daß solche Merkmale den durchschnittlichen Phänotyp sowohl der Arbeiterinnen als auch der Königin repräsentieren [7]. Bienefeld [2] geht bei der Schätzung der Heritabilität von dem Ansatz von Willham [15] aus und definiert die gemessene Leistung des Probanden (Gesamtheit

Tabelle I. Stichprobenumfang (N), Mittelwerte (\bar{X}), Standardabweichung (s), Maxima (max), Minima (min) für die Merkmale Varroaabfall und Honigleistung.

Merkmal	Einheit	N	\bar{X}	s	min	max
Abgefallene <i>V. jacobsoni</i>	Milben	1 638	889	1309	10	9462
Honigleistung	kg	1 638	21,88	15,95	0	97,6

Tabelle II. Schätzwerte für Heritabilitäten (Diagonale), genetische (unterhalb Diagonale) und phänotypische (oberhalb Diagonale) Korrelation und deren Standardabweichungen (2. Zeile) für die Merkmale abgefallene *V. jacobsoni* und Honigleistung ($r = 0,38$).

	Abgefallene <i>V. jacobsoni</i>	Honigleistung
Abgefallene <i>V. jacobsoni</i>	0,13 0,05	+0,17 0,02
Honigleistung	-0,05 0,24	0,20 0,05

der Arbeiterinnen) als Linearkombination dieses Phänotyps und des diese Leistungsausprägung mitbeeinflussenden maternalen Phänotyps der Königin. Es werden dann anhand eines komplexen Verfahrens Heritabilitäten für die Arbeiterinnen- und Königinneneffekte geschätzt. Dieser Ansatz von Bienefeld gewährleistet aber nur mit entsprechend strukturierten, umfangreichen Datensätzen zuverlässige Schätzwerte für die gesuchten genetischen Parameter. Bei gleichem Datenumfang führt aber der traditionelle Ansatz zu stabileren Stichprobenschätzwerten [14]. Es wurde daher in dieser Arbeit der traditionelle Ansatz für die Schätzung der Heritabilität für die abfallenden *V. jacobsoni* herangezogen. In Anlehnung an Willam und Eßl [14] wurde eine adaptierte Form der Halbgeschwisteranalyse verwendet, wobei anstelle der durchschnittlichen Verwandtschaft von Halbgeschwistern (0,25) die durchschnittliche Verwandtschaft von Königinnen, die von einer gemeinsamen Mutter abstammen (0,38), verwendet wurde.

Die Schätzung der Varianz- und Kovarianzkomponenten erfolgte mit folgendem Modell nach der Methode *restricted maximum likelihood* (REML) mit dem Programmpaket VCE4 [9].

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Mut}_i + \text{Jahr-Stand}_j + e_{ijk}$$

wohin Y_{ijk} = abgefallene Varroamilben bzw. Honigleistung, μ = gemeinsame Konstante, Mut_i = zufälliger Effekt der Mutter i , Jahr-Stand_j = fixer Effekt der Kombination Jahr-Stand j , e_{ijk} = Restkomponente.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Ergebnisse sind in *Tabelle II* zusammengefaßt. Die geschätzte Heritabilität für das Merkmal Honigleistung (0,20) liegt im

mittleren Bereich und stimmt gut mit Ergebnissen aus der Literatur überein. Basierend auf Felddaten schätzte Böger [3] Heritabilitäten von 0,14 und 0,29, Bienefeld [2], getrennt für Arbeiterinnen und Königinnen, Heritabilitäten von 0,26 bzw. 0,15. Willam und Eßl [14] berechneten, ebenfalls mit Felddaten, mit der gleichen Auswertungsmethode, die auch in dieser Arbeit verwendet wurde, allerdings mit anschließendem BENDING-Verfahren [8], eine Heritabilität von 0,24.

Für die geschätzte Heritabilität des Varroaabfalls (0,13) – und somit für die Varroatoleranz – gibt es keine vergleichbaren Ergebnisse aus der Literatur. Büchler und Drescher [6] verglichen die Verdeckelungsdauer 22 verschiedener Herkünfte europäischer Bienenrassen und Hybriden miteinander. Je kürzer die Verdeckelungsdauer ist, desto weniger Milben können sich im Bienenvolk vermehren. Die Verdeckelungsdauer ist somit ein Teilaspekt der Toleranz gegen *V. jacobsoni* von Bienenvölkern. Büchler und Drescher schätzten eine Heritabilität von 0,23 für die Verdeckelungsdauer. Sie stellten außerdem fest, dass der Endbefall der Bienenvölker mit den Milben um 8,7 % sinkt, wenn die Verdeckelungsdauer um eine Stunde abnimmt.

Büchler [5] führte eine Vergleichsprüfung von vier genetischen Carnica-Herkünften durch, bei der neben anderen Merkmalen der Abfall von *V. jacobsoni* anhand der Gesamtzahl der während der Bayvarol-

behandlung getöteten, dunkel ausgefärbten Milben ermittelt wurde. Die vier Herkünfte zeigten unter Berücksichtigung des Standeinflusses signifikante Unterschiede im Milbenfall. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß genetische Unterschiede in der Anfälligkeit für *V. jacobsoni* bzw. der Toleranz gegen den Parasiten zwischen verschiedenen Zuchtrichtungen innerhalb der Carnica erwartet werden können. Büchler ist der Ansicht, daß sich bei konsequenter Selektion eine Steigerung der Toleranz gegen die Milben erreichen läßt. Allerdings gibt er zu bedenken, daß das Ziel einer gegen *V. jacobsoni* toleranten Biene nur durch nachhaltige Einbindung einer großen Anzahl von Völkern in einem Zuchtprogramm erreichbar ist.

Die geschätzte Heritabilität für den Varroaabfall (0,13) liegt im unteren Bereich und zeigt somit eine prinzipielle Übereinstimmung mit Fitness-Merkmalen anderer landwirtschaftlicher Nutztiere. Es muß deshalb davon ausgegangen werden, daß für eine erfolgreiche züchterische Bearbeitung dieses Merkmals, wie für alle Merkmale mit niedrigen Heritabilitäten, umfangreiche Informationen aus der Leistungsprüfung eine notwendige Voraussetzung sind. Die phänotypische Korrelation zwischen den abfallenden Milben und der Honigleistung zeigt eine leichte positive Tendenz (+0,17). Ein Bienenvolk, das viel Honig einbringt, muß über die entsprechende Volks- und Brutstärke verfügen. Damit wird aber gleichzeitig dem Parasiten eine verbesserte Vermehrungsmöglichkeit geboten. Aus diesem Grunde wäre es auch sinnvoll, die Anzahl der abgefallenen Milben nach der Behandlung mit Apistan in Relation zur Volksstärke zu setzen. Allerdings war es aufgrund der verschiedenen Rähmchengrößen, die in den Prüfbetrieben verwendet wurden, nicht möglich, eine geeignete Bezugsbasis zu definieren. Die genetische Korrelation zwischen dem Varroaabfall und der Honigleistung ist sehr schwach negativ ausgeprägt (-0,05), was vom züchterischen Standpunkt aus günstig zu beurteilen ist, da zumindest keine

Verschlechterung der Honigleistung zu erwarten ist. Allerdings muß in diesem Zusammenhang auf die sehr große Standardabweichung der genetischen Korrelation (0,24) hingewiesen werden. Sie kann auch als Hinweis gesehen werden, daß die Korrelation zwischen Varroaabfall und Honigleistung nicht linear verlaufen könnte; d.h. stark befallene Völker zeigen eine andere Korrelation als schwach befallene Völker. Für eine genauere Beurteilung der genetischen Korrelation zwischen Varroaabfall und Honigleistung sind weitere Untersuchungen notwendig, die aber mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich waren.

Die genetische Verankerung des Merkmals Varroaabfall konnte zwar durchaus erwartet werden, jedoch fehlte bisher eine Abschätzung des Ausmaßes. Für die züchterische Praxis bedeutet eine Heritabilität von 0,13, daß das Merkmal als Kriterium für die Varroatoleranz in einem Zuchtprogramm berücksichtigt werden kann. Digitale Bilderkennungssysteme bieten zudem die Möglichkeit, das Merkmal Varroaabfall im Rahmen einer umfangreichen Leistungsprüfung schnell und einfach zu erfassen.

DANKSAGUNG

Diese Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt. Für die Bereitstellung der Daten möchten wir uns beim Institut für Bienenkunde in Lunz am See und bei der Austrian Carnica Association bedanken.

Abstract – Estimation of population parameters for tolerance of the honey bee (*Apis mellifera carnica*) for *Varroa jacobsoni* Oudemans. The steady chemical treatment against *V. jacobsoni* mites shows some essential problems: residuals of the drugs in the bee products and resistance of the mites to the active agents in the drugs. A

method to control varroosis without chemical treatments must be found. The best way to avoid problems created by chemical treatments is through selection for a higher tolerance to *V. jacobsoni* by the honey bees. A basic requirement to achieve this aim is the knowledge of population parameters for the tolerance to the mite.

Considering that the reproductive biology of the honey bee deviates from that of other livestock species, heritabilities were estimated for tolerance to *V. jacobsoni* and for honey yield. Data were sampled from a total of 1 638 performance-tested colonies reared from 412 queens in the years 1988–1995. The queens belonged to the Institute of Bee Research in Lunz am See, Austria and private beekeepers of the breeding union, Austrian Carnica Association. Traits recorded were honey yield and tolerance to *V. jacobsoni*. As a general selection criterion for tolerance, the number of mites were counted on a special bottom board during the annual treatment with Apistan at the end of the testing season. Population parameters were estimated by an adapted half-sib analysis based on queens, using the restricted maximum likelihood (REML) methodology. The average relationship between two randomly chosen females (queens) was estimated as 0.38. The estimated heritability for honey yield was 0.20, which is documented by several other studies. The estimated heritability for tolerance to *V. jacobsoni* was 0.13 (table II). The phenotypic correlation between honey yield and tolerance to *V. jacobsoni* indicated a positive tendency (+0.17). The genetic correlation (–0.05) showed a very weak favourable direction, but owing to the standard deviation (0.24) it has to be interpreted very carefully. Further studies are necessary to analyse the genetic correlation between honey yield and varroa tolerance precisely. According to the results, selection response for tolerance to *V. jacobsoni* can be expected if performance testing and selection is carried out in large breeding populations. © Inra/DIB/AGIB/Elsevier, Paris

Apis mellifera / *Varroa jacobsoni* / heritability / tolerance / honey yield

Résumé – Estimation des paramètres de la population liés à la tolérance de l'abeille (*Apis mellifera carnica* Pollmann) à *Varroa jacobsoni* Oudemans. Les traitements chimiques réguliers contre l'acarien *Varroa jacobsoni* conduisent à des problèmes importants : présence de résidus des produits de traitement dans le miel et la cire et développement chez l'acarien d'une résistance aux matières actives. Il faut trouver une méthode sans traitement chimique pour lutter contre la varroose. Le meilleur moyen d'éviter les problèmes est de sélectionner des abeilles fortement tolérantes à *V. jacobsoni*. Pour cela il faut connaître les paramètres de la population liés à la tolérance à *V. jacobsoni*.

Les héritabilités ont été estimées pour la tolérance à *V. jacobsoni* et pour le rendement en miel. Les données provenaient de 1 638 colonies issues de 412 reines entre 1988 et 1995 et testées pour leurs performances. Les reines appartenaient à l'Institut de recherches sur l'abeille à Lunz am See, Autriche et à des apiculteurs membres de l'Association Carnica Autrichienne. Les caractères enregistrés ont été le rendement en miel et la tolérance à *V. jacobsoni*. On a utilisé comme critère général de la tolérance le nombre d'acariens tombés sur un linge grillagé placé sur le plateau de ruche au cours du traitement annuel à l'Apistan® fait à la fin de la saison de test. Les paramètres de la population ont été estimés par une analyse adaptée des demi-fratries faites sur les reines à l'aide de la méthodologie de la vraisemblance maximum restreinte (REML). La relation moyenne entre deux reines choisies au hasard a été estimée à 0,38. L'héritabilité du rendement en miel a été estimée à 0,20, ce qui est confirmé par plusieurs études d'autres auteurs, et l'héritabilité de la tolérance à *V. jacobsoni* à 0,13 (tableau II). La corrélation phénotypique entre le rendement en miel et la tolérance à *V. jacobsoni*

indiquait une tendance positive (+ 0,17). La corrélation génétique (-0,05) montrait une direction légèrement moins favorable mais, à cause de l'écart-type (0,24), il est nécessaire de l'interpréter avec précaution. D'autres études sont nécessaires pour analyser précisément la corrélation génétique entre rendement en miel et tolérance à *V. jacobsoni*. D'après les résultats, on peut s'attendre à ce que la sélection réponde positivement à la tolérance à *V. jacobsoni* si le test des performances et la sélection porte sur de grandes populations. © Inra/DIB/AGIB/Elsevier, Paris

***Apis mellifera carnica* / *Varroa jacobsoni* / tolérance / hérabilité / rendement en miel**

LITERATUR

- [1] Bar-Cohen R., Alpern G., Bar-Anan R., Progeny testing and selecting italian queens for brood area and honey production, *Apidologie* 9 (1978) 95–100.
- [2] Bienefeld K., Pirchner F., Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*), *Apidologie* 21 (1990) 175–183.
- [3] Böger K., Zur Selektion von Bienenvölkern auf Sammelleistung, *Z. Bienenforsch.* 9 (1969) 545–564.
- [4] Büchler R., Erfahrungen in der Resistenzzucht – Möglichkeiten und Chancen bei der Carnica, *Bienenvater* 114 (1993) 59–65.
- [5] Büchler R., Varroatoleranz, Leistung und Verhalten verschiedener Carnica-Linien, *Die Biene* 134 (1998) 11–13.
- [6] Büchler R., Drescher W., Variance and heritability of the capped developmental stage in european *Apis mellifera* L. and its correlation with increased *Varroa jacobsoni* Oud. infestation, *J. Apic. Res.* 29 (1990) 172–176.
- [7] Chevalet C., Cornuet J.M., Evaluation de la consanguinité dans une population d'abeilles soumises à sélection, *Apidologie* 13 (1982) 157–168.
- [8] Essl A., Choice of an appropriate bending factor using prior knowledge of the parameter, *J. Animal Breeding Genet.* 108 (1991) 89–101.
- [9] Groeneveld E., VCE4 User's Guide and Reference Manual Version 1.3, Polykopie, 1998.
- [10] Moritz R.F.A., Southwick E.E., Harbo J.B., Genetic analysis of defensive behaviour of honeybee colonies in a field test, *Apidologie* 18 (1987) 27–42.
- [11] Peng Y.S., Fang Y., Xu S., Ye L., The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabricius, to an ectoparasitic mite, *Varroa jacobsoni*, *J. Invertebr. Pathol.* 49 (1987) 54–60.
- [12] Ruttner F., Active defense against varroa mites in a Carniolan strain of honeybee, *Apidologie* 23 (1992) 173–187.
- [13] Soller M., Bar-Cohen R., Some observation on the heritability and genetic correlation between honey production and brood area in the honey bee, *J. Apic. Res.* 6 (1967) 37–43.
- [14] Willam A., Eßl A., Schätzung von Populationsparametern bei der Honigbiene (*Apis mellifera carnica*), *Apidologie* 24 (1993) 355–364.
- [15] Willham R.L., The covariance between relatives for characters composed of components contributed by related individuals, *Biometrics* 19 (1963) 18–27.