

GEA, FLORA ET FAUNA

La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats

Joan Lluís Jara-Chiquito*, Jorge Heras Dolader** & Juli Pujade-Villar*

* Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona (Catalunya). A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com, jpujade@ub.edu

** Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Servei de Gestió Forestal. Dr. Roux, 80, 08017-Barcelona (Catalunya). A/e: jorge.heras@gencat.cat

Autor per a la correspondència: Joan Lluís Jara-Chiquito. A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com

Rebut: 30.12.2021; Acceptat: 23.02.2022; Publicat: 31.03.2022

Resum

Dryocosmus kuriphilus (Hym., Cynipidae) és una espècie invasora que va ser introduïda a Europa via Itàlia en 2002. A la península Ibèrica va ser detectada al 2012 a Catalunya propagant-se ràpidament per tot el territori peninsular on *Castanea sativa* hi és present. Provoça gales al castanyer ocasionant una disminució del seu vigor i pèrdues econòmiques. Al llarg d'aquests anys s'han anat provant diferents mètodes de control per intentar eradicar la plaga, que es revisen aquí de manera crítica indicant els avantatges i inconvenients. Entre els tractaments silvícoles viables econòmicament es proposa la poda d'escarida primaveral com a nou tractament cultural per pal·liar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer, tot avaluant la seva eficiència i moment idoni d'aplicació tenint en compte la confluència en l'afectació per la malura del xancre.

Paraules clau: *Castanea*, Catalunya, *Dryocosmus kuriphilus*, mètodes de control, plaga, tractaments silvícoles, poda d'escarida.

Abstract

Spring tree pollarding as a treatment to reduce the damage of the chestnut wasp and comments on other control methods used

Dryocosmus kuriphilus (Hym., Cynipidae) is an invasive species that was introduced to Europe via Italy in 2002. Ten years after, in 2012, it was detected in Catalonia and spread rapidly throughout the Iberian Peninsula where *Castanea sativa* is present. It produces galls on chestnut tree causing a decrease in the vigour and economic loss. Over the years, various control methods have been used trying to eradicate this pest. These methods are updated here, indicating their advantages and disadvantages. Spring tree pollarding is proposed, among the economically feasible cultural treatments, as a new method to reduce damages caused by this chestnut pest. Effectiveness and ideal time for carrying it out are evaluated, taking into account that chestnut trees are also attacked by canker.

Key words: *Castanea*, Catalonia, *Dryocosmus kuriphilus*, control methods, pest, silvicultural treatments, spring tree pollarding.

Introducció

A Catalunya, el castanyer *Castanea sativa* (Mill.) és l'arbre forestal dominant a més de 12.000 ha (CHC50) principalment al Montseny-Guilleries, però també a la Garrotxa, l'Albera-Salines, les Gavarres, el Montnegre-Corredor i la Serra de Prades. Les nostres castanyedes actuals procedeixen gairebé totes de plantació, destinant-se principalment a producció de fusta ja que la recollecció de castanya és minoritària. Tanmateix, la seva explotació majoritàriament d'ús forestal ha condicionat l'estructura de les seves poblacions ja que al estar destinades a la producció de fusta han estat gestionades habitualment com a bosc menut originant perxades amb densitats molt elevades de tiges de petit diàmetre.

Els principals objectius silvícoles que es poden plantejar per als nostres boscos de castanyer són la producció de fusta de serra o bé de barramenta, la producció de fruit i el canvi d'espècie forestal. Fa uns anys es va publicar el manual de models de gestió del castanyer, dins la sèrie ORGEST (Beltrán *et al.*, 2013), on es proposaven un seguit de models de gestió ajustats a les condicions catalanes segons les qualitats de les estacions forestals, és a dir, segons els factors ecològics abiòtics que caracteritzen un lloc, en relació amb l'adaptació a ell de les espècies forestals. Per tal d'adequar l'objectiu de la gestió a l'aptitud productiva, en aquell manual es proposava dirigir la producció de fusta de serra a les qualitats d'estació altes, la producció de barramenta a qualitats mitjanes, la producció de fruit a qualsevol tipus de qualitat d'estació,

essent en el cas de qualitats baixes la substitució de l'espècie forestal principal l'únic objectiu raonable per al retorn econòmic de la producció.

La gestió productiva, pel que fa als problemes sanitaris, ha tingut molt en compte la malaltia del xancre del castanyer, causada pel fong *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr, malaltia introduïda a Europa des del continent asiàtic. L'afectació del xancre del castanyer a Catalunya ha estat força elevada, tal com indiquen tots els mostresos realitzats fins al moment (Colinas *et al.*, 2009) i està considerada com el problema més greu que tenen els castanyers a nivell mundial (Aguín *et al.*, 2011). A Catalunya, la malaltia del xancre ha afectat greument a tot arreu, però de manera més acusada a zones on el castanyer està al límit de la seva distribució com, per exemple, a Prades. Per frenar la seva propagació cal evitar tota importació de material vegetal sense garanties sanitàries i extreure la profilaxi en les eines de tall atès que les ferides són la principal via d'entrada del fong als arbres. La tècnica més adient per controlar aquesta patologia consisteix en la realització d'inoculacions amb soques hipovirulentes. Tot i que el resultat d'aquests tractaments no ha estat homogeni a tot el territori, la seva eficàcia sí que ha estat sobradament demostrada sobre el terreny (Homs *et al.*, 2001). Una altra alteració a tenir en compte, el cor roig, és una decoloració de la fusta que deprecia molt el seu valor, encara que no deteriora les seves propietats mecàniques, ve a redundar en la dificultat de plantejar produccions de fusta de castanyer de qualitat. Els darrers anys s'està avançant molt en el coneixement d'aquest problema (CTFC/UdL/IRTA).

No obstant, tot i considerar les anteriors afeccions, entre els itineraris silvícoles de gestió proposats fins ara no s'ha pogut incloure la més recentment introduïda vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) plaga exòtica invasora d'origen també asiàtic inclosa en el llistat A2 de la EPPO (Organització Europea per a la Protecció de les Plantes) des del 2002 (Pérez-Otero & Mansilla, 2014). Al nord-est ibèric va ser detectada l'any 2012, afectant ja totes les masses de castanyer de Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013). En aquest estudi es farà un breu repàs dels diferents sistemes de control utilitzats per a la vespeta del castanyer: mètodes de control natural (parasitoides autòctons), control biològic clàssic (introducció de *Torymus sinensis* Kamijo, 1982), tractaments químics, millora de varietats resistents, etc.) i exposarem la poda d'escarida com un nou mètode pal·liatiu a tenir en compte en alguns cassos.

Material i mètodes

S'ha assajat experimentalment la poda d'escarida amb la finalitat de testar l'eficiència d'aquest mètode entre els tractaments culturals viables econòmicament per pal·liar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer. La poda d'escarida consisteix a despullar l'arbre completament eliminant dràsticament, a més de les branques seques, totes les ramificacions vives secundàries, i brots epicòrmics laterals i terminals, tot donant a la capçada una estructura amb aspecte de canelobre nu.

Les actuacions s'han conduït enfocant dos moments concrets del cicle de *D. kuriphilus*; primer a mitjans de maig (abans l'emergència dels adults) i segon a mitjans de setembre (abans l'eclosió dels ous). Cal mencionar que aquests dos moments coincideixen de ple amb l'època en què l'arbre es troba brotat i amb activitat fotosintètica, la qual cosa pot presentar complicacions fitosanitàries vinculades a l'atac del xancre. A banda, s'ha comprovat fins a quin punt podrien ser efectius aquests treballs culturals més enllà de la subsegüent re-infestació, per això ha estat perllongat dos anys el seguiment de la reacció dels arbres a la poda i de l'eventual reacció del cinípid davant la producció forçada de nous borrons.

Ha estat seleccionada, a tocar del Parc Natural del Montseny, una parcel·la experimental de 0.13 ha de superfície (Fig. 1a) al paratge Carena de Vallmanya (coordenades UTM 31N X:449640 Y:4620640 ETRS89) del terme municipal de Sant Pere de Vilamajor (comarca del Vallès Oriental). La parcel·la, orientada vers al vessant NNE i situada a 790 m d'altitud, ofereix un pendent mitjà aproximat del 15 % i enregistra 1.100 mm de pluviometria anual. El vol forestal es troba caracteritzat per un rodal de castanyers provinent antigament d'una explotació per a fruit de castanya i està format per un fustal de peus envellits proveïts d'abundants rebrots de soca. Confrontant pel seu llindar inferior amb la via forestal d'accés, es troba encerclada per un dens alzinar en règim de bosc de rebrot (Fig. 1b).

D'aquesta forma, les actuacions consistiren en sengles podes intenses d'escarida a dos grups de sis arbres d'experimentació (que anomenarem Grup A i Grup B), més un de Control, també configurat per 6 arbres, que no s'ha podat. Al Grup A, se li ha aplicat una poda d'escarida en primavera, el 19/05/2017, abans de l'emergència dels adults, moment en què les larves i pupes del cinípid encara no han completat el seu desenvolupament tot impeding el seu creixement fins a adults; al Grup B la poda d'escarida ha estat realitzada a la tardor, el 18/10/2017, després de l'eclosió dels ous, mentre les larves del cinípid encara es troben en el primer estadi estacionari pel que s'interromp completament el seu desenvolupament.

Per a fer les comprovacions de re-infestació apareguda de *D. kuriphilus*, després de la poda es va mostrejar la rebrotada dels arbres, estudiant aquesta re-infestació als brots xucladors induïts per les podes. Els danys es van recomptar a cadascun dels arbres tot definint quatre rangs d'infestació: absent (0 gales), present (1-10 gales), moderat (11-100) i afectat (>100 gales), fins a una alçada d'uns 5 m.

Les dades experimentals s'han analitzat mitjançant un test ANOVA complementat amb una comparació per parelles de TUKEY, al 95 % de confiança.

Les abreviatures mencionades són: UB (Universitat de Barcelona), DARP (Departament d'Agricultura, Pesca i Alimentació), CHC50 (Cartografia d'Hàbitats de Catalunya e: 1/50 000), ORGEST (Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya), UdL (Universitat de Lleida), CTFC (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya), OTPN (Oficina Tècnica del Parc Natural del Montseny), i IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries).

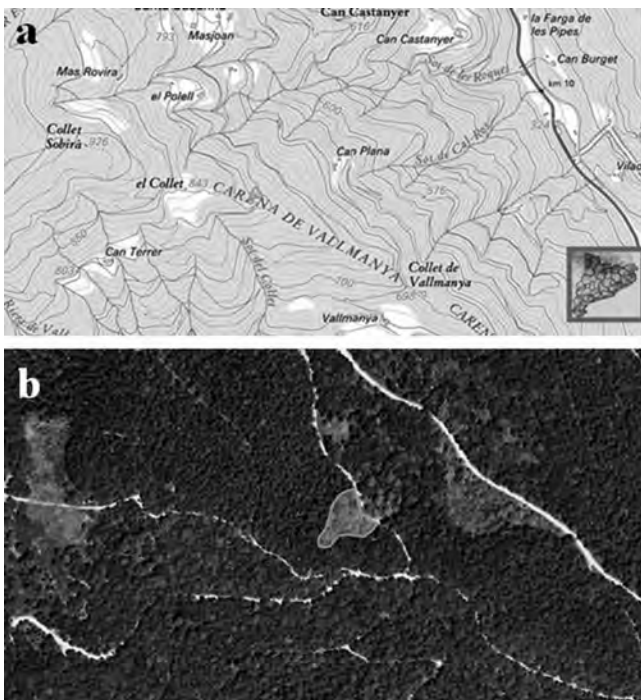


Figura 1. Situació de la parcel·la experimental en groc: (a) dins la comarca del Vallès Oriental (font: <http://www.icc.cat/vissir3/>, topogràfic), (b) visió aèria on es veu que llinda per boscos d'alzinars [font: <http://www.icc.cat/vissir3/>, ortofotogràfic].

Amb la finalitat de posar al dia els mètodes de control utilitzats per atacar les poblacions de *D. kuriphilus*, es farà un repàs breu d'algunes publicacions que destaquen per la seva importància o interès assenyalant les fites aconseguides. Abans però es comentarà breument la biologia i simptomatologia de l'himenòpter objecte d'estudi.

Resultats

La plaga de la vespeta del castanyer

Dryocosmus kuriphilus és un himenòpter univoltí, que presenta la particularitat de què únicament desenvolupa femelles per la qual cosa es reproduïx per agàmia indefinida; molt poques espècies de cinípids tenen aquesta facultat ja que normalment els cinípids que ataquen fagàcies presenten un cicle alternant (Pujade-Villar *et al.*, 2001), fins i tot la seva espècie críptica de Xina (*Dryocosmus zhuli* Liu & Zhu, 2015) presenta mascles i femelles (Zhu *et al.*, 2015) tot i que ha perdut la forma asexualada. Ambdues espècies de *Dryocosmus* formen gales en diverses espècies de *Castanea*.

La fenologia de *D. kuriphilus* s'acobla perfectament amb la del castanyer, de forma que a Catalunya, entre els mesos de juny i primers d'agost, les femelles fan la posta en grups de 1 a 5 ous a l'interior dels borrons. Cada femella pot col·locar més de 100 ous al llarg dels seus 10 dies de vida (Cabi, 2014). A causa de què diverses femelles poden ovipositar en el mateix borro, un sol borro pot albergar fins a 25 ous (Brussino *et al.*, 2002). L'eclosió es produeix als 40 dies després de la posta i el desenvolupament de la larva de primer estadi durant la tardor i l'hivern és extremadament lent, no és estrictament una larva hivernant, i es comença a formar una gala interna al borro invisible externament. A la primavera, abans de l'inici de l'activitat vegetativa del castanyer, es produeix el segon estadi larvari la formació de gales típiques (Fig. 3) en 7-14 dies. Les larves s'alimenten durant 20-30 dies abans de pupar (Brussino *et al.*, 2002). A finals de primavera la vespeta finalitzarà el seu desenvolupament biològic a l'interior de la gala emergint les femelles (Fig. 2).

La vespeta del castanyer va entrar a Europa via Itàlia (Brussino *et al.*, 2002) i ràpidament colonitzà Eslovènia,

CASTANYER	Dormició			Brotada		Floració		Fructificació			Disseminació	
	Gener	Febrer	Març	Abril	Mag	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
VESPETA												
Ou	o	o	o			*	*	*	*	*	o	o
Estadis larvaris	L1	L1	L1	L1			L1	L1	L1	L1	L1	L1
			L2	L2	L2							
				L3	L3	L3						
Pre-pupa					PP	PP	PP					
Pupa						P	P					
Adult						I	I	I				

Figura 2. Fenologia de *Dryocosmus kuriphilus* sobre *Castanea sativa* a Catalunya (dades pròpies). Els colors més foscos dins d'una mateixa gama cromàtica indica major presència; (*): ou fèrtil, (o): restes d'ou després de que la larva ha emergit, (I): imago.

França, Hongria, Suïssa, Croàcia, Holanda, Alemanya, República Txeca i Eslovàquia (Borowiec *et al.*, 2014). A la Península Ibèrica va ser detectada al 2012 a Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013) tot i que a l'observar-se també gales significades pot establir-se que la irrupció de la plaga a la península Ibèrica es va produir entre els anys 2010 i 2011. Ràpidament es va propagar per tot el territori peninsular on els hostatgers hi són presents (al 2013 arriba a Cantàbria, al 2014 és detecta a Galícia, Andalusia i Portugal, al 2015 a Burgos, 2017 a Àvila, etc.). La propagació d'aquesta plaga és deguda al propi vol dels adults, que poden dispersar-se a distàncies considerables amb l'ajut del vent (Ros-Farré & Pujade-Villar, 1998), i també al transport comercial de material vegetal infectat destinat a nova plantació o bé a empelt. El principal símptoma que podem observar de l'atac produït per la vespeta és la formació de gales (Fig. 3); aquestes són estructures amb coloracions verd vermelloses consistents en unes inflamacions d'entre 5 i 45 mm, generades per hipertròfia cel·lular i hiperplàsia dels teixits vegetals dels brots i fulles (Warmund, 2013; Jara-Chiquito *et al.*, 2020), rarament es troben als aments. Quan les infestacions són importants la gran quantitat de larves que conté en el seu interior fa que les fulles i/o el brots no es puguin desenvolupar reduint-se d'aquesta forma la capacitat fotosintètica dels arbres, comproment així la pròpia producció de fusta, i en els casos més greus comporten també una important pèrdua de la producció de fruits de castanya fins i tot la pròpia salut de l'arbre (Brussino *et al.*, 2002; Battisti *et al.*, 2014).



Figura 3. Gales de vespeta del castanyer: a) en fulla i b) brots en les que es pot observar la disminució de la capacitat clorofil·lica per pèrdua de superfície foliar; c) gales abandonades de l'any anterior.

L'atac pot afectar al desenvolupament de l'arquitectura de la branca de l'arbre, observant que els danys colpegen menys a nivell apical i que augmenten en direcció a les parts basals dels branquillons (Fig. 4), on s'hi donen unes més grans freqüències de danys; aquestes observacions concorden amb el que es va mencionar a Maltoni *et al.* (2012). Aquestes danys comporten la pèrdua de l'arquitectura arquetípica del castanyer que és més acusat visualment quantes més branques han deixat de desenvolupar-se any rere any. En canvi no són observables majors diferències en les incidències dels danys quant a les diferents posicions i alçàries a nivell de capçades del castanyer. Les gales es troben de manera indistinta per branques baixes com intermèdies o altes, ocupant la totalitat del volum de capçada.



Figura 4. Danys estructurals a nivell de branquillons

Mètodes de control de la plaga

Mètodes de control natural: parasitoids autòctons

Entre els insectes que poden exercir el control natural de *D. kuriphilus* existeixen diferents parasitoids. Els parasitoids són organismes les larves dels quals s'alimenten i desenvolupen a l'interior (endoparàsits) o a la superfície (ectoparàsits) del cos d'un altre artròpode, generalment un insecte; al final del seu cicle larval l'hoste mor. La vespeta del castanyer en no ser autòctona no presenta una xarxa tròfica de parasitoidisme associada d'antuvi. Els parasitoids dels cinípid són calcidoideus (Hymenoptera) i aquests es troben en roures i alzines (*Quercus* spp). De seguida es va veure que de les gales localitzades als castanyers començaven a aparèixer espècies parasitoids. Aquestes són en la seva majoria espècies autòctones que ataquen cinípid de gales dels roures, les quals per reclutament poden esdevenir controladors naturals per a aquest nou cinípid del castanyer. Aquest aspecte és força interessant ja que els parasitoids autòctons han estat capaços de canviar d'hoste vegetal, ja que *D. kuriphilus* només fa gales al castanyer.

Sobre això, s'han estat duent a terme diferents estudis a Catalunya amb la finalitat de contrastar com i en quina mesura el complex parasitoid autòcton té un paper rellevant en el control de la plaga, mitjançant el progressiu reclutament i adaptació al nou hoste a partir de la seva introducció (Jara-Chiquito *et al.*, 2016). Així, en el marc del seguiment fet a Catalunya de *D. kuriphilus*, entre els anys 2013 fins al 2017 es van fer una sèrie de mostres recolectant unes 5000 gales a principis d'estiu a diferents zones de distribució del castanyer (UB-DARP). Les gales es collectaven quan les pupes de vespeta estaven en fase avançada de desenvolupament i es posaven després a cambres de cria per fer recompte i identificació dels adults que emergien, tant vespetes com parasitoids (Jara-Chiquito *et al.*, 2019). Aquests mostres han permès anar constatant un augment progressiu tant en el grau de parasitisme com en el nombre d'espècies de parasitoids autòctones que atacaven gales de *D. kuriphilus* a totes les zones de castanyer estudiades (Jara-Chiquito *et al.*, 2019) i s'ha pogut identificar fins ara un total de 28 espècies diferents de parasitoids, 27 autòctones provinents dels roures i 1 exòtica (Taula 1) introduïda des de França (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018).

La presència d'aquesta xarxa tròfica ha comportat una variació dels índex de parasitisme des del 2,10 % de mitjana en tot el territori durant 2012 fins el 61,13 % 2017 (Jara-Chiquito *et al.*, 2019), arribat a ser al 2017 del 96,36 % a Albera-Salines. Hem obtingut també *Torymus sinensis* i *T. notatus*,

Taula 1. Espècies de parasitoids detectades a Catalunya, l'asterisc correspon a l'espècie introduïda.

Famílies (Chalcidoidea)	nº	Espècies de parasitoids
Eulophidae	1	<i>Aulogymnus obscuripes</i> (Mayr, 1877)
Eupelmidae	2	<i>Eupelmus annulatus</i> Ness, 1834
	3	<i>E. azureus</i> Ratzeburg, 1844
	4	<i>E. urozonus</i> Dalman, 1820
Eurytomidae	5	<i>Eurytoma brunniventris</i> Ratzeburg, 1852
	6	<i>Sycophila biguttata</i> (Swederus, 1785)
	7	<i>S. variegata</i> (Curtis, 1831)
Pteromalidae	8	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy 1785)
	9	<i>Mesopolobus albitarsus</i> (Walker, 1834)
	10	<i>M. amaenus</i> (Walker, 1834)
	11	<i>M. fasciiventris</i> Westwood, 1833
	12	<i>M. liechtensteini</i> (Mayr, 1903)
	13	<i>M. mediterraneus</i> (Mayr, 1903)
	14	<i>M. sericeus</i> (Walker, 1834)
	15	<i>M. tarsatus</i> (Ness, 1834)
	16	<i>M. tibialis</i> (Westwood, 1833)
Ormyridae	17	<i>Ormyrus nitidulus</i> (Fabricius, 1804)
	18	<i>O. pomaceus</i> (Geoffroy, 1785)
Torymidae	19	<i>Bootanomyia dorsalis</i> (Fabricius, 1798)
	20	<i>B. dumicola</i> (Boucek, 1982)
	21	<i>Torymus auratus</i> (Mueller, 1764)
	22	<i>T. erucarum</i> (Schrank, 1781)
	23	<i>T. flavipes</i> (Walker, 1833)
	24	<i>T. formosus</i> (Walker, 1833)
	25	<i>T. geranii</i> (Walker, 1833)
	26	<i>T. nobilis</i> Boheman, 1834
	27	<i>T. notatus</i> (Walker, 1833)
	28	<i>T. sinensis</i> * Kamijo, 1982

principalment, emergits a la primavera del 2017 i 2018 a partir de gales collectades el 2016 i 2017. A Europa s'han trobat també moltes d'aquestes espècies que interaccionen amb la vespeta del castanyer així com també d'altres espècies que no hem obtingut a Catalunya (Aebi *et al.*, 2006; Kos *et al.*, 2015; Panzavolta *et al.*, 2018; Quacchia *et al.*, 2013; entre d'altres). Les dades obtingudes a Catalunya sobre aquests parasitoids mostren preponderància de *Torymus flavipes* (Walker, 1833) (Torymidae), *Bootanomyia dorsalis* (Fabricius, 1798) (Megastigmidae) i *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Eurytomidae) en gales de l'any i, en canvi, predomina *Torymus notatus* (Walker 1833) en gales post-hivernals a més de *T. sinensis* Kamijo, 1982 a partir de 2017.

Control biològic clàssic: introducció de *Torymus sinensis*

La lluita biològica clàssica ja disposava d'experiència sobre la utilització d'un parasitoid a l'àrea d'origen contra la vespeta del castanyer, *T. sinensis*; aquesta espècie és un enemic natural de *D. kuriphilus* al Paleàrtic oriental. És un parasitoid originari de Xina que ataca específicament la vespeta del castanyer i que ha estat emprat amb èxit com a agent de control biològic clàssic al Japó (Moriya *et al.*, 1989, 2003) i als Estats Units (Rieske, 2007; Cooper & Rieske, 2007). A Europa, els primers alliberaments de *T. sinensis* van tenir lloc a Itàlia en 2005 (Quacchia *et al.*, 2008). El fet de que en pocs anys es produïssin reduccions inferiors al 30 %

dels nivells d'infestació de les poblacions de *D. kuriphilus* (Matošević *et al.*, 2015), animà països veïns com Eslovènia, Croàcia, Hongria i França a prendre també aquesta mateixa iniciativa. A la península Ibèrica també han estat realitzats alliberaments, especialment a Galícia, Màlaga i Astúries, a partir de 2015 (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019) i a Portugal també al 2015 (Santos, *et al.*, 2017). L'any 2019, el Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació va autoritzar el seu ús com a organisme de control biològic tot establint un protocol molt estricte per l'alliberament i control d'aquest parasitoid (MAPA, 2020), però a Catalunya no s'ha realitzat cap alliberament de *T. sinensis* degut, principalment a la menor repercussió econòmica d'aquesta plaga per als propietaris ja que, com s'ha comentat, el castanyer a Catalunya té caràcter majoritàriament forestal i el xancre segueix sent el principal problema sanitari. La causa primordial per la qual es va obrir la porta a la seva introducció controlada a aquests diversos països amb afectació de *D. kuriphilus* es fonamenta en les característiques del seu cicle biològic, que impliquen, en el seu país d'origen, una absoluta especificitat amb la vespeta com a hoste diana i una perfecta sincronització amb la fenologia d'aquesta (Moriya *et al.*, 2003). La normativa Catalana impedí que a partir del la gran expansió de la plaga de l'any 2014 s'utilitzés aquest parasitoid degut a que les afirmacions de Moriya *et al.* (2003) no estaven suportades per cap estudi científic. A Itàlia la plaga era molt dura i els productors de castanyes tenien collites molt disminuïdes per la presència de *D. kuriphilus* de manera que l'impacte econòmic era molt alt (Aebi *et al.*, 2006). Quacchia *et al.* (2014a) van afirmar que els experiments de comportament confirmaven alts nivells d'especificitat de l'hostatger per part del parasitoid i suggerien que la hibridació amb espècies natives de *Torymus* era altament improbable. La principal raó d'aquesta conclusió és la presència de una diapausa perllongada en *T. sinensis*, però aquesta hibernació també es dona a *T. notatus* precisament en gales de la vespeta del castanyer (dades no publicades). A més, hem de tenir en compte que *T. sinensis* és molt proper filogenèticament i morfològicament a *T. notatus* (Pogolotti *et al.*, 2018) per la qual cosa la hibridació no seria descartable si coincideixen fenològicament, malgrat les conclusions de Quacchia *et al.* (2014a). Aquests autors esmenten que l'ús d'anàlisis genètiques podria ser eficaç en el futur per saber si s'han hibridat o no, tot i que aquestes anàlisis revelaran esdeveniments passats, en lloc de predir possibilitats futures.

Torymus sinensis és haplodiploid i els seus ous fèrtils produeixen femelles diploides en tant que els no fertilitzats desenvolupen mascles haploides (Quacchia *et al.*, 2014a). La femella fa la posta a inicis de primavera sobre gales noves en formació de *D. kuriphilus*. A l'estiu, la larva atura la seva alimentació, no pupant fins a l'hivern i emergint l'adult a la primavera següent. Un reduït percentatge de les pupes entrarà en diapausa perllongada un any més per a emergir a la primavera del segon any (Quacchia *et al.*, 2014a). *Torymus sinensis* mostra una alta capacitat d'expansió, propagant-se a distàncies curtes mitjançant vol actiu i a distàncies llargues amb ajuda del vent, sent capaç de cobrir en conseqüència fins a uns 70 km anuals (Colombari & Battisti, 2015; Moriya *et*

al., 1989, 2003; Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Un cop deixat anar, aquest organisme no només ocupa l'àrea on s'allibera sinó que es dispersa, consolidant-se a àrees noves, degut a aquesta alta mobilitat. Així ha succeït a diversos països com Suïssa (Aebi *et al.*, 2011), Bòsnia i Hercegovina (Matošević *et al.*, 2017), Anglaterra (Bartlett, 2016) i Catalunya (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018), on ha estat citada sense que s'haguessin fet, in situ, alliberaments previs.

Pel que fa a Catalunya, àrea d'aquest estudi, l'any 2016 es va detectar aquest parasitoid exòtic a les comarques de La Garrotxa (Can Jordà), El Gironès (Sant Miquel de Celrà) i La Selva (Coll de Sant Marçal) (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018) i també més tard a la comarca del Vallès Oriental (Sant Marçal) (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019). Malgrat ser localitats distanciades entre 300-400 km d'aquells punts d'alliberament francesos més propers, factors com la presència de masses de *C. sativa* infestades de gales de *D. kuriphilus* sense pràcticament discontinuïtats geogràfiques, juntament amb l'ajuda d'uns vents de tramuntana dominants, han propiciat la seva arribada i implantació a Catalunya (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Aquesta introducció de *T. sinensis* només s'explica per la migració d'espècimens des de França, atès que no ha estat efectuada cap control biològic amb alliberaments al nostre país.

Encara està per veure quin són els nivells d'infestació de *T. sinensis* en les gales de *D. kuriphilus* a la península Ibèrica, però per les dades provisionals que tenim de Catalunya aquest és molt baix en comparació als parasitoids autòctons; recentment, un estudi de Nieves-Aldrey *et al.* (2019) indica que a Espanya la majoria de percentatges estan per sota de l'1 % malgrat haver-lo introduït en algunes contrades des del 2015. *Torymus sinensis* s'ha manifestat efectiu a llarg termini en el control de les poblacions de vespeta ja que necessita entre 5 i 7 anys després del seu primer alliberament i/o assentament, per assolir percentatges alts de parasitisme que garanteixin el control efectiu de la plaga (Quacchia *et al.*, 2008, 2014b; Borowiec *et al.*, 2014; Matošević *et al.*, 2014, 2017; Ferracini *et al.*, 2018). Com ja s'ha esmentat, a Espanya, el 2015 es van iniciar soltes experimentals controlades en diverses comunitats autònomes pel que els resultats de la seva eficiència podran ser avaluats en 2022.

D'altra banda també està per veure l'impacte en el ecosistema per la introducció d'aquest parasitoid tenint en compte que: (i) *T. notatus* també hiverna (com ja hem dit anteriorment), són morfològicament similars i filogenèticament propers, i (ii) que s'han trobat a Itàlia exemplars de *T. sinensis* emergits a partir de gales autòctones de cinípid del gènere *Andricus* i *Biorhiza* (Ferracini *et al.*, 2015; Pogolotti *et al.*, 2019) però no s'ha estudiat encara la pressió cinegètica que hi té en les gales de roures. Tot fa pensar que la alliberació de *T. sinensis* ha estat molt probablement imprudent.

Tractaments químics

Els tractaments químics externs resulten totalment impropis i insostenibles per diferents motius, tots ells derivats del cicle biològic amb partenogènesi telitòtica de *D. kuriphilus*, de la protecció que ofereix la seva gala en front de l'aplicació

dels productes i sobre tot pel fet de ser la castanya un fruit comestible d'especial interès econòmic que no admet involucrar-se amb insecticides. També, en el cas dels castanyers, per a producció fustera, la pròpia alçària dels peus amb capçades mai situades a menys de 6 m, els elevats pendents on es situen usualment les perxades que dificulten les maniobres dels operaris, i la concurrència fenològica de la floració amb el vol dels adults, desaconsella l'ús d'insecticides (Aebi *et al.*, 2011) per tal de protegir les abelles i altres pol·linitzadors. L'ús d'insecticides també és desaconsellada per protegir l'emergència dels parasitoids autòctons que es solapa parcialment amb l'emergència dels cinípid adults.

Per altra banda, els tractaments químics interns (endoteràpia) tampoc són viables econòmicament en grans plantacions però podrien ser usades, i fins i tot recomanats, en exemplars d'arbres ornamentals i monumentals.

Finalment, la biologia de l'espècie amb l'absència de mascles impossibilita les trampes de feromones.

En resum la lluita química no és possible.

Varietats resistents

Una altra línia de recerca per al control i prevenció de la vespeta del castanyer consisteix en la millora de varietats resistents de castanyer per a noves plantacions, particularment com a peus a empeltar per obtenir peus mare de varietats locals seleccionades. Al Japó l'ús de varietats de castanyer resistents a la vespeta va resultar al principi molt efectiu; no obstant això, la plaga va tornar a augmentar fins i tot en varietats considerades resistents després de 20 anys a causa del desenvolupament d'un nou haplotip de *D. kuriphilus* (Moriya *et al.*, 2003). Tot i això, la recerca de resistència ha estat desenvolupada també a Europa després de la invasió de la vespeta. Diversos estudis han determinat una susceptibilitat varietal diferencial trobant plantacions molt susceptibles i d'altres que són més resistents (Dini *et al.*, 2012; Panzavolta *et al.*, 2012; Sartor *et al.*, 2015). En el cas de la varietat resistent «Bouche de Bétizac» s'han reconegut els mecanismes pels quals una resposta hipersensible evita que els borrons atacats per la vespeta generin gales (Dini *et al.*, 2012). En aquest sentit Cuestas-Navarro (2019) va trobar diferències de susceptibilitat (o de possible resistència parcial) a l'atac de *D. kuriphilus* entre les varietats «Gallega», «Pilonga», «Portuguesa» i «Temprana de Jubrique» de *Castanea sativa*. També se està estudiant clons híbrids «Soutovello» o les varietats «Belle Epine» o «Bouche Rouge», encara que aquesta última pot presentar problemes de septoriosi (Graña, 2018). A Catalunya, la utilització de peus de castanyer resistents actualment es limita a contades varietats de les diferents espècies de castanyer, varietats menys susceptibles i plantacions fruïteres amb varietats locals, línies actualment encara en estudi (Aletà *et al.*, 2016; Abel & Aletà, 2020). En les noves plantacions es podran utilitzar varietats autòctones més resistents, una vegada que s'hagin definit.

Termohidroteràpia

La termohidroteràpia (o les seves sigles en anglès, HWT, «hot water treatment»), és un procediment senzill, econòmic



Figura 5. a) Estat previ de la massa de castanyer a la parcel·la experimental; b) escarida primaveral 19/05/2017; c) primera rebrotada 28/07/2017; d) segona brotada 14/07/2018

i respectuós amb el medi ambient, que es caracteritza per dur a terme la desinfecció mitjançant un tractament amb aigua calenta durant un determinat espai de temps i temperatura, que depenen del patògen i de l'hoste (Ciordia *et al.*, 2020b). La primera cita del seu ús es remunta a 1882, en què es va utilitzar per prevenir la floridura de les patates (Agarwal & Sinclair, 1996). En l'actualitat es fa servir per desinfectar llavors de diversos cultius, així com material vegetal de diverses espècies, com la vinya, contra plagues de *Scaphoideus titanus* Ball, 1932 (Hemip., Cicadellidae), caparretes (Hemip., Pseudococcidae) i àcars, de fongs que causen malalties al tronc i bacteris (Ciordia *et al.*, 2020a). La seva efectivitat sobre la vespeta també s'ha estudiat en el castanyer xinès (Warmund, 2014). A Espanya, Ciordia *et al.*, (2020a) informen de l'eficàcia d'un protocol senzill i respectuós amb el medi ambient basat en aigua calenta per a la desinfecció les plàntules i empelts de *C. sativa* contra *D. kuriphilus*. Això permetrà als viviers subministrar plantes lliures d'aquesta plaga, evitant així la dispersió d'insectes.

Tractaments silvícoles parcials i un nou mètode de control

El tractament proposat de poda d'escarida consisteix en l'eliminació dràstica de totes les ramificacions vives i seques

de l'arbre amb els seus brots laterals i terminals excepte les guies principals, donant a la copa una estructura amb aspecte de canelobre nu, per induir així l'emissió de rebrots epicòrmics lliures de gales (Figs. 5b, 6a). Cal tenir present la possible eliminació de gales amb aquest mètode quan el nombre de peus és reduït, en bosquets, en arbredes o en els viviers, però aquesta acció no seria factible en grans masses forestals. Malgrat no ser considerat tradicionalment un tractament recomanable (Serrada *et al.*, 2008) es proposa amb les degudes matisacions segons els àmbits assenyalats. En quant a la poda, pel que fa referència als itineraris silvícoles pal·liatius en relació amb les actuacions silvícoles preventives, és fonamental tenir en compte tant la dispersió de la vespeta i dels seus parasitoids, com també la de les altres afeccions actives com ara el xancre. Per això cal considerar molt acuradament què fer amb les restes de poda i aclarida, l'època per a la seva execució, la higiene de les eines, l'ús de fitosanitaris i demés aspectes relacionats amb les operacions silvícoles (Castaño *et al.*, 2012).

En data 19 de maig 2017 es va fer la poda d'escarida primaveral del Grup A (Fig. 5a) obtenint-se una neteja total respecte la infestació de gales i postes de vespeta de l'any anterior 2016 i l'any corrent 2017 (Fig. 5b). A l'estiu en data 28

de juliol 2017 es va observar la primera rebrotada, en aquesta ocasió forçada per la poda primaveral efectuada, que com era d'esperar es trobava neta de gales de l'any corrent 2017 (Fig. 5c) ja que les possibles postes van ser eliminades amb la poda del maig. A l'estiu de l'any següent, en data 14 de juliol 2018, es va valorar la segona brotada, en aquesta ocasió ja natural i no forçada; es va observar també neta de gales (Fig. 5d) tot i que teòricament podria haver-n'hi ja que les postes de 2017 eren possibles. Cal dir que els arbres del voltant no podats sí tenien gales. Posteriorment, a l'estiu de 2020 dos anys després es va fer el reconeixement final de la tercera brotada, la qual presentava infestació moderada de gales de vespeta, no obstant amb una afectació inferior al grup control.

En data 28 d'octubre de 2017 es va procedir a fer la poda intensa d'escarida tardoral del Grup B obtenint-se una neteja total respecte la infestació de gales i postes de vespeta de l'any corrent 2017 (Fig. 6a). A l'estiu de l'any següent, en data 14 de juliol 2018, es va valorar la primera brotada, en aquesta ocasió natural i no forçada: es va observar que ja presentava cert grau infestació de gales de vespeta (Fig. 6b), també inferior a la dels arbres no tractats. Posteriorment, a l'estiu de 2020 dos anys després es va fer el reconeixement final de la tercera brotada, la qual continuava presentant infestació de gales de vespeta observant-se diferències amb els arbres no podats.



Figura 6. a) Escarida tardoral 28/10/2017; b) primera brotada 14 de juliol 2018

Durant el transcurs de l'assaig de camp tots els arbres control han tingut infestació de postes i gales durant els 4 anys de l'experiència. Els resultats d'ambdues podes i el control es presenten a la figura 9. Observem que dins del mateix tipus de poda hi ha molta variabilitat en el valor d'infestació. Tot i així no hi ha diferències significatives entre el nivell d'infestació de la poda primaveral i la poda de tardor. Ambdues podes tenen un nivell d'infestació mitjà entre present i moderat. En el grup control s'ha trobat un nivell d'infestació molt elevat.

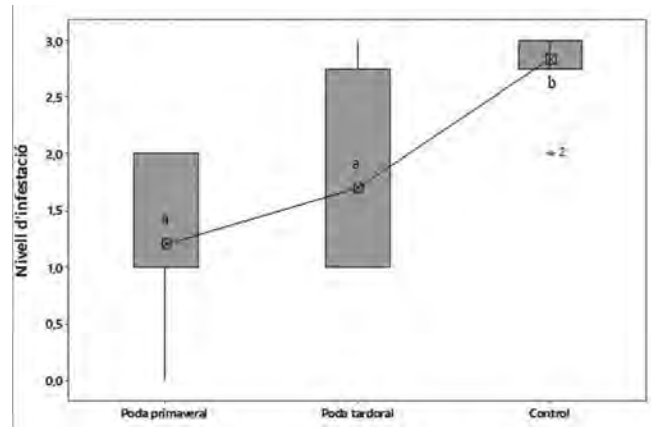


Figura 7. Comparació del rang d'infestació entre els diferents tractaments en relació amb la presència de gales en els brots a l'assaig de camp. Rang d'infestació: 0 absent; 1 present; 2 moderat, 3 afectat. Els valors amb lletres diferents (a, b) són significativament diferents ($P < 0.05$).

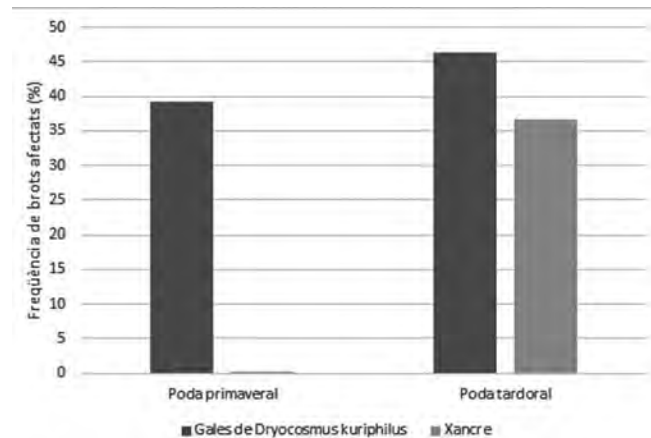


Figura 8. Freqüència de detecció de gales i afectació per xancre en l'experiment de poda entre els grups poda d'escarida primavera i poda d'escarida tardoral.

Pel que fa a la poda tardoral (Fig. 8) hi ha hagut una afectació per xancre molt acusada en comparació a la primaveral, on resulta pràcticament inexistent, malgrat les mesures de precaució adoptades. Aquesta infecció s'ha produït molt probablement per les ferides de poda degut a la dispersió de les espores del fong.

Discussió

Com hem vist al resultat, no hi ha cap mètode idoni que sigui capaç d'eliminar la vespeta del castanyer dels nostres boscos i l'efectivitat en la introducció de *Torymus sinensis* està per veure ja que la seva possible eficàcia es manifesta molts anys després del seu alliberament, alliberament que a més pot comportar problemes als ecosistemes per competició i hibridació amb espècies autòctones. A Itàlia, que va ser primer país europeu en alliberar-lo, ara farà 15 anys, no ha acon-

seguit ni de lluny eliminar la plaga, però ja s'ha comprovat que la seva introducció ha provocat un desplaçament negatiu de les poblacions autòctones de parasitoids en les gales dels roures (Ferracini *et al.*, 2018), desplaçament que ja va ser mencionat anteriorment a Japó (Yara *et al.*, 2012). Les possibles problemàtiques de desplaçament de la fauna parasitoid a l'ecosistema català estan per avaluar. La hibridació de *T. sinensis* amb les espècies autòctones (*T. notatus*, per exemple), després de les dades aquí exposades referents a la fenologia d'aquesta espècie a Catalunya, no es gens descartable; a Japó (Yara, 2014; Yara *et al.*, 2000) aquesta hibridació ha estat corroborada amb *T. beneficus* Yasumatsu & Kamijo, 1979.

La poda d'escarida, que es presenta en aquest estudi, és un nou intent de fer minvar les poblacions de *D. kuriphilus* dels nostres castanyers. Cal tenir present que no és viable quan la finalitat del castanyer és obtenir castanyes donat que l'eliminació de la major part dels borrons de floració i el subsegüent rebrot, majoritàriament de gemmes dorments i de fusta, el fa totalment incompatible sense considerar una pèrdua en la producció de castanyes durant com a mínim dos anys. Però és molt aconsellable quan la finalitat de les plantacions és l'obtenció de fusta, com succeeix a Catalunya, ja que la rebrotada és forta i vigorosa, tot incrementant l'àrea fotosintètica foliar i la longitud de les tanyades de rebrot, i sobretot és molt aconsellable si el castanyer és ornamental o monumental. Fins i tot, podria ser aplicable en mitjanes extensions de forma selectiva.

Tenint en compte els resultats obtinguts a l'assaig realitzat, la poda primaveral resulta indicada ja que les larves de *D. kuriphilus* deixen de ser viables i els arbres es beneficien d'una bona capacitat de cicatrització juntament amb baix risc de propagació del xancre. Aquest tractament elimina les postes existents d'ous de la vespa i també de les gales dels brots estivals. A més, no interfereix amb els parasitoids adults autòctons, ja que no hi ha una coincidència en el moment de vol d'aquests adults al castanyer. La pèrdua potencial de parasitoids hivernants dins de gales velles de *D. kuriphilus* per efectes de la poda pot ser potencialment eliminada recol·lectant les branques podades gales de l'any anterior o no retirant del terreny les restes de poda amb gales ja que poden contenir parasitoids, particularment *T. sinensis* i *T. notatus*, que emergiran més tard. Per alta banda, hem pogut constatar que les espècies que ataquen les gales de roures són precisament la font de l'atac contra les gales de *D. kuriphilus*. Les dates d'aparició de molts dels parasitoids emergits de gales de roures és compatible amb el parasitoidisme de la gala del castanyer. Aquesta dada és important ja que moltes de les espècies implicades en les gales de roures són polífagues però es troben sobre un hoste vegetal diferent podent constituir el control natural d'aquesta espècie invasora. Per tant, mai s'han de tallar els roures existents als envoltants de la zona on hi ha castanyers, donat que les gales dels roures són els reservoris dels parasitoids autòctons (Jara-Chiquito *et al.*, 2019). Malgrat això, alguns autors suggereixen que en ocasions aquestes disminucions temporals en les poblacions de la vespeta per efecte dels parasitoids autòctons no es mantenen en el temps (Gil-Tapetado *et al.*, 2021), aspecte que s'haurà de comprovar. Tampoc s'han d'utilitzar insecticides durant al menys 3 anys al lloc després de la poda, per tal d'evitar perjudicar tots els parasitoids existents en cas d'un ús indiscriminat.

Els resultats de la poda mostren una clara tendència la reducció dels danys per les gales de la vespeta per efecte de les podes, en contrast amb els arbres control, amb infestacions significatives a tots els arbres no podats. Les dades posen de manifest que no hi ha diferències significatives entre podes de primavera i podes de tardor, però que les podes d'escarida primaverals són més convenientes en evitar les afectacions del xancre del castanyer. En quant a la intensitat de poda, el castanyer reacciona molt bé a la disponibilitat en llum que proporciona la poda d'escarida, amb el manteniment d'un bon vigor vegetatiu, paral·lelament a l'eliminació d'un màxim de gales amb larves de vespeta. Tanmateix, en la poda s'han d'eliminar tots els brots xucladors encara que el *T. sinensis* pugui ser-hi present, ja que de fet són aquests òrgans vegetatius els que més priven al castanyer del seu vigor i fan que hi hagi menys flors i fruits, i a més quan arriba *D. kuriphilus* aquests són els primers de ser atacats.

Cal tenir en compte també el xancre, que és un problema molt greu dels nostres castanyers catalans. A les ja sabudes recomanacions de desinfecció de les eines de poda entre cada arbre, cal realitzar tallats nets i emprar màstics fungicides per aplicar a les ferides. Hem de recordar que és a la primavera el moment ideal de poda per evitar la introducció de *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr (Fungi: Cryphonectriaceae), ja que l'arbre pot cicatritzar més ràpidament les ferides i en ser una època de baixa humitat ambiental fa que el fong no es propagui. La detecció d'afectacions per xancre a la tardor són molt importants respecte a la primavera, per això s'ha de tenir molt en compte a l'hora d'efectuar els tractaments. En resum, com a tractament palliatiu dels danys *D. kuriphilus* en castanyers forestals destinats a producció de fusta i barramenta, la poda d'escarida resulta recomanable en qualsevol cas: si és a la primavera amb menys afectació de xancre, si és a la tardor ha de ser acompanyat d'importants mesures fitosanitàries de profilaxi per les infeccions fúngiques a les ferides de poda.

La poda d'escarida primaveral faculta el manteniment de dos períodes vegetatius nets de gales, en tant que una poda tardoral només en garanteix la meitat d'un sol període vegetatiu sense infestació de vespeta. Per això, i tenint en compte l'època de poda i els resultats obtinguts, la poda de la primavera és la més indicada. Aquesta poda a més d'eliminar les postes existents d'ous de la vespeta, no interfereix amb els parasitoids adults autòctons, ja que no hi ha una coincidència en el moment de vol d'aquests adults. No és així en el cas de *T. sinensis*, que sí podria comportar-li un cert destorb ja que pot continuar ovipositant potencialment fins a mitjans de juny. Això podria quedar parcialment solucionant si en la poda es recullen i dispersen pel territori gales de l'any passat que no presenten cap larva de *D. kuriphilus* en el seu interior però si que pot presentar parasitoids que emergeixen més tard, com són *T. sinensis* i *T. notatus*. Malgrat tot, els beneficis d'eliminació de les postes de vespeta amb la poda primaveral superen de llarg l'inconvenient de perdre *T. sinensis*, el qual com ja hem comentat pot comportar trastorns a l'ecosistema.

En el cas de la poda tardoral resulta particularment important no retirar del terreny les restes de poda amb gales ja que poden contenir *T. sinensis* i *T. notatus*, parasitoids que emergiran més tard. Per evitar la pèrdua de parasitoids hi

vernants existents dins de gales, s'aconsella no cremar mai les restes de poda, atès que *T. sinensis* i alguna altra espècie autòctona mostren una diàpauza prolongada i poden mantenir-se en l'agalla seca de dos a tres anys (dades no publicades). D'aquesta manera es permet l'emergència d'adults de diferents parasitoids.

Finalment hem de tenir present que les poblacions exòtiques invasores solen tenir uns pics creixents els primers anys per posteriorment caure de manera sobtada per diferents causes, la durada de la qual pot ser temporal o permanent. A Catalunya, partir de la seva detecció el 2012, l'expansió inicial va ser molt ràpida i en 2014 ja estaven afectats totes les masses de castanyedes, excepte a la serra de Prades on no es va confirmar la seva presència fins 2016. La intensitat de les afectacions va augmentar amb rapidesa fins al any 2018. Posteriorment, d'acord tant amb les observacions dels prospectors de les xarxes de seguiment fitosanitari forestal com la informació facilitada per propietaris i gestors forestals, a partir de 2018 es va estabilitzar de manera generalitzada la intensitat de les afectacions i en 2019 va començar una certa disminució que en 2020 va ser encara més acusada. A la zona de Prades, el 2019 encara hi havia afectacions importants mentre que el 2020 s'ha produït un descens. Cal destacar que aquesta disminució de les afectacions no s'ha percebut en altres zones de la península, ni tan sols en les comunitats on s'han realitzat alliberaments de *T. sinensis* des de fa anys. Aquesta davallada pot ser deguda a diversos factors: condicions meteorològiques, progressió de la comunitat de parasitoids autòctons, irrupció i establiment de *T. sinensis*, atacs fúngics a les gales, etc. En aquest sentit, algunes de les anomalies climàtiques que s'han produït en els darrers anys, degudes sens dubte al canvi climàtic que està patint el planeta, han pogut originar una mortalitat elevada a la població de la vespeta, fet que ja ha estat esmentat per (Bonsignore *et al.*, 2020; Contarini *et al.*, 2021; Lombardero *et al.*, 2021). També s'ha constatat la progressió dels parasitoids autòctons en les gales de la vespeta tant en nombre d'espècies com en percentatge de parasitoidisme. Aquest fet contribueix, sens dubte, al control natural de la plaga, encara que, pot ser temporal o pot dependre de la grandària de la gala (Gil-Tapetado *et al.*, 2021). També hi pot afectar l'espècie o espècies parasitoids predominants ja que en diferents poblacions les espècies majoritàries no són les mateixes. La presència de *T. sinensis*, parasitoid exòtic detectat l'any 2016, també ha pogut influir en la disminució de les poblacions de *D. kuriphilus* a Catalunya sobretot considerant les emergències obtingudes en les col·lectes del 2017 (dades publicades). L'atac fúngic natural, observat també a Catalunya (dades no publicades) malmet gales (Seddaiu *et al.*, 2016) malgrat ser un patògen pel castanyer (Lione *et al.*, 2019). Segurament l'actuació conjunta de diverses causes són les que justifiquen el descens poblacional observat de *D. kuriphilus* del nord-est ibèric.

També cal tenir present l'ús de varietats resistents així com evitar la propagació de la plaga no traslladant i eliminant material vegetal infestat, i la capacitat d'eliminar postes a les plàntules i empelts de *C. sativa* amb a la termohidroteràpia.

Agraïments

Agraïm la col·laboració amb el gabinet tècnic facultatiu competent de l'OTPN de la Diputació de Barcelona. Una versió resumida i divulgativa d'aquest estudi va ser requerida per a la seva publicació a la revista *Foresta de l'Il·lustre Col·legio de Ingenieros Técnicos Forestales* de Madrid. Agraïm també molt sincerament a Marta Ciordia Ara (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Astúries, Espanya) pels comentaris referits a la termohidroteràpia.

Bibliografia

- Abel, J. & Aletà, N. 2020. La selecció de Castanyers per a fruita al Parc Natural del Montseny. Consorci Forestal de Catalunya. *Catalunya Forestal*, 145: 31-33.
- Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, M., Alma, A., Bosio, G., Quacchia, A., Picciau, L., Abe, Y., Moriya, S., Yara, K., Seljak, G. & Stone, G.N. 2006. *Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus*. Pp. 103-121. In Ozaki K., Yukawa J., Ohgushi T. & Price P.W. (eds). *Ecology and Evolution of Galling Arthropods and their Associates*. Springer, Tokyo., 308 p.
- Aebi, A., Schoenenberger, N. & Bigler, F. 2011. Evaluating the use of *Torymus sinensis* against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in the Canton Ticino, Switzerland. *Agroscope Reckenholz-Tänikon Report*, 40 p.
- Agarwal, V. K. & Sinclair J. B. 1996. *Principles of Seed Pathology*, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, Florida, 560 p.
- Aguín, O., Sainz, M. J., Montenegro, D. & Mansilla, J. P. 2011. Biodiversidad e hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* en Europa: implicaciones para el control biológico del cancro del castaño. *Recursos Rurais*, 7: 35-47.
- Aletà, N., García, D. & Argemí, J. 2016. La selecció de castaño para fruto en el Montseny. IRTA. *II Jornada de Arboricultura Forestal*. [Disponible a: <https://docplayer.es/69499618-La-seleccion-de-castano-para-fruto-en-el-montseny.html>]
- Bartlett, D. 2016. Viewpoint: Partnership in action-Europe and beyond. *Bulletin of the CIEEM*, 94: 13-15.
- Battisti A, Benvegnù I, Colombari F, Haack RA, 2014. Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production. *Agricultural Forest Entomology*, 16: 75-79. <https://doi.org/10.1111/afe.12036>.
- Beltrán, M., Vericat, P., Piqué, M. & Farriol, R. 2013. *Models de gestió per als boscos de castanyer (Castanea sativa Mill.): producció de fusta i fruit*. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 45 p.
- Bonsignore, C. P., Vizzari, G., Vono, G. & Bernardo, U. 2020. Short-term stress affects parasitism on the Asian chestnut gallwasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Insects*, 11 (12): 841. DOI:10.3390/insects11120841
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauvergue, X., Ris, N. & Malausa, J. C. 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29 (1):7-10.
- Brussino G, Bosio G, Baudino M, Giordano R, Ramello F, Melika G, 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *Informatore agrario*, 37: 59-61.

- Cabi, 2014. CABI Datasheets. *Dryocosmus kuriphilus*. Disponible online en: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/20005>>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Castañó, C., Navarro, P., Rodríguez, J., Vericat, P., Colinas, C., & García García, M. 2012. El castanyer a Catalunya. Manual de gestió, conservació i valorització. Diputació de Barcelona i Obra Social «La Caixa». Manuals de gestió (col.). 143 p.
- Ciordia, M., García, J. C. & Loureiro, M. D. 2020a. Hot water treatment: an effective method for disinfecting *Castanea sativa* mill. dormant scions against *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Pest Management Science*, 76: 1944–1948. DOI: 10.1002/ps.5727
- Ciordia, M., Loureiro, M. D. & García J. C. 2020b. Termohidroterapia: una solución para eliminar la avispiella del castaño en púas de madera leñosa. *Tecnología Agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA*, 23: 26-32. Disponible a: <<http://www.serida.org/pdfs/8123.pdf>> [Data de consulta: 30 de juny de 2020] i <<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8055>> [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Colinas, C., Rojo, M., Argemí, J., Heras, J., Castañó, C., Rotllan, X., Gómez, M., Gilarte, S., Ustrell, E. & Sarri, H. 2009. *El Control Biológico del Chancro del Castaño en Catalunya*. Eds. S.E.C.F.-Junta de Castilla-León, *Actas 5º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Ávila. CD-Rom.
- Colombari, F. & Battisti, A. 2015. Spread of the introduced biocontrol agent *Torymus sinensis* in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind? *BioControl*, 61(2): 127-139. DOI: 10.1007/s10526-015-9712-1
- Contarini, M., Rossini, L., Caccia, R., Morelli, S., Beritognolo, I., Gaudet, M., Villani, F., Papparatti, B. & Speranza, S. 2021. Do *Castanea sativa* wild provenances influence *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) infestations?. *Turkish Journal of Zoology*, 45: 206-215. doi:10.3906/zoo-2101-16
- Cooper, W. R. & Rieske, L. K. 2007. Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Eastern North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 100: 236–244. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[236:CAOAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[236:CAOAE]2.0.CO;2)
- Cuestas Albaro, M. I. 2019. Diversidad genética y resistencia del castaño a factores bióticos y abióticos. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. 120 pp. Disponible a: <<https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/18717/2019000001937.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Dini, F., Sartor, C. & Botta, R. 2012. Detection of a hypersensitive reaction in the chestnut hybrid „Bouche de Bétizac“ infested by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60: 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.07.023>
- Ferracini, C., Ferrari, E., Saladini, M. A., Pontini, M., Corradetti, M. & Alma, A., 2015. Non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl* 60: 583–594. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9676-1>
- Ferracini, C., Bertolino, S., Bernardo, U., Bonsignore, C. P., Faccoli, M., Ferrari, E., Lupi, D., Maini, S., Mazzon, L., Nugnes, F., Rocco, A., Santi, F. & Tavella, L. 2018. Do *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and agroforestry system affect native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp? *Biological Control*, 121: 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.01.009>
- Gil-Tapetado, D., Castedo-Dorado, F., Nieves-Aldrey, J. L. & Lombardero, M.J. 2021. Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native parasitoids. *Biological Invasions Journal*, 23: 1157-1174. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02427-x>.
- Graña, X. 2018. Qué medidas debemos tomar contra la avispiella del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*). *Mundo forestal*, 02 May. Accessible en <https://www.hifasforesta.com/blog/que-medidas-debemos-tomar-contra-la-avispiella-del-castano-dryocosmus-kuriphilus/>. [Dat de consulta 02/11/2020].
- Homs, G., Rodríguez, J., Rigling, D. & Colinas, C. 2001. *Caracterización de la población de Cryphonectria parasitica y detección de cepas hipovirulentas en 3 subpoblaciones de Cataluña*. Montes para la Sociedad del nuevo milenio. III Congreso Forestal Español. Ed. Junta de Andalucía. Granada. 6 pág. [Disponible a: <https://www.researchgate.net/publication/267247617_Caracterizacion_de_la_poblacion_de_Cryphonectria_parasitica_y_deteccion_de_cepas_hipovirulentas_en_3_subpoblaciones_de_Cataluna>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Jara-Chiquito, J. L., Askew, R. & Pujade-Villar, J. 2019. The invasive asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera:Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia. Oxford University Press: *Forestry*, 93 (1): 178-186. DOI:10.1093/forestry/cpz061
- Jara-Chiquito, J. L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para la Avispiella del Castaño en Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219–226.
- Jara-Chiquito, J. L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.
- Jara-Chiquito, J. L., Pujade-Villar, J., Ferreira, B., Álvarez, R. 2020. Ground meristem and vascularization patern alterations induced by Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*, Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea sativa* (Fagaceae). *Arthropod-Plant Interactions*, 15 (2): 223–233. <https://doi.org/10.1007/s11829-021-09810-y>
- Kos, K., Kriston, E. & Melika, G., 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*, 112 (4): 698–704. DOI: 10.14411/eje.2015.091
- Lione, G., Danti, R., Fernandez-Conradi, P., Ferreira-Cardoso, J. V., Lefort, F., Marques, G., Meyer, J. B., Prospero, S., Radócz, L., Robin, C., Turchetti, T., Vettraino, A. M. & Gonthier, P. 2019. The emerging pathogen of chestnut *Gnomoniopsis castaneae*: the challenge posed by a versatile fungus. *European Journal of Plant Pathology*, 153: 671–685. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1597-2>
- Lombardero, M. J., Castedo-Dorado, F. & Ayres, M.P., 2021. Extreme climatic events affect populations of Asian chestnut gall wasps, *Dryocosmus kuriphilus*, but do not stop the spread. *Agricultural and Forest Entomology*, 23: 473-488. DOI: 10.1111/afe.12448
- Maltoni, A., Mariotti, B. & Tani, A. 2012. Case study of a new method for the classification and analysis of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu damage to Young chestnut sprouts. *Biogeosciences and Forestry*, 5 (2): 50-59. <https://doi.org/10.3832/for0598-008>
- MAPA, 2020. Directrices para el control biológico de la avispiella del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) mediante el uso del parasitoid *Torymus sinensis*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal. 14 pp. Disponible a: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/directricesparaelcontrolbiologicodeaavispielladelcastano_v2_mayo_tcm30-540138.pdf>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Matošević, D., Quacchia, A., Kriston, E. & Melika, G. 2014. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus*

- (Hymenoptera: Cynipidae) – an overview and the first trials in Croatia. *South-East European Forestry*, 5 (1): 3-12. <https://doi.org/10.15177/seefor.14-05>
- Matošević, D., Lacković, N., Melika, G., Kos, K., Franič, I., Kriston, E., Bozso, M., Seljak, G. & Rot, M. 2015. Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum Biologorum*, 117: 471-477. DOI: 10.18054/pb.2015.117.4.3445
- Matošević, D., Mujezinović, O. & Dautabašić, M. 2017. First record of biocontrol agent *Torymus sinensis* (Hymenoptera, Torymidae) in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 8 (2): 147-149. DOI: 10.15177/seefor.17-14
- Moriya, S., Inoue, K., Ōtake, A., Shiga, M. & Mabuchi, M. 1989. Decline of the chestnut gall wasp population, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) after the establishment of *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology*, 24: 231-233. <https://doi.org/10.1303/aez.24.231>
- Moriya, S., Shiga, M. & Adachi, I. 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan: Proceedings of the 1st International symposium on biological control of arthropods (ed. by RG van Driesche) USDA Forest Service, Washington, USA, pp. 407-415.
- Nieves-Aldrey, J.-L., Gil-Tapetado, D., Gavira, O. N., Boyero, J. R., Polidori, C., Lombardero, M. J., Blanco, D., Rey del Castillo, C., Rodríguez-Rojo, M. P., Vela, J. M. & Wong, M. E. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*, 28(1): e001. <https://doi.org/10.5424/fs/2019281-14361>
- Panzavolta, T., Croci, F., Bracalini, M., Melika, G., Benedettelli, D., Florenzano, G.T. & Tiberi, R. 2018. Population dynamics of native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Italy. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2018(2):1-13. <https://doi.org/10.1155/2018/8078049>
- Panzavolta, T., Bracalini, M., Croci, F., Campani, C., Bartoletti, T., Miniati, G. & Tiberi, R. 2012. Asian chestnut gall wasp in Tuscany: gall characteristics, egg Distribution and chestnut cultivar susceptibility. *Agricultural and Forest Entomology*, 14: 139-145. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00551.x
- Pérez-Otero, R. & Mansilla, J. P., 2014. El cinípido del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 llega a Galicia (NO de la Península Ibérica). *Arquivos Entomolóxicos*, 12: 33-36.
- Pogolotti, C., Cuesta-Porta, V., Pujade-Villar, J. & Ferracini, C. 2018. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agricultural and Forest Entomology*, 21 (2): 159-167. DOI: 10.1111/afe.12316.
- Pujade-Villar J., Torrell, A. & Rojo, M. 2013. Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípido d'origen asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- Pujade-Villar, J., Bellido, D., Segú, G. & Melika, G. 2001. Current state of knowledge of heterogony in Cynipidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Sessions Entomològiques ICHN-SCL*, 11 (1999): 87-107.
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R. & Schönrogge, K. 2014a. *Torymus sinensis*: biology, host range and hybridization. *Acta Hort.* 1043: 105-111. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1043.13>
- Quacchia, A., Moriya, S. & Bosio, G. 2014b. Effectiveness of *Torymus sinensis* in the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. *Acta Horticulturae*, 1043 (1043): 199-204. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1043.26
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I. & Alma, A. 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, 53: 829-839. DOI: 10.1007/s10526-007-9139-4
- Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J. A., Piazza, E., Saladini, M. A., Tota, F., Melika, G. & Alma, A. 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, 6:114-123. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00192.x>
- Rieske, L. K. 2007. Success of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus*, on chestnut in the USA: a historical account. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 37: 172-174.
- Ros-Farré, P. & Pujade-Villar, J. 1998. Estudio mediante una trampa Malaise de la comunidad de cinípidos cecidógenos e inquilinos de Santa Coloma, Andorra (Hymenoptera, Cynipidae). *Ecología*, 12: 441-454.
- Santos, A., Pereira, J. A., Santos, S. A. P., Quacchia, A., & Bento, A. 2017. Biological control based on native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in invaded countries. *Natural Enemies*, 1-23.
- Sartor, C., Dini, F., Marinoni, D. T., Mellano, M. G., Beccaro, G. L., Alma, A. & Botta, R. 2015. Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on cultivated chestnut: Yield loss and cultivar susceptibility. *Scientia Horticulturae*, 197: 454-460. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.10.004
- Seddaiu, S., Cerboneschi, A., Sechi, C. & Mello, A. 2016. *Gnomoniopsis castaneae* associated with *Dryocosmus kuriphilus* galls in chestnut stands in Sardinia (Italy). *iForest*, 10: 440-445. DOI: 10.3832/ifor2064-009
- Serrada, R., Montero, G. & Reque, J. A. 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. INIA. Madrid. España, 1179 p.
- Warmund, M. R. 2013. *Dryocosmus kuriphilus*-induced Chestnut Galls and Their Inhabitants. *Hortscience*, 42(8): 969-974. DOI: 10.21273/HORTSCI.48.8.969
- Warmund, M. R. 2014. Disinfestation of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in *Castanea* Scion wood: proceedings of the V international chestnut symposium; 2012 Sep 04-08; Shepherdstown, WV Leuven, Belgium. *Acta Horticulturae*, 1019: 243-247.
- Yara, K. 2014. Interaction between *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and *T. beneficus*, introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 48 (1): 35-40. DOI: 10.6090/jarq.48.35
- Yara, K., Matsuo, K., Sasawaki, T., Shimoda, T., & Moriya, S. 2012. Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 47 (1): 55-60. <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0088-0>
- Yara, K., Yano, E., Sasawaki, T. & Shiga, M. 2000. Detection of híbridos introduced *Torymus sinensis* and native *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) in central Japan, using malic enzyme. *Applied Entomology and Zoology*, 35 (2): 201-206.
- Zhu, D.-H., Liu, Z., Lu, P.-F., Yang, X.-Y., Su, C.-Y. & Liu, P. 2015. New Gall Wasp Species Attacking Chestnut Trees: *Dryocosmus zhuii* n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea henryi* from Southeastern China. *Journal of Insect Science*, 15 (1): 156. DOI: 10.1093/jisesa/iev118