

## 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による環境・生態系への影響：2010年までの研究事例

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-12-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 白井, 洋一 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00002992">https://doi.org/10.24514/00002992</a>

## 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による環境・生態系への影響： 2010年までの研究事例

### Effects of transgenic insecticidal crops on environments and ecosystems: literature until 2010

白井洋一\*

(平成24年1月23日受理)

1996年に北米で、土壌細菌の一種である *Bacillus thuringiensis* (Bt) 由来の殺虫性タンパク質を導入した害虫抵抗性遺伝子組換えトウモロコシの商業栽培が開始された。その後、南米、インド、オーストラリア、中国、南アフリカ、スペインなどで、BtトウモロコシとBtワタが広く栽培されている。1998年と1999年にBt作物による生態系、特に非標的生物への影響を懸念する論文が相次いで発表された。主な懸念は、トウモロコシ花粉飛散による蝶類への影響、食物連鎖を介した天敵生物への影響、難分解性Btタンパク質による土壌生態系への影響である。多くの追跡研究が行われ、2010年までに420本の論文が発表された。指摘された3つの懸念は、室内の特殊条件下では生じるが、野外ではほとんど起こり得ないことを多くの研究が証明した。すでに商業栽培が認可されているBt作物が、野外で有意な悪影響を与えるおそれはないだろう。しかし、導入遺伝子の形質が異なる新たな組換え作物については、商業栽培前に室内および野外で安全性評価が必要である。害虫抵抗性組換え作物のメリットを長期間維持するためには、管理された対策が必要である。抵抗性発達を抑制するため、緩衝区の設置や殺虫タンパク質を高濃度に発現する品種の採用が求められる。特に途上国では、発現濃度の劣る不良種子を排除する対策が必要である。

#### I はじめに

1996年に北米と南米で始まった遺伝子組換え作物（以下、組換え作物）の商業栽培はその後、両大陸や、中国、インド、南アフリカ、オーストラリア、スペインなどで栽培面積が増加し、2010年には世界で約1億4800万ha栽培されている。作物はダイズ、トウモロコシ、ワタ、セイヨウナタネが中心で、この4作物ではほぼ99%（面積比）を占めている。導入された形質は特定の除草剤を散布しても枯れない除草剤耐性と、土壌細菌の一種、*Bacillus thuringiensis* (Bt) 由来の殺虫性タンパク質である $\delta$ -エンドトキシン（以下、トキシン）を発現する害

虫抵抗性である（殺虫性機構の詳細は、大庭ら（2005）を参照）。2010年時点で、トウモロコシとワタで、害虫抵抗性Bt品種が約3200万ha、除草剤耐性ととのスタック（掛け合わせ）品種が約2600万ha栽培されている。ダイズ、イネ、ナスでも南米やアジアで害虫抵抗性品種の商業栽培が計画されており、除草剤耐性品種とともに害虫抵抗性品種の栽培面積は今後も増加すると予測されている（James, 2011）。

栽培面積の増加とともに、Bt品種による環境影響、特に殺虫対象外である非標的生物への影響や生態系全体への影響を懸念する動きも高まり、それを示唆する論文も発表された。特に北米でBtトウモロコシとBtワタの栽培

\*元（独）農業環境技術研究所 生物多様性研究領域

が急速に増え始めた1998～1999年に発表された3つの論文が代表的である。すなわち、(1) トウモロコシ花粉によるオオカバマダラ蝶への影響 (Losey *et al.*, 1999), (2) 食物連鎖を介した天敵生物 (クサカゲロウ) への影響 (Hilbeck *et al.*, 1998a), (3) 難分解性Btトキシンによる土壤生態系への影響 (Saxena *et al.*, 1999) である。これらの懸念に対して、論文発表直後から多くの追跡研究がおこなわれ、いずれも実際の野外栽培条件下では起こり得ない現象であると判定された。しかし、2000年代半ば以降も、非標的生物や生態系への影響を室内や野外で評価した論文が多数発表されている (表1)。これは、組換え作物に対する懸念が強いヨーロッパで、各国政府と欧州連合が、それぞれ公的資金を投じて環境影響研究を実施したことによる。また、組換え作物を開発した企業も、本来は企業報告書で留めていたデータを学会誌に投稿し、透明性と客観性を高めるようになったことも反映している。

筆者はこれまでに、害虫抵抗性組換え作物に関する海外の研究事例を集約してきた (白井, 2003; 2004; 2007)。白井 (2007) では2006年までに発表された研究論文をまとめたが、本報告ではそれ以降、2010年までに公表された論文を追加した。害虫抵抗性品種に限らず、組換え作物に対する懸念や反対には、科学的理由によるものだけでなく、政治、経済、思想、信条が絡む例が多い。特にヨーロッパでは2008年と2009年にフランスとドイツで、欧州連合 (EU) が栽培承認したBtトウモロコシ (MON810系統) の栽培が中止されたが、その根拠として、論文が科学的に歪められて利用された (Alvarez-Alfrageme *et al.*, 2011)。

組換え作物による悪影響を強調する場合、発表された

論文の内容を正確に判断しないだけでなく、過去に報告された「悪影響の可能性を示唆した」論文のみを引用し、その後の追跡・検証結果を評価しないことが多い。1998年と1999年の代表的な3論文のみを引用し、「Btトウモロコシによって蝶が死ぬ、クサカゲロウが死ぬ、土壤生物相に悪影響が出る」という論調である。これに反論するためには、問題の発端とその後の検証結果をきちんと把握しておく必要がある。本資料は、組換え作物の環境影響評価に関わる行政部局担当者 (環境省、農水省) や大学・研究所研究職員、および組換え作物に対する市民理解活動に関わる自治体や団体職員を主たる対象として作成した。1999～2010年当時の経緯の概要を把握し、今後の調査・研究や業務を進める際の参考資料として利用して頂きたい。

## II 環境・生態系への影響評価

### 影響評価の判定方法

表2、表3、表4に載せた論文は、Current Contents (Agriculture, Biology & Environmental Sciences) (Thomson Reuter社) を用いて検索し、さらにこれらの論文に引用された文献のうち、匿名校閲者によって審査された論文のみを採用した。行政や非営利団体などの報告書は採用しなかった。生物相への影響評価は白井 (2007) に準じ、□は「悪影響なし、または組換え作物と非組換え作物の間で有意差なし」、■は「なんらかの悪影響あり」、△は「有意差や悪影響は認められないが、さらに追試験が必要などの理由で結論は出せない」の3つに区分し、著者 (白井) が判定した。

表1 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による環境・生態系への影響に関する論文数

発表年	花粉 (表2)	天敵類 (表3)	土壤生物 (表4)	計
1992	0	3	0	3
1993	0	0	0	0
1994	0	2	0	2
1995	0	2	1	3
1996	0	1	3	4
1997	0	4	4	8
1998	0	5	0	5
1999	1	5	1	7
2000	2	7	2	11
2001	7	15	3	25
2002	5	12	6	23
2003	3	21	5	29
2004	4	17	9	30
2005	9	41	14	64
2006	7	36	11	54
2007	3	23	16	42
2008	2	23	19	44
2009	0	21	11	32
2010	0	25	9	34
計	43	263	114	420

表2 トウモロコシ花粉が非標的昆虫に及ぼす影響に関する研究事例

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	系統 (殺虫成分)	調査条件	調査対象種・備考
トウモロコシ (鱗翅目昆虫抵抗性)			
■ Losey <i>et al.</i> (1999)	Bt11 (Cry1Ab)	室内	オオカバマダラ 発端論文
■ Jesse and Obrycki (2000)	Bt11, 176 (Cry1Ab)	野外	オオカバマダラ 圃場3m 以内で影響
□ Wraight <i>et al.</i> (2000)	MON810 (Cry1Ab)	野外 / 室内	<i>Papilio polyxenes</i> (アゲハチョウ科)
□ Hellmich <i>et al.</i> (2001)	(Cry1Ab, 1Ac, 9C, 1F)	室内	オオカバマダラ Bt176のみ悪影響
□ Oberhauser <i>et al.</i> (2001)		野外	オオカバマダラ トウモロコシ花粉遭遇頻度
□ Pleasants <i>et al.</i> (2001)		野外	オオカバマダラ トウワタ葉上花粉堆積量
□ Sears <i>et al.</i> (2001)		野外	オオカバマダラ トウワタの分布
□ Stanley-Horn <i>et al.</i> (2001)	Bt176, MON810 (Cry1Ab)	野外	オオカバマダラ
□ Tschenn <i>et al.</i> (2001)	Bt176 (Cry1Ab)	室内 / 網室	オオカバマダラ
■ Zangerl <i>et al.</i> (2001)	Bt176, MON810 (Cry1Ab)	野外	オオカバマダラ, <i>P. polyxenes</i> (アゲハチョウ科)
■ Felke <i>et al.</i> (2002)	Bt176 (Cry1Ab)	室内	コナガ, モンシロチョウ, オオモンシロチョウ
□ Jesse and Obrycki (2002)	Bt176, Bt11 (Cry1Ab)	室内	<i>Euchatias egle</i> (ヒトリガ科)
■ Ohlfest <i>et al.</i> (2002)	Bt176 (Cry1Ab)	室内	紫外線照射, 27°Cで10日間分解せず
□ Hanley <i>et al.</i> (2003)	Bt11 (Cry1Ab), TC1507 (Cry1F)	室内	セイヨウミツバチ, ハチノスツヅリガ
□ Jesse and Obrycki (2003)	MON810 (Cry1Ab)	野外	オオカバマダラ
□ Koch <i>et al.</i> (2003)	(Cry1Ab)	野外	オオカバマダラ
□ Anderson <i>et al.</i> (2004)	Bt11, MON810 (Cry1Ab)	室内 / 野外	オオカバマダラ
□ Dively <i>et al.</i> (2004)	Bt11, MON810 (Cry1Ab)	室内 / 野外	オオカバマダラ
△ Lang <i>et al.</i> (2004)	Bt176 (Cry1Ab)	野外	野生ニンジンに寄主とする鱗翅目
□ Lundgren <i>et al.</i> (2004)	MON810 (Cry1Ab)	野外	花粉食・捕食性テントウムシ
□ Anderson <i>et al.</i> (2005)	MON810 (Cry1Ab)	温室 / 室内	オオカバマダラ
□ Babendreier <i>et al.</i> (2005)	MON810 (Cry1Ab)	室内	セイヨウミツバチ
□ Bailey <i>et al.</i> (2005)	Bt11 (Cry1Ab)	室内	セイヨウミツバチ
□ Li <i>et al.</i> (2005)	MON810 (Cry1Ab)	野外 / 室内	<i>Antheraea pernyi</i> (サクサン)
□ Mattila <i>et al.</i> (2005)	(Cry1Ab+Cry2Ab)	室内	オオカバマダラ
□ Mullin <i>et al.</i> (2005)	Bt11 (Cry1Ab)	室内	ゴミムシ類
□ Ramirez-Romero <i>et al.</i> (2005)	(Cry1Ab)	室内	セイヨウミツバチ
□ Shirai and Takahashi (2005)	Bt176 (Cry1Ab)	室内 / 野外	ヤマトシジミ 葉上花粉堆積量
□ Wolt <i>et al.</i> (2005)	TC1507 (Cry1F)	室内・文献調査	ヤマトシジミ
△ Gathmann <i>et al.</i> (2006a)	Bt176 (Cry1Ab)	野外	コヒオドシ (食草イラクサ)
□ Gathmann <i>et al.</i> (2006b)	MON810 (Cry1Ab)	野外	鱗翅目 (食草アカザ, シロガラシ)
■ Lang and Vojtech (2006)	Bt176 (Cry1Ab)	室内	キアゲハ (食草セリ科)
□ Ludy and Lang (2006a)	Bt176, MON810 (Cry1Ab)	野外 / 室内	造網性クモ類
△ Peterson <i>et al.</i> (2006)	(Cry1Ab, Cry1F)	野外分布域	<i>Lycaeides melissa samuelis</i> (シジミチョウ科)
□ Malone <i>et al.</i> (2007)	Bt11 (Cry1Ab)	室内	マルハナバチ
△ Prasifka <i>et al.</i> (2007)	MON810 (Cry1Ab)	室内	オオカバマダラ
□ Rose <i>et al.</i> (2007)	Bt11 (Cry1Ab)	室内 / 野外	ミツバチ
□ Lipinski <i>et al.</i> (2008)	(Cry1Ab × Cry3Bb)	室内	ミツバチ
△ Ramirez-Romero <i>et al.</i> (2008b)	MON810 (Cry1Ab)	室内	ミツバチ
トウモロコシ (鞘翅目昆虫抵抗性)			
□ Duan <i>et al.</i> (2002)	MON863 (Cry3Bb)	室内	花粉食テントウムシ ( <i>Coleomegilla maculata</i> )
□ Lundgren and Wiedermann (2002)	MON863 (Cry3Bb)	室内	花粉食テントウムシ ( <i>C. maculata</i> )
□ Mattila <i>et al.</i> (2005)	MON863 (Cry3Bb)	室内	オオカバマダラ
□ Mullin <i>et al.</i> (2005)	MON863 (Cry3Bb)	室内	捕食性・種子食性ゴミムシ
□ Ahmad <i>et al.</i> (2006b)	MON863 (Cry3Bb)	室内	捕食性テントウムシ, 種子食性ゴミムシ
□ Shirai (2006)	MON863 (Cry3Bb)	室内	ニジュウヤホシテントウ, イチゴハムシ

<sup>1)</sup> 影響評価結果：□ 悪影響なし・有意差なし、■ 悪影響あり、△ 追試必要などで判定できない

表3 害虫抵抗性遺伝子組換え作物が非標的節足動物に及ぼす影響に関する研究事例

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象天敵[天敵の寄主]または調査内容
トウモロコシ(鱗翅目昆虫抵抗性)			
□ Orr and Landis(1997)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, テントウムシ類, クサカゲロウ類
□ Pilcher <i>et al.</i> (1997)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 室内	テントウムシ科, クサカゲロウ科, ハナカメムシ科
■ Hilbeck <i>et al.</i> (1998a)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[メイガ科・ヤガ科幼虫] 発端論文
■ Hilbeck <i>et al.</i> (1998b)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[スジコナマダラメイガ卵, 液体人工飼料]
□ Lozzia <i>et al.</i> (1998)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[ムギクビレアブラムシ]
■ Hilberck <i>et al.</i> (1999)	Bt(Cry1Ab, Cry2A)	室内	ヤマトクサカゲロウ[ <i>Spodoptera littoralis</i> (ヤガ科)]
□ Lozzia(1999)	Bt(Cry1Ab)	野外	オサムシ類群集相, ハネカクシ科, クモ類
□ Dowd(2000)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ科
□ Lozzia <i>et al.</i> (2000)	Bt(Cry1Ab)	室内	[ナミハダニ]
□ Manachini(2000)	Bt(Cry1Ab)	野外	オサムシ類, 寄生蜂, ハナアブ類
□ Zwahlen <i>et al.</i> (2000)	Bt(Cry1Ab)	室内	ハナカメムシ科[アザミウマ科]
□ Al-Deeb <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ab)	室内	ハナカメムシ科
□ Head <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ab)	室内	飼料・植物を摂取した鱗翅目幼虫のトキシシン濃度
□ Lewis <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 室内	昆虫病原性糸状菌
△ Meier and Hilbeck(2001)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[ヤガ科幼虫, アブラムシ科]
△ Raps <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤガ科幼虫とアブラムシの体内・排泄物トキシシン濃度
△ Siegfried <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ac)	野外	寄生蜂(コマユバチ科, ヒメバチ科)
△ Wold <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, クサカゲロウ科
■ Bernal J. S. <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry9C)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫] 寄生蜂発端論文
□ Bourguet <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ab)	野外	ヤドリバエ科, コマユバチ科, ヤドリコバチ科, ハナカメムシ科
■ Dutton <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ab)	室内	クサカゲロウ科[ヤガ科幼虫, ナミハダニ, アブラムシ科]
□ Hassell and Shepard(2002)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, テントウムシ科, ナガカメムシ科, クモ類, アリ類
□ Dutton <i>et al.</i> (2003a)	Bt(Cry1Ab)	温室	ヤマトクサカゲロウ[アブラムシ, ナミハダニ, ヤガ科幼虫]
□ Dutton <i>et al.</i> (2003b)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	ヤマトクサカゲロウ[ヤガ科幼虫]
□ Jasinski <i>et al.</i> (2003)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ類, クモ類, ハネカクシ類
□ Musser and Shelton(2003)	Bt(Cry1Ab)	野外	ナミテントウ, ハナカメムシ科
□ Pons and Stary(2003)	Bt(Cry1Ab)	野外	コマユバチ科[アブラムシ科]
□ Volkmar and Freier(2003)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類群集
□ Candolfi <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類, オサムシ科, トビムシ目, コメツキムシ科
△ Hanley <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab, Cry9C)	室内	貯穀害虫(ノシメマダラメイガ, バクガ)
△ Lumbierres <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	[ムギクビレアブラムシ]
■ Prutz and Dettner(2004)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
□ Romeis <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	クサカゲロウ科[ヤガ科, メイガ科幼虫]
□ Toth <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	野外	マキバサシガメ科, テントウムシ科, ヒメカゲロウ科
□ Daly and Buntin(2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, マキバサシガメ科, テントウムシ科, クモ類
□ De-La-Poza <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, テントウムシ科, クモ類, オサムシ科
□ Dively(2005)	Bt(Vip3A × Cry1Ab)	野外	クモ類, アリ類, ハナカメムシ科, テントウムシ科
□ Dowd(2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科
□ Farrar Jr. <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	核多角体ウイルス(fall armyworm NPV)
△ Harwood <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科, クモ類, マキバサシガメ科など
□ Lopez <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	オサムシ科
□ Meissle and Lang(2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	造網性クモ類
□ Meissle <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	キンナガゴミムシ[ヤガ科幼虫, クロバエ蛹]
△ Nie <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	DIMBOA(環状ヒドロキシサム酸)含量
□ Obrist <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[カホンカアザミウマ]
□ Pilcher <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ科, コマユバチ科
□ Pons <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	アブラムシ科, カブラヤガ
□ Turlings <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ科
■ Vojtech <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ科[ヤガ科幼虫]
△ Zwahlen and Andow(2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	ゴミムシ類
□ Bruck <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類, ケシキスイ科
□ Eckert <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハナカメムシ科, テントウムシ科, ヒメマキムシ(腐植食)
△ Harwood and Obrycki(2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ナメクジ類
□ Harwood <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	ヒョウタンゴミムシ[ナメクジ類]

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象天敵[天敵の寄主]または調査内容
<input type="checkbox"/> Ludy and Lang (2006b)	Bt(Cry1Ab)	野外	造網性クモ類
<input type="checkbox"/> Obrist <i>et al.</i> (2006a)	Bt(Cry1Ab)	室内	クサカゲロウ科[ナミハダニ, ヤガ科幼虫]
<input type="checkbox"/> Obrist <i>et al.</i> (2006b)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	クサカゲロウ科, テントウムシ科, ハナカメムシ科
<input type="checkbox"/> Obrist <i>et al.</i> (2006c)	Bt(Cry1Ab)	室内	ククメリスカブリダニ[ナミハダニ]
<input type="checkbox"/> Rodrigo-Simon <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac, Cry1Ab)	室内	ヤマトクサカゲロウ[オオタバコガ, シロイチモジヨトウ]
<input type="checkbox"/> Sanders <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヒメバチ科[ツマジロクサヨトウ]
<input type="checkbox"/> Szekeres <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外	オサムシ科群集相
△ Faria <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ[アブラムシ]
<input type="checkbox"/> Fernandes <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab, Vip3A)	野外	ハサミムシ類, クモ類
<input type="checkbox"/> Floate <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	ゴミムシ類
<input type="checkbox"/> Harwood <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Hoheisel and Fleischer (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Kramarz <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	カタツムリ
<input type="checkbox"/> Leslie <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	オサムシ科, ハネカクシ科, アリ類
■ Ramirez-Romero <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ科[ツマジロクサヨトウ]
<input type="checkbox"/> Rose and Dively (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	テントウムシ, ハナカメムシ, クサカゲロウ, トビムシ類
■ Rosi-Marshall <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 室内	トビケラ類
<input type="checkbox"/> Toschki <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類, オサムシ科
<input type="checkbox"/> Alvarez-Alfagema <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	室内	テントウムシ科[ナミハダニ]
■ Bohn <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	室内	ミジンコ類
<input type="checkbox"/> Farinos <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類, オサムシ科, ハネカクシ科
△ Gorecka <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	温室	コマユバチ[ムギクビレアブラムシ]
△ Moser <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	室内	テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Ramirez-Romero <i>et al.</i> (2008a)	Bt(Cry1Ab)	室内	ムギクビレアブラムシ
<input type="checkbox"/> Rauschen <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	野外	ウンカ類, ヨコバイ類
<input type="checkbox"/> Alvarez-Alfagema <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	室内	ゴミムシ[ヤガ科幼虫]
<input type="checkbox"/> Griffiths <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	トビケラ類
<input type="checkbox"/> Higgins <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1F)	野外	クモ類, テントウムシ科, クサカゲロウ
<input type="checkbox"/> Kramarz <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	室内	カタツムリ
<input type="checkbox"/> Balog <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	野外	ハネカクシ[アブラムシ]
△ Bohn <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	室内	ミジンコ
<input type="checkbox"/> Chambers <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	捕食性水生昆虫[トビケラ類]
△ Desneux <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	室内	コマユバチ科[ツマジロクサヨトウ]
<input type="checkbox"/> Garcia <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	室内	ハネカクシ[ナミハダニ]
△ Tank <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	野外	河川水のトキシシン濃度
△ Virla <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1F)	網室 / 野外	ヨコバイ類
トウモロコシ(鞘翅目昆虫抵抗性)(Cry1Ab(鱗翅目抵抗性)とのスタック含む)			
<input type="checkbox"/> Al-Deeb and Wilde (2003)	Bt(Cry3Bb)	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ科, オサムシ科
<input type="checkbox"/> Carter <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry3Bb)	室内	[ロビネダニ]
<input type="checkbox"/> Bhatti <i>et al.</i> (2005a)	Bt(Cry3Bb)	野外	オサムシ科, ハネカクシ科, クモ類
<input type="checkbox"/> Bhatti <i>et al.</i> (2005b)	Bt(Cry3Bb)	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ科, マキバサシガメ科
<input type="checkbox"/> Lundgren and Wiedenmann (2005)	Bt(Cry3Bb)	室内	テントウムシ科[トウモロコシアブラムシ]
<input type="checkbox"/> McManus <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry3Bb)	野外	テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Ahmad <i>et al.</i> (2006b)	Bt(Cry3Bb)	野外 / 室内	ハナカメムシ科, 捕食性テントウムシ類
<input type="checkbox"/> Duan <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry3Bb)	室内	キンナガゴミムシ類
<input type="checkbox"/> Rayboud <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry3Aa)	室内	テントウムシ科, ハナカメムシ科, ハネカクシ科
<input type="checkbox"/> Duan <i>et al.</i> (2008b)	Bt(Cry3Bb)	室内	ハナカメムシ
<input type="checkbox"/> Li <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	クサカゲロウ
<input type="checkbox"/> Pihoda and Coats (2008a)	Bt(Cry3Bb)	室内	ユスリカ
<input type="checkbox"/> Meissle and Romeis (2009)	Bt(Cry3Bb)	室内 / 野外	クモ類
<input type="checkbox"/> Meissle <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry3Bb)	室内	昆虫寄生菌[ネクイハムシ]
<input type="checkbox"/> Rauschen <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry3Bb)	野外	カスミカメムシ類
<input type="checkbox"/> Schmidt <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	フタモンテントウ
<input type="checkbox"/> Swan <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	トビケラ類, 水生動物
<input type="checkbox"/> Wiedemann <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	野生イノシシ
△ Zurbrugg and Nentwig (2009)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	ナメクジ
<input type="checkbox"/> Honemann and Nentwig (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	ナメクジ

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象天敵[天敵の寄主]または調査内容
<input type="checkbox"/> Jensen <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内 / 野外	ガガンボ, トビケラ
<input type="checkbox"/> Knecht and Nentwig (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	キイロシヨウジョウバエ, ノミバエ科
<input type="checkbox"/> Leslie <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	オサムシ科, ケシキスイ科, ハムシ科
<input type="checkbox"/> Li and Romeis (2010)	Bt(Cry3Bb)	室内	テントウムシ科
△ Li <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	室内	クサカゲロウ
△ Rauschen <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	テントウムシ科, ハムシ科
サトウキビ			
■ Setamau <i>et al.</i> (2002a)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
<input type="checkbox"/> Setamau <i>et al.</i> (2002b)	Lectin (GNA)	室内 / 網室	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
△ Setamau <i>et al.</i> (2002c)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
△ Tomov and Bernal (2003)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
△ Tomov <i>et al.</i> (2003)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[メイガ科幼虫]
ジャガイモ			
<input type="checkbox"/> Shien <i>et al.</i> (1994)	Bt(Cry3A)	室内	モモアカアブラムシ, アブラムシ媒介ウイルス病
<input type="checkbox"/> Dogan <i>et al.</i> (1996)	Bt(Cry3A)	室内	テントウムシ科[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Riddick and Barbosa (1998)	Bt(Cry3A)	室内	テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Riddick <i>et al.</i> (1998)	Bt(Cry3A)	野外	オサムシ科, テントウムシ科
<input type="checkbox"/> Bell <i>et al.</i> (1999)	Lectin (GNA)	室内	ヒメコバチ科[ヤガ科幼虫]
■ Birch <i>et al.</i> (1999)	Lectin (GNA)	室内	フタモンテントウ[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Armer <i>et al.</i> (2000)	Bt(Cry3A)	室内	ナガカメムシ科, ハナカメムシ科, マキバサシガメ科
<input type="checkbox"/> Down <i>et al.</i> (2000)	Lectin (GNA)	室内	フタモンテントウ[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Riddick <i>et al.</i> (2000)	Bt(Cry3A)	野外	ハナカメムシ科, テントウムシ科, オサムシ科
△ Ashouri <i>et al.</i> (2001a)	Bt(Cry3A), OCI	室内	[チューリップヒゲナガアブラムシ]
△ Ashouri <i>et al.</i> (2001b)	Bt(Cry3A), OCI	室内	コマユバチ科[チューリップヒゲナガアブラムシ]
■ Bell <i>et al.</i> (2001a)	CpTI	室内	ヒメコバチ科[トマトガ(ヤガ科)]
<input type="checkbox"/> Bell <i>et al.</i> (2001b)	Lectin (GNA)	温室	ヒメコバチ科[トマトガ]
<input type="checkbox"/> Couty <i>et al.</i> (2001a)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Couty <i>et al.</i> (2001b)	Lectin (GNA)	室内	ツヤコバチ科[チューリップヒゲナガアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Reed <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry3A)	野外	捕食性カメムシ類, クモ類
■ Birch <i>et al.</i> (2002)	Lectin (GNA)	温室	[モモアカアブラムシ]2次代謝物質(グリコアルカロイド)
<input type="checkbox"/> Cowgill <i>et al.</i> (2002b)	Chicken egg white cystain, OCI	室内 / 野外	[モモアカアブラムシ]
■ Bell <i>et al.</i> (2003)	Lectin (GNA), CpTI	室内	捕食性カメムシ[トマトガ]
<input type="checkbox"/> Bouchard <i>et al.</i> (2003a)	OCI	室内	捕食性カメムシ[コロラドハムシ]
<input type="checkbox"/> Bouchard <i>et al.</i> (2003b)	OCI	室内	捕食性カメムシ[コロラドハムシ]
<input type="checkbox"/> Cowgill and Atkinson (2003)	OCI	室内 / 野外	[ヒメヨコバイ科]
<input type="checkbox"/> Down <i>et al.</i> (2003)	Lectin (GNA)	室内	フタモンテントウ[モモアカアブラムシ]
△ Romeis <i>et al.</i> (2003)	Lectin (GNA)	室内	タマゴヤドリコバチ科, コマユバチ科[アブラムシ甘露]
<input type="checkbox"/> Cowgill <i>et al.</i> (2004)	OCI	野外	コマユバチ科-高次寄生蜂[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Duan <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry3A)	野外	オサムシ科, ハネカクシ科, クモ類, トビムシ類
■ Hussein <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry3A)	室内	[ <i>Spodoptera littoralis</i> (ヤガ科)]
<input type="checkbox"/> Kalushkov and Nedved (2005)	Bt(Cry3A)	野外 / 室内	捕食性テントウムシ類[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Davidson <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac9, 9Aa2)	室内	コマユバチ科[ジャガイモガ], クサカゲロウ科[アブラムシ類]
■ Hussein <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry3Aa)	室内	[ <i>Spodoptera littoralis</i> (ヤガ科)]
△ Rovenska and Zemek (2006)	Lectin (GNA)	室内	ジャガイモヒゲナガアブラムシ, ナミハダニ, ネギアザミウマ
<input type="checkbox"/> Alvarez-Alfagema <i>et al.</i> (2007)	Barley cystain	室内	捕食性カメムシ[コロラドハムシ]
<input type="checkbox"/> Ferry <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry3A)	室内	ナミテントウ, ゴミムシ[トマトガ]
<input type="checkbox"/> Arpaia <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	野外	捕食者群集
ナス			
■ Rovenska <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry3Bb)	室内	チリカブリダニ[ナミハダニ]
<input type="checkbox"/> Arpaia <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry3Bb)	野外	クサカゲロウ, ハナカメムシ[コロラドハムシ]
<input type="checkbox"/> Arpaia <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ab)	野外	捕食者群集
トマト			
<input type="checkbox"/> Wakefield <i>et al.</i> (2006)	Lectin (GNA)	室内	コマユバチ科[ヤガ科幼虫]
ワタ			
<input type="checkbox"/> Wilson <i>et al.</i> (1992)	Bt(Cry1A)	野外	ナガカメムシ科, クサカゲロウ科, ジョウカイモドキ科
△ Fitt <i>et al.</i> (1994)	Bt(Cry1Ab)	野外	クモ類, 捕食性カメムシ類
<input type="checkbox"/> Flint <i>et al.</i> (1995)	Bt(Cry1Ac)	野外	クサカゲロウ科, テントウムシ科, ナガカメムシ科

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象天敵[天敵の寄主]または調査内容
<input type="checkbox"/> Sims (1995)	Bt(Cry1Ac)	室内	クサカゲロウ科, テントウムシ科, ミツバチ科
<input checked="" type="checkbox"/> Ponsard <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ac)	室内	ハナカメムシ科, サシガメ科[シロイチモジヨトウ]
<input checked="" type="checkbox"/> Baur and Boethel (2003)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ科, トビコバチ科[ヤガ科]
<input checked="" type="checkbox"/> Men <i>et al.</i> (2003)	Bt(Cry1Ac)	野外	捕食性テントウムシ類, クサカゲロウ科
<input type="checkbox"/> Wu and Guo (2003)	Bt(Cry1Ac)	野外	捕食性テントウムシ類, クサカゲロウ科, クモ類
<input type="checkbox"/> Bambawale <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	野外	テントウムシ科, クサカゲロウ科
<input checked="" type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	野外	[葉のチッ素代謝]
<input type="checkbox"/> Mellet <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	野外	タマゴヤドリコバチ科[オオタバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Men <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	野外	ヒメカメノコテントウ, クモ類
<input checked="" type="checkbox"/> Ren <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	ヒメバチ科, コマユバチ科[オオタバコガ]
<input type="checkbox"/> Sisterson <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	野外	害虫・天敵群集相多様度解析
<input type="checkbox"/> Bundy <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac)	野外	クモ類(茎葉上, 地表徘徊性)
<input type="checkbox"/> Hagerty <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac, Cry1Ac+2Ab)	野外	捕食性カメムシ類, テントウムシ科[タバコガ類]
<input type="checkbox"/> Head <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac)	野外	テントウムシ科, カメムシ類, アリ科, クモ類
<input type="checkbox"/> Liu B. <i>et al.</i> (2005a)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	セイヨウミツバチ[花粉飛散]
<input checked="" type="checkbox"/> Liu X-D. <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	[ワタアブラムシ]
<input checked="" type="checkbox"/> Liu X-X. <i>et al.</i> (2005a)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	コマユバチ科[オオタバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Liu X-X. <i>et al.</i> (2005b)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	ヒメバチ科[オオタバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Liu X-X. <i>et al.</i> (2005c)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ科[オオタバコガ]
<input type="checkbox"/> Naranjo (2005a)	Bt(Cry1Ac)	野外	捕食性テントウムシ・カメムシ類, 寄生蜂
<input type="checkbox"/> Naranjo (2005b)	Bt(Cry1Ac)	野外	捕食性テントウムシ・カメムシ類, 寄生蜂
<input type="checkbox"/> Torres and Ruberson (2005)	Bt(Cry1Ac)	野外	捕食性テントウムシ・カメムシ類
<input type="checkbox"/> Whitehouse <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac)	野外	葉上生息天敵(テントウムシ科, カメムシ類)
<input type="checkbox"/> Yang P. <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	野外	テントウムシ科, ハナカメムシ科, クモ類
<input type="checkbox"/> Yang Y-Z. <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	野外	卵・幼虫寄生蜂[オオタバコガ卵・幼虫]
<input type="checkbox"/> Cattaneo <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac/Cry2Ab)	野外	非標的昆虫相多様度
<input type="checkbox"/> Geng <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	卵寄生蜂[コクガ卵]
<input type="checkbox"/> Knox <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac/Cry2Ab)	野外	環境影響指数 (EIQ)
<input type="checkbox"/> Mansfield <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	野外	有益生物かく乱指数 (BDI)
<input type="checkbox"/> Morse <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	野外	環境影響指数 (EIO), 生物農業指数
<input type="checkbox"/> Torres and Ruberson (2006a)	Bt(Cry1Ac)	野外	ナガカメムシ, クサカゲロウ科, ヒメカゲロウ科
<input type="checkbox"/> Torres and Ruberson (2006b)	Bt(Cry1Ac)	野外	ナガカメムシ科[シロイチモジヨトウ, アメリカタバコガ]
<input type="checkbox"/> Torres <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	野外 / 温室	捕食性カメムシ類, クサカゲロウ科[ヤガ科幼虫]
<input type="checkbox"/> Xu <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	室内	クロバネキノコバエ[ワタ種子培地食用菌]
<input checked="" type="checkbox"/> Zhang G-F. <i>et al.</i> (2006a)	Bt(Cry1Ac, Cry1Ab/Ac)	室内	ヒメカメノコテントウ[ワタアブラムシ]
<input checked="" type="checkbox"/> Zhang G-F. <i>et al.</i> (2006b)	Bt(Cry1Ac, Cry1Ab/Ac)	室内	ヒメカメノコテントウ[ヤガ科幼虫]
<input type="checkbox"/> Zhang S-Y. <i>et al.</i> (2006a)	Bt(Cry1Ac)	室内	ヒメカメノコテントウ[オオタバコガ幼虫]
<input type="checkbox"/> Zhang S-Y. <i>et al.</i> (2006b)	Bt(Cry1Ac)	室内	ヒメバチ科[オオタバコガ幼虫]
<input type="checkbox"/> Zhu <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	室内	ヒメカメノコテントウ[ワタアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Sharma <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ac)	室内 / 野外	クモ類, テントウムシ科[オオタバコガ]
<input type="checkbox"/> Sisterson <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ac)	野外	クサカゲロウ, ハナカメムシ
<input type="checkbox"/> Torres and Ruberson (2007)	Bt(Cry1Ac)	野外	オサムシ科, ハンミョウ科, ハネカクシ科, ハサミムシ類
<input type="checkbox"/> Whitehouse <i>et al.</i> (2007)	Bt(Vip3A)	野外	寄生蜂, テントウムシ[オオタバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Federico <i>et al.</i> (2008)	Bt	モデル推定	コウモリ[タバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Guo <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac, Cry1Ab)	室内	クサカゲロウ[ワタアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Sujii <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac)	温室	[ワタアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Torres and Ruberson (2008)	Bt(Cry1Ac)	室内	捕食性カメムシ類[シロイチモジヨトウ, ナミハダニ]
<input type="checkbox"/> Zhang <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac, Cry1A)	室内 / 網室	ハナカメムシ[ワタアブラムシ]
<input checked="" type="checkbox"/> Lei <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ac, Cry1F, Cry2Ab)	室内 / 野外	マメハモグリバエ
<input type="checkbox"/> Liu <i>et al.</i> (2009a)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	ミツバチ[ワタ花粉]
<input type="checkbox"/> Liu <i>et al.</i> (2009b)	Bt(Cry1Ac)	室内	ミミズ
<input type="checkbox"/> Anilkumar <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ac)	室内	ヤギ(血液成分)
<input type="checkbox"/> Bambawale <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ac)	野外	テントウムシ, クサカゲロウ
<input type="checkbox"/> Lawo <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ac)	室内	クサカゲロウ[オオタバコガ]
<input checked="" type="checkbox"/> Han <i>et al.</i> (2010a)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	ミツバチ[ワタ花粉]
<input type="checkbox"/> Han <i>et al.</i> (2010b)	Bt(Cry1Ac) + CpTI	室内	ミツバチ[ワタ花粉]
<input type="checkbox"/> Mann <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ac, 2Ab)	野外	クサカゲロウ, ハナカメムシ, スズメバチ



影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象天敵[天敵の寄主]または調査内容
タバコ			
<input type="checkbox"/> Hoffmann <i>et al.</i> (1992)	Bt(Cry1Ab) + CpTI	野外	マキバサシガメ科, クサカゲロウ科
<input type="checkbox"/> Johnson and Gould (1992)	Bt(Cry1Ab)	野外	ヒメバチ科, コマユバチ科
<input type="checkbox"/> Johnson (1997)	Bt(Cry1Ab)	野外	ヒメバチ科, コマユバチ科
<input type="checkbox"/> Johnson <i>et al.</i> (1997)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヒメバチ科, <i>Nomuraea releyi</i> (糸状菌)
<input type="checkbox"/> Burgess <i>et al.</i> (2008a)	avidin	室内	ゴミムシ[ヤガ類幼虫]
<input type="checkbox"/> Burgess <i>et al.</i> (2008b)	avidin	室内	ゴミムシ[ヤガ類幼虫]
セイヨウナタネ(カノーラ)			
<input type="checkbox"/> Schuler <i>et al.</i> (1999)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ科[コナガ]
<input type="checkbox"/> Schuler <i>et al.</i> (2001)	Bt(Cry1Ac), OCI	室内	コマユバチ科[モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Ferry <i>et al.</i> (2003)	OCI	室内	ナミテントウ[コナガ]
<input type="checkbox"/> Howald <i>et al.</i> (2003)	Bt(Cry1Ac)	室内	カブラハバチ
<input type="checkbox"/> Schuler <i>et al.</i> (2003)	Bt(Cry1Ac)	風洞 / 網室	コマユバチ科[コナガ]
<input type="checkbox"/> Schuler <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ科[コナガ]
<input type="checkbox"/> Ferry <i>et al.</i> (2005)	mustard trypsin inhibitor-2	室内	捕食性ゴミムシ類[コナガ]
<input type="checkbox"/> Schuler <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ac)	室内	クサカゲロウ科[コナガ, モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Ferry <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ac)	室内	捕食性ゴミムシ類[コナガ]
<input type="checkbox"/> Mulligan <i>et al.</i> (2006)	OCI	室内	ナガゴミムシ[ナメクジ類]
<input type="checkbox"/> Wei <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ, クサカゲロウ[コナガ]
<input type="checkbox"/> Konrad <i>et al.</i> (2009)	OCI	室内	カリバチ類
ブロッコリー・ハクサイ			
<input type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2008a)	Bt(Cry1Ac)	室内	寄生蜂[コナガ]
<input type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2008b)	Bt(Cry1Ac, 1C)	室内	コマユバチ[モンシロチョウ]
<input type="checkbox"/> Kim <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac)	室内	寄生蜂[ヨトウガ]
イネ			
<input type="checkbox"/> Bernal C. C. <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ab, Cry1Ac)	室内	カスミカメムシ科[トビイロウンカ]
<input type="checkbox"/> Liu <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ab, Cry1Ac)	野外	クモ類[セジロウンカ, ツマグロヨコバイ]
<input type="checkbox"/> Bashir <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ac, Cry2A)	野外	ウンカ科, ヨコバイ科, ヘリカメムシ科
<input type="checkbox"/> Bai <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヒメカメノコテントウ[イネ花粉, モモアカアブラムシ]
<input type="checkbox"/> Bai <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヒメカメノコテントウ[トビイロウンカ]
<input type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab/Cry1Ac)	野外	ウンカ類, ヨコバイ類
<input type="checkbox"/> Riudavets <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1B, Cry1Aa)	室内	貯穀害虫(ノシメマダラメイガ, ココクゾウムシ)
<input type="checkbox"/> Yao <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab/Cry1Ac)	室内	カイコガ[イネ花粉]
<input type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	捕食性カメムシ[ウンカ類]
<input type="checkbox"/> Li F.F. <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab, Cry1Ac)	野外	葉上捕食者相
<input type="checkbox"/> Yao <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ac)	室内	カイコガ[イネ花粉]
<input type="checkbox"/> Chen <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ac), CpTI	室内 / 野外	コモリグモ[コブノメイガ]
<input type="checkbox"/> Akhtar <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry1Ac)	室内 / 野外	アザミウマ
<input type="checkbox"/> Gao <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab)	室内	寄生蜂[トビイロウンカ]
<input type="checkbox"/> Tian <i>et al.</i> (2010)	Bt(Cry1Ab, Cry1Ac)	室内 / 野外	サラグモ[トビイロウンカ]
コムギ			
<input type="checkbox"/> Shah <i>et al.</i> (2005)	Lectin(GNA)	室内	糸状菌 <i>Pandora neoaphidis</i> [ムギアブラムシ]
樹木(マツ)			
<input type="checkbox"/> Barraclough <i>et al.</i> (2009)	Bt(Cry1Ac)	室内	コマユバチ科[シャクガ科]
包括的解析(表2, 表3, 表4の論文データを用いた比較解析)			
<input type="checkbox"/> Marvier <i>et al.</i> (2007)	Bt 作物	野外データ	非標的生物への影響
<input type="checkbox"/> Duan <i>et al.</i> (2008a)	Bt 作物	室内データ	ミツバチへの影響
<input type="checkbox"/> Wolfenbarger <i>et al.</i> (2008)	Bt 作物	野外データ	殺虫剤散布との比較
<input type="checkbox"/> Lövei <i>et al.</i> (2009)	害虫抵抗性作物	室内データ	天敵生物への影響
<input type="checkbox"/> Duan <i>et al.</i> (2010)	Bt 作物	室内データ	野外実態を推定
<input type="checkbox"/> Lang and Otto (2010)	Bt トウモロコシ	室内野外データ	花粉飛散による蝶類への影響

<sup>1)</sup> 影響評価結果:  悪影響なし・有意差なし,  悪影響あり,  追試必要などで判定できない

<sup>2)</sup> 殺虫成分と略称: Bt = *Bacillus thuringiensis*, Vip = Vegetative insecticidal protein.

Lectin(レクチン)と Inhibitors(プロテアーゼインヒビター 類)は植物由来、

CpTI = Cowpea Trypsin Inhibitor, OCI = Oryza Cystain I, GNA = *Galanthus nivalis* agglutinin.

表4 害虫抵抗性遺伝子組換え作物が土壌生物相に及ぼす影響に関する研究事例

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象または[調査内容]
トウモロコシ(鱗翅目昆虫抵抗性)			
<input type="checkbox"/> Sims and Holden (1996)	Bt(Cry1Ab)	室内	[Bt タンパクの土壌での分解速度]
<input checked="" type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (1999)	Bt(Cry1Ab)	室内	[Bt タンパクの土壌での長期存続] 発端論文
<input type="checkbox"/> Escher <i>et al.</i> (2000)	Bt(Cry1Ab)	室内	ワラジムシ科
<input type="checkbox"/> Saxena and Stotzky (2001a)	Bt(Cry1Ab)	室内	ミミズ類, 線虫, 原生動物, 土壌細菌類
<input type="checkbox"/> Saxena and Stotzky (2001b)	Bt(Cry1Ab)	室内	[植物体中のリグニン含量]
<input type="checkbox"/> Manachini and Lozzia (2002)	Bt(Cry1Ab)	野外	線虫相(植物食, 細菌食, 菌類食)
<input checked="" type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2002a)	Bt(Cry1Ab)	室内	[Bt タンパクの土壌での分解速度]
<input checked="" type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2002b)	Bt(Cry1Ab)	室内	[Bt タンパクの土壌での分解速度]
<input type="checkbox"/> Wandeler <i>et al.</i> (2002)	Bt(Cry1Ab)	室内	ワラジムシ科
<input checked="" type="checkbox"/> Diné <i>et al.</i> (2003)	Bt(Cry1Ab)	野外	[土壌微生物呼吸率, 不飽和脂肪酸濃度]
<input type="checkbox"/> Hopkins and Gregorich (2003)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	[土壌での分解速度]
<input type="checkbox"/> Zwahlen <i>et al.</i> (2003a)	Bt(Cry1Ab)	野外	[Bt タンパクの土壌での分解速度]
<input type="checkbox"/> Zwahlen <i>et al.</i> (2003b)	Bt(Cry1Ab)	室内 / 野外	ミミズ類
<input type="checkbox"/> Blackwood and Buyer (2004)	Bt(Cry1Ab, Cry1F)	室内	[土壌微生物相の生化学的測定]
<input type="checkbox"/> Brusetti <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	温室	[富栄養性・貧栄養性・芽胞形成細菌相]
<input type="checkbox"/> Muchaonyerwa <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	室内	[残渣鋤込み, 糸状菌・細菌数]
<input checked="" type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	室内	[根滲出物・水溶液]
<input checked="" type="checkbox"/> Turrini <i>et al.</i> (2004)	Bt(Cry1Ab)	室内	[室内培養実験系 / 樹枝状体菌根菌]
<input type="checkbox"/> Baumgarte and Tebbe (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	[根圏土壌 cry1Ab の挙動, 細菌群集相解析]
<input checked="" type="checkbox"/> Castaldini <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	温室	[根圏内真正細菌群集相, 菌根共生菌]
<input type="checkbox"/> Douville <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	[Bt タンパクの分解速度]
<input type="checkbox"/> Dubelman <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	[3年連続栽培後の土壌存続量]
<input type="checkbox"/> Fang <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 温室	[根圏菌群集相]
<input type="checkbox"/> Flores <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	室内	[残渣の分解速度]
<input type="checkbox"/> Griffiths <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	土壌微生物群集, 原生動物・線虫群集相
<input type="checkbox"/> Hopkins and Gregorich (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	[残渣の分解速度, トキシシン濃度]
<input type="checkbox"/> Mungai <i>et al.</i> (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外	[残渣鋤込み, 有機態チッ素の無機化過程]
<input type="checkbox"/> Pont and Nentwig (2005)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 室内	ワラジムシ科
<input type="checkbox"/> Xue <i>et al.</i> (2005)	Bt( $\beta$ トキシシン)	室内	[微生物群集構造]
<input type="checkbox"/> Bakonyi <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	トビムシ目
<input type="checkbox"/> Clark and Coats (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ミミズ類, トビムシ目
<input type="checkbox"/> Clark <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ワラジムシ科
<input type="checkbox"/> Cortet <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外	[チッ素無機化, 分解過程]
<input type="checkbox"/> Griffiths <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	温室	原生動物, 線虫類
<input type="checkbox"/> Heckmann <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	トビムシ目
<input type="checkbox"/> Vercesi <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外 / 室内	ミミズ類
<input type="checkbox"/> Villanyi <i>et al.</i> (2006)	Bt(Cry1Ab)	野外	根圏微生物相
<input type="checkbox"/> Weber and Nentwig (2006)	Bt(Cry1Ab)	室内	ヤスデ類
<input type="checkbox"/> Douville <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	表面水, 土壌 DNA 量測定
<input type="checkbox"/> Fang <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	微生物群集
<input type="checkbox"/> Griffiths <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	温室	線虫, 微生物相
<input type="checkbox"/> Mulber <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	微生物活性
<input type="checkbox"/> Nguyen and Jehle (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	トキシシン濃度
<input type="checkbox"/> Raubuch <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	微生物群集
<input type="checkbox"/> Rossi <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	室内	等脚目, ワラジムシ類
<input type="checkbox"/> Zwahlen <i>et al.</i> (2007)	Bt(Cry1Ab)	野外	トビムシ, ダニ類, 環形動物
<input type="checkbox"/> Frouz <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	野外	ヒメミミズ, 微生物相
<input type="checkbox"/> Hoss <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	室内	線虫類
<input type="checkbox"/> Oliveira <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	野外	微生物相, 酵素活性
<input type="checkbox"/> Schrader <i>et al.</i> (2008)	Bt(Cry1Ab)	野外	ミミズ類

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象または[調査内容]
<input type="checkbox"/> Shan <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1F)	野外	トキシシン濃度
<input type="checkbox"/> Tarkalson <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ab)	野外	残渣分解, リグニン含量
<input type="checkbox"/> Daudu <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ab)	野外	残渣分解
△ Douville <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ab)	野外	カラスガイ
<input type="checkbox"/> Kravchenko <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ab)	野外	土壌呼吸率
<input type="checkbox"/> Pristley and Brownbridge (2009)	Bt (Cry1Ab)	野外	トビムシ類
<input type="checkbox"/> Raubuch <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab)	野外	分解速度
<input type="checkbox"/> Tan <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab)	野外	微生物相 (PCR-DGGE)
トウモロコシ(鞘翅目昆虫抵抗性) (Cry1Ab(鱗翅目抵抗性)とのスタック含む)			
<input type="checkbox"/> Al-Deeb <i>et al.</i> (2003)	Bt (Cry3Bb)	野外	ダニ類, トビムシ類, 線虫類
<input type="checkbox"/> Devare <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry3Bb)	野外	[土壌微生物相の生化学的測定]
<input type="checkbox"/> Ahmad <i>et al.</i> (2005)	Bt (Cry3Bb)	野外	オサムシ科, ハネカクシ科, トビムシ類, ダニ類
<input type="checkbox"/> Bitzer <i>et al.</i> (2005)	Bt (Cry3Bb)	野外	トビムシ類
<input type="checkbox"/> Ahmad <i>et al.</i> (2006a)	Bt (Cry3Bb)	温室	ミミズ類
<input type="checkbox"/> Devare <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry3Bb)	野外	微生物バイオマス
<input type="checkbox"/> Honemann <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	トビムシ, ダニ, ミミズ類
<input type="checkbox"/> Icoz and Stotzky (2008)	Bt (Cry3Bb)	室内	トキシシン分解速度
<input type="checkbox"/> Icoz <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	微生物相 (PCR-DGGE)
<input type="checkbox"/> Lehman <i>et al.</i> (2008a)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	トキシシン分解速度
<input type="checkbox"/> Lehman <i>et al.</i> (2008b)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	トキシシン分解速度
<input type="checkbox"/> Prihoda and Coats (2008b)	Bt (Cry3Bb)	野外	ミミズ, トビムシ類
<input type="checkbox"/> Honemann and Nentwig (2009)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	ヒメミミズ類
<input type="checkbox"/> Lawborn <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	微生物活性
<input type="checkbox"/> Miethling-Graff <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry3Bb)	野外	根圏微生物相
<input type="checkbox"/> Zeilinger <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	ミミズ類
<input type="checkbox"/> Zhu <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	[水平伝播]
<input type="checkbox"/> Zurbrugg <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab, Cry3Bb)	野外	微生物相
ジャガイモ			
<input type="checkbox"/> Donegan <i>et al.</i> (1996)	Bt (Cry3A)	野外	土壌細菌類
<input type="checkbox"/> Yu <i>et al.</i> (1997)	Bt (Cry3A)	室内	フシトビムシ類
<input type="checkbox"/> Griffiths <i>et al.</i> (2000)	Lectin (GNA, Concanavalin A)	室内	細菌類, 繊毛動物
△ Cowgill <i>et al.</i> (2002a)	OCI	野外	土壌細菌類, ダニ類, トビムシ類
■ Saxena <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry3A)	室内	[根滲出物・水溶液]
ワタ			
△ Donegan <i>et al.</i> (1995)	Bt (Cry1Ab, 1Ac)	野外	土壌細菌類・糸状菌類
<input type="checkbox"/> Palm <i>et al.</i> (1996)	Bt (Cry1Ac)	室内	[Bt タンパク分解速度]
△ Sims and Ream (1997)	Bt (Cry2A)	室内 / 野外	[Bt タンパク分解速度]
<input type="checkbox"/> Yu <i>et al.</i> (1997)	Bt (Cry1Ab, 1Ac)	室内	ダニ類, フシトビムシ類
<input type="checkbox"/> Herman <i>et al.</i> (2001)	Bt (Cry1F)	室内	[Bt タンパク分解速度]
<input type="checkbox"/> Head <i>et al.</i> (2002)	Bt (Cry1Ac)	室内	[Bt タンパク分解速度]
△ Lachnicht <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry1Ac)	室内 / 野外	[耕起・不耕起区の残渣分解, C/N 値]
<input type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry1Ac)	室内	[根滲出物・水溶液の生物検定]
<input type="checkbox"/> Rui <i>et al.</i> (2005)	Bt (Cry1Ac) + CpTI	室内 / 野外	[根圏土壌 ELISA 培養可能細菌数]
<input type="checkbox"/> Shen <i>et al.</i> (2006)	Bt (Cry1Ac)	室内 / 野外	[根圏微生物群集]
<input type="checkbox"/> Olveira <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ac)	野外	ダニ類
<input type="checkbox"/> Rui <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ac) + CpTI	野外	[根圏土壌 ELISA 測定]
△ Sun <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ac)	野外	土壌酵素活性
△ Yan <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ac)	野外	根分泌物
<input type="checkbox"/> Balachandar <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ac)	室内	菌類活性
<input type="checkbox"/> Knox <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ac + 2Ab)	野外	共生微生物 (AM 菌)
△ Sarkar <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ac)	野外	土壌酵素活性, 養分利用効率
<input type="checkbox"/> Hu <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ac) + CpTI	野外	根圏微生物相
■ Li <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ac) + CpTI	温室	土壌病害菌

影響評価 <sup>1)</sup> / 作物 / 文献	殺虫成分 <sup>2)</sup>	調査条件	調査対象または[調査内容]
<input type="checkbox"/> Sarkar <i>et al.</i> (2009)	Bt (Cry1Ac)	野外	土壌酵素活性, 養分利用効率
イネ			
<input type="checkbox"/> Wu <i>et al.</i> (2004a)	Bt (Cry1Ab)	室内	[湛水土壤鋤込み, 微生物活性]
<input type="checkbox"/> Wu <i>et al.</i> (2004b)	Bt (Cry1Ab)	室内	[湛水土壤鋤込み, 微生物活性]
<input type="checkbox"/> Wang <i>et al.</i> (2006)	Bt (Cry1Ab)	室内	[根圏土壌, 分解速度]
<input type="checkbox"/> Li Y. <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ac)	野外 / 室内	トキシン分解速度
<input type="checkbox"/> Wang <i>et al.</i> (2007)	Bt (Cry1Ab)	室内	分解速度
<input type="checkbox"/> Liu <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ab)	野外	根圏微生物相
<input type="checkbox"/> Wang <i>et al.</i> (2008)	Bt (Cry1Ab)	野外	土壌吸着度
<input type="checkbox"/> Wu <i>et al.</i> (2009a)	Bt (Cry1Ab)	温室	根圏微生物相
<input type="checkbox"/> Wu <i>et al.</i> (2009b)	Bt (Cry1Ab)	野外	C/N 比
<input type="checkbox"/> Bai <i>et al.</i> (2010)	Bt (Cry1Ab)	野外	トビムシ群集相
<input type="checkbox"/> Lu <i>et al.</i> (2010a)	Bt (Cry1Ab)	野外	微生物相
<input type="checkbox"/> Lu <i>et al.</i> (2010b)	Bt (Cry1Ab)	野外	微生物相
タバコ			
<input checked="" type="checkbox"/> Donegan <i>et al.</i> (1997)	Protenase inhibitor I	野外	ヤスデ綱, ムカデ綱, ダニ目
<input type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry1Ac)	室内	[根滲出物・水溶液の生物検定]
<input type="checkbox"/> Riglietti <i>et al.</i> (2008)	Serin protenase inhibitor	温室	細菌相
ナタネ(カノーラ)			
<input type="checkbox"/> Saxena <i>et al.</i> (2004)	Bt (Cry1Ac)	室内	[根滲出物・水溶液の生物検定]
カナダトウモロコシ			
<input type="checkbox"/> Lamarche and Hamelin (2007)	Bt (Cry1Ab)	室内	細菌相

<sup>1)</sup> 影響評価結果：□ 悪影響なし・有意差なし、■ 悪影響あり、△ 追試必要などで判定できない

<sup>2)</sup> 殺虫成分：Bt=*Bacillus thuringiensis*由来、Lectin (レクチン) と Inhibitors (インヒビター類) は植物由来、CpTI = Cowpea Trypsin Inhibitor, OCI = Oryza Cystain I, GNA=*Galanthus nivalis* agglutinin.

## 2 トウモロコシ花粉飛散による蝶類への影響 (表2)

Losey *et al.* (1999) によってNature誌に発表された短報は、米国で大衆的人気のあるオオカバマダラ蝶を材料としたこともあり、当時、米国だけでなく、ヨーロッパや日本のマスメディアにも大きく取り上げられた。Losey *et al.* (1999) は実験室でオオカバマダラ幼虫にBtトウモロコシの花粉を摂食させると生存率の低下と発育遅延が起こるとしたが、投与した花粉量は示されていなかった。北米ではこの報告の後、多くの追跡試験が室内と野外で行われ、2001年に全米科学アカデミー紀要 (PNAS) に6本の論文がまとめて発表された (Hellmich *et al.*, 2001 など)。これらの結果から、Losey *et al.* (1999) の室内試験で示された数千粒/cm<sup>2</sup>の花粉堆積は野外では起こらないことが実証された。花粉でのBtトキシン発現性が高いPhosphoenolpyruvate carboxylaseプロモーターを用いた系統 (Bt176) では、20粒/cm<sup>2</sup>程度の少量の花粉でも幼虫に影響する可能性がある。しかし、葉上に20粒/cm<sup>2</sup>以上の花粉が堆積するのはトウモロコシ畑から5m以内であり、10m離れると10粒/cm<sup>2</sup>以下となる (Shirai and Takahashi, 2005)。一連の研究から、対象とするBtトウモロコシの花粉がどの程度のトキシン濃度を示すのかを

ELISA (酵素結合免疫吸着検定法) で定量評価し、発現量の高い系統についてはさらに生物検定を行うなど、系統ごとに個別に評価すべきと考えられるようになった。Bt176系統は2003年に商業栽培を中止、その後いずれの国でも栽培されていない。現在は花粉ではほとんどトキシンを発現しない系統も商業化されているので、トキシン量を定量評価せず、蝶類など非標的生物への悪影響のみを強調する論文は、科学的に信頼できないものとみなしてよいだろう。

## 3 食物連鎖を介した天敵 (捕食者、寄生者) への影響 (表3)

「Bt作物→加害する害虫→捕食する天敵昆虫」の食物連鎖系では、Hilbeck *et al.* (1998a) によって、Btトウモロコシを加害した蛾類幼虫を摂食したクサカゲロウ幼虫の生存率が低下し、発育も遅延することが報告された。その後多くの追跡試験が行われ、このような悪影響は室内試験でBtトキシン摂取によって弱化した蛾類幼虫を強制的に摂食させた場合にのみ生ずると結論された。また、クサカゲロウ幼虫は野外ではトウモロコシの茎や穂軸内部を加害する蛾類幼虫を摂食する機会は少ない (Romeis

*et al.*, 2004)。一連の研究から、「室内試験で得られた結果が野外でも実際に起こり得るかどうか」を検討することの重要性が指摘された。トウモロコシネクイハムシ (*Diabrotica* spp.) など鞘翅目害虫に抵抗性を示すBtトウモロコシ (Cry3Bを発現するMON863系統) では、捕食性テントウムシ類への影響が懸念されたが、悪影響を示唆する結果は出ていない。

「Bt作物→加害する害虫→寄生する天敵昆虫(寄生蜂)」の食物連鎖系では、Bell *et al.* (2001a) や Bernal J.S. *et al.* (2002) がジャガイモやトウモロコシを用いた室内試験で、寄生蜂への悪影響の可能性を示唆した。しかし、彼らはその後、追跡試験を行っていない。Btトウモロコシのほか、Btワタ、Btイネで寄生蜂を対象とした室内・野外試験が多く実施されたが、表3で■の付いた室内試験が野外でも実証された例は一例もない。捕食性、寄生性天敵、いずれの食物連鎖系においても、室内試験の結果だけで判断するのではなく、「室内→半野外(網室)→野外」での順を追った検証が必要である。もし室内試験で悪影響が検出された場合も、実際のBtトキシンの暴露量や暴露経路から、「野外で実際に起こり得る現象かどうか」を検討するべきであり (Andow and Hilbeck, 2004; Andow and Zwahlen, 2006)、この考察を欠いた論文は信頼度が落ちると言えるだろう。

#### 4 土壌生物相への影響 (表4)

Saxena *et al.* (1999) は「Btトキシンは土壌中の腐植質や有機物と結合しやすく、長期間トキシンの活性が維持される」ことから、Bt作物の根からの分泌物や収穫後のすき込みによる土壌生物相への影響の可能性を指摘した。その後、Saxena *et al.* (2004) をはじめ、多くの追跡試験が行われているが、有意な悪影響を実証した報告は出ていない。土壌生物相への影響はトビムシ類、ミミズ類、ワラジムシ類などを対象として多くの研究が行われているが、花粉暴露や地上に生息する天敵生物と異なり、影響の評価・判定が難しい。調査対象生物はBt作物の発現するトキシンの殺虫対象外と考えられる種が多いため、たとえ個体数の減少が見られても、それがBt作物による直接の影響かどうかを判断しにくい。漠然と野外や室内試験を行うのではなく、どんな影響がでたら悪影響と判定すべきか、影響評価手法を明確にした上で調査する必要がある。さらに天敵生物への影響評価と同様に、室内試験の結果が、野外で実際に起こり得る現象なのかを考察する必要がある。

#### 5 水棲生物、河川生態系への影響

Rosi-Marshall *et al.* (2007) は「北米コーンベルト地帯の河川には収穫後のBtトウモロコシ残渣が多く流れ込んでおり、室内試験でもトビケラ類の生存率に悪影響が見られた」とBt作物による水棲生物への影響の可能性を指摘した。著名な学術誌 (PNAS) に掲載されたため、欧米ではオオカバマダラ蝶 (Losey *et al.*, 1999) 以来の話題となった。しかし、この論文では室内試験でトキシン濃度とトビケラ生存率の関係が示されておらず、野外河川でのトキシン量も未調査だった。その後、トビケラ類への影響や河川水でのBtトキシン濃度について、いくつかの追跡調査が行われたが、トビケラ生存率とBtトキシン濃度の直接的な相関関係や野外での水棲生物の減少を示す報告は出されていない (表3のトウモロコシの項のトビケラ類、河川水トキシン濃度に関する論文参照)。Rosi-Marshall *et al.* (2007) は、Bt作物による水棲生物相への影響の可能性を初めて指摘し、栽培承認前の安全性評価で水棲生物に対する長期影響も考慮すべきと主張した点は評価される。しかし、組換え作物に懸念を持つ研究者が自らの主張を正しく伝えるためには、最初に室内試験でトキシン暴露量と対象生物種の生存率の量的関係を調査し、その上で野外での問題点を指摘するという段階を踏む必要がある。それを欠いては、説得力のある指摘・提言にはならないだろう。

#### 6 ヨーロッパの政治的論争に利用された論文

ヨーロッパでは欧州連合 (EU) 加盟国の組換え作物の安全審査と栽培認可は一括して行われ、EUが承認した系統は加盟国すべてで栽培可能となる。もし各国が独自に栽培禁止にするためには、EUが審査・承認した後、新たに生態系や食品への危険性を示す科学的証拠の提出が必要となる (EU指令, 2001/18/EC)。2008~2009年当時、EUで商業栽培が認可されていたBt作物はCry1Abトキシンを発現するBtトウモロコシ (MON810系統) だけだったが、2008年にフランスが、2009年にドイツが新たな有害影響を示す論文が発表されたとして、商業栽培を中止した。フランスが根拠とした新論文は前述したRosi-Marshall *et al.* (2007) のトビケラへの影響と、Prasifka *et al.* (2007) の花粉によるオオカバマダラ幼虫の異常行動である (表2)。Prasifka *et al.* (2007) による室内実験は、大量の薬を与えると幼虫が回避行動を取るといものだが、著者らはただちにこれが野外で悪影響につながるとは述べていない。野外では花粉粒より大きい薬は葉上に堆積することは少なく、葉上に残っても

幼虫は摂食しないことがすでに報告されている。フランスの栽培中止宣言では、これらの知見を総合的に考察せず、論文の結果の一部だけを利用したものだ。ドイツも Bohn *et al.* (2008) (ミジンコへの影響) と Schmidt *et al.* (2009) (フタモンテントウへの影響) による室内試験の論文を根拠に商業栽培を中止したが、Bohn *et al.* (2008) の論文は Bt トウモロコシの入手・保存条件が明記されておらず、Schmidt *et al.* (2009) の論文は対照区 (トキシン濃度ゼロ区) の死亡率が異常に高いなど、実験条件自体に問題のあるものだった。政府が環境への悪影響を理由に栽培中止したという、なんらかの悪影響が実際にあったように思われがちだが、科学的根拠とは別次元の政治家、政党による判断材料に科学論文が歪められて利用されたのである。

昆虫や土壌生物だけでなく、Bt (Cry1Aグループ) トキシンの殺虫対象外である哺乳類への影響も調査されている (表3)。インドでは Bt ワタを食べた山羊 (Anilkumar *et al.*, 2010)、ドイツで Bt トウモロコシを食べたイノシシ (Wiedemann *et al.*, 2009) への影響が試験されているが、当然のことながら悪影響は見られなかった (表3)。

### Ⅲ 栽培国での実際問題

#### 1 抵抗性発達の抑制対策

Bt トウモロコシの商業栽培は北米で1996年に始まり、その後、Bt トウモロコシと Bt ワタが北米、南米、インド、中国、オーストラリア、スペインなどで広く栽培されている。非標的生物や生態系への影響とともに、防除効果の点からもっとも懸念されたのは Bt 作物に対して害虫側が抵抗性を発達させることだった。抵抗性発達を抑制する対策は、(1) 高いトキシン濃度を発現する品種を用い、(2) 非組換え Bt 品種を Bt 品種の周辺に一定割合栽培する緩衝区を設ける「高濃度・緩衝区 (high dose and refuge)」戦略が一般的である (Shelton *et al.*, 2002)。中国やインドの Bt ワタでは、殺虫対象のオオタバコガ (*Helicoverpa armigera*) がワタ以外の作物 (トウモロコシやマメ科作物など) も加害するため、これらの作物を「自然の緩衝区 (natural refuge)」とみなしている。

Tabashnik *et al.* (2009) は2009年前半時点での、世界の Bt 作物における害虫抵抗性の発達状況をまとめた。それによると、プエルトリコの Bt トウモロコシ (Cry1F) に対し、ツマジロクサヨトウ (*Spodoptera frugiperda*)、南アフリカの Bt トウモロコシ (Cry1Ab) に対し、*Busseola fusca* (ヤガ科)、および米国南部の Bt ワタ (Cry1Ac) に対

し、アメリカタバコガ (*Helicoverpa zea*) の3例で抵抗性の発達が認められた。プエルトリコでは栽培中止、南アフリカでは緩衝区の設置義務付け、米国南部では Cry2A や Cry1F など複数トキシンを含む新品種に置き換えるなどの対策がとられた。その他の地域では抵抗性発達により防除上問題になっているという報告は2010年までの論文では見られない。しかし、中国、インド、北米のようにワタやトウモロコシ栽培面積の80~90%を Bt 品種が占める場合、抵抗性発達は当然起こるものと考えべきだろう。定期的に対象害虫を採取して、抵抗性の発達程度をモニタリングする監視システムを各国が採用している。

もうひとつ懸念されるのはトキシン発現濃度の劣る不良種子による抵抗性発達である。パキスタンでは2010年から Bt ワタの商業栽培が公式に始まったが (James, 2011)、それ以前から隣国 (インド) 経由で種子が密輸され、Bt 品種が広面積で栽培されていた (Arshad *et al.*, 2009)。当然、緩衝区も設置されず、自家採種による不良種子が多いため、短期間で抵抗性の発達が顕在化するおそれがある。また、南米では Bt ダイズ (Cry1Ac) の商業栽培が計画されている (James, 2011)。ダイズは自家採種で種子増殖が容易であるが、トキシン濃度の高い優良種子を維持できるかが問題となる。これは中国の Bt イネでも同様だ。緩衝区の義務付けや種子管理制度が整備されていない国や地域で、ワタ、ダイズ、イネ、ナスなど自家採種が容易な作物の Bt 品種を広域で栽培する場合、害虫抵抗性のメリットを長期にわたり維持するには、不良種子の排除対策が必須となるだろう。

#### 2 殺虫対象外害虫の顕在化

Bt トウモロコシや Bt ワタは殺虫剤散布の量と回数を大幅に減らし、経費と環境面で大きなメリットをもたらした。一方、Bt トキシンでは防除できない害虫種、特に吸汁性害虫の顕在化も予測されていた。実際、中国の Bt ワタでは、カスミカメムシ類やハダニ類の被害が増え、さらにワタ畑で増加したカスミカメムシ類が、周辺の果樹園にも被害を及ぼすことが報告されている (Lu *et al.*, 2010)。米国南部の Bt ワタでもカメムシ類の被害が顕在化した。米国の場合、Bt ワタの普及だけでなく、侵入害虫であるワタハナミゾウムシ (*Anthonomus grandis*) の根絶成功も、殺虫剤散布量の大幅減少の一因になっている (Medrano *et al.*, 2009)。その他の地域では対象外害虫の顕在化は特に報告されていないが、Bt 作物を導入しても、害虫被害の定期的な監視と適度の殺虫剤散布は必要

である。

研究者が想定していなかったのが、北米コーンベルト地帯のBtトウモロコシでのヤガ科の*Striacosta albicosta* (英名 Western bean cutworm、以下WBC) による被害である。Cry1Abトキシンを発現するBt品種が広く普及し、殺虫対象であるセイヨウアワノメイガ (*Ostrinia nubilalis*) の個体数が大幅に減少するにつれて、もともとCry1Abに対し殺虫効果の低いWBCがアワノメイガに代って優先種となり被害が顕在化した。両種の幼虫はトウモロコシの穂軸や茎内で生息場所が重なっており、競合した場合はアワノメイガ幼虫の方が優先種となる (Catangui and Berg, 2006)。幸い、WBCはCry1Fトキシンによって防除可能であり、Cry1Fを導入したBt品種への転換が進んだ。しかし、このような現象が起こることは問題が顕在化した2000年代初めまで、ほとんど指摘されていなかった。Bt作物は単一の防除手段を広範囲に長期間連続して使用する防除法であり、近代農業においても例がなかった。WBC顕在化のように研究者が事前予測できなかった現象は今後も起こり得るだろう。WBCの例を教訓として、害虫抵抗性組換え作物を、殺虫剤散布を大幅に減らす害虫防除手段として長期的に利用し続けるためには、継続的な監視と適切な使用管理法の遵守が必須である。

## 引用文献

- Ahmad, A., G. E. Wilde and K. Y. Zhu (2005): Detectability of Coleopteran-specific Cry3Bb1 protein in soil and its effect on nontarget surface and below-ground arthropods. *Environ. Entomol.*, **34**, 385-394
- Ahmad, A., G. E. Wilde and K. Y. Zhu (2006a): Evaluation of effects of coleopteran-specific Cry3Bb1 protein on earthworms exposed to soil containing corn roots or biomass. *Environ. Entomol.*, **35**, 976-985
- Ahmad, A., G. E. Wilde, R. J. Whitworth and G. Zolnerowich (2006b): Effect of corn hybrids expressing the Coleopteran-specific Cry3Bb1 protein for corn rootworm control on aboveground insect predator. *J. Econ. Entomol.*, **99**, 1085-1095
- Akhtar, Z. R., J. C. Tian, Y. Chen, Q. Fang, C. Hu, M. Chen, Y. F. Peng and G. Y. Ye (2010): Impacts of six Bt rice lines on nontarget rice feeding thrips under laboratory and field conditions. *Environ. Entomol.*, **39**, 715-726
- Al-Deeb, M. A. and G. E. Wilde (2003): Effect of Bt corn expressing the Cry3Bb1 toxin for corn rootworm control on above ground nontarget arthropods. *Environ. Entomol.*, **32**, 1164-1170
- Al-Deeb, M. A., G. E. Wilde and R. A. Higgins (2001): No effect of *Bacillus thuringiensis* Corn and *Bacillus thuringiensis* on the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.*, **30**, 625-629
- Al-Deeb, M. A., G. E. Wilde, J. M. Blair and T. C. J. Todd (2003): Effect of Bt corn for corn rootworm control on nontarget soil microarthropods and nematodes. *Environ. Entomol.*, **32**, 859-865
- Alvarez-Alfageme, F., M. Martinez, S. Pascual-Ruiz, P. Castanera, I. Diaz and F. Ortego (2007): Effects of potato plants expressing a barley cystain on the predatory bug *Podisus maculiventris* via herbivorous prey feeding on the plant. *Transgenic Res.*, **16**, 1-13
- Alvarez-Alfageme, F., N. Ferry, P. Castanera, F. Ortego and A. M. R. Gatehouse (2008): Prey mediated effects of Bt maize on fitness and digestive physiology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Transgenic Res.*, **17**, 943-954
- Alvarez-Alfageme, F., F. Ortego and P. Castanera (2009): Bt maize fed-prey mediated effect on fitness and digestive physiology of the ground predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *J. Insect Physiol.*, **55**, 144-150
- Alvarez-Alfageme F., F. Bigler and J. Romeis (2011): Laboratory toxicity studies demonstrate no adverse effects of Cry1Ab and Cry3Bb1 to larvae of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the importance of study design. *Transgenic Res.*, **20**, 467-479
- Anderson, P. L., R. L. Hellmich, M. K. Sears, D. V. Sumerford and L. C. Lewis (2004): Effects of Cry1Ab-expressing corn anthers on Monarch butterfly larvae. *Environ. Entomol.*, **33**, 1109-1115
- Anderson, P. L., R. L. Hellmich, J. R. Prasifka and L. C. Lewis (2005): Effects on fitness and behavior of Monarch butterfly larvae exposed to a combination of Cry1Ab-expressing corn anthers and pollen. *Environ.*

- Entomol.*, **34**, 944-952
- 14) Andow, D. A. and A. Hilbeck (2004): Science-based risk assessment for nontarget effects of transgenic crops. *BioScience*, **54**, 637-649
  - 15) Andow, D. A. and C. Zwahlen (2006): Assessing environmental risks of transgenic plants. *Ecology Letters*, **9**, 196-214
  - 16) Anilkumar, B., A. G. Reddy, B. Kalakumar, K. Jyothi and K. S. Gopi (2010): Effect of Bt cotton plants on oxidative stress in sheep. *Indian J. Anim. Sci.*, **80**, 313-316
  - 17) Armer, C. A., R. E. Berry and M. Kogan (2000): Longevity of phytophagous heteropteran predators feeding on transgenic Bt-potato plants. *Entomol. Exp. Appl.*, **95**, 329-333
  - 18) Arpaia, S., G. M. Di-Leo, M. C. Fiore, J. E. U. Schmidt and M. Scardi (2007): Composition of arthropod species assemblages in Bt-expressing and near isogenic eggplants in experimental fields. *Environ. Entomol.*, **36**, 213-227
  - 19) Arpaia, S., J. E. U. Schmidt, G. M. Di-Leo and M. C. Fiore (2009): Oviposition of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) and natural predation on its egg masses in Bt-expressing fields. *Biocontrol Sci. Technol.*, **19**, 971-984
  - 20) Arshad M., A. Suhail, M. D. Gogi, M. Yaseen, M. Asghar, M. Tayyib, H. Karar, F. Hafeez and U. N. Ullah (2009): Farmers' perceptions of insect pests and pest management practices in Bt cotton in the Punjab, Pakistan. *Internatl. J. Pest Manag.*, **55**, 1-10
  - 21) Ashouri, A., D. Michaud and C. Cloutier (2001a): Unexpected effects of different potato resistance factors to the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on the potato aphid (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.*, **30**, 524-532
  - 22) Ashouri, A., D. Michaud and C. Cloutier (2001b): Recombinant and classically selected factors of potato plant resistance to the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, variously affect the potato aphid parasitoid *Aphidius nigripes*. *BioControl*, **46**, 401-418
  - 23) Babendreier, D., N. M. Kalberer, J. Romeis, P. Fluri, E. Mulligan and F. Bigler (2005): Influence of Bt-transgenic pollen, Bt-toxin and protease inhibitor (SBTI) ingestion on development of the hypopharyngeal glands in honey bees. *Apidologie*, **36**, 585-594
  - 24) Bai, Y. Y., M. X. Jiang and J. A. Cheng (2005): Effects of transgenic cry1Ab rice pollen on fitness of *Propylea japonica* (Thunberg). *J. Pest Sci.*, **78**, 123-128
  - 25) Bai, Y. Y., M. X. Jiang, J. A. Cheng and D. Wang (2006): Effects of Cry1Ab toxin on *Propylea japonica* (Thunberg) (Coleoptera: Coccinellidae) through its prey, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae), feeding on transgenic Bt rice. *Environ. Entomol.*, **35**, 1130-1136
  - 26) Bai, Y. Y., R. H. Yan, G. Y. Ye, F. N. Huang and J. A. Cheng (2010): Effects of transgenic rice expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab protein on ground-dwelling Collembolan community in postharvest seasons. *Environ. Entomol.*, **39**, 243-251
  - 27) Bailey, J., C. Scott-Dupree, R. Harris, J. Tolman and B. Harris (2005): Contact and oral toxicity to honey bees (*Apis mellifera*) of agents registered for use for sweet corn insect control in Ontario, Canada. *Apidologie*, **36**, 623-633
  - 28) Bakonyi, G., F. Szira F, I. Kiss, I. Villanyi, A. Seres and A. Szekacs (2006): Preference tests with collembolas on isogenic and Bt-maize. *Eur. J. Soil Biol.*, **42**, S132-S135
  - 29) Balachandar, D., P. Raja, K. Nirmala, T. R. Rithyl and S. P. Sundaram (2008): Impact of transgenic Bt-cotton on the diversity of pink-pigmented facultative methylotrophs. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **24**, 2087-2095
  - 30) Balog, A., J. Kiss, D. Szekeres, A. Szenasi and V. Marko (2010): Rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. *Crop Prot.*, **29**, 567-571
  - 31) Bambawale, O. M., A. Singh, O. P. Sharma, B. B. Bhosle, R. C. Lavekar, A. Dhandapani, V. Kanwar, R. K. Tanwar, K. S. Rathod, N. R. Patange and V. M. Pawar (2004): Performance of Bt cotton (MECH-162) under Integrated Pest Management in farmers' participatory field trial in Nanded district, Central India. *Current Sci.*, **86**, 1628-1633
  - 32) Bambawale, O. M., R. K. Tanwar, O. P. Sharma, B. B. Bhosle, R. C. Lavekar, S. B. Patil, A. Dhandapani, T. P.



- Trivedi, P. Jeyakumar, D. K. Garg, A. A. Jafri and B. L. Meena (2010): Impact of refugia and integrated pest management on the performance of transgenic (*Bacillus thuringiensis*) cotton (*Gossypium hirsutum*). *Indian J. Agric. Sci.*, **80**, 730-736
- 33) Barraclough, E. I., E. P. J. Burgess, B. A. Philip, M. W. Wohlens and L. A. Malone (2009): Tritrophic impacts of Bt-expressing transgenic pine on the parasitoid *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae) via its host *Pseudocoremia suavis* (Lepidoptera: Geometridae). *Biol. Control*, **49**, 192-199
- 34) Bashir, K., T. Husnain, T. Fatima, Z. Latif, S. A. Mehdi and S. Riazuddin (2004): Field evaluation and risk assessment of transgenic indica basmati rice. *Molecular Breeding*, **13**, 301-312
- 35) Baumgarte, S. and C. C. Tebbe (2005): Field studies on the environmental fate of the Cry1Ab Bt-toxin produced by transgenic maize (MON810) and its effect on bacterial communities in the maize rhizosphere. *Molecular Ecology*, **14**, 2539-2551
- 36) Baur, M. E. and D. J. Boethel (2003): Effect of Bt-cotton expressing Cry1Ac on the survival and fecundity of two hymenopteran parasitoids (Braconidae, Encyrtidae) in the laboratory. *Biol. Control*, **26**, 325-332
- 37) Bell, H. A., E. C. Fitches, R. E. Down, G. C. Marris, J. P. Edwards, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (1999): The effect of snowdrop lectin (GNA) delivered via artificial diet and transgenic plants on *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Insect Physiol.*, **45**, 983-991
- 38) Bell, H. A., E. C. Fitches, R. E. Down, L. Ford, G. C. Marris, J. P. Edwards, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2001a): Effect of dietary cowpea trypsin inhibitor (CpTI) on the growth and development of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera: Noctuidae) and on the success of the gregarious ectoparasitoid *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Pest Manag. Sci.*, **57**, 57-65
- 39) Bell, H. A., E. C. Fitches, G. C. Marris, J. P. Edwards, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2001b): Transgenic GNA expressing potato plants augment the beneficial biocontrol of *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera: Noctuidae) by the parasitoid *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Transgenic Res.*, **10**, 35-42
- 40) Bell, H. A., R. E. Down, E. C. Fitches, J. P. Edwards and A. M. R. Gatehouse (2003): Impact of genetically modified potato expressing plant-derived insect resistance genes on the predatory bug *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biocontrol Sci. Technol.*, **13**, 729-741
- 41) Bernal, C. C., R. M. Aguda and M. B. Cohen (2002): Effect of rice lines transformed with *Bacillus thuringiensis* toxin genes on the brown planthopper and its predator *Crytorphinus lividipennis*. *Entomol. Exp. Appl.*, **102**, 21-28
- 42) Bernal, J. S., J. G. Griscti and P. O. Gillogly (2002): Impacts of developing on Bt maize-intoxicated hosts on fitness parameters of a stem borer parasitoid. *J. Entomol. Sci.*, **37**, 27-40
- 43) Bhatti, M. A., J. Duan, G. Head, C. Jiang, M. J. McKee, T. E. Nickson, C. L. Pilcher and C. D. Pilcher (2005a): Field evaluation of the impact of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae)-protected Bt corn on ground-dwelling invertebrates. *Environ. Entomol.*, **34**, 1325-1335
- 44) Bhatti, M. A., J. Duan, G. Head, C. Jiang, M. J. McKee, T. E. Nickson, C. L. Pilcher and C. D. Pilcher (2005b): Field evaluation of the impact of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae)-protected Bt corn on foliage-dwelling invertebrates. *Environ. Entomol.*, **34**, 1336-1345
- 45) Birch, A. N. E., I. E. Geoghegan, M. E. N. Majerus, W. McNicol, C. A. Hackett, A. M. R. Gatehouse and J. A. Gatehouse (1999): Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Molecular Breeding*, **5**, 75-83
- 46) Birch, A. N. E., I. E. Geoghegan, D. W. Griffiths and J. W. McNicol (2002): The effect of genetic transformations for pest resistance on foliar solanidine-based glycoalkaloids of potato (*Solanum tuberosum*). *Ann. Appl. Biol.*, **140**, 143-149
- 47) Bitzer, R. J., M. E. Rice, C. D. Pilcher, C. L. Pilcher and W. F. Lam (2005): Biodiversity and community

- structure of epedaphic and euedaphic springtails (Collembola) in transgenic rootworm Bt corn. *Environ. Entomol.*, **34**, 1346-1376
- 48) Blackwood, C. B. and J. S. Buyer (2004) : Soil microbial communities associated with Bt and non-Bt corn in three soils. *J. Environ. Qual.*, **33**, 832-836
- 49) Bohn, T., R. Primicerio, D. O. Hessen and T. Traavik (2008) : Reduced fitness of *Daphnia magna* fed a Bt-transgenic maize variety. *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.*, **55**, 584-592
- 50) Bohn, T., T. Traavik and R. Primicerio (2010) : Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. *Ecotoxicol.*, **19**, 419-430
- 51) Bouchard, E., D. Michaud and C. Cloutier (2003a) : Molecular interactions between an insect predator and its herbivore prey on transgenic potato expressing a cysteine protease inhibitor from rice. *Molecular Ecology*, **12**, 2429-2437
- 52) Bouchard, E., C. Cloutier and D. Michaud (2003b) : Oryzacytostain I expressed in transgenic potato induces digestive compensation in a insect natural predator via its herbivorous prey feeding on the plant. *Molecular Ecology*, **12**, 2439-2446
- 53) Bourguet, D., J. Chaufaux, A. Micoud, M. Delos, B. Naibo, F. Bombrade, G. Maroue, N. Eychenne and C. Pagliari (2002) : *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). *Environ. Biosafety Res.*, **1**, 49-60
- 54) Bruck, D. J., M. D. Lopez, L. C. Lewis, J. R. Prasifka and R. D. Gunnarson (2006) : Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and permethrin on nontarget arthropods. *J. Agric. Urban Entomol.*, **23**, 111-124
- 55) Brusetti, L., P. Francia, C. Bertolini, A. Pagliuca, S. Borin, C. Sorlini, A. Abruzzese, G. Sacchi, C. Viti, L. Giovannetti, E. Giuntini, M. Bazzicalupo and D. Daffonchio (2004) : Bacterial communities associated with the rhizosphere of transgenic Bt 176 maize (*Zea mays*) and its non transgenic counterpart. *Plant Soil*, **266**, 11-21
- 56) Bundy, C. S., P. F. Smith, D. B. Richman and R. L. Steiner (2005) : Survey of spiders of cotton in New Mexico with seasonal evaluations between Bt and Non-Bt varieties. *J. Entomol. Sci.*, **40**, 355-367
- 57) Burgess, E. P. J., B. A. Philip, E. I. Barraclough, R. K. Marshall and J. T. Christeller (2008a) : Impacts on the predatory carabid beetle *Ctenognathus novaezelandiae* of pure and mixed diets of natural field-collected prey and *Spodoptera litura* fed control or transgenic avidin tobacco. *Biol. Control*, **48**, 55-62
- 58) Burgess, E. P. J., B. A. Philip, J. T. Christeller, N. E. M. Page, R. K. Marshall and M. W. Wohlers (2008b) : Tri-trophic effects of transgenic insect-resistant tobacco expressing a protease inhibitor or a biotin-binding protein on adults of the predatory carabid beetle *Ctenognathus novaezelandiae*. *J. Insect Physiol.*, **54**, 518-528
- 59) Candolfi, M. P., K. Brown, C. Grimm, B. Reber and H. Schmidli (2004) : A faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. *Biocontrol Sci. Technol.*, **14**, 129-170
- 60) Carter, M. E., M. G. Villani, L. L. Allee and J. E. Losey (2004) : Absence of non-target effects of two *Bacillus thuringiensis* coleopteran active  $\delta$ -endotoxins on the bulb mite, *Rhizoglyphus robini* (Claparede) (Acari, Acaridae). *J. Appl. Entomol.*, **128**, 56-63
- 61) Castaldini, M., A. Turrini, C. Sbrana, A. Benedetti, M. Marchionni, S. Mocali, A. Fabiani, S. Landi, F. Santomassimo, B. Pietrangeli, M. P. Nuti, N. Miclaus and M. Giovannetti (2005) : Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.*, **71**, 6719-6729
- 62) Catangui, M. A. and R. K. Berg (2006) : Western Bean Cutworm, *Striacosta albicosta* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), as a potential pest of transgenic Cry1Ab *Bacillus thuringiensis* corn hybrids in South Dakota. *Environ. Entomol.*, **35**, 1439-1452
- 63) Cattaneo, M. G., C. Yafuso, C. Schmidt, C-Y. Huang, M. Rahman, C. Olson, C. Ellers-Kirk, B. J. Orr, S. E. Marsh, L. Antilla, P. Dutilleul and Y. Carriere (2006) : Farm-scale evaluation of the impacts of transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 7571-7576
- 64) Chambers, C. P., M. R. Whiles, E. J. Rosi-Marshall, J. L. Tank, T. V. Royer, N. A. Griffiths, M. A. Evans-White

- and A. R. Stojak (2010) : Responses of stream macro invertebrates to Bt maize leaf detritus. *Ecol. Appl.*, **20**, 1949-1960
- 65) Chen, D., G. Ye, C. Yang, Y. Chen and Y. Wu (2004) : Effect after introducing *Bacillus thuringiensis* gene on nitrogen metabolism in cotton. *Field Crops Res.*, **87**, 235-244
- 66) Chen, M., G. Y. Ye, Z. C. Liu, H. W. Yao, X. X. Chen, S. Z. Shen, C. Hu and S. K. Datta (2006) : Field assessment of the effects of transgenic rice expressing a fused gene of *cry1Ab* and *cry1Ac* from *Bacillus thuringiensis* Berliner on nontarget planthopper and leafhopper populations. *Environ. Entomol.*, **35**, 127-134.
- 67) Chen, M., Z. C. Liu, G. Y. Ye, Z. C. Shen, C. Hu, Y. F. Peng, I. Altosaar and A. M. Shelton (2007) : Impacts of transgenic *cry1Ab* rice on non-target planthoppers and their main predator *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae). A case study of the compatibility of Bt rice with biological control. *Biol. Control*, **42**, 242-250
- 68) Chen, M., J. Z. Zhao, H. L. Collins, E. D. Earle, J. Cao and A. M. Shelton (2008a) : A critical assessment of the effects of Bt transgenic plants on parasitoids. *PLoS ONE*, **3**, e2284, 1-7
- 69) Chen, M., J. Z. Zhao, A. M. Shelton, J. Cao and E. D. Earle (2008b) : Impact of single-gene and dual-gene Bt broccoli on the herbivore *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) and its pupal endoparasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Transgenic Res.*, **17**, 545-555
- 70) Chen, M., G. Y. Ye, Z. C. Liu, Q. Fang, C. Hu, Y. F. Peng and A. M. Shelton (2009) : Analysis of *Cry1Ab* toxin bioaccumulation in a food chain of Bt rice, an herbivore and a predator. *Ecotoxicol.*, **18**, 230-238
- 71) Clark, B. W. and J. R. Coats (2006) : Subacute effects of *Cry1Ab* Bt corn litter on the earthworm *Eisenia fetida* and the springtail *Folsomia candida*. *Environ. Entomol.*, **35**, 1121-1129
- 72) Clark, B. W., T. A. Phillips and J. R. Coats (2005) : Environmental fate and effects of *Bacillus thuringiensis* (Bt) proteins from transgenic crops: a Review. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 4643-4653
- 73) Collins, C. L., P. J. Eason, F. R. Dunshea, T. J. V. Higgins and R. H. King (2006) : Starch but not protein digestibility is altered in pigs fed transgenic peas containing  $\alpha$ -amylase inhibitor. *J. Sci. Food Agric.*, **86**, 1894-1899
- 74) Cortet, J., M. N. Andersen, S. Caul, B. Griffiths, R. Joffre, B. Lacroix, C. Sausse, J. Thompson and P. H. Krong (2006) : Decomposition processes under Bt (*Bacillus thuringiensis*) maize: Results of a multi-site experiment. *Soil Biol. Biochem.*, **38**, 195-199
- 75) Couty, A., R. E. Down, A. M. R. Gatehouse, L. Kaiser, M-H. Pham-Delegue and G. M. Poppy (2001a) : Effects of artificial diet containing GNA and GNA-expressing potatoes on the development of the aphid parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae). *J. Insect Physiol.*, **47**, 1357-1366
- 76) Couty, A., G. Vina, S. J. Clark, L. Kaiser, M-H. Pham-Delegue and G. M. Poppy (2001b) : Direct and indirect sublethal effects of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) on the development of a potato-aphid parasitoid, *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *J. Insect Physiol.*, **47**, 553-561
- 77) Cowgill, S. E. and H. J. Atkinson (2003) : A sequential approach to risk assessment of transgenic plants expressing protease inhibitors: effects on nontarget herbivorous insects. *Transgenic Res.*, **12**, 439-449
- 78) Cowgill, S. E., R. D. Bardgett, D. T. Kiezerink and H. J. Atkinson (2002a) : The effect of transgenic nematode resistance on non-target organisms in the potato rhizosphere. *J. Appl. Ecol.*, **39**, 915-923
- 79) Cowgill, S. E., C. Wright and J. Atkinson (2002b) : Transgenic potatoes with enhanced levels of nematode resistance do not have altered susceptibility to nontarget aphids. *Molecular Ecology*, **11**, 821-827
- 80) Cowgill, S. E., C. Danks and H. J. Atkinson (2004) : Multitrophic interactions involving genetically modified potatoes, nontarget aphids, natural enemies and hyperparasitoids. *Molecular Ecology*, **13**, 639-648
- 81) Daly, T. and G. D. Buntin (2005) : Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for lepidopteran control on nontarget arthropods. *Environ. Entomol.*, **34**, 1292-1301
- 82) Daudu, C. K., P. Muchaonyerwa and P. N. S. Mkeni (2009) : Litterbag decomposition of genetically modified maize residues and their constituent

- Bacillus thuringiensis* protein (Cry1Ab) under field conditions in the central region of the Eastern Cape, South Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **134**, 153-158
- 83) Davidson, M. M., R. C. Butler, S. D. Wratten and A. J. Conner (2006): Impacts of insect-resistant transgenic potatoes on the survival and fecundity of a parasitoid and an insect predator. *Biol. Control*, **37**, 224-230
- 84) De-La-Poza, M., X. Pons, G. P. Farinos, C. Lopez, F. Ortego, M. Eizaguirre, P. Castanera and R. Albajes (2005): Impact of farm scale Bt maize on predatory fauna in Spain. *Crop Prot.*, **24**, 677-684
- 85) Desneux, N., R. Ramirez-Romero, A. H. Bokonon-Ganta and J. S. Bernal (2010): Attraction of the parasitoid *Cotesia marginiventris* to host (*Spodoptera frugiperda*) frass is affected by transgenic maize. *Ecotoxicol.*, **19**, 1183-1192
- 86) Devare, M. H., C. M. Jones and J. E. Thies (2004): Effect of Cry3Bb transgenic corn and tefluthrin on the soil microbial community: Biomass, activity, and diversity. *J. Environ. Qual.*, **33**, 837-843
- 87) Devare, M., R. L. M. Londono and J. E. Thies (2007): Neither transgenic Bt maize (MON863) nor tefluthrin insecticide adversely affect soil microbial activity or biomass: A 3-year field analysis. *Soil Biol. Biochem.*, **39**, 2038-2047
- 88) Diné, H., M. Schnitzer, M. Saharinen, F. Meloche, T. Pare, S. Dumontet, L. Lemee and A. Ambles (2003): Extractable soil lipids and microbial activity as affected by Bt and non Bt maize grown on a silty clay loam soil. *J. Environ. Health B*, **38**, 211-219
- 89) Dively, G. P. (2005): Impact of transgenic Vip3A × Cry1Ab lepidopteran-resistant field corn on the nontarget arthropod community. *Environ. Entomol.*, **34**, 1267-1291
- 90) Dively, G. P., R. Rose, M. K. Sears, R. L. Hellmich, D. E. Stanley-Horn, D. D. Calvin, J. M. Russo and P. L. Anderson (2004): Effects on Monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab-expressing corn during anthesis. *Environ. Entomol.*, **33**, 1116-1125
- 91) Dogan, E. B., R. E. Berry, G. L. Reed and P. A. Rossignol (1996): Biological parameters of convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on aphids (Homoptera: Aphididae) on transgenic potato. *J. Econ. Entomol.*, **89**, 1105-1108
- 92) Donegan, K. K., C. J. Palm, V. J. Fieland, L. A. Porteous, L. M. Ganio, D. L. Schaller, L. O. Bucayo and R. J. Seidler (1995): Changes in levels, species and DNA fingerprints of soil microorganisms associated with cotton expressing the *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* endotoxin. *Appl. Soil Ecol.*, **2**, 111-124
- 93) Donegan, K. K., D. L. Schaller, J. K. Stone, L. M. Ganio, G. Reed, P. B. Hamm and R. J. Seidler (1996): Microbial populations, fungal species diversity and plant pathogen levels in field plots of potato plants expressing the *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* endotoxin. *Transgenic Res.*, **5**, 25-35
- 94) Donegan, K. K., R. J. Seidler, V. J. Fieland, D. L. Schaller, C. J. Palm, L. M. Ganio, D. M. Cardwell and Y. Steinberger (1997): Decomposition of genetically engineered tobacco under field conditions: persistence of the proteinase inhibitor I product and effects on soil microbial respiration and protozoa, nematode and microarthropod populations. *J. Appl. Ecol.*, **34**, 767-777
- 95) Douville, M., F. Gagne, L. Masson, J. McKay and C. Blaise (2005): Tracking the source of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab endotoxin in the environment. *Biochem. Syst. Ecol.*, **33**, 219-232
- 96) Douville, M., F. Gagne, C. Blaise and C. Andre (2007): Occurrence and persistence of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and transgenic Bt corn cry1Ab gene from an aquatic environment. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **66**, 195-203
- 97) Douville, M., F. Gagne, C. Andre and C. Blaise (2009): Occurrence of the transgenic corn cry1Ab gene in freshwater mussels (*Elliptio complanata*) near corn fields: Evidence of exposure by bacterial ingestion. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **72**, 17-25
- 98) Dowd, P. F. (2000): Dusky sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) and other kernel damaging insects in Bt and non-Bt sweet corn in Illinois. *J. Econ. Entomol.*, **93**, 1714-1720
- 99) Dowd, P. F. (2005): Suitability of commercially available insect traps and pheromones for monitoring Dusky sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) and related insects in Bt sweet corn. *J. Econ. Entomol.*, **98**,

- 856-861
- 100) Down, R. E., L. Ford, S. D. Woodhouse, R. J. M. Raemaekers, B. Leith, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2000): Snowdrop lectin (GNA) has no acute toxic effects on beneficial insect predator, the 2-spot ladybird (*Adalia bipunctata* L.). *J. Insect Physiol.*, **46**, 379-391
- 101) Down, R. E., L. Ford, S. D. Woodhouse, G. M. Davison, M. E. N. Majerus, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2003): Tritrophic interactions between transgenic potato expressing snowdrop lectin (GNA), an aphid pest (peach-potato aphid; *Myzus persicae* (Sulz.) and a beneficial predator (2-spot ladybird; *Adalia bipunctata* L.). *Transgenic Res.*, **12**, 229-241
- 102) Duan, J. J., G. Head, M. J. McKee, T. E. Nickson, J. W. Martin and F. S. Sayegh (2002): Evaluation of dietary effects of transgenic corn pollen expressing Cry3Bb1 protein a non-target ladybird beetle, *Coleomegilla maculata*. *Entomol. Exp. Appl.*, **104**, 271-280
- 103) Duan, J. J., G. Head, A. Jensen and G. Reed (2004): Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* potato and conventional insecticides for Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) management on the abundance of ground-dwelling arthropods in Oregon potato ecosystems. *Environ. Entomol.*, **33**, 275-281
- 104) Duan, J. J., M. S. Paradise, J. G. Lundgren, J. T. Bookout, C. Jiang and R. T. Wiedenmann (2006): Assessing nontarget impacts of Bt corn resistant to corn rootworms: Tier-1 testing with larvae of *Poecilus chalcites* (Coleoptera: Carabidae). *Environ. Entomol.*, **35**, 135-142
- 105) Duan, J. J., M. Marvier, J. Huesing, G. Dively and Z. Y. Huang (2008a): A meta-analysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS ONE*, **1**, e1415, 1-6
- 106) Duan, J. J., D. Teixeira, J. E. Huesing and C. Jiang (2008b): Assessing the risk to nontarget organisms from Bt corn resistant to corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae): Tier-I testing with *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.*, **37**, 838-844
- 107) Duan, J. J., J. G. Lundgren, S. Naranjo and M. Marvie (2010): Extrapolating non-target risk of Bt crops from laboratory to field. *Biol. Letters*, **6**, 74-77
- 108) Dubelman, S., B. R. Ayden, B. M. Bader, C. R. Brown, C. Jiang and D. Vlachos (2005): Cry1Ab protein does not persist in soil after 3 years of sustained Bt corn use. *Environ. Entomol.*, **34**, 915-921
- 109) Dutton, A., H. Klein, J. Romeis and F. Bigler (2002): Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecol. Entomol.*, **27**, 441-447
- 110) Dutton, A., H. Klein, J. Romeis and F. Bigler (2003a): Prey-mediated effects of *Bacillus thuringiensis* spray on the predator *Chrysoperla carnea* in maize. *Biol. Control*, **26**, 209-215
- 111) Dutton, A., J. Romeis and F. Bigler (2003b): Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study. *BioControl*, **48**, 611-636
- 112) Eckert, J., I. Schuphan, L. A. Hothorn and A. Gathmann (2006): Arthropods on maize ears for detecting impacts of Bt maize on nontarget organisms. *Environ. Entomol.*, **35**, 554-560
- 113) Escher, N., B. Kach and W. Nentwig (2000): Decomposition of transgenic *Bacillus thuringiensis* maize by microorganisms and woodlice *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda). *Basic Appl. Ecol.*, **1**, 161-169
- 114) Fang, M., R. J. Kremer, P. P. Motavalli and G. Davis (2005): Bacterial diversity in rhizospheres of nontransgenic and transgenic corn. *Appl. Environ. Microbiol.*, **71**, 4132-4136
- 115) Fang, M., P. P. Motavalli, R. J. Kremer and K. A. Nelson (2007): Assessing changes in soil microbial communities and carbon mineralization in Bt and non-Bt corn residue-amended soil. *Appl. Soil Ecol.*, **37**, 150-160
- 116) Faria, C. A., F. L. Wackers., J. Pritchard, D. A. Barrett and T. C. J. Turlings (2007): High susceptibility of Bt maize to aphids enhances the performance of parasitoids of lepidopteran pests. *PLoS ONE*, **2**, e600, 1-11
- 117) Farinos, G. P., M. De-la-Poza, P. Hernandez-Crespo, F. Ortego and P. Castanera (2008): Diversity and seasonal phenology of aboveground arthropods in conventional and transgenic maize crops in Central

- Spain. *Biol. Control*, **44**, 362-37
- 118) Farrar, Jr. R. R., M. Shapiro and B. M. Shepard (2005): Enhanced activity of the nucleopolyhedrovirus of the Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt-transgenic and nontransgenic sweet corn with a fluorescent brightener and a feeding stimulant. *Environ. Entomol.*, **34**, 825-832
- 119) Federico, P., T. G. Hallam, G. F. McCracken, S. T. Purucker, W. E. Grant, A. N. Correa-Sandoval, J. K. Westbrook, R. A. Medellin, C. J. Cleveland, C. G. Sansone, A. Moreno-Valdez and T. H. Kunz (2008): Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecol. Appl.*, **18**, 826-837
- 120) Felke, M., N. Lorenz and G. A. Langenbruch (2002): Laboratory studies on the effects of pollen from Bt-maize on larvae of some butterfly species. *J. Appl. Entomol.*, **126**, 320-325
- 121) Fernandes, O. A., M. Fari, S. Martinelli, F. Schmidt, V. F. Carvalho and C. Moro (2007): Short-term assessment of Bt maize on non-target arthropods in Brazil. *Scienta Agricola Piracicaba Brasil*, **64**, 249-255
- 122) Ferry, N., R. J. M. Raemaekers, M. E. N. Majerus, L. Jouanin, G. Port, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2003): Impact of oilseed rape expressing the insecticidal cysteine protease inhibitor oryzacystain on the beneficial predator *Harmonia axyridis* (multicoloured Asian ladybeetle). *Molecular Ecology*, **12**, 493-504
- 123) Ferry, N., L. L. R. Jouanin, E. A. Ceci, A. Mulligan, K. Emami, J. A. Gatehouse and A. M. R. Gatehouse (2005): Impact of oilseed rape expressing the insecticidal serine protease inhibitor, mustard trypsin inhibitor-2 on the beneficial predator *Pterostichus madidus*. *Molecular Ecology*, **14**, 337-349
- 124) Ferry, N., E. A. Mulligan, C. N. Stewart, B. E. Tabashnik, G. R. Port and A. M. R. Gatehouse (2006): Prey-mediated effects of transgenic canola on a beneficial, non-target, carabid beetle. *Transgenic Res.*, **15**, 501-514
- 125) Ferry, N., E. A. Mulligan, M. E. N. Majerus and A. M. R. Gatehouse (2007): Bitrophic and tritrophic effects of Bt Cry3A transgenic potato on beneficial, non-target, beetle. *Transgenic Res.*, **16**, 795-812
- 126) Fitt, G. P., C. L. Mares and D. J. Llewellyn (1994): Field evaluation and potential ecological impact of transgenic cottons (*Gossypium hirsutum*) in Australia. *Biocontrol Sci. Technol.*, **4**, 535-548
- 127) Flint, H. M., T. J. Henneberry, F. D. Wilson, E. Holguim, N. Parks and R. E. Buehler (1995): The effects of transgenic cotton, *Gossypium hirsutum* L. containing *Bacillus thuringiensis* toxin for the control of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) and other arthropods. *Southwest. Entomol.*, **20**, 281-292
- 128) Floate, K. D., H. A. Carcamo, R. E. Blackshaw, B. Postman and S. Bourassa (2007): Response of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) field populations to four years of lepidoptera-specific Bt corn production. *Environ. Entomol.*, **36**, 1269-1274
- 129) Flores, S., D. Saxena and G. Stotzky (2005): Transgenic Bt plants decompose less in soil than non-Bt plants. *Soil Biol. Biochem.*, **37**, 1073-1082
- 130) Frouz, J., D. Elhottova, M. Helingerova and F. Kocourek (2008): The effect of Bt-corn on soil invertebrates, soil microbial community and decomposition rates of corn post-harvest residues under field and laboratory conditions. *J. Sustain. Agric.*, **32**, 645-655
- 131) Gao, M. Q., S. P. Hou, D. Q. Pu, M. Shi, G. Y. Ye and X. X. Chen (2010): Multi-generation effects of Bt rice on *Anagrus nilaparvatae*, a parasitoid of the nontarget pest *Nilaparvata lugens*. *Environ. Entomol.*, **39**, 2039-2044
- 132) Garcia, M., F. Ortego, P. Castanera and G. P. Farinos (2010): Effects of exposure to the toxin Cry1Ab through Bt maize fed-prey on the performance and digestive physiology of the predatory rove beetle *Atheta coriaria*. *Biol. Control*, **55**, 225-233
- 133) Gathmann, A., L. Wirooks, J. Eckert and I. Schuphan (2006a): Spatial distribution of *Aglais urticae* (L.) and its host plant *Urtica dioica* (L.) in an agricultural landscape: implications for Bt maize risk assessment and post-market monitoring. *Environ. Biosafety Res.*, **5**, 27-36
- 134) Gathmann, A., L. Wirooks, L. A. Hothorn, D. Bartsch and I. Schuphan (2006b): Impact of Bt maize pollen (MON810) on lepidopteran larvae living on

- accompanying weeds. *Molecular Ecology*, **15**, 2677–2685
- 135) Geng, J.-H., Z.-R. Shen, K. Song and L. Zheng (2006) : Effect of pollen of regular cotton and transgenic Bt + CpTI cotton on the survival and reproduction of the parasitoid wasp (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the laboratory. *Environ. Entomol.*, **35**, 1661–1668
- 136) Gorecka, J., M. Godzina and Z. T. Dabrowski (2008) : Effect of Bt maize MON810 expressing Cry1Ab toxin on *Aphidius colemani* in tritrophic plant–herbivore–parasitoid system. *J. Plant Prot. Res.*, **48**, 130–136
- 137) Griffiths, B. S., I. E. Geoghegan and W. M. Robertson (2000) : Testing genetically engineered potato, producing the lectins GNA and Con A, on non–target soil organisms and processes. *J. Appl. Ecol.*, **37**, 159–170
- 138) Griffiths, B. S., S. Caul, J. Thompson, A. N. E. Birch, C. Scrimgeour, M. N. Andersen, J. Cortet, A. Messean, C. Sausse, B. Lacroix and P. H. Krogh (2005) : A comparison of soil microbial community structure, protozoa and nematodes in field plots of conventional and genetically modified maize expressing the *Bacillus thuringiensis* CryIAb toxin. *Plant Soil*, **275**, 135–146
- 139) Griffiths, B. S., S. Caul, J. Thompson, A. N. E. Birch, C. Scrimgeour, J. Cortet, A. Foggo, C. A. Hackett and P. H. Krogh (2006) : Soil microbial and faunal community responses to Bt maize and insecticide in two soils. *J. Environ. Qual.*, **35**, 734–741
- 140) Griffiths, B. S., L. H. Heckmann, S. Caul, J. Thompson, C. Scrimgeour and P. H. Krogh (2007) : Varietal effects of eight paired lines of transgenic Bt maize and near–isogenic non–Bt maize on soil microbial and nematode community structure. *Plant Biotechnol. J.*, **5**, 60–68
- 141) Griffiths, N. A., J. L. Tank, T. V. Royer, E. J. Rosi–Marshall, M. R. Whiles, C. P. Chambers, T. C. Frauendorf and M. A. Evans–White (2009) : Rapid decomposition of maize detritus in agricultural headwater streams. *Ecol. Appl.*, **19**, 133–142
- 142) Guo, J. Y., F. H. Wan, L. Dong, G. L. Lovei and Z. Han (2008) : Tri–trophic interactions between Bt cotton, the herbivore *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), and the predator (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, **37**, 263–270
- 143) Hagerty, A. M., A. L. Kilpatrick, S. G. Turnipseed, M. J. Sullivan and W. C. Bridges (2005) : Predaceous arthropods and lepidopteran pests on conventional, Bollgard, and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. *Environ. Entomol.*, **34**, 105–114
- 144) Han, P., C. Y. Niu, C. L. Lei, J. J. Cul and N. Desneux (2010a) : Quantification of toxins in a Cry1Ac + CpTI cotton cultivar and its potential effects on the honey bee *Apis mellifera* L. *Ecotoxicol.*, **19**, 1452–1459
- 145) Han, P., C. Y. Niu, C. L. Lei, J. J. Cul and N. Desneux (2010b) : Use of an innovative T–tube maze assay and the proboscis extension response assay to assess sublethal effects of GM products and pesticides on learning capacity of the honey bee *Apis mellifera* L. *Ecotoxicol.*, **19**, 1612–1619
- 146) Hanley, A.V., Z. Y. Huang and W. L. Pett (2003) : Effects of dietary transgenic Bt corn pollen on larvae of *Apis mellifera* and *Galleria mellonella*. *J. Apicul. Res.*, **42**, 77–81
- 147) Hanley, A. M., T. M. Wilkins and J. D. Sedlacek (2004) : Cry1Ab and Cry9C transgenic corn hybrid effects on laboratory populations of Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) and Angoumois Grain moth (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Entomol. Sci.*, **39**, 514–524
- 148) Harwood, J. D. and J. J. Obrycki (2006) : The detection and decay of Cry1Ab Bt–endotoxins within non–target slugs, *Deroceras reticulatum* (Mollusca: Pulmonata), following consumption of transgenic corn. *Biocontrol Sci. Technol.*, **16**, 77–88
- 149) Harwood, J. D., W. G. Wallin and J. J. Obrycki (2005) : Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology*, **14**, 2815–2824
- 150) Harwood, J. D., R. A. Samson and J. J. Obrycki (2006) : No evidence for the uptake of Cry1Ab Bt–endotoxins by the generalist predator *Scarites subterraneus* (Coleoptera: Carabidae) in laboratory and field experiments. *Biocontrol Sci. Technol.*, **16**, 377–388
- 151) Harwood, J. D., R. A. Samson and J. J. Obrycki (2007) : Temporal detection of Cry1Ab–endotoxins in coccinellid predators from fields of *Bacillus*

- thuringiensis* corn. *Bull. Entomol. Res.*, **97**, 643-648
- 152) Hassell, R. and B. M. Shepard (2002): Insect populations on *Bacillus thuringiensis* transgenic sweet corn. *J. Entomol. Sci.*, **37**, 285-292
- 153) Head, G., C. R. Brown, M. E. Groth and J. J. Duan (2001): Cry1Ab protein levels in phytophagous insects feeding on transgenic corn: implications for secondary exposure risk assessment. *Entomol. Exp. Appl.*, **99**, 37-45
- 154) Head, G., J. B. Surber, J. A. Watson, J. W. Martin and J. J. Duan (2002): No detection of Cry1Ac protein in soil after multiple years of transgenic Bt cotton (Bollgard) use. *Environ. Entomol.*, **31**, 30-36
- 155) Head, G., W. Moar, M. Eubanks, B. Freeman, J. Ruberson, A. Hagerty and S. Turnipseed (2005): A multiyear, large-scale comparison of arthropod populations on commercially managed Bt and non-Bt cotton field. *Environ. Entomol.*, **34**, 1257-1266
- 156) Heckmann, L.-H., B. S. Griffiths, S. Caul, J. Thompson, M. Pusztai-Carey, W. J. Moar, M. N. Andersen and P. H. Krogh (2006): Consequences for *Protaphorura armata* (Collembola: Onychiuridae) following exposure to genetically modified *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize and non-Bt maize. *Environ. Poll.*, **142**, 212-216
- 157) Hellmich, R. L., B. D. Siegfried, M. K. Sears, D. E. Stanley-Horn, M. J. Daniels, H. R. Mattila, S. Spencer, K. G. Bidne and L. C. Lewis (2001): Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis* -purified proteins and pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11925-11930
- 158) Herman, R. A., S. L. Evans, D. M. Shanahan, C. A. Mihalika, G. A. Bormett, D. L. Young and J. Buehrer (2001): Rapid degradation of Cry1F delta-endotoxin in soil. *Environ. Entomol.*, **30**, 642-644
- 159) Higgins, L. S., J. Babcock, P. Neese, R. J. Layton, D. J. Moellenbeck and N. Storer (2009): Three-year field monitoring of Cry1F, event DAS-01507-1, maize hybrids for nontarget arthropod effects. *Environ. Entomol.*, **38**, 281-292
- 160) Hilbeck, A., M. Baumgartner, M. P. Fried and F. Bigler (1998a): Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, **27**, 480-487
- 161) Hilbeck, A., W. J. Moar, M. P. Carey, A. Filippini and F. Bigler (1998b): Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, **27**, 1255-1263
- 162) Hilbeck, A., W. J. Moar, M. P. Carey, A. Filippini and F. Bigler (1999): Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomol. Exp. Appl.*, **91**, 305-316
- 163) Hoffmann, M. P., F. G. Zalom, L. T. Wilson, J. M. Smilanick, L. D. Malyl, J. Kiser, V. A. Hilder and W. M. Bamnes (1992): Field evaluation of transgenic tobacco containing genes encoding *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxin or cowpea trypsin inhibitor: Efficacy against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, **85**, 2516-2522
- 164) Hoheisel, G. A. and S. J. Fleischer (2007): Coccinellids, aphids, and pollen in diversified vegetable fields with transgenic and isolate cultivars. *J. Insect Sci.*, **7**, 1-12
- 165) Honemann, L. and W. Nentwig (2009): Are survival and reproduction of *Enchytraeus albidus* (Annelida: Enchytraeidae) at risk by feeding on Bt-maize litter? *Eur. J. Soil Biol.*, **45**, 351-355
- 166) Honemann, L. and W. Nentwig (2010): Does feeding on Bt-maize affect the slug *Arion vulgaris* (Mollusca, Arionidae)? *Biocontrol Sci. Technol.*, **20**, 13-18
- 167) Honemann, L., C. Zurbrugg and W. Nentwig (2008): Effects of Bt-corn decomposition on the composition of the soil meso- and macrofauna. *Appl. Soil Ecol.*, **40**, 203-209
- 168) Hopkins, D. W. and E. G. Gregorich (2003): Detection and decay of the Bt endotoxin in soil from a field trial with genetically modified maize. *Eur. J. Soil Sci.*, **54**, 793-800
- 169) Hopkins, D. W. and E. G. Gregorich (2005): Decomposition of residues and loss of the  $\delta$ -endotoxin from transgenic (*Bt*) corn (*Zea mays* L.) in soil. *Can. J. Soil Sci.*, **85**, 19-26
- 170) Hoss, S., M. Arndt, S. Baumgarte, C. C. Tebbe, H. T. Nguyen and J. A. Jehle (2008): Effects of



- transgenic corn and Cry1Ab protein on the nematode, *Caenorhabditis elegans*. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **70**, 334-340
- 171) Howald, R., C. Zwahlen and W. Nentwig (2003) : Evaluation of Bt oilseed rape on the non-target herbivore *Athalia rosae*. *Entomol. Exp. Appl.*, **106**, 87-93
- 172) Hu, H. Y., X. X. Liu, Z. W. Zhao, J. G. Sun, Q. W. Zhang, X. Z. Liu and Y. Yu (2009) : Effects of repeated cultivation of transgenic Bt cotton on functional bacterial populations in rhizosphere soil. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **25**, 357-366
- 173) Hussein, H. M., O. Habustova and F. Sehnal (2005) : Beetle-specific *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin reduces larval growth and curbs reproduction in *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Pest Manag. Sci.*, **61**, 1186-1192
- 174) Hussein, H. M., O. Habustova, F. Turanli and F. Sehnal (2006) : Potato expressing beetle-specific *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin reduces performance of a moth. *J. Chem. Ecol.*, **32**, 1-13
- 175) Icoz, I. and G. Stotzky (2008) : Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 559-586
- 176) Icoz, I., D. Saxena, D. Andow, C. Zwahlen and G. Stotzky (2008) : Microbial populations and enzyme activities in soil in situ under transgenic corn expressing Cry proteins from *Bacillus thuringiensis*. *J. Environ. Qual.*, **37**, 647-662
- 177) James, C. A. (2011) : *Global status of commercialized Biotech/GM crops*, 2010. ISAAA Briefs **No.42**, ISAAA, Ithaca
- 178) Jasinski, J. R., J. B. Eisley, C. E. Young, J. Kovach and H. Willson (2003) : Select nontarget arthropod abundance in transgenic and nontransgenic field crops in Ohio. *Environ. Entomol.*, **32**, 407-413
- 179) Jensen, P. D., G. P. Dively, C. M. Swan and W. O. Lamp (2010) : Exposure and nontarget effects of transgenic Bt corn debris in streams. *Environ. Entomol.*, **39**, 707-714
- 180) Jesse, L. C. H. and J. J. Obrycki (2000) : Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia*, **125**, 241-248
- 181) Jesse, L. C. H. and J. J. Obrycki (2002) : Assessment of the non-target effects of transgenic Bt corn pollen and anthers on the milkweed tiger moth, *Euchatias egle* Drury (Lepidoptera: Arctiidae). *J. Kansas Entomol. Soc.*, **75**, 55-58
- 182) Jesse, L. C. H. and J. J. Obrycki (2003) : Occurrence of *Danaus plexippus* L. (Lepidoptera: Danaidae) in milkweeds (*Asclepias syriaca*) in transgenic Bt corn agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **97**, 225-233
- 183) Johnson, M. T. (1997) : Interaction of resistant plants and wasp parasitoids of tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.*, **26**, 207-214
- 184) Johnson, M. T. and F. Gould (1992) : Interaction of genetically engineered host plant resistance and natural enemies of *Heliothis virescence* (Lepidoptera: Noctuidae) in tobacco. *Environ. Entomol.*, **21**, 586-597
- 185) Johnson, M. T., F. Gould and G. G. Kennedy (1997) : Effects of natural enemies on relative fitness of *Heliothis virescens* genotypes adapted and not adapted to resistant host plants. *Entomol. Exp. Appl.*, **82**, 219-230
- 186) Kalushkov, P. and O. Nedved (2005) : Genetically modified potatoes expressing Cry3A protein do not affect aphidophagous coccinellids. *J. Appl. Entomol.*, **129**, 401-406
- 187) Kim, Y. H., J. S. Kang, J. I. Kim, M. Kwon, S. Lee, H. S. Cho and S. H. Lee (2008) : Effects of Bt transgenic chinese cabbage on the herbivore *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.*, **101**, 1134-1139
- 188) Knecht, S. and W. Nentwig (2010) : Effect of Bt maize on the reproduction and development of saprophagous Diptera over multiple generations. *Basic Appl. Ecol.*, **11**, 346-353
- 189) Knox, O. G., G. A. Constable, B. Pyke and S. R. Gupta (2006) : Environmental impact of conventional and Bt insecticidal cotton expressing one and two Cry genes in Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, **57**, 501-509
- 190) Knox, O. G. G., D. B. Nehl, T. Mor, G. N. Roberts and V. V. S. R. Gupta (2008) : Genetically modified cotton has no effect on arbuscular mycorrhizal colonization of roots. *Field Crops Res.*, **109**, 57-60

- 191) Koch, R. L., W. D. Hutchison and R. C. Venette (2003) : Survival of monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Nymphalidae), larvae on milkweed near Bt cornfields. *J. Lepidop. Soc.*, **57**, 92-99
- 192) Konrad, R., M. Connor, N. Ferry, A. M. R. Gatehouse and D. Babendreier (2009) : Impact of transgenic oilseed rape expressing oryzacystatin-1 (OC-1) and of insecticidal proteins on longevity and digestive enzymes of the solitary bee *Osmia bicornis*. *J. Insect Physiol.*, **55**, 305-313
- 193) Kramarz, P. E., A. de Vaufleury, P. M. S. Zygmunt and C. Verdun (2007) : Increased response to Cadmium and *Bacillus thuringiensis* maize toxicity in the snail *Helix aspersa* infected by the nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita*. *Environ. Toxicol. Chem.*, **26**, 73-79
- 194) Kramarz, P., A. de Vaufleury, F. Gimbert, J. Cortet, E. Tabone, M. N. Andersen and P. H. Krogh (2009) : Effects of Bt-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus asperses*. *Appl. Soil Ecol.*, **42**, 236-242
- 195) Kravchenko, A. N., X. Hao and G. P. Robertson (2009) : Seven years of continuously planted Bt corn did not affect mineralizable and total soil C and total N in surface soil. *Plant Soil*, **318**, 269-274
- 196) Lachnicht, S. L., P. F. Hendrix, R. L. Potter, D. C. Coleman and D. A. Crossley Jr. (2004) : Winter decomposition of transgenic cotton residue in conventional-till and no-till system. *Appl. Soil Ecol.*, **27**, 135-142
- 197) Lamarche, J. and R. C. Hamelin (2007) : No evidence of an impact on the rhizosphere diazotroph community by the expression of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin by Bt white spruce. *Appl. Environ. Microbiol.*, **73**, 6577-6583
- 198) Lang, A. and E. Vojtech (2006) : The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic Appl. Ecol.*, **7**, 296-306
- 199) Lang, A., C. Ludy and E. Vojtech (2004) : Dispersion and deposition of Bt maize pollen in field margins. *J. Plant Dis. Prot.*, **111**, 417-428
- 200) Lang, A. and M. Otto (2010) : A synthesis of laboratory and field studies on the effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize on non-target Lepidoptera. *Entomol. Exp. Appl.*, **135**, 121-134
- 201) Lawhorn, C. N., D. A. Neher and G. P. Dively (2009) : Impact of coleopteran targeting toxin (Cry3Bb1) of Bt corn on microbially mediated decomposition. *Appl. Soil Ecol.*, **41**, 364-368
- 202) Lawo, N., F. L. Wackers and J. Romeis (2010) : Characterizing indirect prey-quality mediated effects of a Bt crop on predatory larvae of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*. *J. Insect Physiol.*, **56**, 1702-1710
- 203) Lehman, R. M., S. L. Osborne and K. A. Rosentrater (2008a) : No differences in decomposition rates observed between *Bacillus thuringiensis* and non-*Bacillus thuringiensis* corn residue incubated in the field. *Agron. J.*, **100**, 163-168
- 204) Lehman, R. M., S. L. Osborne and K. A. Rosentrater (2008b) : No evidence that *Bacillus thuringiensis* genes and their products influence the susceptibility of corn residue to decomposition. *Agron. J.*, **100**, 1687-1693
- 205) Lei, Z., T. X. Liu and S. M. Greenberg (2009) : Feeding, oviposition and survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on Bt and non-Bt cottons. *Bull. Entomol. Res.*, **99**, 253-261
- 206) Leslie, T. W., G. A. Hoheisel, D. J. Biddinger, J. R. Rohr and S. J. Fleischer (2007) : Transgenes sustain epigeal insect biodiversity in diversified vegetable farm systems. *Environ. Entomol.*, **36**, 234-244
- 207) Leslie, T. W., D. J. Biddinger, J. R. Rohr and S. J. Fleischer (2010) : Conventional and seed-based insect management strategies similarly influence nontarget coleopteran communities in maize. *Environ. Entomol.*, **39**, 2045-2055
- 208) Lewis, L. C., D. J. Bruck, R. D. Gunnarson and K. G. R. Bidne (2001) : Assessment of plant pathogenicity of endophytic *Beauveria bassiana* in Bt transgenic and non-transgenic corn. *Crop Sci.*, **41**, 1395-1400
- 209) Li, W., K. Wu, X. Wang, G. Wang and Y. Guo (2005) : Impact of pollen grains from Bt transgenic corn on the growth and development of Chinese Tussah Silkworm, *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae). *Environ. Entomol.*, **34**, 922-928
- 210) Li, Y. and J. Romeis (2010) : Bt maize expressing Cry3Bb1 does not harm the spider mite, *Tetranychus urticae*, or its ladybird beetle predator, *Stethorus*

- punctillum*. *Biol. Control*, **53**, 337-344
- 211) Li, F. F., C. Y. Ye, Q. Wu, Y. F. Peng and X. X. Chen (2007) : Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt rice fields. *Environ. Entomol.*, **36**, 646-654
- 212) Li, Y., K. Wu, Y. Zhang and G. Yuan (2007) : Degradation of Cry1Ac protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* rice tissues under field and laboratory conditions. *Environ. Entomol.*, **36**, 1275-1282
- 213) Li, X. G., B. Liu, S. Heia, D. D. Liu, Z. M. Han, K. X. Zhou, J. J. Cui, J. Y. Luo and Y. P. Zheng (2009) : The effect of root exudates from two transgenic insect-resistant cotton lines on the growth of *Fusarium oxysporum*. *Transgenic Res.*, **18**, 757-767
- 214) Li, Y., M. Meissle and J. Romeis (2008) : Consumption of Bt maize pollen expressing Cry1Ab or Cry3Bb1 dose not harm adult green lacewings, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *PLoS ONE*, **3**, e2909, 1-8
- 215) Li, Y., M. Meissle and J. Romeis (2010) : Use of maize pollen by adult *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and fate of Cry proteins in Bt-transgenic varieties. *J. Insect Physiol.*, **56**, 157-164
- 216) Lipinski, Z., M. Farjan, K. Zoltowska and B. Polaczek (2008) : Effects of dietary transgenic *Bacillus thuringiensis* maize pollen on hive worker honeybees. *Polish J. Environ. Studies*, **17**, 957-961
- 217) Liu, B., C-R. Xu, F. Yan and R-Z. Gong (2005a) : The impacts of the pollen of insect-resistant transgenic cotton on honeybees. *Biodivers. Conserv.*, **14**, 3487-3496
- 218) Liu, B., Q. Zeng, F. Yan, H. Xu and C. Xu (2005b) : Effects of transgenic plants on soil microorganisms (Review). *Plant Soil*, **271**, 1-13
- 219) Liu, W., H. H. Lu, W. Wu, Q. K. Wei, Y. K. Chen and J. E. Thies (2008) : Transgenic Bt rice does not affect enzyme activities and microbial composition in the rhizosphere during crop development. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 475-486
- 220) Liu, X-D., B-P. Zhai, X-X. Zhang and J-M. Zong (2005) : Impact of transgenic cotton plants on a non-target pest, *Aphis gossypii* Glover. *Ecol. Entomol.*, **30**, 307-315
- 221) Liu, X-X., Q-W. Zhang, J-Z. Zhao, J-C. Li, B-L. Xu and X-M. Ma (2005a) : Effects of Bt transgenic cotton lines on the cotton bollworm parasitoid *Microplitis mediator* in the laboratory. *Biol. Control*, **35**, 134-141
- 222) Liu, X-X., C-G. Sun and Q-W. Zhang (2005b) : Effects of transgenic Cry1A+CpTI cotton and Cry1Ac toxin on the parasitoid, *Campoketis chlorideae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Insect Sci.*, **12**, 101-107
- 223) Liu, X-X., Q-W. Zhang, J-Z. Zhao, Q. Cai, H. Xu and J. Li (2005c) : Effects of the Cry1Ac toxin of *Bacillus thuringiensis* on *Microplitis mediator*, a parasitoid of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Entomol. Exp. Appl.*, **114**, 205-213
- 224) Liu, Z., G. Ye, C. Hu and S. K. Datta (2002) : Effects of Bt transgenic rice on population dynamics of main non-target insect pests and dominant spider species in rice paddies. *Acta Phytophylacica Sinica*, **29**, 138-144
- 225) Liu W., H. H. Lu, W. Wu, Q. K. Wei, Y. X. Chen and J. E. Thies (2008) : Transgenic Bt rice does not affect enzyme activities and microbial composition in the rhizosphere during crop development *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 475-486.
- 226) Liu, B., C. Shu, K. Xue, K. Zhou, X. Li, D. Liu, Y. Zheng and C. Xu (2009a) : The oral toxicity of the transgenic Bt + CpTI cotton pollen to honeybees (*Apis mellifera*). *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **72**, 1163-1169
- 227) Liu, B., L. Wang, Q. Zeng, J. Meng, W. Hu, X. Li, K. Zhou, K. Xue, D. Liu and Y. Zheng (2009b) : Assessing effects of transgenic Cry1Ac cotton on the earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biol. Biochem.*, **41**, 1841-1846
- 228) Lopez, M. D., J. R. Prasifka, D. J. Bruck and L. C. Lewis (2005) : Utility of ground beetle species in field tests of potential nontarget effects of Bt crops. *Environ. Entomol.*, **34**, 1317-1324
- 229) Losey, J. E., L. S. Rayor and M. E. Carter (1999) : Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, **399**, 214
- 230) Lövei, G. L., D. A. Andow and S. Arpaia (2009) : Transgenic insecticidal crops and natural enemies: A detailed review of laboratory studies. *Environ. Entomol.*, **38**, 293-306

- 231) Lozzia, G. C. (1999) : Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera Carabidae) in Bt corn and its effects on non-target insects. *Boll. Zool. Agr. Bachic Ser. II*, **31**, 37-50
- 232) Lozzia, G. C., C. Furlanis, B. Manachini and I. E. Rigamonti (1998) : Effects of Bt corn on *Rhopalosiphum padi* L. (Rhyncota: Aphididae) and on its predator *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera: Chrysopidae). *Boll. Zool. Agr. Bachic Ser. II*, **30**, 153-164
- 233) Lozzia, G. C., I. E. Rigamonti, B. Manachini and R. Rocchetti (2000) : Laboratory studies on the effects of transgenic corn on the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Boll. Zool. Agr. Bachic Ser. II*, **32**, 35-47
- 234) Lu, H., W. Wu, Y. Chen, X. Zhang, M. Devare and J. E. Thies (2010a) : Decomposition of Bt transgenic rice residues and response of soil microbial community in rapeseed-rice cropping. *Plant Soil*, **336**, 279-290
- 235) Lu, H., W. Wu, Y. Chen, H. Wang, M. Devare and J. E. Thies (2010b) : Soil microbial community responses to Bt transgenic rice residue decomposition in a paddy field. *J. Soil Sediments*, **10**, 1598-1605
- 236) Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, B. Xia, P. Li, H. Feng, K. Wyckhuys and Y. Guo (2010) : Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, **328**, 1151-1154.
- 237) Ludy, C. and A. Lang (2006a) : Bt maize pollen exposure and impact on the garden spider, *Araneus diadematus*. *Entomol. Exp. Appl.*, **118**, 145-156
- 238) Ludy, C. and A. Lang (2006b) : A 3-year field-scale monitoring of foliage-dwelling spiders (Araneae) in transgenic Bt maize fields and adjacent field margins. *Biol. Control*, **38**, 314-324
- 239) Lumbierres, B., R. Albajes and X. Pons (2004) : Transgenic Bt maize and *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae) performance. *Ecol. Entomol.*, **29**, 309-317
- 240) Lundgren, J. G. and R. N. Wiedenmann (2002) : Coleopteran-specific Cry3Bb toxin from transgenic corn pollen does not affect the fitness of a nontarget species, *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.*, **31**, 1213-1218
- 241) Lundgren, J. G. and R. N. Wiedenmann (2005) : Tritrophic interactions among Bt (Cry3Bb1) corn, aphid prey, and the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.*, **34**, 1621-1625
- 242) Lundgren, J. G., A. A. Razzak and R. N. Wiedenmann (2004) : Population responses and food consumption by predators *Coleomegilla maculata* and *Harmonica axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis in Illinois cornfield. *Environ. Entomol.*, **33**, 958-963
- 243) Malone, L. A., C. D. Scott-Dupree, J. H. Todd and P. Ramankutty (2007) : No sub-lethal toxicity to bumblebees, *Bombus terrestris*, exposed to Bt-corn pollen, captan and novaluron. *New Zeal. J. Crop Horticult. Sci.*, **35**, 435-439
- 244) Manachini, B. (2000) : Ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) and plant dwelling non-target arthropods in isogenic and transgenic corn crops. *Boll. Zool. Agr. Bachic Ser. II*, **32**, 181-198
- 245) Manachini, B. and G. C. Lozzia (2002) : First investigations into the effects of Bt corn crop on nematofauna. *Boll. Zool. Agr. Bachic Ser. II*, **34**, 85-96
- 246) Mann, R. S., R. S. Gill, A. K. Dhawan and P. S. Shera (2010) : Relative abundance and damage by target and non-target insects on Bollgard and Bollgard-II cotton cultivars. *Crop Prot.*, **29**, 793-801
- 247) Mansfield, S., M. L. Dillon and M. E. A. Whitehouse (2006) : Are arthropod communities in cotton really disrupted? An assessment of insecticide regimes and evaluation of the beneficial disruption index. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **113**, 326-335
- 248) Marvier M., C. McCreedy, J. Regetz and P. Kareiva (2007) : A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science*, **316**, 1475-1477
- 249) Mattilia, H. R., M. K. Sears and J. J. Duan (2005) : Response of *Danaus plexippus* to pollen of two new Bt corn events via laboratory bioassay. *Entomol. Exp. Appl.*, **116**, 31-41
- 250) McManus, B. L., B. W. Fuller, M. A. Boetel, B. W. French, M. N. Ellsbury and G. P. Head (2005) : Abundance of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in Corn rootworm-resistant Cry3Bb1 maize. *J. Econ. Entomol.*, **98**, 1992-1998
- 251) Medrano, E. G., J. F. Esquivel, R. L. Nichols and A. A. Bell (2009) : Temporal analysis of cotton boll symptoms resulting from southern green stink bug

- feeding and transmission of a bacterial pathogen. *J. Econ. Entomol.*, **102**, 36–42
- 252) Meier, M. S. and A. Hilbeck (2001) : Influence of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on prey preference of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Basic Appl. Ecol.*, **2**, 35–44
- 253) Meissle, M. and A. Lang (2005) : Comparing methods to evaluate the effects of Bt maize and insecticide on spider assemblages. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **107**, 359–370
- 254) Meissle, M., E. Vojtech and G. M. Poppy (2005) : Effects of Bt maize-fed prey on the generalist predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *Transgenic Res.*, **14**, 123–132
- 255) Meissle, M. and J. Romeis (2009) : The web-building spider *Theridion impressum* (Araneae: Therididae) is not adversely affected by Bt maize resistant to corn rootworm. *Plant Biotechnol. J.*, **7**, 645–656
- 256) Meissle, M., C. Pilz and J. Romeis (2009) : Susceptibility of *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) to the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* when feeding on *Bacillus thuringiensis* Cry3Bb1-expressing maize. *Appl. Environ. Microbiol.*, **75**, 3937–3943
- 257) Mellet, M. A., A. S. Schoeman, S. W. Broodryk and J.-L. Hofs (2004) : Bollworm (*Helicoverpa armigera* (Hübner), Lepidoptera: Noctuidae) occurrences in Bt- and non-Bt-cotton fields, Marble Hall, Mpumalanga, South Africa. *Afr. Entomol.*, **12**, 107–115
- 258) Men, X., F. Ge, X. Liu and E. N. Yardim (2003) : Diversity of arthropod communities in transgenic Bt cotton and nontransgenic cotton agroecosystems. *Environ. Entomol.*, **32**, 270–275
- 259) Men, X. Y., F. Ge, C. A. Edwards and E. N. Yardin (2004) : Influence of pesticide applications on pest and predatory arthropods associated with transgenic Bt cotton and nontransgenic cotton plants. *Phytoparasitica*, **32**, 246–254
- 260) Miethling-Graff, R., S. Dockhorn and C. C. Tebbe (2010) : Release of the recombinant Cry3Bb1 protein of Bt maize MON88017 into field soil and detection of effects on the diversity of rhizosphere bacteria. *Eur. J. Soil Biol.*, **46**, 41–48
- 261) Morse S., R. Bennett and Y. Ismael (2006) : Environmental impact of genetically modified cotton in South Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **117**, 277–289
- 262) Moser, S. E., J. D. Harwood and J. J. Obrycki (2008) : Larval feeding on Bt hybrid and non-Bt corn seedlings by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.*, **37**, 525–533
- 263) Muchaonyerwa, P., S. Waladde, P. Nyamugafata, S. Mpepereki and G. G. Ristori (2004) : Persistence and impact on microorganisms of *Bacillus thuringiensis* proteins in some Zimbabwean soils. *Plant Soil*, **266**, 41–46
- 264) Mulder, C., M. Wouterse, M. Rutgers and L. Posthuma (2007) : Transgenic maize containing the Cry1Ab protein ephemerally enhances soil microbial communities. *AMBIO*, **36**, 359–361
- 265) Mulligan, E. A., N. Ferry, L. Jouanin, K. F. A. Walters, G. R. Port and A. M. R. Gatehouse (2006) : Comparing the impact of conventional pesticide and use of a transgenic pest-resistant crop on the beneficial carabid beetle *Pterostichus melanarius*. *Pest Manag. Sci.*, **62**, 999–1012
- 266) Mullin, C. A., M. C. Saunders, T. W. Leslie, D. J. Biddinger and S. J. Fleischer (2005) : Toxic and behavioral effects to Carabidae of seed treatments used on Cry3Bb1- and Cry1Ab/c-protected corn. *Environ. Entomol.*, **34**, 1626–1636
- 267) Mungai, N. W., P. P. Motavalli, K. A. Nelson and R. J. Kremer (2005) : Differences in yields, residue composition and N mineralization dynamics of Bt and non-Bt maize. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **73**, 101–109
- 268) Musser, F. R. and A. M. Shelton (2003) : Bt sweet corn and selective insecticides: Impacts on pests and predator. *J. Econ. Entomol.*, **96**, 71–80
- 269) Naranjo, S. E. (2005a) : Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the abundance of nontarget arthropod. *Environ. Entomol.*, **34**, 1193–1210
- 270) Naranjo, S. E. (2005b) : Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the function of the natural enemy community. *Environ. Entomol.*, **34**,

- 1211-1223
- 271) Nguyen, H. T. and J. A. Jehle (2007): Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize MON810. *J. Plant Dis. Prot.*, **114**, 82-87
- 272) Nie, C. R., S. M. Luo, C. X. Lin, R. S. Zeng, J. H. Huang and J. W. Wang (2005): Status of DIMBOA and phenolic acids in transgenic Bt corn. *Aust. J. Agric. Res.*, **56**, 833-837
- 273) Oberhauser, K. S., M. D. Prysby, H. R. Mattila, D. E. Stanley-Horn, M. K. Sears, G. Dively, E. Olson, J. M. Pleasants, W-K. F. Lam and R. L. Hellmich (2001): Temporal and spatial overlap between monarch larvae and corn pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11913-11918
- 274) Obrist, L. B., H. Klein, A. Dutton and F. Bigler (2005): Effects of Bt maize on *Frankliniella tenuicornis* and exposure of thrips predators to prey-mediated Bt toxin. *Entomol. Exp. Appl.*, **115**, 409-416
- 275) Obrist, L. B., A. Dutton, J. Romeis and F. Bigler (2006a): Biological activity of Cry1Ab toxin expressed by Bt maize following ingestion by herbivorous arthropods and exposure of the predator *Chrysoperla carnea*. *BioControl*, **51**, 31-48
- 276) Obrist, L. B., A. Dutton, R. Albajes and F. Bigler (2006b): Exposure of arthropod predators to Cry1Ab toxin in Bt maize fields. *Ecol. Entomol.*, **31**, 143-154
- 277) Obrist, L. B., H. Klein, A. Dutton and F. Bigler (2006c): Assessing the effects of Bt maize on the predatory mite *Neoseiulus cucumeris*. *Exp. Appl. Acarol.*, **38**, 125-139
- 278) 大庭道夫・堀 秀隆・酒井 裕 (2005): *Bacillus thuringiensis* 殺虫蛋白質の科学. p.214, アイピーシー
- 279) Ohlfest, J. R., L. C. H. Jesse and J. J. Obrycki (2002): Stability of insecticidal Cry1Ab protein in transgenic Bt corn pollen exposed to UV irradiation. *J. Kansas Entomol. Soc.*, **75**, 48-51
- 280) Oliveira, A. R., T. R. Castro, D. M. F. Capalbo and I. Delalibera (2007): Toxicological evaluation of genetically modified cotton (Bollgard®) and Dipel® WP on the non-target soil mite *Scheloribates praecinctus* (Acari: Oribatida). *Exp. Appl. Acarol.*, **41**, 191-201
- 281) Oliveira, A. P., M. E. Pampulha and J. P. Bennett (2008): A two-year field study with transgenic *Bacillus thuringiensis* maize: Effects on soil microorganisms. *Sci. Total Environ.*, **405**, 351-357
- 282) Orr, D. B. and D. A. Landis (1997): Oviposition of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and impact of natural enemy populations. *J. Econ. Entomol.*, **90**, 905-909
- 283) Palm, C. J., D. L. Schaller, K. K. Donegan and R. J. Seidler (1996): Persistence in soil of transgenic plant produced *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*  $\delta$ -endotoxin. *Can. J. Microbiol.*, **42**, 1258-1262
- 284) Peterson, R. K. D., S. J. Meyer, A. T. Wolf, J. D. Wolt and P. M. Davis (2006): Genetically engineered plants, Endangered species, and Risk: A temporal and spatial exposure assessment for Karner blue butterfly larvae and Bt maize pollen. *Risk Analysis*, **26**, 845-858
- 285) Pilcher, C. D., J. J. Obrycki, M. E. Rice and L. C. Lewis (1997): Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environ. Entomol.*, **26**, 446-454
- 286) Pilcher, C. D., M. E. Rice and J. J. Obrycki (2005): Impact of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and crop phenology on five nontarget arthropods. *Environ. Entomol.*, **34**, 1302-1316
- 287) Pleasants, J. M., R. L. Hellmich, G. P. Dively, M. K. Sears, D. E. Stanley-Horn, H. R. Mattila, J. E. Foster, T. L. Clark and G. D. Jones (2001): Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11919-11924
- 288) Pons, X. and P. Stary (2003): Spring aphid-parasitoid (Hom., Aphididae, Hym., Braconidae) associations and interactions in a Mediterranean arable crop ecosystem, including Bt maize. *J. Pest Sci.*, **76**, 133-138
- 289) Pons, X., B. Lumbierres, C. Lopez and R. Albajes (2005): Abundance of non-target pests in transgenic Bt-maize: A farm scale study. *Eur. J. Entomol.*, **102**, 73-79
- 290) Ponsard, S., A. P. Gutierrez and N. J. Mills (2002): Effect of Bt-toxin (Cry1Ac) in transgenic cotton on the adult longevity of four Heteropteran predators. *Environ. Entomol.*, **31**, 1197-1205
- 291) Pont, B. and W. Nentwig (2005): Quantification of

- Bt-protein digestion and excretion by the primary decomposer *Porcellio scaber*, fed with two Bt-corn varieties. *Biocontrol Sci. Technol.*, **15**, 341-352
- 292) Prasifka, P. L., R. I. Hellmich, J. R. Prasifka and L. C. Lewis (2007): Effects of Cry1Ab-expressing corn anthers on the movement of monarch butterfly larvae. *Environ. Entomol.*, **36**, 228-233
- 293) Priestley, A. L. and M. Brownbridge (2009): Field trials to evaluate effects of Bt-transgenic silage corn expressing the Cry1Ab insecticidal toxin on non-target soil arthropods in northern New England, USA. *Transgenic Res.*, **18**, 425-443
- 294) Prihoda, K. P. and J. R. Coats (2008a): Aquatic fate and effects of *Bacillus thuringiensis* Cry3Bb1 protein: Toward risk assessment. *Environ. Toxicol. Chem.*, **27**, 793-798
- 295) Prihoda, K. R. and J. R. Coats (2008b): Fate of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry3Bb1 protein in a soil microcosm. *Chemosphere*, **73**, 1102-1107
- 296) Prutz, G. and K. Dettner (2004): Effect of Bt corn leaf suspension on food consumption by *Chilo partellus* and life history parameters of its parasitoid *Cotesia flavipes* under laboratory conditions. *Entomol. Exp. Appl.*, **111**, 179-187
- 297) Ramirez-Romero, R., J. Chaufaux and M. H. Pham-Delegue (2005): Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. *Apidologie*, **36**, 601-611
- 298) Ramirez-Romero, R., J. S. Bernal, J. Chaufaux and L. Kaiser (2007): Impact assessment of Bt-maize on a moth parasitoid, *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae), via host exposure to purified Cry1Ab protein or Bt-plants. *Crop Prot.*, **26**, 953-962
- 299) Ramirez-Romero, R., N. Desneux, J. Chaufaux and L. Kaiser (2008a): Bt-maize effects on biological parameters of the non-target aphid *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) and Cry1Ab toxin detection. *Pest Biochem. Physiol.*, **91**, 110-115
- 300) Ramirez-Romero, R., N. Desneux, A. Decourtye, A. Chaffiol and M. H. Pham-Delegue (2008b): Does Cry1Ab protein affect learning performance of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **70**, 327-333
- 301) Raps, A., J. Kehr, P. Gugerdi, W. J. Moar, F. Bigler and A. Hilbeck (2001): Immunological analysis of phloem sap of *Bacillus thuringiensis* corn and of the nontarget herbivore *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) for the presence of Cry1Ab. *Molecular Ecology*, **10**, 525-533
- 302) Raubuch, M., K. Roose, K. Warnstorff, F. Wichern and R. G. Joergensen (2007): Respiration pattern and microbial use of field-grown transgenic Bt-maize residues. *Soil Biol. Biochem.*, **39**, 2380-2389
- 303) Raubuch, M., K. Behr, K. Roose and R. G. Joergensen (2010): Specific respiration rates, adenylates, and energy budgets of soil microorganisms after addition of transgenic Bt-maize straw. *Pedobiologia*, **53**, 191-196
- 304) Rauschen, S., J. Ecker, F. Schaarschmidt, I. Schuphan and A. Gathmann (2008): An evaluation of methods for assessing the impacts of Bt-maize MON810 cultivation and pyrethroid insecticide use on Auchenorrhyncha (planthoppers and leafhoppers). *Agric. Forest Entomol.*, **10**, 331-339
- 305) Rauschen, S., E. Schultheis, S. Pagel-Wieder, I. Schuphan and S. Eber (2009): Impact of Bt-corn MON88017 in comparison to three conventional lines on *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miradae) field densities. *Transgenic Res.*, **18**, 203-214
- 306) Rauschen, S., F. Schaarschmidt and F. Gathmann (2010): Occurrence and field densities of Coleoptera in the maize herb layer: implications for environmental risk assessment of genetically modified Bt-maize. *Transgenic Res.*, **19**, 727-744
- 307) Raybould, A., D. Stacey, D. Vlachos, G. Graser, X. Li and R. Joseph (2007): Non-target organism risk assessment of MIR604 maize expressing mCry3A for control of corn rootworm. *J. Appl. Entomol.*, **131**, 391-399
- 308) Reed, G. L., A. S. Jensen, J. Riebe, G. Head and J. J. Duan (2001): Transgenic Bt potato and conventional insecticides for Colorado potato beetle management: comparative efficacy and non-target impacts. *Entomol. Exp. Appl.*, **100**, 89-100

- 309) Ren, L., Y-Z. Yang, X. Li, L. Miao, Y-S. Yu and Q-L. Qin (2004): Impact of transgenic Cry1A plus CpTI cotton on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and its two endoparasitoid wasps *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) and *Campoletis chlorideae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Acta Entomol. Sinica*, **47**, 1-7
- 310) Riddick, E. W. and P. Barbosa (1998): Impact of Cry3A-intoxicated *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) and pollen on consumption, development, and fecundity of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **91**, 303-307
- 311) Riddick, E. W., G. Dively and P. Barbosa (1998): Effect of a seed-mix development of Cry3A-transgenic and nontransgenic potato on the abundance of *Lebia grandis* (Coleoptera: Carabidae) and *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **91**, 647-653
- 312) Riddick, E. W., G. Dively and P. Barbosa (2000): Season-long abundance of generalist predators in transgenic versus nontransgenic potato fields. *J. Entomol. Sci.*, **35**, 349-359
- 313) Riglietti, A., P. Ruggiero and C. Crecchio (2008): Investigating the influence of transgenic tobacco plants codifying a protease inhibitor on soil microbial community. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 2928-2936
- 314) Riudavets, J., R. Gabarra, M. J. Pons and J. Messeguer (2006): Effect of transgenic Bt rice on the survival of three nontarget stored product insect pests. *Environ. Entomol.*, **35**, 1432-1438
- 315) Rodrigo-Simon, A., R. A. de Maagd, C. Avilla, P. L. Bakker, J. Molthoff, J. E. Gonzalez-Zamora and J. Ferre (2006): Lack of detrimental effects of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins on the insect predator *Chrysoperla carnea*: a toxicological, histopathological, and biochemical analysis. *Appl. Environ. Microbiol.*, **72**, 1595-1603
- 316) Romeis, J., D. Babendreier and F. L. Wackers (2003): Consumption of snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin) causes direct effects on adult parasitic wasps. *Oecologia*, **134**, 528-536
- 317) Romeis, J., A. Dutton and F. Bigler (2004): *Bacillus thuringiensis* toxin (Cry1Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Insect Physiol.*, **50**, 175-183
- 318) Romeis, J., M. Meissle and F. Bigler (2006): Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnol.*, **24**, 63-71
- 319) Rose R. and G. P. Dively (2007): Effects of insecticide-treated and lepidopteran-active Bt transgenic sweet corn on the abundance and diversity of arthropods. *Environ. Entomol.*, **36**, 1254-1268
- 320) Rose, R., G. P. Dively and J. Pettis (2007): Effects of Bt corn pollen on honey bees: emphasis on protocol development. *Apidologie*, **38**, 368-377
- 321) Rosi-Marshall, E. J., J. L. Tank, T. V. Royer, M. R. Whiles, M. Evans-White, C. Chambers, N. A. Griffiths, J. Pokelsek and M. L. Stephen (2007): Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, **104**, 16204-16208
- 322) Rossi, L., M. L. Costantini and M. Brillì (2007): Does stable isotope analysis separate transgenic and traditional corn detritus and their consumers? *Appl. Soil Ecol.*, **35**, 449-453
- 323) Rovenska, G. Z. and R. Zemek (2006): Host plant preference of aphids, thrips and spider mites on GNA-expressing and control potatoes. *Phytoparasitica*, **34**, 139-148
- 324) Rovenska, G. Z., R. Zemek, J. E. U. Schmidt and A. Hilbeck (2005): Altered host plant preference of *Tetranychus urticae* and prey preference of its predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on transgenic Cry3Bb-eggplants. *Biol. Control*, **33**, 293-300
- 325) Rui, Y-K., G-X. Yi, J. Zhao, B-M. Wang, Z-H. Li, Z-X. Zhai, Z-P. He and Q-X. Li (2005): Changes of Bt toxin in the rhizosphere of transgenic Bt cotton and its influence on soil functional bacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **21**, 1279-1284
- 326) Rui, Y., G. Yi, J. Guo, X. Guo, Y. Luo, B. Wang and Z. Li (2007): Transgenic cotton could safely be grown since CpTI toxin rapidly degrades in the rhizosphere soil. *Acta Agric. Scandinavica, Sect. B Plant Soil Sci.*, **57**, 122-125



- 327) Sanders, C. J., J. K. Pell, G. M. Poppy, A. Raybould, M. Garcia-Alonso and T. H. Schuler (2006) : Host-plant mediated effects of transgenic maize on the insect parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Biol. Control*, **40**, 362-369
- 328) Sarkar, B., A. K. Patra and T. J. Purakayastha (2008) : Transgenic Bt-cotton affects enzyme activity and nutrient availability in a sub-tropical inceptisol. *J. Agron. Crop Sci.*, **194**, 289-296
- 329) Sarkar, B., A. K. Patra, T. J. Purakayastha and M. Megharaj (2009) : Assessment of biological and biochemical indicators in soil under transgenic Bt and non-Bt cotton crop in a sub-tropical environment. *Environ. Monitor. Assess.*, **156**, 595-604
- 330) Saxena, D. and G. Stotzky (2001a) : *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin released from root exudates and biomass of Bt corn has no apparent effect on earthworm, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. *Soil Biol. Biochem.*, **33**, 1225-1230
- 331) Saxena, D. and G. Stotzky (2001b) : Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. *Am. J. Botany*, **88**, 1704-1706
- 332) Saxena, D., S. Flores and G. Stotzky (1999) : Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature*, **402**, 480
- 333) Saxena, D., S. Flores and G. Stotzky (2002a) : Bt toxin is released in root exudates from 12 transgenic corn hybrids representing three transformation events. *Soil Biol. Biochem.*, **34**, 133-137.
- 334) Saxena, D., S. Flores and G. Stotzky (2002b) : Bt toxin is not taken up from soil or hydroponic culture by corn, carrot, radish, or turnip. *Plant Soil*, **239**, 165-172
- 335) Saxena, D., C. N. Stewart, I. Altosaar, Q. Shu and G. Stotzky (2004) : Larvicidal Cry proteins from *Bacillus thuringiensis* are released in root exudates of transgenic *B. thuringiensis* corn, potato, and rice but not of *B. thuringiensis* canola, cotton, and tobacco. *Plant Physiol. Biochem.*, **42**, 383-387
- 336) Schmidt, J. E. U., C. U. Braun, L. P. Whitehouse and A. Hilbeck (2009) : Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.*, **56**, 221-228
- 337) Schrader, S., T. Munchenberg, S. Baumgarte and C. C. Tebbe (2008) : Earthworms of different functional groups affect the fate of the Bt-toxin Cry1Ab from transgenic maize in soil. *Eur. J. Soil Biol.*, **44**, 283-289
- 338) Schuler, T. H., R. P. J. Potting, I. Denholm and G. M. Poppy (1999) : Parasitoid behaviour and Bt plants. *Nature*, **400**, 825-826
- 339) Schuler, T. H., I. Denholm, L. Jouanin, S. J. Clark, A. J. Clark and G. M. Poppy (2001) : Population-scale laboratory studies of the effect of transgenic plants on nontarget insects. *Molecular Ecology*, **10**, 1845-1853
- 340) Schuler, T. H., R. P. J. Potting, I. Denholm, S. J. Clark, A. J. Clark, C. N. Stewart and G. M. Poppy (2003) : Tritrophic choice experiments with Bt plants, the diamondback moth (*Plutella xylostella*) and the parasitoid *Cotesia plutella*. *Transgenic Res.*, **12**, 351-361
- 341) Schuler, T. H., I. Denholm, S. J. Clark, C. N. Stewart and G. M. Poppy (2004) : Effects of Bt plants on the development and survival of the parasitoid *Cotesia plutella* (Hymenoptera: Braconidae) in susceptible and Bt-resistant larvae of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Insect Physiol.*, **50**, 435-444
- 342) Schuler, T. H., A. J. Clark, S. J. Clark, G. M. Poppy, C. N. Stewart Jr. and I. Denholm (2005) : Laboratory studies of the effects of reduced prey choice caused by Bt plants on a predatory insect. *Bull. Entomol. Res.*, **95**, 243-247
- 343) Sears, M. K., R. L. Hellmich, D. E. Stanley-Horn, K. S. Oberhauser, J. M. Pleasants, H. R. Mattila, B. D. Siegfried and G. P. Dively (2001) : Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11937-11942
- 344) Setamou, M., J. Bernal, J. C. Legaspi and T. E. Mirkov (2002a) : Effects of snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* Agglutinin) expressed in transgenic sugarcane on fitness of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the nontarget pest *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **95**, 75-83
- 345) Setamou, M., J. Bernal, J. C. Legaspi and T. E. Mirkov (2002b) : Parasitism and location of sugarcane

- borer (Lepidoptera: Pyralidae) by *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) on transgenic and conventional sugarcane. *Environ. Entomol.*, **31**, 1219-1225
- 346) Setamou, M., J. Bernal, J. C. Legaspi, T. E. Mirkov and J. C. Legaspi (2002c): Evaluation of lectin-expressing transgenic sugarcane against stalkborers (Lepidoptera: Pyralidae): Effects on life history parameters. *J. Econ. Entomol.*, **95**, 469-477
- 347) Shah, P. A., A. M. R. Gatehouse, S. J. Clark and J. K. Pell (2005): Wheat containing snowdrop lectin (GNA) does not affect infection of the cereal *Metopolophium dirhodum* by the fungal natural enemy *Pandora neoaphidis*. *Transgenic Res.*, **14**, 473-476
- 348) Shan, G., S. K. Embrey, R. A. Herman and R. McCormick (2008): Cry1F protein not detected in soil after three years of transgenic Bt corn (1507 corn) use. *Environ. Entomol.*, **37**, 255-262
- 349) Sharma, H. C., R. Arora and G. Pampapathy (2007): Influence of transgenic cottons with *Bacillus thuringiensis* cry1Ac gene on the natural enemies of *Helicoverpa armigera*. *BioControl*, **52**, 469-489
- 350) Shelton, A. M., J. Z. Zhao and R. T. Roush (2002): Economic, ecological, food safety, and social consequences of the development of Bt transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol.*, **47**, 845-881
- 351) Shen, R. F., H. Cai and W. H. Gong (2006): Transgenic Bt cotton has no apparent effect on enzymatic activities or functional diversity of microbial communities in rhizosphere soil. *Plant Soil*, **285**, 149-159
- 352) Shien, J. N., R. E. Berry, G. L. Reed and P. A. Rossignol (1994): Feeding activity of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on transgenic potato expressing a *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis*  $\delta$ -endotoxin gene. *J. Econ. Entomol.*, **87**, 618-622
- 353) 白井洋一 (2003): 害虫抵抗性遺伝子組換え作物が非標的昆虫に及ぼす影響: 現在までの研究事例. 応動昆, **47**, 1-11
- 354) 白井洋一 (2004): 害虫抵抗性遺伝子組換え作物が非標的節足動物に及ぼす影響. 日生態会誌, **54**, 47-65
- 355) Shirai, Y. (2006): Laboratory evaluation of effects of transgenic Bt corn pollen on two non-target herbivorous beetles, *Epilachna vigintioctopunctata* (Coccinellidae) and *Galerucella vittaticollis* (Chrysomelidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **41**, 607-611
- 356) 白井洋一 (2007): 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による非標的昆虫への影響: 現在までの研究事例と今後の課題. 応動昆, **51**, 165-186
- 357) Shirai, Y. and M. Takahashi (2005): Effects of transgenic Bt corn pollen on a non-target lycaenid butterfly, *Pseudaeschna zizeeria maha*. *Appl. Entomol. Zool.*, **40**, 151-159
- 358) Siegfried, B. D., A. C. Zoerb and T. Spencer (2001): Development of European corn borer larvae on Event 176 Bt corn: influence on survival and fitness. *Entomol. Exp. Appl.*, **100**, 15-20
- 359) Sims, S. R. (1995): *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* [CryIA(c)] protein expressed in transgenic cotton: Effects on beneficial and other non-target insects. *Southwest. Entomol.*, **20**, 493-500
- 360) Sims, S. R. and L. R. Holden (1996): Insect bioassay for determining soil degradation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* CryIA(b) protein in corn tissue. *Environ. Entomol.*, **25**, 659-664
- 361) Sims, S. R. and J. E. Ream (1997): Soil inactivation of the *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* CryIIA insecticidal protein within transgenic cotton tissue: Laboratory microcosm and field studies. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 1502-1505
- 362) Sisterson, M. S., R. W. Biggs, C. Olson, Y. Carriere, T. J. Dennehy and B. E. Tabashnik (2004): Arthropod abundance and diversity in Bt and Non-Bt cotton fields. *Environ. Entomol.*, **33**, 921-929
- 363) Sisterson, M. S., R. W. Biggs, N. M. Manhardt, Y. Carriere, T. J. Dennehy and B. E. Tabashnik (2007): Effects of transgenic Bt cotton on insecticide use and abundance of two generalist predators. *Entomol. Exp. Appl.*, **124**, 305-311
- 364) Stanley-Horn, D. E., G. P. Dively, R. L. Hellmich, H. R. Mattila, M. K. Sears, R. Rose, L. C. H. Jesse, J. E. Losey, J. J. Obrycki and L. C. Lewis (2001): Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11931-11936
- 365) Sujii, E. R., P. H. B. Togni, E. Y. T. Nakasu, C. S. S. Pires, D. P. de Paula and E. M. G. Fontes (2008): Impact of Bt cotton on the population dynamics of the

- cotton aphid in greenhouse. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, **43**, 1251-1256
- 366) Sun, C. X., L. J. Chen, Z. J. Wu and L. K. Zhou (2007): Soil persistence of *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin from transgenic Bt cotton tissues and its effect on soil enzyme activities. *Biol. Fert. Soils*, **43**, 617-620
- 367) Swan, C. M., P. D. Jensen, G. P. Dively and W. O. Lamp (2009): Processing of transgenic crop residues in stream ecosystems. *J. Appl. Ecol.*, **46**, 1304-1313
- 368) Szekeres, D., F. Kadar and J. Kiss (2006): Activity density, diversity and seasonal dynamics of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in Bt-MON810 and in isogenic maize stands. *Entomol. Fennica*, **17**, 269-275
- 369) Tabashnik, B. E., J. B. J. van Rensburg and Y. Carriere (2009): Field-evolved insect resistance to Bt crops: Definition, theory, and data. *J. Econ. Entomol.*, **102**, 2011-2025
- 370) Tan, F., J. Wang, Y. Feng, G. Chi, H. Kong, H. Qiu and S. Wei (2010): Bt corn plants and their straw have no apparent impact on soil microbial communities. *Plant Soil*, **329**, 349-364
- 371) Tank, J. L., E. J. Rosi-Marshall, T. V. Royer, M. R. Whiles, N. A. Griffiths, T. C. Frauendorf and D. J. Treering (2010): Occurrence of maize detritus and a transgenic insecticidal protein (Cry1Ab) within the stream network of an agricultural landscape. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **107**, 17645-17650
- 372) Tarkalson, D. D., S. D. Kachman, J. M. K. Knops, J. E. Thies and C. S. Wortmann (2008): Decomposition of Bt and Non-Bt corn hybrid residues in the field. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **80**, 211-222
- 373) Tian, J. C., Z. C. Liu, M. Chen, Y. Chen, X. X. Chen, Y. F. Peng, C. Hu and G. Y. Ye (2010): Laboratory and field assessments of prey-mediated effects of transgenic Bt rice on *Ummeliata insecticeps*. *Environ. Entomol.*, **39**, 1369-1377
- 374) Tomov, B. W. and J. S. Bernal (2003): Effects of GNA transgenic sugarcane on life history parameters of *Parallorhogas pyralophagus* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of Mexican rice borer. *J. Econ. Entomol.*, **96**, 570-576
- 375) Tomov, B. W., J. S. Bernal and S. B. Vinson (2003): Impacts of transgenic sugarcane expressing GNA lectin on parasitism of Mexican rice borer by *Parallorhogas pyralophagus* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.*, **32**, 866-872
- 376) Torres, J. B. and J. R. Ruberson (2005): Canopy- and ground-dwelling predatory arthropods in commercial Bt and non-Bt cotton fields: patterns and mechanisms. *Environ. Entomol.*, **34**, 1242-1256
- 377) Torres, J. B. and J. R. Ruberson (2006a): Spatial and temporal dynamics of oviposition behavior of bollworm and three of its predators in Bt and non-Bt cotton fields. *Entomol. Exp. Appl.*, **120**, 11-22
- 378) Torres, J. B. and J. R. Ruberson (2006b): Interactions of Bt-cotton and the omnivorous big-eyed bug *Geocoris punctipes* (Say), a key predator in cotton fields. *Biol. Control*, **39**, 47-57
- 379) Torres, J. B. and J. R. Ruberson (2007): Abundance and diversity of ground-dwelling arthropods of pest management importance in commercial Bt and non-Bt cotton fields. *Ann. Appl. Biol.*, **150**, 27-39
- 380) Torres, J. B. and J. R. Ruberson (2008): Interactions of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac toxin in genetically engineered cotton with predatory heteropterans. *Transgenic Res.*, **17**, 345-354
- 381) Torres, J. B., J. R. Ruberson and M. J. Adang (2006): Expression of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protein in cotton plants, acquisition by pests and predators: a tritrophic analysis. *Agric. Forest Entomol.*, **8**, 191-202
- 382) Toschki, A., L. A. Hothorn and M. Nickoll (2007): Effects of cultivation of genetically modified Bt maize on epigeic arthropods (Araneae; Carabidae). *Environ. Entomol.*, **36**, 967-981
- 383) Toth, F., K. Arpas, D. Szekeres, F. Kadar, F. Szentkiralyi, A. Szensai and J. Kiss (2004): Spider web survey or whole plant visual sampling? Impact assessment of Bt corn on non-target predatory insects with two concurrent methods. *Environ. Biosafety Res.*, **3**, 225-231
- 384) Tschenn, J., J. E. Losey, L. H. Jesse, J. J. Obrycki and R. Hufbauer (2001): Effects of corn plants and corn pollen on monarch butterfly (Lepidoptera: Danaidae) oviposition behavior. *Environ. Entomol.*, **30**, 495-500
- 385) Turlings, T. C. J., P. M. Jeanbourquin, M. Held and T. Degen (2005): Evaluating the induced-odour

- emission of a Bt maize and its attractiveness to parasitic wasps. *Transgenic Res.*, **14**, 807–816
- 386) Turrini, A., C. Sbrana, M. P. Nuti, B. M. Pietrangeli and M. Giovannetti (2004) : Development of a model system to assess the impact of genetically modified corn and aubergine plants on arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*, **266**, 69–75
- 387) Vercesi, M. L., P. H. Krogh and M. Holmstrup (2006) : Can *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn residues and Bt-corn plants affect life-history traits in the earthworm *Apocrota caliginosa*? *Appl. Soil Ecol.*, **32**, 180–187
- 388) Villanyi, I., A. Fuzy and B. Biro (2006) : Non-target microorganisms affected in the rhizosphere of the transgenic Bt corn. *Cereal Res. Comm.*, **34**, 105–108
- 389) Virila, E. G., M. Casuso and E. A. Frias (2010) : A preliminary study on the effects of a transgenic corn event on the non-target pest *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). *Crop Prot.*, **29**, 635–638
- 390) Vojtech, E., M. Meissle and G. M. Poppy (2005) : Effects of Bt maize on the herbivore *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasitoid *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). *Transgenic Res.*, **14**, 133–144
- 391) Volkmar, C. and B. Freier (2003) : Spider communities in Bt maize and not genetically modified maize fields. *J. Plant Dis. Prot.*, **110**, 572–582
- 392) Wakefield, M. E., H. A. Bell, E. C. Fitches, J. P. Edwards and A. M. R. Gatehouse (2006) : Effects of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) expressed in tomato leaves on larvae of the tomato moths *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera: Noctuidae) and the effect of GNA on the development of the endoparasitoid *Meteorus gyrator* (Hymenoptera: Braconidae). *Bull. Entomol. Res.*, **96**, 43–52
- 393) Wandeler, H., J. Bahylova and W. Nentwig (2002) : Consumption of two Bt and six non-Bt corn varieties by the woodlice *Porcellio scaber*. *Basic Appl. Ecol.*, **3**, 357–365
- 394) Wang, H., Q. Ye, W. Wang, L. Wu and W. Wu (2006) : Cry1Ab protein from Bt transgenic rice does not residue in rhizosphere soil. *Environ. Pollut.*, **143**, 449–455
- 395) Wang, H., Q. Ye, J. Gan and L. Wu (2007) : Biodegradation of Cry1Ab protein from Bt transgenic rice in aerobic and flooded paddy soils. *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 1900–1904
- 396) Wang, H., Q. Ye, J. Gan and J. Wu (2008) : Absorption of Cry1Ab protein isolated from Bt transgenic rice on bentonite, kaolin, humic acids, and soil. *J. Agric. Food Chem.*, **56**, 4659–4664
- 397) Weber, M. and W. Nentwig (2006) : Impact of Bt corn on the diplopod *Allajulus latestriatus*. *Pedobiologia*, **50**, 357–368
- 398) Wei, W., T. H. Schuler, S. J. Clark, C. N. Stewart Jr. and G. M. Poppy (2008) : Movement of transgenic plant-expressed Bt Cry1Ac proteins through high trophic levels. *J. Appl. Entomol.*, **132**, 1–11
- 399) Whitehouse, M. E. A., L. J. Wilson and G. P. Fitt (2005) : A comparison of arthropod communities in transgenic Bt and conventional cotton in Australia. *Environ. Entomol.*, **34**, 1224–1241
- 400) Whitehouse, M. E. A., L. J. Wilson and G. A. Constable (2007) : Target and non-target effects on the invertebrate community of Vip cotton, a new insecticidal transgenic. *Aust. J. Agric. Res.*, **58**, 273–285
- 401) Wiedemann, S., B. Lutz, C. Albrecht, R. Kuehn, B. Killermann, R. Einspanier and H. Meyer (2009) : Fate of genetically modified maize and conventional rapeseed, and endozoochory in wild boar (*Sus scrofa*). *Mammal. Biol.*, **74**, 191–197
- 402) Wilson, F. D., H. M. Flint, W. R. Deaton, D. A. Fischhoff, F. J. Perlak, T. A. Armstrong, R. L. Fuchs, S. A. Berberich, N. J. Parks and B. R. Stapp (1992) : Resistance of cotton lines containing a *Bacillus thuringiensis* toxin to pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) and other insects. *J. Econ. Entomol.*, **85**, 1516–1521
- 403) Wold, S. J., E. C. Burkness, W. D. Hutchison and R. C. Venette (2001) : In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* Toxin. *J. Entomol. Sci.*, **36**, 177–187
- 404) Wolfenbarger, L. L., S. E. Naranjo, J. G. Lundgren, R. J. Bitzer and L. S. Watrud (2008) : Bt crop effects on functional guilds of non-target arthropods: A meta-analysis. *PLoS ONE*, **5**, e2118, 1–11
- 405) Wolt, J. D., C. A. Conlan and K. Majima (2005) : An ecological risk assessment of Cry1F maize pollen

- impact to pale grass blue butterfly. *Environ. Biosafety Res.*, **4**, 243-251
- 406) Wraight, C. L, A. R. Zangerl, M. J. Carroll and M. R. Berenbaum (2000) : Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **97**, 7700-7703
- 407) Wu, K. and Y. Guo (2003) : Influences of *Bacillus thuringiensis* Berliner cotton planting on population dynamics of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, in northern China. *Environ. Entomol.*, **32**, 312-318
- 408) Wu, W., Q. Ye, H. Min, X. Duan and W. Jin (2004a) : Bt-transgenic rice straw affects the culturable microbiota and dehydrogenase and phosphatase activities in a flooded paddy soil. *Soil Biol. Biochem.*, **36**, 289-295
- 409) Wu, W., Q. Ye and H. Min (2004b) : Effect of straws from Bt-transgenic rice on selected biological activities in water-flooded soil. *Eur. J. Soil Biol.*, **40**, 15-22
- 410) Wu, W. X., W. Liu, H. H. Lu, Y. X. Chen, M. Devare and J. Thies (2009a) : Use of <sup>13</sup>C labeling to assess carbon partitioning in transgenic and nontransgenic (parental) rice and their rhizosphere soil microbial communities. *FEMS Microbiol. Ecol.*, **67**, 93-102
- 411) Wu, W. X., W. Liu, H. H. Lu, Y. X. Chen, M. Devare and J. Thies (2009b) : Decomposition of *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic rice residues (straw and roots) in paddy fields. *J. Soils Sediments*, **9**, 457-467
- 412) Xu, B., Y. Wang, X. Liu, X. Yuan, N. Su, Y. Chen, Y. Wu and Q. Zhang (2006) : Effects of Cry1Ac and secondary metabolites in Bt transgenic cottonseed on *Lycoriella pleuroti* Yang et Zhang (Diptera: Sciaridae). *Environ. Entomol.*, **35**, 807-810
- 413) Xue, K., H. F. Luo, H. Y. Qi and H. X. Zhang (2005) : Changes in soil microbial community structure associated with two types of genetically engineered plants analyzing by PLFA. *J. Environ. Sci. China*, **17**, 130-134
- 414) Yan, W. D., W. M. Shi, B. H. Li and M. Zhang (2007) : Overexpression of a foreign Bt gene in cotton affects the low-molecular-weight components in root exudates. *Pedosphere*, **17**, 324-330
- 415) Yang, P., K. Li, S. Shi, J. Xia, R. Guo, S. Li and L. Wang (2005) : Impacts of transgenic Bt cotton and integrated pest management education on smallholder cotton farmers. *Internatl. J. Pest Manag.*, **51**, 231-244
- 416) Yang, Y-Z., Y-S. Yu, L. Ren, Y-D. Shao, K. Qian and M. P. Zalucki (2005) : Possible incompatibility between transgenic cottons and parasitoids. *Aust. J. Entomol.*, **44**, 442-445
- 417) Yao, H., G. Ye, C. Jiang, L. Fan, K. Datta, C. Hu and S. K. Datta (2006) : Effect of the pollen of transgenic rice line, TT9-3 with a fused cry1Ab/cry1Ac gene from *Bacillus thuringiensis* Berliner on non-target domestic silkworm, *Bombyx mori* Linnaeus (Lepidoptera: Bombycidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **41**, 339-348
- 418) Yao, H. W., C. Y. Jiang, G. Y. Ye, C. Hu and Y. E. Peng (2008) : Toxicological assessment of pollen from different Bt rice lines on *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Environ. Entomol.*, **37**, 825-837
- 419) Yu, L., R. E. Berry and B. A. Croft (1997) : Effects of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic cotton and potato on *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae) and *Oppia nitens* (Acari: Oribatidae). *J. Econ. Entomol.*, **90**, 113-118
- 420) Zangerl, A. R., D. McKenna, C. L. Wraight, M. Carroll, P. Ficarello, R. Warner and M. R. Berenbaum (2001) : Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 11908-11912
- 421) Zeilinger, A. R., D. A. Andow, C. Zwahlen and G. Stotzky (2010) : Earthworm populations in a northern U.S. cornbelt soil are not affected by long-term cultivation of Bt maize expressing Cry1Ab and Cry3Bb1 proteins. *Soil Biol. Biochem.*, **42**, 1284-1292
- 422) Zhang, G-F., F-H. Wan, G. L. Lovei, W-X. Liu and J-Y. Guo (2006a) : Transmission of Bt toxin to the predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) through its aphid prey feeding on transgenic Bt cotton. *Environ. Entomol.*, **35**, 143-150
- 423) Zhang, G-F., F-H. Wan, W-X. Liu and J-Y. Guo (2006b) : Early instar response to plant-delivered Bt-toxin in a herbivore (*Spodoptera litura*) and a predator (*Propylaea japonica*). *Crop Prot.*, **25**, 527-533

- 424) Zhang, S. Y., D. M. Li, J. Cui and B. Y. Xie (2006a): Effects of Bt-toxin Cry1Ac on *Propylaea japonica* Thunberg (Col., Coccinellidae) by feeding on Bt-treated Bt-resistant *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae) larvae. *J. Appl. Entomol.*, **130**, 206-212
- 425) Zhang, S. Y., D. M. Li, J. Cui and B. Y. Xie (2006b): Biology of *Campoletis chlorideae* (Uchida) (Hym., Ichneumonidae) developing in Bt-treated, Bt-resistant *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae) larvae. *J. Appl. Entomol.*, **130**, 268-274
- 426) Zhang, G. F., F. H. Wan, S. T. Murphy, J. Y. Guo and W. X. Liu (2008): Reproductive biology of two nontarget insect species, *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae), on Bt and non-Bt cotton cultivars. *Environ. Entomol.*, **37**, 1035-1042
- 427) Zhu, S. R., J. W. Su, X. H. Liu, L. Du, E. N. Yardim and F. Ge (2006): Development and reproduction of *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) raised on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) fed transgenic cotton. *Zool. Studies*, **45**, 98-103
- 428) Zhu, B., B. L. Ma and R. E. Blackshaw (2010): Development of real time PCR assays for detection and quantification of transgene DNA of a *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn hybrid in soil samples. *Transgenic Res.*, **19**, 765-774
- 429) Zurbrugg, C. and W. Nentwig (2009): Ingestion and excretion of two transgenic Bt Corn varieties by slug. *Transgenic Res.*, **18**, 215-225
- 430) Zurbrugg, C., L. Honemann, M. Meissle, J. Romeis and W. Nentwig (2010): Decomposition dynamics and structural plant components of genetically modified Bt maize leaves do not differ from leaves of conventional hybrids. *Transgenic Res.*, **19**, 257-267
- 431) Zwahlen, C. and D. A. Andow (2005): Field evidence for the exposure of ground beetles to Cry1Ab from transgenic corn. *Environ. Biosafety Res.*, **4**, 113-117
- 432) Zwahlen, C., W. Nentwig, F. Bigler and A. Hilbeck (2000): Tritrophic interactions of transgenic *Bacillus thuringiensis* Corn, *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae), and the predator *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.*, **29**, 846-850
- 433) Zwahlen, C., A. Hilbeck, P. Gugerli and W. Nentwig (2003a): Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field. *Molecular Ecology*, **12**, 765-776
- 434) Zwahlen, C., A. Hilbeck, R. Howald and W. Nentwig (2003b): Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Molecular Ecology*, **12**, 1077-1086
- 435) Zwahlen, C., A. Hilbeck and W. Nentwig (2007): Field decomposition of transgenic Bt maize residue and the impact on non-target soil invertebrates. *Plant Soil*, **300**, 245-257

## Effects of transgenic insecticidal crops on environments and ecosystems: literature until 2010

Yoichi Shirai

### Summary

Transgenic insecticidal corn (maize) that produces a toxin derived from a soil bacterium called *Bacillus thuringiensis* (Bt) entered commercial cultivation in North America in 1996. Since then, Bt corn and Bt cotton have been grown extensively in North and South America and in India, Australia, China, South Africa, Spain, and other countries. In 1998 and 1999, researchers warned that Bt crops could have deleterious effects on ecosystems, and especially on nontarget species. Their main concerns were the effects of corn pollen on butterflies, effects on natural enemy insects through the food chain, and the effects of persistent toxins on soil biota. By 2010, a total of 420 papers had been published about these concerns. They showed such concerns occurred only under laboratory conditions, never in the field. Thus, current commercial Bt crops appear to have little adverse effect on nontarget fauna and ecosystems. However, the safety of new transgenic crops with different genetic traits must be assessed. Careful management is necessary to maintain the benefits of transgenic insecticidal crops: to suppress the development of resistant strains of pests, the provision of refuge areas and the supply of seed encoding high levels of toxin are indispensable. Especially in developing countries, it is necessary to eliminate inferior seed encoding low levels of toxins.