



JKI Datenblätter

Pflanzenkrankheiten und Diagnose

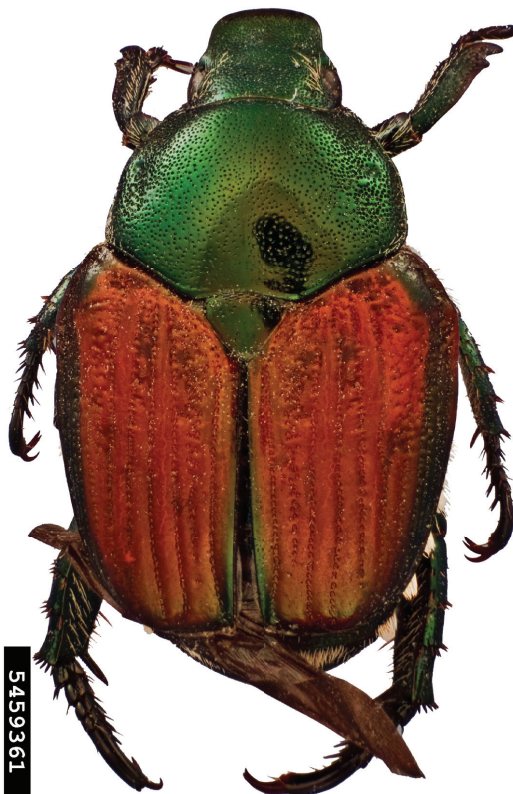


Photo: Steven Valley, Oregon Department of Agriculture; bugwood.org, 5459361

Gritta Schrader, Melanie Camilleri, Ramona Mihaela Ciubotaru,
Makrina Diakaki, Sybren Vos

Schadorganismensteckbrief für *Popillia japonica*

Impressum

Die Open-Access-Publikationsreihe „JKI Datenblätter – Pflanzenkrankheiten und Diagnose“ beinhaltet deutschsprachige strukturierte Steckbriefe zu allen biotischen Ursachen von Krankheiten und Schädigungen von Kulturpflanzen. Diese umfassen Viruserkrankungen, Nematoden, Pilze und Bakterien sowie tierische Schaderreger und Unkräuter.

Die Reihe ist ebenfalls in englischer Sprache verfügbar als „JKI Data Sheets – Plant Diseases and Diagnosis“ (<https://ojs.openagrar.de/index.php/dsPDD>).

„JKI Datenblätter – Pflanzenkrankheiten und Diagnose“ is a German series publishing structured fact sheets about all biotic causes of plant diseases and damages, including viruses, nematodes, fungi, bacteria, pests and weeds.

This series is available in English, too: "JKI data Sheets - Plant Diseases and Diagnosis" (<https://ojs.openagrar.de/index.php/dsPDD>).

Herausgeber
Editor-in-Chief

Präsident und Professor
Prof. Dr. Frank Ordon
Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Erwin-Baur-Str. 27
06484 Quedlinburg, Germany

Schriftleitung
Managing Editor

Dr. Anja Hühnlein
Informationszentrum und Bibliothek
Julius Kühn-Institut
Erwin-Baur-Str. 27
06484 Quedlinburg
anja.huehnlein@julius-kuehn.de

Einreichung von Beiträgen unter
Manuscript submission via

<https://ojs.openagrar.de/index.php/dbPKD>



ISSN

2191-138X

DOI

<https://doi.org/10.5073/20190516-072411>

Diese Ausgabe zitieren als
Cite this issue as

Gritta Schrader ... et. al, 2019: Schadorganismensteckbrief für *Popillia japonica*. JKI Datenblätter – Pflanzenkrankheiten und Diagnose 2019 (3), 1-22, DOI: 10.5073/20190516-072411.



Alle Ausgaben dieser Zeitschrift werden unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International Lizenz (CC-BY-NC-ND) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>).

All issues of this journal are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (CC-BY-NC-ND) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>).

Gritta Schrader¹, Melanie Camilleri², Ramona Mihaela Ciubotaru²,
Makrina Diakaki², Sybren Vos²

Schadorganismensteckbrief für *Popillia japonica*

Pest survey card on *Popillia japonica*

European Food Safety Authority (EFSA),

¹ Julius Kühn-Institut, Braunschweig

² EFSA, Parma, Italien

Übersetzung ins Deutsche: Elke Vogt-Arndt, Julius Kühn-Institut, Braunschweig

Zusammenfassung

Dieser Schadorganismensteckbrief wurde im Rahmen des Mandats zur Überwachung von Schadorganismen von Pflanzen (EFSA-Q-2017-00831) auf Ersuchen der Europäischen Kommission erstellt. Die Zielsetzung dieses Dokumentes ist, die Mitgliedstaaten bei der Planung der jährlichen Erhebungsaktivitäten zu Quarantäneschadorganismen zu unterstützen, indem ein statistisch fundierter und risikobasierter Ansatz zu Schadorganismenerhebungen in Übereinstimmung mit gültigen internationalen Standards angewendet wird. Die erforderlichen Daten für diese Tätigkeiten umfassen die Verbreitung des Schadorganismus, seinen Wirtspflanzenkreis, seine Biologie, Risikofaktoren sowie verfügbare Methoden zum Nachweis und zur Identifikation. Dieses Dokument ist Bestandteil eines Toolkits, das aus Schadorganismen-spezifischen Dokumenten wie dem Schadorganismensteckbrief und exemplarischen Dokumenten besteht, die für alle zu überprüfenden Schadorganismen relevant sind, einschließlich der allgemeinen Erhebungsrichtlinien und der statistischen Software wie RiBESS+.

Abstract

This pest survey card was prepared in the context of the mandate on plant pest surveillance (EFSA-Q-2017-00831), upon request by the European Commission. The purpose of this document is to assist the Member States in planning annual survey activities of quarantine organisms using a statistically sound and risk-based pest survey approach, in line with the current international standards. The data requirements for such activity include the pest distribution, its host range, its biology, risk factors as well as available detection and identification methods. This document is part of a toolkit that consists of pest-specific documents, such as the pest survey cards and generic documents relevant for all pests to be surveyed, including, the general survey guidelines and statistical software such as RiBESS+.

Stichwörter: Schadorganismus von Pflanzen, Erhebung, risikobasierte Überwachung, *Popillia japonica*, Japankäfer

Key words: plant pest, survey, risk-based surveillance, *Popillia japonica*, Japanese beetle

Die wissenschaftlichen Veröffentlichungen der EFSA werden unter einer Creative Commons Lizenz (CC by-nc-nd = Namensnennung, keine kommerzielle Nutzung, keine Bearbeitung) veröffentlicht, die die freie Weiterverteilung und Wiederveröffentlichung erlaubt, vorausgesetzt, dass (i) EFSA als Quelle angegeben wird, (ii) der Inhalt nicht verändert wird (oder die Erlaubnis von EFSA eingeholt wird, eine geänderte Version zu reproduzieren) und (iii) das Arbeitsergebnis vollständig in allen wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufgeführt wird.

Hinsichtlich Übersetzungen gestattet EFSA nationalen Behörden und Einrichtungen anderer Mitgliedstaaten, die wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse zu übersetzen, sofern (i) die englische Version, die im EFSA Journal oder den EFSA Supporting Publications veröffentlicht wird, das offizielle legale Dokument bleibt und (ii) EFSA nicht verantwortlich für Fehler oder Bedeutungsverschiedenheiten gemacht wird, die durch den Übersetzungsvorgang oder jegliche Aktionen durch das Nutzen des übersetzten Dokuments auftreten können. Die Verwendung des Inhalts wird unter der Voraussetzung genehmigt, dass die Quelle genannt wird:

EFSA (European Food Safety Authority), Schrader, G., M. Camilleri, R.M. Ciubotaru, M. Diakaki, S. Vos, 2019: Pest survey card on *Popillia japonica*. EFSA supporting publication 2019:EN-1568. 22 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1570

Ausgenommen sind die folgenden Abbildungen, deren Reproduktion verboten ist. Eine Genehmigung muss direkt beim Inhaber des Urheberrechts eingeholt werden:

Abbildung 1: © Steven Valley, Oregon Department of Agriculture, Bugwood.org; Abbildung 2: © EPPO global database; Abbildung 5: © David Cappaert, Bugwood.org; Abbildung 6: © Mike Reding and Betsy Anderson, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org; Abbildung 7: © Emmy Engasser, Hawaiian Scarab ID, USDA APHIS ITP, Bugwood.org; Abbildung 8: © David Cappaert, Bugwood.org; Abbildung 9: © M.G. Klein, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org; Abbildung 10: © M.G. Klein, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org; Abbildung 11: © Daren Mueller, Iowa State University, Bugwood.org; Abbildung 12: © Malcolm Storey, www.bioimages.org.uk; Abbildung 13: © (left) EPPO, 2016; (right) NVWA, 2018

Einleitung

Die Informationen in diesem Schadorganismensteckbrief sind eine Zusammenfassung der Risikoanalyse für *Popillia japonica* für das Hoheitsgebiet von Großbritannien (Korycinska et al., 2015), 2018), dem EPPO-Datenblatt (EPPO und CABI, 1997), dem EPPO-Diagnoseprotokoll (EPPO, 2006), dem EPPO-Standard zu Nationalen Kontrollsystemen (EPPO, 2016), der EPPO Global Database (EPPO, 2018), des CABI-Datenblattes für *P. japonica* (CABI, 2018), dem Faktenblatt für *Popillia japonica* von CFIA (CFIA, 2017) und der EFSA-Kategorisierung für Schadorganismen für *P. japonica* (EFSA PLH Panel, 2018).

Zielsetzung dieses Schadorganismensteckbriefes ist, die relevanten biologischen Informationen zur Verfügung zu stellen, die für die Erstellung von Erhebungen für *Popillia japonica* in EU Mitgliedstaaten (EFSA, 2018) erforderlich sind. Dieses Dokument ist Bestandteil eines Toolkits, das entwickelt wird, um Mitgliedstaaten bei der Planung eines statistisch

fundierten und risikobasierten Ansatzes zur Schadorganismenerhebung entsprechend den Richtlinien zur Überwachung gemäß Internationalem Pflanzenschutzübereinkommen (IPPC) (FAO, 2016) zu unterstützen. Das Toolkit besteht aus Schadorganismen-spezifischen und allgemeineren Dokumenten, die relevant für alle zu erhebenden Schadorganismen sind:

- i. Schadorganismen-spezifische Dokumente:
 - a. der Schadorganismensteckbrief für *P. japonica*.
- ii. Allgemeine Dokumente:
 - a. Die allgemeinen Richtlinien für Erhebungen (sollen 2019 fertig gestellt werden)
 - b. Das Online-Handbuch RiBESS+
 - c. Die online verfügbaren statistischen Tools RiBESS+ und SAMPELATOR, mit freiem Zugang nach Registrierung.

Der Schadorganismus und seine Biologie

Taxonomie

Wissenschaftlicher Name: *Popillia japonica* Newman, 1841

Klasse: Insecta, Ordnung: Coleoptera: Scarabaeidae: Unterfamilie: Rutelinae: Stamm: Anomalini (oder Familie: Rutelidae), Gattung: *Popillia*, Art: *japonica*

Trivialname: Japankäfer

Der Japankäfer *Popillia japonica* (Abb. 1) ist ein in Japan heimisches Insekt und ein Schadorganismus für eine Vielzahl von Bäumen und Sträuchern. Er ist eine eindeutig bestimmbare Art innerhalb verschiedener Arten der gleichen Gattung. Er kann 8 bis 11 mm lang und 5 bis 7 mm breit werden.



Abb. 1: Adulter Käfer von *Popillia japonica* – eine eindeutig bestimmbare Art (Quelle: Steven Valley, Oregon Department of Agriculture, Bugwood.org, 5459361)

Regelungsstatus des Schadorganismus in der EU

Popillia japonica ist in Anhang I Teil A, Abschnitt 1 der Richtlinie des Rates 2000/29/EC gelistet. Seine Einschleppung in die EU ist verboten. In der Richtlinie des Rates sind keine spezifischen Anforderungen festgelegt.

Verbreitung des Schadorganismus

Der Japankäfer hat seinen Ursprung in Nordostasien. Dort ist er in Nordchina und Japan heimisch. Er wurde nach Nordamerika eingeschleppt und ist in den USA ein gefährlicherer Schadorganismus als in seinem Ursprungsgebiet (EPPO, 2006). Innerhalb der EU tritt der Schadorganismus in Portugal (Azoren) und in Italien (Mailand) auf (Korycinska et al., 2015; EPPO Global Database).

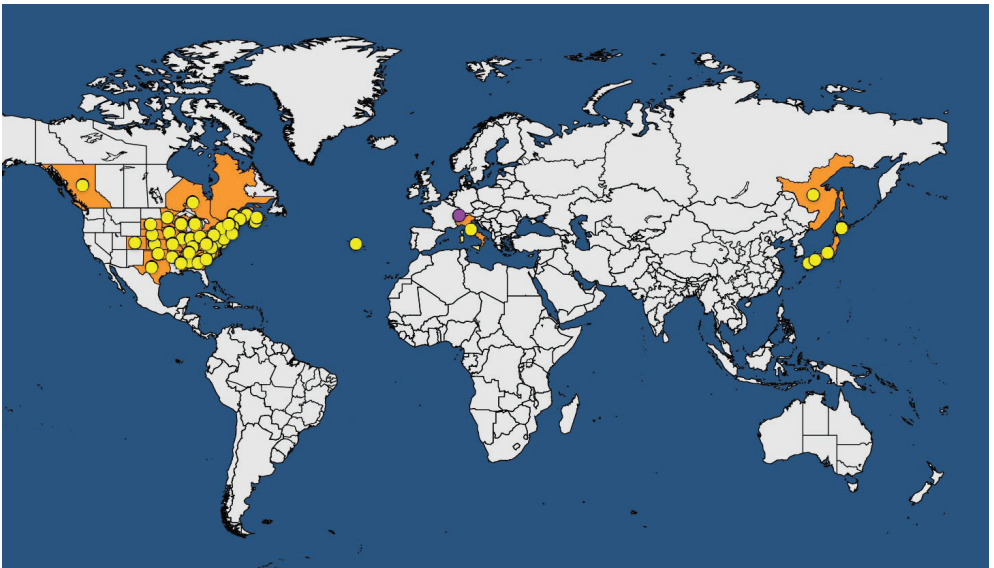


Abb. 2: Verbreitungskarte für *Popillia japonica* gemäß EPPO Global Database. Der Schadorganismen-Status in Ländern oder Staaten wird als auftretend (gelbe Punkte) oder vorübergehend auftretend (lila Punkte) gekennzeichnet (Quelle: EPPO Global Database, www.eppo.int). Aufgerufen am 22/02/2019

Lebenszyklus

Normalerweise entwickelt der Japankäfer eine Generation pro Jahr. Es kann aber vorkommen, dass einige Exemplare in seinem nördlichsten Verbreitungsgebiet zwei Jahre benötigen, um den Lebenszyklus abzuschließen (EPPO und CABI, 1997).

Die EPPO hob 2016 die Bedeutung von feuchten Wiesen und Rasen als bevorzugte Eiablageorte der Weibchen hervor. Bei Erhebungen zum Nachweis werden Larven unterhalb und/oder adulte Käfer oberhalb der Bodenoberfläche lokalisiert (Abb. 3).

Der Lebenszyklus in Abb. 3 zeigt die Saisonabhängigkeit der verschiedenen Lebensstadien des Schadorganismus. Der Zeitpunkt jeder [Entwicklungs-]Stufe kann abhängig von den klimatischen Bedingungen jedes überwachten Gebietes variieren und kann in verschiedenen Mitgliedstaaten in unterschiedlichen Monaten auftreten. Die Weibchen legen Eier im Boden in einer Tiefe von ungefähr 5 – 10 cm ab. Nach dem Schlupf verbringen die Larven 10 Monate im Boden. Zu Anfang befinden sie sich 10–20 cm tief im Boden. Sie bewegen sich erst im Frühjahr zur Grasfläche und beginnen an den Wurzeln zu fressen, bevor sie sich verpuppen.

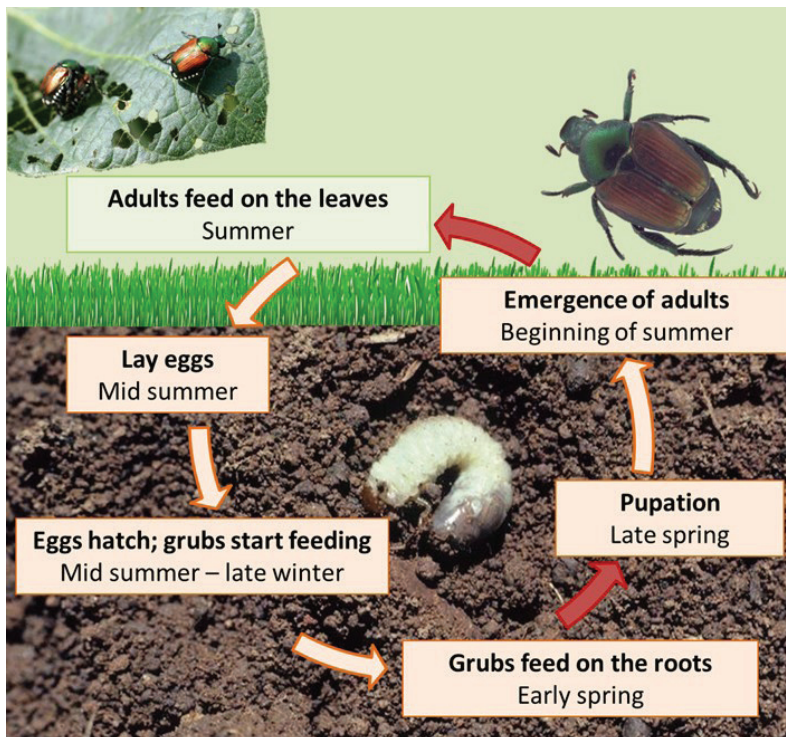


Abb. 3: Lebenszyklus von *Popillia japonica*. Die geeignetsten Zeiten für die Durchführung einer Erhebung sind rot gekennzeichnet. Dieses Diagramm enthält drei Darstellungen: oben links, Adulte an Blatt (Quelle: Roger Schmidt, University of Wisconsin-Madison, Bugwood.org, 5475435); oben rechts, adulter Käfer (Quelle: Emmy Engasser, Hawaiian Scarab ID, United States Department of Agriculture (USDA) APHIS ITP, Bugwood.org, 5539160); unten, Larve im Boden (Quelle: Jim Baker, North Carolina State University, Bugwood.org, 1543014)

Wirtspflanzenkreis und Hauptwirtspflanzen

Popillia japonica ist eine sehr polyphage Art und die Adulten fressen an einer Vielzahl von Bäumen, Sträuchern, Wildpflanzen und Kulturen (EPPO, 2016). Wichtige Faktoren bei der Auswahl von Wirtspflanzen durch den Käfer sind Geruch und ein Standort in direkter Sonne. Normalerweise fressen die Käfer in Gruppen, beginnend an der Spitze einer Pflanze und dann abwärts (Vieira, 2008).

Gemäß USDA (2016) hat der Schadorganismus einen Wirtspflanzenkreis von mehr als 300 Pflanzen in 79 Pflanzenfamilien. Bevorzugte Wirtspflanzen sind unter anderem: *Abutilon hybridum*, *Acacia baileyana*, *Acer palmatum*, *Acer plantoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Alcea rosea*, *Althaea* sp., *Arbutus unedo*, *Bauhinia variegata*, *Betula populifolia*, *Castanea dentata*, *Ceanothus griseus*, *Citrus sinensis*, *Cydonia oblonga*, *Eucalyptus sideroxylon*, *Fremontodendron californicum*, *Glycine max*, *Grewia caffra*, *Hibiscus syriacus*, *Juglans nigra*, *Lagerstroemia indica*, *Larix occidentalis*, *Malus domestica*, *Nandina domestica*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Platanus acerifolia*, *Podocarpus macrophyllus*, *Polygonum* spp., *Populus nigra*, *Prunus* spp., *P. domestica*, *P. persica*, *Punica granatum*, *Quercus palustris*, *Rosa* spp., *Rubus* spp., *Sassafras albidum*, *Sorbus americana*, *Tilia* spp., *Ulmus americana*, *U. procera*, *Vitis* spp., *Zea mays*, *Zinnia elegans*.

Laut EPPO (2006) sind *Vitis* und *Zea mays* die bedeutendsten Wirtspflanzen in Europa.

Es wird berichtet, dass die adulten Käfer auf den Azoren (Portugal) an einem umfangreichen Wirtspflanzenkreis fressen: *Acer* spp. (Ahorn), *Asparagus officinalis* (Spargel), *Glycine max* (Sojabohne), *Malus* spp. (Apfel), *Medicago sativa* (Alfalfa), *Phaseolus vulgaris* (Erbsen), *Populus* spp. (Pappel), *Prunus* spp. (Steinfrüchte einschl. Pflaume, Pfirsich usw.), *Quercus* spp. (Eiche), *Rosa* spp. (Rose), *Rubus* spp. (Brombeere, Himbeere), *Tilia* spp. (Linde), *Ulmus procera* (Englische Ulme), *Vitis* spp. (Weinrebe) und *Zea mays* (Mais) (Vieira, 2008).

An der Ausbruchsstelle im Tessin in Italien wurde *P. japonica* an Wildpflanzen (*Rubus*, *Ulmus*, *Urtica*, *Rosa*, *Populus* und *Parthenocissus*) und Kulturen von Sojabohne (*Glycine max*) (EPPO, 2014) beobachtet.

Laut EPPO (2016) kann *P. japonica* aufgrund des Larvenfraßes bedeutenden Schaden in Baumschulen, Anzuchtbeeten, Obstgärten, Freilandkulturen, Landschaftsbepflanzung, Rasen und Gartenpflanzen verursachen. Die hauptsächlich angegriffenen Pflanzen in Grasflächen gehören den Gattungen *Festuca*, *Poa* und *Lolium* an.

Geeignete Umweltbedingungen

Ein Überblick der thermischen Anforderungen von *P. japonica* für eine Klimakarte wurde anhand Zuchtexperimenten von Korycinska et al. (2015; Tab. 1) zusammengestellt.

Tab. 1: Temperaturanforderungen für die Entwicklung von *Popillia japonica* (Zuchtexperimente) (Quelle: Korycinska et al., 2015)

Mindestgrenzwert für die Entwicklung	Gradtage	Details	Literatur
Zwischen 13 und 15°C (abhängig vom Lebensstadium)	1317,1	Bei einer Temperatur von 20°C, Ei – adulter Käfer	Ludwig (1928)
	1596,5	Bei 22,5°C, Ei – adulter Käfer	
	1970,9	Bei 25°C, Ei – adulter Käfer	
10°C	1305	Ei – adulter Käfer	Régnière et al. (1981)
10°C	1422	Ei-Ei	Régnière et al. (1981)
50°F (= 10°C)	1030	Kumulative Gradtage vor dem Schlupf der Adulten ab 1. Januar in Iowa	Hodgson and Kuntz (2013)
50°F (= 10°C)	970	Kumulative Gradtage vor dem Schlupf der Adulten ab 1. Januar in Ohio	Herms (2004)
Keine Angabe	Min: 1029; Max: 2154	‘Vermehrte Gradtage’ aber keine Angaben dazu, was gemessen wird oder zum Temperatur-Grenzwert. Ort: Long Island, New York, USA unter Nutzung eines 20-Jahre-Datensatzes	Johnson (2000)

Temperatur und insbesondere die Bodenfeuchtigkeit sind die hauptsächlichen Faktoren, die die mögliche Ausbreitung des Käfers in neue Gebiete begrenzen könnten. *Popillia japonica* ist an Gebiete angepasst, in denen die durchschnittliche Bodentemperatur während des Sommers zwischen 17,5 und 27,5°C und im Winter über –9,4°C liegt (CABI, 2018).

An bewölkten windigen Tagen frisst *P. japonica* weniger und an regnerischen Tagen gar nicht. An klaren Sommertagen bei Temperaturen zwischen 21°C und 35°C und einer relativen Luftfeuchte über 60% frisst der Käfer aktiv (CFIA, 2017).

Laut Régnière et al. (1981) beträgt die Summe der Gradtage, die der Käfer benötigen könnte, um die Entwicklung zum adulten Käfer abzuschließen, ein oder zwei Jahre. An Orten mit mehr als 1422 Gradtagen und einem Grenzwert von 10°C kann das Insekt den Lebenszyklus in einem Jahr abschließen, wohingegen der Lebenszyklus an Orten mit mehr als 711 Gradtagen und dem gleichen Grenzwert in zwei Jahren abgeschlossen wird (Abb. 4).

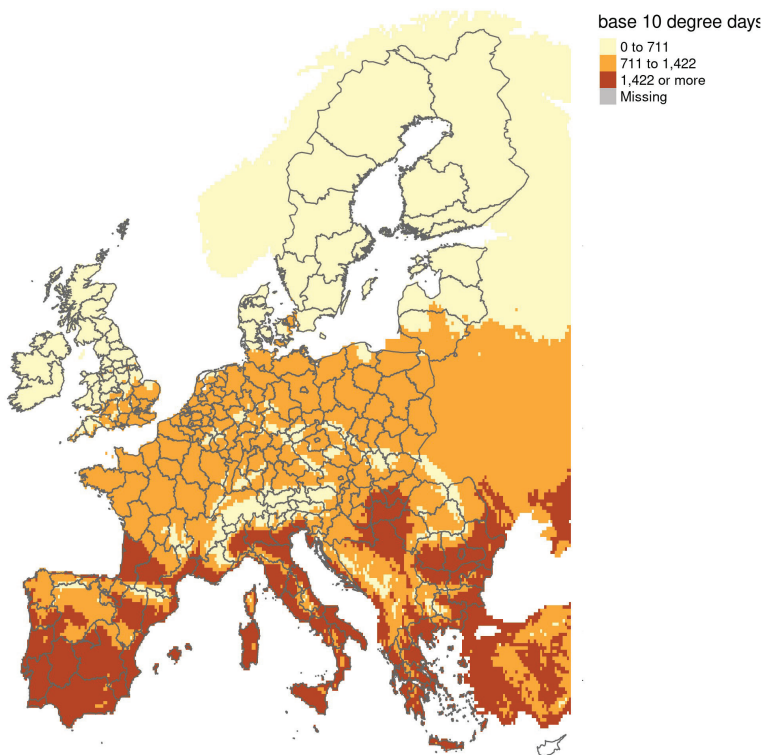


Abb. 4: Gebiete mit thermischer Eignung für *Popillia japonica* anhand von mehr als 711 Gradtagen (für Zwei-Jahres-Lebenszyklus) und 1422 Gradtagen (für Ein-Jahres-Lebenszyklus) mit einem Grenzwert von 10°C (Quelle für die Temperaturdaten: Régnière et al., 1981). Die Bodenfeuchtigkeit – entsprechend des Niederschlags – wurde hier nicht berücksichtigt, ist aber sehr wichtig, weil Niederschläge und Bodenfeuchtigkeit berücksichtigt werden sollten, wenn die Ansiedlung von *P. japonica* betrachtet wird.

Da der Japankäfer einen großen Wirtspflanzenkreis hat, stellen Wirtspflanzen keinen begrenzenden Faktor für die Ansiedlung dar. Es wird angenommen, dass er in der Lage ist, sich in allen Mitgliedstaaten anzusiedeln, wo die Bedingungen geeignet sind. Der Käfer hat sich auf den Azoren (Portugal) und in Mailand (Italien) angesiedelt. Deshalb wird ein hohes Risiko für die Ausbreitung in andere Länder mit geeigneten Bedingungen angenommen. Jedoch sind die Temperatur und die Bodenfeuchtigkeit Schlüsselparameter für die Begrenzung der potentiellen Ausbreitung des Japankäfers in neue Gebiete. Laut Bourke (1961; in Fleming, 1972) ist der Mittelmeerraum wegen des Fehlens von Niederschlägen im Sommer nicht für die Ansiedlung des Käfers geeignet, während eine Ansiedlung in Nordeuropa wegen der geringeren Sommertemperaturen als weniger wahrscheinlich prognostiziert wurde. In Mittelfrankreich, Süddeutschland und Teilen der Schweiz, Österreich, der Tschechischen Republik, Ungarn, Polen, Rumänien und Slowakei

wurden die klimatischen Bedingungen als sehr geeignet angenommen, da es im Sommer reichliche Niederschläge gibt und die Temperaturen vorteilhaft sind. Außerdem könnte die Eignung einiger Gebiete in Südeuropa durch eine ausgiebige Bewässerung erhöht werden (EFSA PLH Panel, 2018).

Ausbreitungsfähigkeit

Obwohl die Käfer bis zu 8 km weit fliegen können, tun sie dies selten (Fleming, 1972). Bei einer Rückfang-Studie (mark–release–recapture study) auf den Azoren fingen Lacey et al. (1995) 70% der Käfer innerhalb von 50 m von dem Freisetzungsort wieder ein. Unter 1% der Käfer wurden bei 1 km wieder eingefangen. Laut Sara et al. (2013) nahm die Dichte von Adulten in einer größeren Entfernung zum Feldrand signifikant ab. Eine wesentlich größere Ausbreitungsrate (16–24 km pro Jahr) wurde in dem Jahrzehnt nach der Ansiedelung von *P. japonica* in den USA festgestellt (EPPO, 2006). Nach diesem Zeitraum fand Fox (1932) heraus, dass die Ausbreitungsraten zwischen 3 und 24 km pro Jahr variierten. Allsopp (1996) schätzte, dass sich *P. japonica* zwischen 1927 und 1938 7.7 km pro Jahr ausbreitete, gefolgt von 11.9 km pro Jahr zwischen 1939 und 1951. Beides könnte durch natürliche Ausbreitung als auch durch menschliches Zutun erfolgt sein, z. B. mit Pflanzen zum Anpflanzen.

Die höchste Flugaktivität wird für klare Tage mit einer Temperatur zwischen 29°C und 35°C, relativer Luftfeuchtigkeit >60% und Wind von <20 km h⁻¹ berichtet (CABI, 2018).

Die Flugperiode der Adulten verlängert sich von Ende Mai bis in den frühen November, mit den höchsten Zahlen während der zweiten Julihälfte und der ersten Augushälfte. In dieser Zeit werden 82% der gesamten Käferfänge erhalten (Vieira, 2008). Geruch und ein Ort in direkter Sonne scheinen ein sehr wichtiger Faktor bei der Auswahl der Pflanze zu sein. Die Käfer fressen gewöhnlich in Gruppen. Sie beginnen an der Spitze der Pflanze und arbeiten sich abwärts (Vieira, 2008).

Identifikation von Risikofaktoren

Ein Risikofaktor ist ein biotischer oder abiotischer Faktor, der die Wahrscheinlichkeit eines Befalls in der epidemiologischen Einheit durch den Schadorganismus erhöht. Relevante Risikofaktoren für die Überwachung sind solche, die mehr als einen Risikolevel für die Zielpopulation haben.

Der erste ermittelte Risikofaktor hängt mit den Einlassstellen für den Schadorganismus in die EU zusammen, insbesondere Flughäfen, Fährhäfen, Busbahnhöfen und Bahnhöfen, Baumschulen, Gartencenter.

Ein weiterer Risikofaktor für diesen Schadorganismus ist die Wirtspflanzenart. Die Gebiete mit reichlich feuchten Wiesen und Rasen werden von der EPPO (2016) als die attraktivsten Eiablagestellen für Weibchen angesehen. Daher können epidemiologische Einheiten, die diese Art von Rahmenbedingungen beinhalten, für ein höheres relatives Risiko in Betracht gezogen werden als die anderen.

Nachweis und Identifikation

Visuelle Untersuchung

Schadorganismus

Larven und adulte Tiere sind die Lebensstadien, die durch visuelle Untersuchungen festgestellt und unterschieden werden können. Die Larven (Abb. 5) leben in der faserigen Wurzelzone der Pflanzen und können deshalb durch Untersuchung des Bodens und der Wurzeln nachgewiesen werden.



Abb. 5: Eine typische C-förmige cremeweiße Larve von *Popillia japonica* im Boden (Quelle: David Cappaert, Bugwood.org, 5343064)

Ein deutliches morphologisches Bestimmungsmerkmal von Larven von *P. japonica* ist die V-förmige Anordnung der letzten zwei Reihen von Stacheln (Raster) am letzten Körpersegment, Nummer 6–7, ventral zu der Analöffnung (Abb. 6). Sie sind mit einer Lupe sichtbar und wenn sie nicht vorhanden sind, gehört die Larve zu einer anderen Art als *P. japonica* (CFIA, 2017).



Abb. 6: Das Rastermuster des letzten Abdominalsegmentes von *Popillia japonica* (Quelle: Mike Reding and Betsy Anderson, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org, 5171044)

Eine mikroskopische Identifikation könnte erforderlich sein, um die Larven von *P. japonica* von den eng verwandten Arten zu unterscheiden (EPPO, 2016). Weitere Details zur visuellen Bestimmung und einen dichotomen Schlüssel für Familien von Scarabaeoidea und der Gattung *Popillia* gibt es in Anhang 1 von EPPO (2006).

Der adulte Käfer ist hell metallic-grün und bronze-kupferfarben und von ovaler Gestalt. Die Größe liegt bei 8 bis 11 mm in der Länge und 5 bis 7 mm in der Breite (Abb. 7). Typischerweise ist das Weibchen größer als das Männchen. Entlang jeder lateralen Seite der Flügeldecken gibt es fünf Büschel weißer Haare und zwei dorsale Flecken weißer Haare auf dem letzten Abdominalsegment. Männliche und weibliche Käfer können anhand der Form von Tibia und Tarsus am Vorderbein voneinander unterschieden werden. Der männliche Tibialsporn ist spitzer und die Tarsi sind kürzer und kräftiger als die des Weibchens (EPPO, 2006).



Abb. 7: Der adulte Japankäfer *Popillia japonica* (Quelle: Emmy Engasser, Hawaiian Scarab ID, USDA APHIS ITP, Bugwood.org, 5539160)

Laut USDA (2016) muss eine Erhebung durchgeführt werden, wenn die Schädigung des Rasens auf eine große Anzahl von Larven im Boden hinweist. Ausgehend von den europäischen Gegebenheiten in Mailand (Italien), empfiehlt ERSAF (2016), dass das Larvenmonitoring in grasbewachsenen und insbesondere bewässerten Wiesen durchgeführt wird, die in den Befallsgebieten liegen.

Die am häufigsten angewandte Methode für das Auffinden von Larven von *P. japonica* ist eine Kernbohrung oder Extraktion von würfelförmigen Bodenproben in einer Größe von 20 cm in Höhe, Tiefe und Breite. Es wird empfohlen, vier Bohrproben bei einer Flächengröße unter 0,5 Hektar zu entnehmen und sechs Proben von Flächen mit einer Größe zwischen 0,5 ha und 1 ha. Zusätzlich zu den grundsätzlichen sechs Proben müssen bei einer Fläche von mehr als 1 ha zwei weitere Bohrproben für jeden weiteren Hektar entnommen werden.

Bei dem Ausgangspunkt für die Extraktion muss berücksichtigt werden, dass *P. japonica* dazu neigt, die kühleren und schattigeren Areale zu bevorzugen. Das Insekt bevorzugte in Amerika anscheinend in Windrichtung liegende Stellen in der Nähe von Büschen, eher nach Süden und Osten ausgerichtet als nach Norden und Westen. Deshalb wird empfohlen, zumindest die Hälfte der Kernproben nah an der Grenze zu dem Areal zu entnehmen, wo die Bedingungen für die Eiablage am vorteilhaftesten sind und die anderen 25 bis 35 m in Richtung Mitte. Die Entfernung von einem Kern zum nächsten sollte nicht weniger als 20 m betragen, außer wenn die geringen Dimensionen des Feldes dies nicht zulassen (ERSAF, 2016).

Nach der Extraktion wird zum Auffinden der Larven die Erde durchsucht, indem sie auf ein weißes Tablett geschüttet wird und die Erde mit Handwerkzeugen aufgebrochen wird. Alle Larven, von denen vermutet wird, dass es Käferlarven sind, werden in Probenröhrchen gesammelt, die 70% Alkohol enthalten und mit einem Probencode etikettiert sind (ERSAF, 2016).

Gemäß CABI (2018) können Larven gefunden werden, indem im Spätsommer, Herbst oder zum Frühlingsanfang Abschnitte der Grasnarbe mit einem Spaten oder Golfloch-Bohrer abgetrennt werden. Die Erde und Wurzeln werden ungefähr 8 cm tief untersucht. Bei Larven, die Bäume in Baumschulen befallen, kann eine Untersuchung der Erde bis zu 30 cm Tiefe nötig sein, um eine verlässliche Probe zu erhalten (CABI, 2018). Adulte können anhand von visuellen Untersuchungen der grünen Pflanzenteile festgestellt werden. Weitere Einzelheiten zur Durchführung von visuellen Untersuchungen für die adulten Käfer sind in Anhang 2 von EPPO (2016) aufgeführt.

Es muss berücksichtigt werden, dass im Falle einer in Nordamerika oder Italien genommenen verdächtige Probe eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass eine korrekte morphologische Identifikation erfolgen kann. Jedoch ist *Popillia* eine umfangreiche Gattung und andere Arten in Asien könnten morphologisch mit *P. japonica* verwechselt werden. Deshalb besteht die Möglichkeit, dass es sich bei einem Fund in der Nähe von Orten, wo Pflanzen aus Asien eingeführt werden, um eine andere *Popillia*-Art handeln könnte. Allerdings sind Gensequenzierungs-Daten vorhanden und viele europäische Laboratorien könnten eine Identifikation bestätigen.

Symptome

Durch adulte Käfer von *P. japonica* hervorgerufene Symptome sind leicht erkennbar durch eine bestimmte Form von Entlaubung (Abb. 8). Die adulten Käfer fressen das Gewebe zwischen den Blattrippen (EPPO, 2006).



Abb. 8: Skelettierte Blätter von Weinrebe (*Vitis vinifera*) (Quelle: David Cappaert, Bugwood.org, 5381093)

Die Käfer fressen auch an Blütenblättern (Abb. 9).



Abb. 9: Adulte Japankäfer fressen an einer Rosenblüte (*Rosa* sp.) (Quelle: M.G. Klein, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org, 0177037)

Die Larven verursachen Fraßschäden an den Wurzeln der Wirtspflanze. Die hervorgerufenen Symptome sind nicht immer spezifisch (EPPO, 2006). Der Schadorganismus bevorzugt Gebiete mit feuchtem, lehmigem Boden mit Rasen oder Weidegras (Abb. 10). Sie fressen direkt unter der Oberfläche und schneiden die Graswurzeln ab und fressen sie. Erste Symptome sind Ausdünnen, Vergilben und Welken von Gras (CABI, 2018).



Abb. 10: Durch Larven von *Popillia japonica* geschädigte Grasnarbe (Quelle: M.G. Klein, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org, 0177033)

An Mais fressen die Käfer an dem reifenden wachsenden Bart und verhindern die Bestäubung. Daraus ergeben sich verformte Körner und Ertragsminderung (Abb. 11) (CABI, 2018).



Abb. 11: Schaden an Maisbart, verursacht durch *Popillia japonica* (Quelle: Daren Mueller, Iowa State University, Bugwood.org, 5465873)

Verwechslungsgefahr:

Larven und adulte Tiere von *P. japonica* sind dem Gartenlaubkäfer *Phyllopertha horticola* (Abb. 12) sehr ähnlich, einem Schadorganismus für Graskulturen in Europa mit ähnlichem Lebenszyklus und Biologie (Korycinska et al., 2015).

Popillia japonica kann von letzterem durch seinen goldgrün scheinenden Thorax, laterale Büschel von weißem Haar am Abdomen und zwei Flecken mit weißem Haar am Pygidium unterschieden werden (EPPO und CABI, 1997).



Abb. 12: Gartenlaubkäfer *Phyllopertha horticola* (Quelle: Malcolm Storey, www.bioimages.org.uk)

Fallen

Potter und Held (2002) halten Fallen für sehr hilfreich zum Nachweis von neuem Befall und für das Monitoring von Populationen. Fallen, die einen PEG Futtermittel-Lockstoff (Phenethyl Propionat + Eugenol + Geraniol) und einen Sexual-Lockstoff (Japonilure) (Ladd et al., 1981; gemäß CABI 2018) enthalten, werden verbreitet in den USA und auf den Azoren für das Monitoring und die Überwachung und Eingrenzung von Befall genutzt (CABI, 2018). Laut EPPO (2006) könnten sie auch in Lagerhäusern für eingeführte Waren verwendet werden. EPPO (2016) empfiehlt, die Fallen Ende Mai aufzustellen und während des Sommers einmal monatlich zu überprüfen (die Häufigkeit kann an Orten mit geringem Risiko reduziert werden) und im September einzusammeln. Alm et al. (1996; zitiert in Potter und Held, 2002) stellte fest, dass die Fallenerträge stiegen, wenn die Fallen täglich geleert wurden. Möglicherweise stößt der Geruch der sterbenden Käfer die Käfer ab oder überlagert den Lockstoff.

Hamilton et al. (2007) vermuteten, dass die Reichweite der Fahne, bei der Konzentrationen des Lockstoffes ausreichen um eine Reaktion bei den Käfern hervorzurufen, bis zu 500 m in Windrichtung von den Fallen betragen kann, so dass die Käfer aus Entfernungen von mehreren hundert Metern angelockt werden könnten. Es gab reichhaltige Fallenfänge nahe landwirtschaftlich genutzter Flächen mit den zwei bevorzugten Wirtspflanzen Mais oder Sojabohnen. Die Fänge waren im Allgemeinen in Gebieten ohne bevorzugte Wirtspflanzen gering. Da die zu dichte Aufstellung von Pheromonfallen ihre Effektivität für Monitoringzwecke reduzieren kann, wie dies zumindest bei anderen Insekten der Fall ist, wird empfohlen, dass die Fallen nicht dichter als 200 m voneinander entfernt aufgestellt werden sollten (EPPO, 2016).

Fallen mit Futter- und Pheromon-Lockstoff sind am effektivsten für das Anlocken von adulten Käfern, wenn sie ungefähr 56 cm über dem Boden platziert werden (USDA, 2016). Die Höhe hängt aber auch von dem Vorkommen von Wirtspflanzen in dem Überwachungsgebiet ab. Falls es nur Grasflächen gibt oder Grasflächen mit hohen Wirtspflanzen (Bäumen), sollte die Höhe vom Trichterrand der Fallen bis zum Boden 28-56 cm betragen, im Fall von Grasflächen und niedrig wachsenden Wirtspflanzen sollten die Fallen auf Wirtspflanzenhöhe angebracht werden (EPPO, 2016). Üblicherweise sind die Fallen gelb, aber weiße und grüne Fallen sind genauso effektiv (Abb. 13).



Abb. 13: Verschiedene Fallen für *Popillia japonica* (links: Quelle; EPPO 2016, rechts: in den Niederlanden benutzte Falle für Erhebungen, Quelle; NVWA, 2018)

Es wird empfohlen, die Fallen folgendermaßen zu platzieren:

- In direktem Sonnenlicht (ganztäglich Sonne oder zumindest Mittagssonne), weil diese doppelt so effektiv sind wie im Schatten platzierte.
- Nahe bei aber nicht in unmittelbarer Nähe zu Wirtspflanzen, etwa 3 – 6,4 m entfernt von bevorzugten Bäumen, Sträuchern und Reben (siehe Abschnitt 1.5). Fallen in unmittelbarer Nähe zu großen buschigen Pflanzen oder anderen Gegenständen könnten eine geringere Effektivität haben, weil die Verbreitung des Lockstoffes behindert werden könnte (USDA, 2016).

Das Fallenstellen in Gebieten, in denen das Auftreten von *P. japonica* nicht bekannt ist, sollte mit einer Falle pro 5 km² in Gebieten erfolgen, die geeignet für die Etablierung von *P. japonica* sind (Government of Canada, 2015). Das California Department of Food and Agriculture (2013) empfiehlt 0,7 Fallen pro km² in städtischen und ländlichen Siedlungen mit 300 oder mehr Wohneinheiten pro 2,5 km². Außerdem sollte die Anzahl der Fallen auf 450 Fallen in 12 km² Umkreis um den Fundort erhöht werden. In Gebieten mit hohem Risiko, z. B. Flughäfen, in denen erheblicher Verkehr aus Gebieten ankommt, die mit dem Japankäfer befallen sind, schlägt das California Department of Food and Agriculture (2013) vor, dass 25 Fallen pro 2,5 km² in einer 1,6 km Pufferzone aufgestellt werden sollten. Die Fallen müssen gleichmäßig verteilt sein.

Weitere Informationen und Einzelheiten zum Gebrauch der Fallen für adulte Käfer sind zu finden in Anhang 4 von EPPO (2016).

Labortests

Die gesammelten Käferlarven müssen im Labor unter dem Mikroskop untersucht werden, um die eindeutigen morphologischen Merkmale von Larven von *P. japonica* zu bestimmen (siehe Abschnitt 2.1.1).

Identifikation von Methoden

Für die Unterscheidung von Larven einheimischer Arten sind molekulare Bestimmungsmethoden vorhanden, einschließlich PCR-Tests.

Diagnoseprotokolle

ERSAF (2016) empfiehlt die morphologische Bestimmung mit einem Binokular-Mikroskop als Diagnosemethode (siehe auch EPPO, 2006). In Zweifelsfällen kann die morphologische Bestimmung mit bio-molekularer Analyse, bestehend aus der Isolation eines DNA-Fragments mithilfe von PCR, mit universellen Barcode Primern und nachfolgender Sequenzierung kombiniert oder dadurch ersetzt werden. Die erhaltenen Sequenzen werden dann mit Standardsequenzen von *P. japonica* verglichen, die in internationalen Datenbanken gelagert sind.

Ein Diagnoseprotokoll für den PCR Test (LCO1490/HCO2198) wurde von Folmer et al. (1994) erstellt.

Normalerweise sind Flughäfen von großen Grasflächen umgeben und durch die Kombination beider Risikofaktoren erhöht sich die Möglichkeit, Käfer in diesen Gebieten zu finden, falls sie auftreten. Diese Aussage wird unterstützt durch das Auffinden des Käfers in der Umgebung eines internationalen Flughafens in Italien.

Schlüsselemente für das Erhebungsdesign

Auf Grundlage der Analyse der Informationen zu dem Schadorganismus-Wirtspflanzensystem müssen die verschiedenen Einheiten, die zur Planung der Erhebung nötig sind, definiert und auf die Situation in jedem Mitgliedstaat zugeschnitten werden. Die Größe der definierten Zielpopulation und ihrer Struktur in der Anzahl von epidemiologischen Einheiten muss bekannt sein. Wenn mehrere Schadorganismen in der gleichen Kultur erhoben werden müssen, wird empfohlen, die gleichen epidemiologischen und Untersuchungseinheiten für jeden Schadorganismus zu nutzen, um das Erhebungsprogramm größtmöglich zu optimieren.

Tab. 2 zeigt Beispiele dieser Definitionen.

Tab. 2: Beispiele für Definitionen der Zielpopulation, epidemiologischen Einheit und Inspektionseinheit

	Definition	Einheit
Zielpopulation	Hektar insgesamt, mit Wirtspflanzen und geeigneten klimatischen Bedingungen und Bodentemperaturen in jedem Mitgliedstaat	Gesamtzahl Hektar
Epidemiologische Einheiten	Anzahl der Hektar an Wirtspflanzen (z.B. feuchte Grasflächen)	Hektar
Inspektionseinheiten	Wirtspflanzen oberhalb des Bodens, Boden und Wurzeln in den Risikogebieten	Einzelne Wirtspflanzen, Boden- und Wurzelproben

Die allgemeinen Leitlinien für die risikobasierte statistisch begründete Überwachung werden in einem separaten Dokument vorgestellt (ab 2020 verfügbar) und beschreiben Schritt für Schritt den Prozess für das Erhebungsdesign und umfassen:

- 1/ die Wahl der Erhebungsart, die entwickelt werden muss, abhängig von der Zielsetzung der Erhebung
- 2/ eine Beschreibung der verschiedenen erforderlichen Überwachungsbestandteile, um einen statistisch begründeten Probenumfang festzulegen
- 3/ ein Handbuch, um den Nutzer durch die verschiedenen Schritte zu führen
- 4/ Kalkulation des Probenumfangs
- 5/ wesentliche Überlegungen bei
 - Auswahl der Beprobungsorte und Probenahme
 - Datenerfassung
 - Bericht zu Daten und Erhebungsergebnissen

Literatur

- Allsopp PG, 1996. Japanese beetle, *Popillia japonica* Newman (Coleoptera: Scarabaeidae): rate of movement and potential distribution of an immigrant species. *The Coleopterists' Bulletin*, 81-95.
- Alm SR, Yeh T, Dawson CG and Klein MG, 1996. Evaluation of trapped beetle repellency, trap height, and string pheromone dispensers on Japanese beetle captures (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environmental Entomology*, 25, 1274–1278.
- CABI Invasive Species Compendium, 2018. *Popillia japonica* (Japanese beetle). Datenblatt zuletzt geändert am 14.07.2018. Online erhältlich: <https://www.cabi.org/isc/datasheetreport?dsid=43599>. Aufgerufen am 07.11.2018.
- California Department of Food and Agriculture, 2013. Insect trapping guide. State Of California, USA. Online erhältlich: https://www.cdffa.ca.gov/plant/PDEP/Insekt_Trapping_Guide/docs/Insect_Trapping_Guide_web.pdf. Aufgerufen am 10.12.2018.
- CFIA (Canadian Food Inspection Agency), 2017. *Popillia japonica* (Japanese beetle). Fact Sheet. Available online: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/Insects/japanese-beetle/fact-sheet/eng/1328165101975/1328165185309>. Aufgerufen am 07.11.2018.
- EFSA (European Food Safety Authority), Ciubotaru RM, Cortiñas Abrahantes J, Oyedele J, Parnell S, Schrader G, Zancanaro G and Vos S, 2018. Technical report of the methodology and work-plan for developing plant pest survey guidelines. EFSA supporting publication 2018:EN-1399. 36 pp. Online erhältlich: <http://doi:10.2903/sp.efsa.2018.EN-1399>. Aufgerufen am 07.11.2018.
- EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Bragard C, Dehnen-Schmutz K, Di Serio F, Gonthier P, Jacques M-A, Jaques Miret JA, Justesen AF, Magnusson CS, Milonas P, Navas-Cortes JA, Parnell S, Potting R, Reignault PL, Thulke H-H, Van der Werf W, Vicent Civera A, Yuen J, Zappalà L, Czwieniczek E and MacLeod A, 2018. Scientific opinion on the pest categorisation of *Popillia japonica*. *EFSA Journal*, 16(10), 5438, 30 pp. Online erhältlich: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5438>. Aufgerufen am 07.11.2018.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) and CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International), 1997. *Popillia japonica*. In: Smith IM (ed.). *Quarantine Pests for Europe*. 2nd Edition. CABI Bioscience, Egham.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), 2006. PM 7/74 (1). *Diagnostic Popillia japonica*. *EPPO Bulletin*, 36, 447–450.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), 2014. First report of *Popillia japonica* in Italy. EPPO Reporting Service no. 10–2014 <https://gd.eppo.int/reporting/article-3272>. Aufgerufen am 28.06.2018.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), 2016. PM 9/21(1). *Popillia japonica*: procedures for official control. EPPO Bulletin, 46, 543–555, <https://doi.org/10.1111/epp.12345>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), online. EPPO Global Database. Online erhältlich: <https://gd.eppo.int>. Aufgerufen am 31.01.2019
- ERSAF (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste), 2016. Procedure for larval monitoring for *Popillia japonica*. Online erhältlich: <http://www.ersaf.lombardia.it/it/servizio-fitosanitario/organismi-nocivi/insetti-1544624942/pagina-popillia>. Aufgerufen am 31.01.2019
- Fleming WE, 1972. Biology of the Japanese beetle. USDA Technical Bulletin 1449. Online erhältlich: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87201410/PDF>. Aufgerufen am 10.12.2018.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2016a. Plant pest surveillance: a guide to understand the principal requirements of surveillance programmes for national plant protection organizations. Version 1.1 published March 2016. FAO, Rome, Italy. Online erhältlich: <https://www.ippc.int>. Aufgerufen am 10.12.2018.
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R and Vrijenhoek R, 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology, 3, 294–299.e.
- Fox H, 1932. The known distribution of the Japanese beetle in 1930 and 1931, with special reference to the area of continuous infestation. Journal of Economic Entomology 25, 396–407.
- Government of Canada, 2015. D-96-15 Phytosanitary requirements to prevent the spread of the Japankäfer, *Popillia japonica*, in Canada and the United States. 12th revision, 2018. Online erhältlich: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/directives/horticulture/d-96-15/eng/1323854808025/1323854908041> Aufgerufen am 31.01.2019.
- Hamilton RM, Foster RE, Gibb TJ, Sadof CS, Holland JD and Engel BA, 2007. Distribution and dynamics of Japankäfers along the Indianapolis airport perimeter and the influence of land use on trap catch. Environmental Entomology, 36, 287–296.
- Hermes DA, 2004. Using degree days and plant phenology to predict pest activity. In: Krischik V and Davidson (eds). JIPM (Integrated Pest Management) of midwest landscapes. Minnesota Agricultural Experiment Station Publication, St Paul, Minnesota. pp. 49–59.
- Hodgson E and Kuntz C, 2013. Japanese beetles begin emergence. Iowa State University Extension. Online erhältlich: <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2013/06/japanese-beetles-begin-emergence>. Aufgerufen am 10.12.2018.

- Johnson WT, 2000. Growing degree days for insects affecting ornamental plants. Online erhältlich: <http://extension.psu.edu/plants/green-industry/landscaping/integrated-pest-management/fact-sheets/growing-degree-days-for-Insekts-affecting-ornamental-plants>. Aufgerufen am 10.12.2018.
- Korycinska A, Baker RHA and Eyre D, 2015. Rapid pest risk analysis (PRA) for: *Popillia japonica*. DEFRA 34 pp. Online erhältlich: <https://secure.fera.defra.gov.uk/phiw/riskRegister/downloadExternalPra.cfm?id=4106>. Aufgerufen am 10.12.2018.
- Lacey LA, Amaral JJ, Coupland J, Klein MG and Simoes AM, 1995. Flight activity of *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) after treatment with *Metarhizium anisopliae*. *Biological Control*, 5, 167–172.
- Ladd TL, Klein MG and Tumlinson JH, 1981. Phenethyl propionate + eugenol + geraniol (3:7:3) and Japonilure: a highly effective joint lure for Japanese beetles. *Journal of Economic Entomology*, 74, 665–667.
- Ludwig D, 1928. The effects of temperature on the development of an insect (*Popillia japonica* Newman). *Physiological Zoology*, 1, 358–389.
- NVWA (Nederlands Voedsel en Waren Autoriteit), 2018. Monitoring Japanese kever op vliegvelden L&N07–27GR 24407, Ongeregistreerde kopie.
- Potter DA and Held DW, 2002. Biology and management of Japanese Beetle. *Annual Review of Entomology*, 47, 175–205.
- Régnière J, Rabb RL and Stinner RE, 1981. *Popillia japonica*: simulation of temperature-dependent development of the immatures, and prediction of adult emergence. *Environmental Entomology*, 10, 290–296.
- Sara SA, McCallen EB and Switzer PV, 2013. The spatial distribution of the Japanese beetle, *Popillia japonica*, in soybean fields. *Journal of Insect Science*, 13, 36. doi: 10.1673/031.013.3601
- USDA, 2016. Japanese beetle Program. Manual. Online erhältlich: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/domestic/downloads/japanese_beetle.pdf. Aufgerufen am 10.12.2018.
- Vieira V, 2008. The Japanese beetle *Popillia japonica* Newman, 1938 Coleoptera: Scarabaeidae in the Azores islands. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 43, 450–451.

Das Julius Kühn-Institut ist eine Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

