

欧米における農薬のミツバチに対するリスク評価

—蜜源及び花粉源となる作物のリスト—

石原 悟**，市原直登*

*独)農林水産消費安全技術センター 農薬検査部

**農林水産省 消費・安全局

欧州及び米国においては、ミツバチが好むか好まないかという視点で作物毎のリストを作成し、リスク評価、リスク管理に反映させている。欧州及び米国で使用している”作物に対するミツバチの訪花嗜好性リスト”について、リストの構成、掲載作物、訪花嗜好性の評価結果などを調査した。欧州及び米国における訪花嗜好性の評価について比較したところ、31項目の作物で違いが認められた。同一作物に対する評価が欧米間で異なる要因として、ミツバチの訪花嗜好性が、花蜜・花粉の有無や質の良し悪しだけでなく、ミツバチの活動範囲における植物相が影響すると考えられた。このようなリストをミツバチに対するリスク評価、リスク管理に反映させるにあたっては、評価地域の植物相を考慮した訪花嗜好性について情報の整理が必要と考えられる。

Keywords : ハナバチ，ミツバチ，ポリネーター，リスク評価，訪花嗜好性

結 言

ミツバチが農薬に暴露する経路は接触と経口の2つが考えられる。このうち経口経路では農薬を使用した作物の花粉と花蜜が主要な暴露源とされている。そのため、農薬のミツバチに対する欧米及び我が国で導入予定のリスク評価（以下、リスク評価という）では、ミツバチが摂取する花粉・花蜜の量（摂餌量）と花粉・花蜜中に残留する農薬濃度から経口経路の暴露量を推定している¹⁻³⁾。

農薬を使用した作物が栽培中に開花するか否か、さらには、開花した花をミツバチが好むかの情報は、栽培ほ場にミツバチが訪れる確率と関連することから、リスク評価に重要な知見となっている。例えば、こまつなのように栽培中に開花しない作物では、ミツバチが栽培ほ場で農薬に暴露しないと判断し、評価対象とはしていない。

農薬の種類と適用作物の組合せは極めて多様である。作物の種類や栽培方法、農薬の使用方法について情報を整理することが、効率的なリスク評価の運用に求められている。

我が国に先立ち、リスク評価を導入している欧米では、作物に対するミツバチの訪花嗜好性をリスト化（以下、作物の嗜好性リストという）し、リスク評価、リスク管理に活用している。

本稿では、欧米の経口経路のリスク評価に用いているミツバチの摂餌量と作物の嗜好性リストにつ

いて報告する。

1. 欧米の経口経路のリスク評価における花粉・花蜜の摂餌量

1.1. 欧州

欧州食品安全機関（EFSA：European Food Safety Authority）における経口経路のリスク評価¹⁾では、暴露量の推定にショートカット値（SV：Shortcut Values）を用い、暴露量の算出を簡易化している。SVは、花蜜の糖度、花粉・花蜜の摂餌量、花粉・花蜜への農薬残留量をパラメータとしてシナリオ毎に定めている。

このうち花粉・花蜜の摂餌量のパラメータは、ミツバチ（働き蜂）の成虫と幼虫について花蜜と花粉別にそれぞれ定めている。成虫はさらに外勤の採餌蜂（Forager Bee）と内勤の育児蜂（Nurse Bee）について日ごとの摂餌量が示されている。また、幼虫は日ごとではなく5日間合計の摂餌量を用いている。EFSAのリスク評価で使用している摂餌量を表1に示す。

表 1. EFSA のリスク評価で使用しているミツバチの摂餌量

世代/カースト		花蜜	花粉
成虫 (mg/bee/day)	採餌蜂	32-128	0
	育児蜂	34-50	6.5-12
幼虫 (mg/bee/5days)		59.4	1.5-2

1.2.米国

米国ではより詳細に摂餌量を定めリスク評価に用いている²⁾。EFSAと異なり米国では、成虫、幼虫ともに女王蜂、雄蜂、及び働き蜂という社会的階級（カースト）別に摂餌量を定めている。さらに、働き蜂は、仕事別（掃除蜂、育児蜂、造巢蜂など）、幼虫は日齢別に整理している。また、花粉・花蜜に加えローヤルゼリーの摂餌量についても示している。米国のリスク評価で使用している摂餌量を次頁に示す（表2）。

米国における経口経路のリスク評価は、初期評価（Tier1 評価）が、スクリーニングと精緻化の2段階に分かれている。スクリーニング段階の評価は、働き蜂のワースト値（成虫：292、幼虫：124 mg/bee/day）を用い、精緻化段階ではすべてのカーストについて暴露量を推定し、各種毒性指標値と比較することでミツバチ個体へのリスクを評価している。

2. 欧米のリスク評価における作物の嗜好性リスト

2.1.欧州

EFSAのリスク評価ガイダンス³⁾では、付録D（Appendix D）に、作物の嗜好性リストが示されている。リストには101項目の作物が掲載されており、花粉と花蜜別にミツバチが訪れる可能性（訪花嗜好性）について、あり（+）、なし（N/R）及び該当せず（Not applicable）に分類している。また、訪れる可能性あり（+）と分類した作物のうち、ハチにとって魅力がないとの知見があるものや、さらなる知見収集が必要な項目等について補足説明が付され整理されている。EFSAのリストの掲載例を表3-1に示す。

2.2.米国

米国では、米国農務省（USDA：United States Department of Agriculture）が作物の嗜好性リストを提供している^{4,5)}。当該資料は2015年版と2017年版が認められるが、その違いの多くは花粉交配での利用に関する情報の更新など軽微な修正であり、項目数に差はなかった。訪花嗜好性の評価結果についてはソルガムの花蜜があり（+）からな

し（-）への訂正が認められた。また、オレンジの飼養ポリネーターの利用が、あり（Yes）からなし（No）に変更されていた。

作物の嗜好性リストは2項目に分かれており、1つめはTable 1として前述のEFSAのリストと同じ項目（101項目）について掲載し、続いて追加の作物（229項目：連邦行政規則集第40条（40 CFR）に掲載の作物）をTable2として掲載している。

訪花嗜好性の評価は、EFSAと同様に、あり（+）、なし（-）で分類している。EFSAのリストとの違いとして、より魅力があると評価される作物（++）を区別していることが挙げられる。また、米国のリストでは訪花嗜好性の評価に加え、花粉交配へのポリネーターの活用の有無、米国における当該作物の栽培面積、収穫のタイミング、参考文献などといった評価担当者（Risk Assessors）が使用する際に有用な情報が整理されている。米国のリストの掲載例を表3-2に示す。

2.3.欧州と米国間の評価の違い

EFSA及び米国（2017年版）のリストにおける、訪花嗜好性の評価結果を比較したところ、101項目のうち31項目の作物で違いが認められた（表4）。

相違点の多くは、米国で“なし”、EFSAで“あり”との評価であったが、レタス、キウイフルーツ及びなつめやしの花蜜については、米国で“あり”、EFSAで“なし”と評価していた。

日本の主要作物である稲についても、EFSAと米国で判断が異なっており、米国で“なし”、EFSAで“あり”と評価されていた（表3,4）。ただし、EFSAの評価には補足説明が付されており、稲については、訪花の可能性はあるものの魅力は低いことが示されていた（表3）。

表 2. 米国のリスク評価で使用しているミツバチの摂餌量

世代	カースト		日齢	摂餌量(mg/bee/day)			
				ローヤルゼリー	花蜜	花粉	計
成虫	働き蜂	掃除蜂	0-10	0	60	1.3-12	61-72
		育児蜂	6-17	0	113-167	1.3-12	114-179
		造巢蜂	11-18	0	60	1.7	62
		採餌蜂(花粉)	>18	0	35-52	0.041	35-52
		採餌蜂(花蜜)	>18	0	292	0.041	292
		越冬蜂	0-90	0	29	2	31
	雄蜂	>10	0	133-337	0.0002	133-337	
女王蜂 (産卵数:1,500/日)	全期間	525	0	0	525		
幼虫	働き蜂	1	1.9	0	0	1.9	
		2	9.4	0	0	9.4	
		3	19	0	0	19	
		4	0	60	1.8	62	
		5	0	120	3.6	124	
	雄蜂	6+	0	130	3.6	134	
	女王蜂	1	1.9	0	0	1.9	
		2	9.4	0	0	9.4	
		3	23	0	0	23	
		4+	141	0	0	141	

表 3. 欧米の作物の嗜好性リストの比較 (3-1:EFSA, 3-2:米国)

3-1 EFSA における作物の嗜好性リスト (トマト, グレープフルーツ, ぶどう及び稲)

Crops	Definition	Honey bees		Bumble bees	Solitary bees	Extrafloral nectaries
		Pollen	Nectar			
Tomatoes	<i>Lycopersicon esculentum</i>	+(1)	N/R	+(3)	+(3)	
Grapefruit (inc. pome-los)	<i>Citrus maxima</i> ; <i>C. grandis</i> ; <i>C. paradisi</i>	+	+	+	+	
Grapes	<i>Vitis vinifera</i> . Includes both table and wine grapes	+	+(1)	+(2)	+	
Rice, paddy	<i>Oryza</i> spp., mainly <i>Oryza sativa</i> . Rice grain after threshing and winnowing. Also known as rice in the husk and rough rice. Used mainly for human food	+(1)	N/R	+(3)	+(3)	

(1) Generally this crop is considered low attractive to bees for pollen/nectar but their collection cannot be excluded at all due to controversial information found in literature. Data to exclude the pollen/nectar collection by bees need to be provided

(2) No information available. Data to exclude the pollen/nectar collection by bees need to be provided

(3) This crop is not visited by bees for nectar but attractiveness for pollen cannot be excluded. Data to exclude pollen collection need to be provided

3-2 米国における作物の嗜好性リスト (トマト, グレープフルーツ, ぶどう及び稲)

Crop	Description	HB Poll.	HB Nec.	Bumble Bees	Solitary Bees	Requires Bee Pollination	Uses Managed Pollinators	Ref No.	U.S. Bearing Acreage	Seed Production	Harvest Prior to Bloom	Notes
Tomatoes	<i>Lycopersicon esculentum</i>	-	-	+	+	Yes	Yes	1	93,600 Fresh; 277,000 Processing			May be grown in glasshouses where bumble bees are needed for pollination
Grapefruit (inc. pome-los)	<i>Citrus maxima</i> ; <i>C. grandis</i> ; <i>C. paradisi</i>	++	++	+	N/AV	No	No	3,9	73,300 (no pome-los)		No	
Grapes	<i>Vitis vinifera</i>	+	-	-	-	No	No	5	35,328,000		Yes	Wind pollinated, source of pollen only when no other forage sources are available
Rice, paddy	<i>Oryza</i> spp., mainly <i>Oryza sativa</i> .	-	-	-	-	No	No	3	2,468,000			Wind pollinated

1 Delaplane and Mayer 2000. Crop pollination by bees.

3 McGregor 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. USDA ARS.

5 Free, J. B. 1993. Insect Pollination of Crops. Academic Press, London

9 Sanford, M.T. Pollination of citrus by honey bees. <http://edis.ifas.ufl.edu/aa092>

表 4. 欧米間でミツバチの訪花の可能性に関する判断が異なる作物

科	英名	和名	訪花の可能性 あり(+), なし(-) 米国/EFSA	
			花粉	花蜜
アオイ科	Cotton	わた	-/+	+/+
アカネ科	Coffee, green	コーヒーノキ	+/+	-/+
アサ科	Hemp	麻	+/+	-/+
アマ科	Linseed	あま	-/+	-/+
イネ科	Barley	大麦	-/+	-/-
	Oat	えんぱく	-/+	-/-
	Rice, paddy	稲	-/+	-/-
	Rye	ライ麦	-/+	-/-
	Rye grass for forage and silage	イタリアンライグラス	-/+	-/-
	Sugar cane	さとうきび	-/+	-/-
	Triticale	ライ小麦	-/+	-/-
Wheat	小麦	-/+	-/-	
ウルシ科	Pistachios	ピスタチオ	-/+	-/-
キク科	Lettuce	レタス	+/+	+/-
クルミ科	Walnuts with shell	くるみ	+/+	-/+
スグリ科	Currants	くろすぐり	-/+	+/+
	Gooseberry	西洋すぐり	-/+	+/+
トウダイグサ科	Castor oil seed	とうごま	+/+	-/+
ナス科	Chillies and peppers	ピーマン及びとうがらし	+/+	-/+
	Eggplants	なす	-/+	-/-
	Potatoes	ばれいしょ	-/+	-/-
	Tomatoes	トマト	-/+	-/-
マタタビ科	Kiwi fruit	キウイフルーツ	+/+	+/-
マメ科	Cow peas	ささげ	-/+	+/+
	Lupins	ルピナス	+/+	-/+
バショウ科	Bananas	バナナ	-/+	+/+
ヒユ科	Spinach	ほうれんそう	-/+	-/+
	Sugar beet	てんさい	-/+	+/+
ブドウ科	Grapes	ぶどう	+/+	-/+
ヤシ科	Dates	ナツメヤシ	+/+	+/-
—	Grasses for forage; Sil	飼料用の草	+/+	-/+

■:米国で“なし”, EFSA で“あり”と評価

■:米国で“あり”, EFSA で“なし”と評価

おわりに

欧州及び米国における作物の嗜好性リストを比較した結果、同じ作物であってもミツバチの訪花嗜好性の評価結果に違いが認められた。その要因として、ミツバチの食性が広食性で、どんなタイプの花でも利用できる⁶⁾という特性と関連することが考えられた。すなわち、ミツバチの訪花嗜好性は、花蜜・花粉の有無や質の良し悪しだけでなく、活動範囲における植物相と開花の季節性の影響を受けるため⁷⁾、環境の異なる欧米で評価が違ふと考えられた。このことは、日本でミツバチの訪花が認められないニレ、カバノキ、ハシバミなども英国では花粉源とされていることや⁶⁾、日本では訪花が認められる稲^{6),8)}について、欧米では訪花嗜好性がないまたは低いと評価されていることなどから伺える。

作物へのミツバチの訪花嗜好性は、リスク評価に用いることは可能であるが、評価地域によって状況が異なるため、欧米の知見をそのまま日本で利用することはできない。ミツバチの訪花嗜好性をリスク評価に反映させるためには、評価地域の植物相を考慮した作物に対するミツバチの訪花嗜好性の情報を整理した上で検討する必要があると考えられる。

引用文献

- 1)EFSA(2013): EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees).
- 2)U.S.EPA (2014): Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees.
- 3)農林水産省(2019): 平成 31 年 3 月 18 日 農業資材審議会農薬分科会 (第 19 回) 資料, 農薬の蜜蜂への影響評価法 (案).
- 4)USDA(2015): Attractiveness of Agricultural Crops to Pollinating Bees for the Collection of Nectar and/or Pollen.
- 5)USDA(2017): Attractiveness of Agricultural Crops to Pollinating Bees for the Collection of Nectar and/or Pollen.
- 6)佐々木正巳: 蜂からみた花の世界, 海游舎, 2010.
- 7)新木康夫, 藤村佳樹: 開花フェノロジーとセイヨウミツバチの季節別花粉源植物の確認, 第 36 回農薬環境科学研究会講演要旨集,p76, (2018).
- 8)中村純: 農薬誌 40(2), 191-198(2015).