

島根県三瓶山におけるトウコマツナギの訪花昆虫群集

高木彬文・宮永龍一*

Flower-Visiting Insect Fauna of a Leguminous Shrub, *Indigofera bungeana* WALP.
(Fabaceae) at Mt. Sanbe in Shimane Prefecture, Japan

By Akifumi TAKAGI and Ryoichi MIYANAGA

Abstract *Indigofera bungeana*, a leguminous shrub native to China and Temperate East Asia is used for revegetation of road-cut slopes, by the appreciation of seeding in Japan. The use of exotic species is to be commercially beneficial, but concerns have been raised about the environmental risk of the naturalization of them. In this study, the survey of insects on the flowers of *I. bungeana*, growing on a road-cut slope was conducted at Mt. Sanbe in Shimane Prefecture. A total of 488 individuals of insects belonging to 31 species in 11 families were collected. The dominant flower-visiting species in terms of abundance were *Halictus aerarius*, *Tetraloniaella mitsukurii*, *Megachile spissula*, *Sphaerophoria* spp, and *Ceratina flavipes*. Among them, *H. aerarius* is likely to be the most effective pollinator for *I. bungeana* at the studied site.

Key words: revegetation, exotic plants, pollinators, wild bees

はじめに

コマツナギ *Indigofera pseudotinctoria* はマメ科の草本状低木で、本州、四国、九州に広く分布する。日当たりの良い河原や路傍、草地などに群生し、7月から9月にかけて紫紅色の小さい蝶形花を密につける。近年、日本では外国産コマツナギ *Indigofera bungeana* が道路法面の緑化植物として利用され、その一部が野生化している。外国産コマツナギは日本産のそれと比較して、初期成長が早く大型で、樹高は日本産が1m弱であるのに対し、2~3mに達する(番匠ら, 2002, 吉田・森本, 2005)。法面での使用が始まった当初は、在来のコマツナギが用いられていたが、種子需要が増加した1990年代より、主として中国産のコマツナギ(トウコマツナギ。以下、「外国産コマツナギ」を「トウコマツナギ」と称することとする)が広く流通するようになった(吉田・森本, 2005)。トウコマツナギの密な群落が形成されると他の植物の生育が困難となることから(番匠ら, 2002)、生育場所をめぐって競合関係が生じる在来種を駆逐する可能性がある。また、初夏から晩夏まで長期間にわたって多量に花を咲かせることで多くの送粉昆虫を誘引し、送粉昆虫をめぐって競合関係が生じる在来種の繁殖にも深刻な影響を及ぼす可能性がある。

トウコマツナギは、島根県でも各地で法面緑化に利用されている。なかでも三瓶山では、大山隠岐国立公園内につくられた道路の法面にトウコマツナギが利用され、その一部が道路に沿って周辺環境に広がりつつある。本研究ではトウコマツナギの開花特性を明らかにするとともに、三瓶山

島根大学生物資源科学部

* 投稿責任者



図1. 道路法面に形成されたトウコマツナギの群落(左)と花序(右).

のトウコマツナギが施用された法面において訪花昆虫のサンプリング調査を行い、その訪花昆虫相を明らかにした。また、これらを通してその繁殖に寄与している有力送粉昆虫について検討を行った。

材料および方法

1. 調査地の概要

トウコマツナギにおける訪花昆虫類の調査は、2014年に島根県大田市の島根県立三瓶自然館(北の原)と上多根集落を結ぶ片側1車線の市道法面に形成されたコマツナギ群落で実施した。この市道は三瓶自然館の開館(1991年10月)に合わせて開通したもので、法面の植栽もこのときに行われたものと考えられる。調査対象とした法面の規模は、全長約300m、高さ15m程で、木本植物はほぼトウコマツナギで占められていた(図1)。

2. トウコマツナギの開花時刻と花の寿命

トウコマツナギの小花は旗弁、翼弁、舟弁からなる蝶形花で、柱頭および葯は舟弁に包まれた状態で開花する。トウコマツナギの開花時刻を明らかにするため、任意に選んだ開花前の20花序を対象に、小花の開花数を8:00から17:00にかけて1時間ごとにカウントした。調査中に開花した小花については、個別にマークを施して落下までの経過時間(花の寿命)を明らかにした。比較のため、一部の花序に袋掛けを施して訪花昆虫を遮断し、小花の寿命を明らかにした。

3. 訪花昆虫相と優占種

トウコマツナギの開花期間中に調査地で計7回、訪花昆虫を対象としたサンプリング調査を行った。サンプリングは晴れた日の日中(8:00~16:00)に1人あるいは2人で行った。採集した訪花昆虫は乾燥標本とし、全ての調査が終了した後、同定を行った。同定の一部は村尾竜起博士(地域環境計

画株式会社)に依頼した。

コマツナギの訪花昆虫群集の特徴を明らかにするため、訪花昆虫各種の95%信頼度における母集団出現率を以下の佐久間(1964)の近似式により推定した。

$$\text{母集団出現率} = (n/N \pm 2\sqrt{n(N-n)/N^3}) \times 100$$

ここでNは得られた総個体数、nは当該種の個体数である。算出した母集団出現率の下限値が平均出現率(1/S×100;ただしSは総種数)を超える種を優占種とした。

4. トウコマツナギと送粉者の形態形質の適合性

他のマメ科植物と同様、トウコマツナギでは訪花昆虫が吸蜜のため翼弁および舟弁に着花し、花弁基部の蜜腺に口吻を伸ばした際に両花弁を押し下げ、舟弁から葯および柱頭が露出する。送粉が成立するには、これらが訪花昆虫の体に接触する必要がある。送粉に寄与する最適な訪花昆虫を推定するため、とくに重要と思われる「花柱・花糸長」(雌蕊基部から柱頭までの距離および雄蕊基部から葯までの距離。トウコマツナギでは葯と柱頭がほぼ同じ位置にあるため、これらの長さと同じものとして取り扱った)を計測した。また、訪花昆虫の中から優占上位4種を対象に、吸蜜の際、葯および柱頭が接触することが予想される以下の部位のサイズを計測し、上記した「花柱・花糸長」と比較した。

- ① 口吻長(中舌と下唇前基節の長さ)
- ② 頭長(頭頂から大顎基部までの長さ)
- ③ 胸長(前胸先端から後胸後端までの長さ)

5. 主要送粉者の花粉粒の付着数

訪花昆虫の中から優占種について、花粉採集毛以外の部位(主として頭部および胸部)に付着した花粉粒を計数した。体表面の花粉粒を柄付き針や面相筆を用いてスライドグラス上に取り出し、グリセリンゼリーで包埋してプレパラートを作製したのち、そこに含まれる花粉粒を顕微鏡下で計数した。計数に際しては、外部形態からトウコマツナギの花粉粒を他の花粉粒から選別し、トウコマツナギの花粉粒のみを計数の対象とした。

結 果

1. トウコマツナギの開花時間帯と花の寿命

コマツナギ属では蝶形花が集合して総状花序を形成する。トウコマツナギの花序あたりの小花数は平均(±SD)70.8(±13.5)個(N=30)であった。小花の開花は花序の基部から先端に向けて進行した。開花から落花までのプロセスは、1)旗弁の起立、2)訪花に伴う舟弁と翼弁の降下、3)舟弁および翼弁の脱落、4)旗弁の降下、5)旗弁の脱落の各段階を経た。本研究では旗弁が起立し、昆虫類の訪花可能となった段階、すなわち1)を開花とみなした。また、舟弁と翼弁が脱落すると訪花を受けなくなることから、3)を開花終了とみなした。なお、上記のプロセスは訪花を受けた場合のもので、訪花が無かった場合は、1)を経過したのち、小花全体が色褪せ、萎れて落下した。

小花の開花は、基本的には日中にスタートし、時間別開花数の平均値のピークは正午から13:00にあった(図2)。自然状態では、開花後ほとんどの花は速やかに訪花を受けて舟弁・翼弁の降下と脱落が生じるため、花の寿命は早ければ1時間、遅くとも1日であった。一方、袋掛けなどにより訪花が行われない場合は2~3日開花が継続した後、上記したように小花がそのまま落下した。

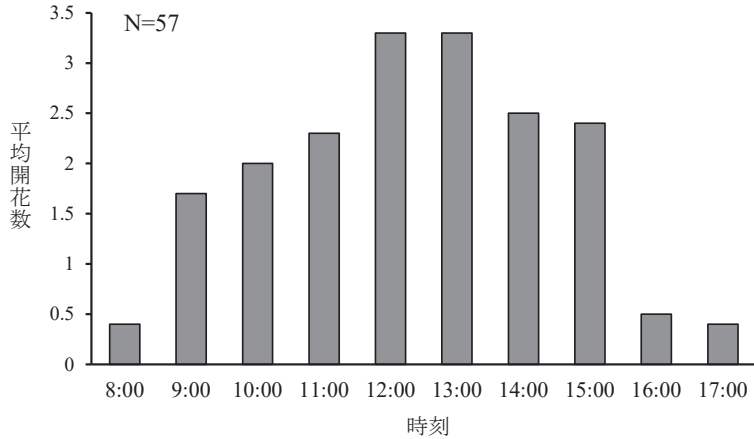


図2. トウコマツナギの小花の開花時刻と開花数の推移。

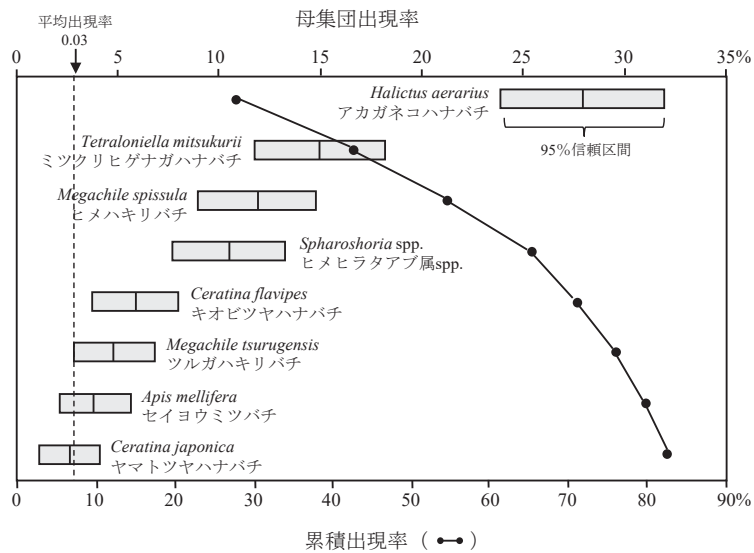


図3. トウコマツナギで採集された訪花昆虫上位8種の母集団出現率と累積出現率。

2. 訪花昆虫相と優占種

トウコマツナギで採集した訪花昆虫は2目11科31種488個であった(表1)。これらのうち優占種、すなわち母集団出現率の下限値が平均出現率を超えた種は、アカガネコハナバチ *Halictus aerarius*、ミツクリヒゲナガハナバチ *Tetraloniella mitsukurii*、ヒメハキリバチ *Megachile spissula*、ヒメヒラタアブ属 spp. *Sphaerophoria* spp., キオビツヤハナバチ *Ceratina flavipes* であった(図3)。このうちヒメヒラタアブ属 spp. については、訪花の際に舟弁を押し下げることがなく、体表面への花粉の付着も見られなかったことから、送粉には寄与しないものとして、以下の解析からは除外した。

3. トウコマツナギと主要送粉者の形態形質の適合性

表2および図4にはトウコマツナギの花柱・花糸長と優占上位4種のハナバチ類の1) 口吻長, 2) 口

表1. 島根県三瓶山のトウコマツナギで採集した訪花昆虫類の種別個体数.

目	科	種	採集個体数	
Hymenoptera ハチ目	Halictidae コハナバチ科	<i>Halictus (Seladonia) aerarius</i> SMITH アカガネコハナバチ	138	
		<i>Lasioglossum (Evyllaes) affine</i> (SMITH) ズマルコハナバチ	1	
		<i>Lasioglossum (Evyllaes) pallilomum</i> (STRAND) オハケチビコハナバチ	4	
		<i>Lasioglossum (Leuchalictus) mutilum</i> (VACHAL) サビイロカタコハナバチ	1	
		<i>Lasioglossum (Leuchalictus) occidens</i> (SMITH) シロスジカタコハナバチ	1	

		Megachilidae ハキリバチ科	<i>Megachile (Chelostomoda) spissula</i> COCKERELL ヒメハキリバチ	59
			<i>Megachile (Eutricharaea) kyotensis</i> ALFKEN キョウトキヌゲハキリバチ	2
			<i>Megachile (Xanthosarus) willughbiella munakatai</i> HIRASHIMA et MAETA ムナカタハキリバチ	3
			<i>Megachile humilis</i> SMITH スミスハキリバチ	7
<i>Megachile remota sakagami</i> HIRASHIMA et MAETA サカガミハキリバチ	7			
<i>Megachile tsurugensis</i> COCHERELL ツルガハキリバチ	24			

Apidae ミツバチ科	<i>Xylocopa (Alloxylocopa) appendiculata circumvolans</i> SMITH キムネクマバチ		4	
	<i>Ceratina (Ceratinidia) flavipes</i> SMITH キオビツヤハナバチ	29		
	<i>Ceratina (Ceratinidia) japonica</i> COCKERELL ヤマトツヤハナバチ	13		
	<i>Tetraloniella (Tetraloniella) mitsukurii</i> COCKERELL ミツクリヒゲナガハナバチ	74		
	<i>Bombus (Bombus) ignitus</i> SMITH クロマルハナバチ	1		
	<i>Apis (Apis) cerana japonica</i> RADZSKOWSKI ニホンミツバチ	3		
	<i>Apis (Apis) mellifera</i> LINNAEUS セイヨウミツバチ	19		

	Scoliidae ツチバチ科	<i>Megacampsomeris grossa matsumuraii</i> (BETREM) オオハラハガツチバチ	3	
		<i>Megacampsomeris prismatica</i> SMITH キンケハラナガツチバチ	4	
Eumenidae ドロバチ科	<i>Eumenes micado</i> CAMERON ミカドツクリバチ	1		
	<i>Stenodynerus chinensis</i> (de SAUSSEURE) カタグロチビドロバチ	1		

Diptera ハエ目	Syrphidae ハナアブ科	<i>Betasyrphus</i> spp. クロヒラタアブ属 spp.	3	
		<i>Episyrphus baletaeus</i> (de GEER) ホノヒラタアブ	1	
		<i>Dasyrphus</i> spp. フタスジヒラタアブ属 spp.	8	
		<i>Paragus (Paragus) fasciatus</i> COQUILETT シママメヒラタアブ	10	
		<i>Sphaerophoria</i> spp. ヒメヒラタアブ属 spp.	52	
		<i>Syrphus</i> spp. ヒラタアブ属 spp.	3	
		<i>Xylotini</i> spp. ハラナガハナアブ族 spp.	2	

		Tabanidae アブ科	<i>Tabanus sapporensis</i> SHIRAI アカアブ	1
		Sarcophagidae ニクバエ科	<i>Sarcophagidae</i> spp. ニクバエ科 spp.	9

合計 (個体数)			488	
合計 (種数)			31	

*種同定が困難な種は上位分類群でまとめた.

表2. トウコマツナギの花柱・花糸長と優占4種の体サイズ*

種名	口吻長 または花柱・花糸長**	口吻長 +頭長	口吻長 +頭長 +胸長	N
<i>Halictus aerarius</i> アカガネコハナバチ	0.76±0.01	3.13±0.10	5.32±0.12	20
<i>Tetraloniella mitsukurii</i> ミツクリヒゲナガハナバチ	4.75±0.02	7.99±0.02	11.48±0.02	20
<i>Megachile spissula</i> ヒメハキリバチ	2.79±0.02	6.13±0.13	9.27±0.13	20
<i>Ceratina flavipes</i> キオビツヤハナバチ	3.01±0.02	5.36±0.04	7.81±0.08	20
<i>Indigofera bungeana</i> トウコマツナギ	3.69±0.10	—	—	20

*平均 ±SD (mm)

**トウコマツナギについては花柱・花糸長を示した.

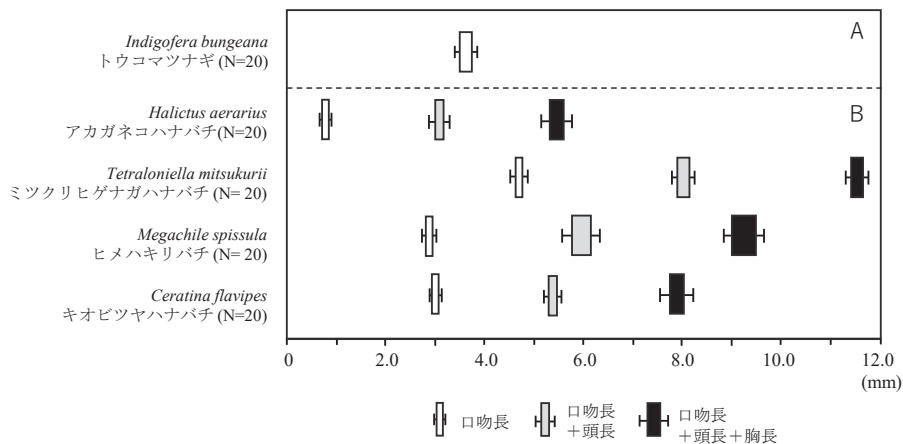


図4. トウコマツナギの花柱・花糸長 (A) とトウコマツナギで採集された優占4種のハナバチ類の口吻長, 口吻長+頭長および口吻長+頭長+胸長 (B). 箱ひげ図には第1四分位 (左端), 第3四分位 (右端) および最小値と最大値を示した.

口吻長+頭長, 3) 口吻長+頭長+胸長を示した. 4種のうちアカガネコハナバチを除く3種は, 口吻長が花柱・花糸長とほぼ同じか (キオビツヤハナバチとヒメハキリバチ), 長い (ミツクリヒゲナガハナバチ) のに対して, アカガネコハナバチは口吻長が花糸・花柱長よりもはるかに短く, 口吻長+頭長が花柱・花糸長とほぼ同じであった.

4. 主要送粉者の花粉粒の付着数

優占上位4種におけるトウコマツナギの花粉粒付着率 (花粉付着个体数 / 採集个体数) は, アカガネコハナバチが60.2% (104/157), ミツクリヒゲナガハナバチが, 36.0% (27/75), ヒメハキリバチが44.5% (73/163), キオビツヤハナバチが17.2% (5/29) であった. 体表面にトウコマツナギの花粉粒

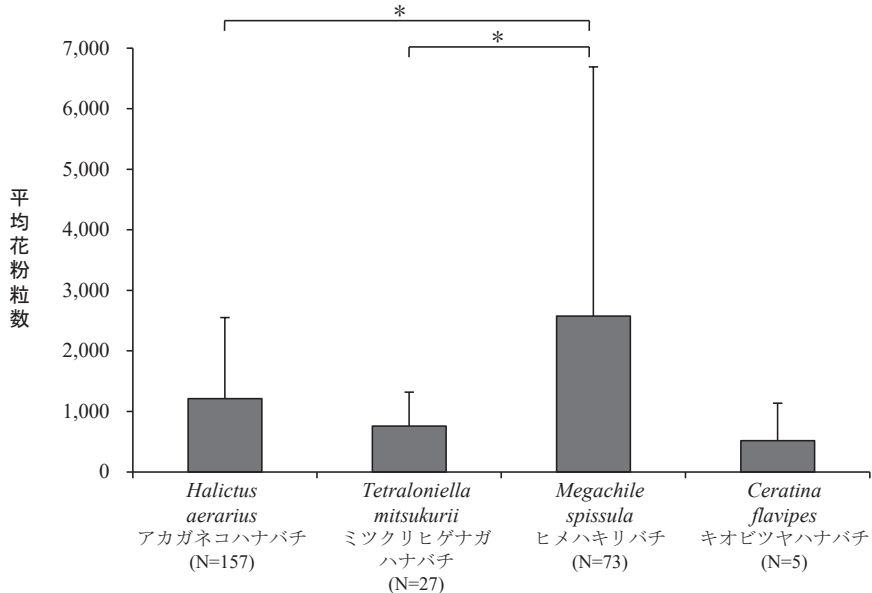


図5. トウコマツナギで採集した優占4種の体表面上の平均花粉粒数。バーは標準偏差を示す。* p<0.05 (Tukey-Kramer 法)

が付着していた個体を対象に求めた平均付着粒数を図5に示した。もっとも多く花粉粒が付着していたのはヒメハキリバチで、平均(±SD) 2577.5 (±4111.3) 粒 (N=73)、次いでアカガネコハナバチが1210.8 (±1340.0) 粒 (N=104)、ミツクリヒゲナガハナバチが759.0 (±560.2) 粒 (N=27)、キオビツヤハナバチが516.0 (±621.0) 粒 (N=5) であった。ヒメハキリバチとアカガネコハナバチ、ヒメハキリバチとミツクリヒゲナガハナバチの付着粒数の違いは、それぞれ統計的に有意であった (Tukey-Kramer 法。それぞれ p=0.0043, 0.0127)。

考 察

トウコマツナギについては、在来コマツナギと同種とする見解もあるが (大橋, 2016)、アロザイム解析により在来種とは明らかに遺伝的に異なるとの報告もある (吉田・森本, 2005)。いずれにおいても、人為的に持ち込まれたコマツナギの野生化に伴い、地域個体群との遺伝的攪乱のリスクが懸念される (阿部ら, 2004)。近年は生物多様性保全の観点から、緑化工事にあたっては地域性系統の植物を用いることが推進されている (今西, 2022)。

トウコマツナギの主要送粉者と考えられる優占上位4種の訪花昆虫のうち、体表面上の花粉粒数はヒメハキリバチで突出して多く、次のアカガネコハナバチのおよそ2倍であった。しかし、花粉の付着率はアカガネコハナバチがヒメハキリバチを上回った。一方、採集個体数はアカガネコハナバチが最も多く、次に多く採集されたミツクリヒゲナガハナバチのおよそ2倍であった。花柱・花糸長と体サイズの比較から推定される葯および柱頭の接触部位は、アカガネコハナバチが頭部から胸部腹面であるのに対し、ヒメハキリバチやミツクリヒゲナガハナバチは口吻付近であった。多くの花粉粒が付着している頭部と胸部が確実に柱頭に接触するアカガネコハナバチは、その採集個体数と相まって、トウコマツナギのもっとも重要な送粉者と考えられる。アカガネコハナバチは

日本全土に分布する真社会性コハナバチで、成虫の出現期間は4月から11月に及ぶ。これはトウコマツナギの開花期間をカバーしている。両種の生育環境が重複する地域では、トウコマツナギの野生化がより促進される可能性が考えられる。

外来植物・栽培植物については、送粉昆虫をめぐって在来植物と競合する例が報告されている(笠木ら, 2015; HOLZSCHUH *et al.*, 2014)。トウコマツナギの開花期間は初夏から晩夏まで、ほぼ半年に及ぶ。とくに西南日本の野外において、被子植物の開花量が著しく減少する7月下旬から8月下旬に大量の花を咲かせるため、本種はこの時期に活動期のあるハナバチ類にとっては貴重な餌資源となり得る。トウコマツナギのバイオマスが増大すると、三瓶山でも送粉者を失う在来植物が生じる可能性が考えられる。

三瓶山には北の原をはじめ、随所に放牧や人の管理によって草原状態が維持されている環境が点在する。このような環境はトウコマツナギの生育に好適なことから、一端、トウコマツナギが侵入すると、急速にその分布を拡大する可能性がある。トウコマツナギの分布状況をモニタリングするなど対策が望まれる。

謝 辞

ハナバチ類の同定を賜った村尾竜起博士(地域環境計画株式会社)に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 阿部智明・中野祐司・倉本 宣, 2004. 中国産コマツナギを自生のコマツナギとして扱ってよいか. 日本緑化工学会誌30 (1): 344–347.
- 番匠康夫・藤田 豊・横田聖哉・河島洋子, 2002. マメ科植物混播による木本吹き付け種子の生育過程. 日本緑化工学会誌28 (1): 165–168.
- HOLZSCHUH, A., C. F. DORMANN, T. TSCHARNTKE & I. STEFFAN-DEWENTER, 2011. Expansion of mass-flowering crops leads to transient pollinator dilution and reduced wild plant pollination. *Proceedings of the royal society B* 278: 3444–3451.
- 今西純一, 2022. 地域性系統の植物による緑化の必要性－外国産在来種の使用に伴う生態系への影響. 日本緑化工学会誌47 (3): 351–354.
- 笠木哲也・宇都宮大輔・W. PRIAWANDIPUTRA・中村浩二, 2015. 外来植物が在来植物とハナバチ類の関係に及ぼす影響. 日本海域研究46: 43–48.
- 大橋広好, 2016. マメ科, 改訂新版日本の野生植物 第2巻(大橋広好ほか編). 平凡社. pp. 240–306.
- 佐久間昭, 1964. 生物検定法: その計画と分析. 東京大学出版会. 309 pp.
- 吉田 寛・森本幸祐, 2005. 法面緑化における中国産コマツナギと常緑広葉樹の混播効果に対する研究. 日本緑化工学会誌31 (1): 269–277.

(2024年3月4日受領, 2024年3月15日受理)