

平成 23 年 5 月 16 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20405018

研究課題名(和文) 米国からの除草剤抵抗性侵入雑草の現地発生実態調査

研究課題名(英文) Survey of the herbicides resistant weeds which may be invasive to Japan in USA

研究代表者

佐合 隆一 (SAGO RYUICHI)

茨城大学・農学部・教授

研究者番号：30261746

研究成果の概要(和文)：

遺伝子組換え(GM)作物は、2009年には全世界25カ国の1億3400万ヘクタールで栽培され、その85%以上が除草剤(Glyphosate)耐性GM作物であると推定されている。除草剤耐性GM作物を利用した雑草防除技術は1996年頃から本格的に普及を始めたが、同一作用点の除草剤(Glyphosate)の連用や反復使用は、やがてその作用点に抵抗性をもつ雑草の出現を生じることが米国において示された。そこで本除草剤の抵抗性雑草の発生実態を米国で調査するとともに、GM作物を利用した雑草防除技術が、わが国において必須の防除技術であるかについて検討した。

研究成果の概要(英文)：

Farmers in the world planted 134 million hectare of genetic modified (GM) corn, soybeans and cotton in 2009. Genetic modified with glyphosate tolerant (GT) crops accounted for 85% of genetic modified crops. GM crops are almost glyphosate tolerant (GT) soybean, corn, cotton. GT crops cultivation in USA were started from 1995, but GT crops in Japan are not commercially cultivated now.

Glyphosate resistant weeds are spreading widely at the GT crops field in USA. Because of the widespread of glyphosate-resistant weeds, it is vastly increased the use of glyphosate herbicide and the used of other mode of action herbicides in GT soybeans, corn and cotton fields formally. GEGT technology does not solve the weed problem. I discussed the effectiveness of weed control technology on GT crops in Japan.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	5,300,000	1,590,000	6,890,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学 雑草学

キーワード：除草剤耐性GM作物、glyphosate(グリホサート)、除草剤抵抗性雑草

1. 研究開始当初の背景

米国ではラウンドアップ耐性 GM 品種が大豆や棉では90%以上、トウモロコシでは50%以上で栽培されている。また、水稲では‘Clearfield’ Riceが、imazethapyr耐性を付与した水稲品種で、広く普及しており、アーカンソー州では水稲作付面積の約30%まで普及している。また、ヒエ用除草剤としては、かつて日本でも注目されたquincloracが使用されており、本剤は土壌分解がほとんどなく、各種作物に感受性が高いためわが国では、農地利用や土壌残留性の面から規制されている剤である。このような中で外来帰化種の大量侵入にともない、除草剤抵抗性バイオタイプの国内への侵入など急速な変化が想定される。すでにアブラナ科植物（雑草）で作物の除草剤耐性遺伝子を持つバイオタイプが茨城県内で確認され、GM作物からの除草剤抵抗性遺伝子の逸出と雑草種への拡散の危機が報じられている。わが国の雑草種は戦後に侵入した外来雑草によって大きく様変わりし、その大きな要因は飼料用に輸入された穀類に混入する雑草種子や物流システムの発達による人為的なものである。輸入飼料の原産地である米国においては、ラウンドアップ（グリホサート）耐性遺伝子導入品種であり、最近その防除薬剤であるラウンドアップに抵抗性の雑草種が急速に拡大していることが報じられている。

2. 研究の目的

わが国の雑草種は戦後に侵入した外来雑草によって大きく様変わりし、その大きな要因は飼料用に輸入された穀類に混入する雑草種子や物流システムの発達による人為的なものである。輸入飼料の原産地である米国においては、飼料用作物の大部分（ダイズは80%以上）がラウンドアップ（グリホサート）耐性遺伝子導入品種であり、最近その防除薬剤であるラウンドアップに抵抗性の雑草種が急速に拡大していることが報じられている。これまでの調査により全米で9種のグリホサート抵抗性雑草が発生し、しかも面的に拡大していることが明らかとなった。これまでの除草剤と複合抵抗性となっている事例もある。これらの作物はわが国での主要飼料として輸入されており、混入種子によるわが国への侵入も予測される事態である。米国での対策も進められており、実態調査および情報収集をすすめ、わが国の今後の雑草防除対策を策定することとしたい。

3. 研究の方法

平成20年度に調査した州はミシガン州、カリフォルニア州、アイオワ州、イリノイ州、ミズーリ州、テネシー州、アーカンソー州、ミシシッピ州で、それぞれの畑作地帯を航空機とレンタカーで3週間かけて移動した。米国でラウンドアップ抵抗性雑草事例を報告した大学の研究者に面談し、その実

態をヒアリングするとともに、その地域の関係者（防除業者、コンサルタント、メーカー推進員、地域担当者）とともに現地での実態を調査した。

平成21年度は米国東南部および中南部の州を重点にして、8月に2週間にわたって畑作の現地調査を実施した。また、2月に行われた米国雑草科学会（WSSA）に出席して情報を収集するとともに、雑草種の同定のために専門家に米国での雑草種の標本調査を依頼した。

平成22年度は、これまでの調査結果をまとめるとともに、米国での対策のための研究開発状況について、情報収集をすすめた。そのために、2010年7月にオーストラリアで開催された国際農薬化学学会（IPPC）に出席するとともに、2011年2月にアメリカ雑草学会（WSSA）に出席して情報を収集した。

4. 研究成果

世界の除草剤抵抗性バイオタイプについては、The Herbicide Resistance Action Committee (HRAC)とThe North American Herbicide Resistance Action (NAHRAC)およびアメリカ雑草学会（WSSA）で設立したホームページ（International Survey of Herbicides Resistant Weeds : <http://www.weedscience.org/In.asp>）に掲載されている。筆者の米国における除草剤抵抗性雑草の調査は、2007年から2009年の7月下旬から8月上旬中旬に、除草剤抵抗性雑草の分布状況を観察する方法で実施した。訪問した州は北中部（North Central）地域でミシガン州、イリノイ州、インディアナ州、アイオワ州、ミズーリ州、南部地域でノースカロライナ州、サウスカロライナ州、ジョージア州、テネシー州、アーカンソー州、ミシシッピ州、アラバマ州、ルイジアナ州、西部地域ではカリフォルニア州である。南部地域のうちテネシー州、アーカンソー州、ミシシッピ州については、3年間ほぼ同じ地域を巡回して残存雑草の状況を観察した。

本ホームページ（International Survey of Herbicides Resistant Weeds）によると、米国における glyphosate 抵抗性バイオタイプは1998年にカリフォルニア州の果樹園で、*Lolium rigidum*（ボウムギ）が最初に報告されている。1974年に米国で glyphosate が発売されてから24年後のことである。すなわち、1980年に上市された diclofop-methyl（ジクロホップメチル）の場合は、1987年に *Lolium multiflorum*（ネズミムギ）に同剤の抵抗性バイオタイプの出現が報告され、1984年に上市された chlorsulfuron（クロルスルフロン）の場合は、1987年に *Kochia scoparia* に同剤の抵抗性バイオタイプの出現が報告された。こうした選択性除草剤に比べ glyphosate は、抵抗性の出現しにくい除草剤として考えられていたが、2000年代に入って、米国を中心に13カ国で15種の雑草に glyphosate 抵抗性バイオタイプが報告されている。

ついで2000年に米国で報告された glyphosate 抵抗性雑草は、*Conyza canadensis*（ヒメムカシヨモギ）である。*C. canadensis* は現在17州から glyphosate 抵抗性バイオタイプが報告されており、他4系統

の除草剤についても抵抗性バイオタイプが報告されている。さらに、インディアナ州では、スルホニルウレア系除草剤との交差抵抗性バイオタイプの拡大も報告されている。*C. canadensis* は筆者が調査したほぼ全米州の道路脇、圃場周辺や樹園地、畑地に分布がみられる。*C. canadensis* が、畑作地の周辺に群落を形成しているケースや樹園地などに生育して、圃場への種子供給源となっている現場を多く観察していることや、風散布型のおびただしい種子を生産する本種の特性から、農耕地以外の場所で生育した抵抗性個体が作物畑や裸地化している場所に定着して、拡大していることも考えられる。

また、2004年に *Ambrosia. artemisiifolia* (ブタクサ)が3州で、*A. trifida* (クワモドキ (オオブタクサ))が4州で、glyphosate 抵抗性バイオタイプが報告され、さらに *A. artemisiifolia* は4系統の除草剤に、*A. trifida* はALS阻害剤についてそれぞれ抵抗性バイオタイプが報告されている。筆者は、米国北中央部のミシガン州を含め東部、中南部の畑作地などで本種の分布を観察しており、将来 glyphosate 耐性遺伝子組換え作物畑での多剤抵抗性バイオタイプ出現の可能性もあり対策は重要であると考えている。

さらに、*Lolium multiflorum* (ネズミムギ)の glyphosate 抵抗性バイオタイプが、ミシシッピ州のワタ、ダイズ圃場で2004年に報告されており、3系統の除草剤にそれぞれ抵抗性バイオタイプが報告されている。筆者の調査時期(7~8月)は本種の生育終期であり、ほぼ枯死状態であったので、本種が畑作の現地圃場でどのくらい雑草害があるかを観察することはできなかったが、本種の残存株は観察することができた。

2005年には *Amaranthus* 属の *A. palmeri* (オオホナガアオゲイトウ) と *A. rudis* に glyphosate 抵抗性バイオタイプが報告されている。すでに *A. palmeri* や *A. rudis* は3系統の除草剤に抵抗性バイオタイプが報告されており、これらの抵抗性バイオタイプの対策として、glyphosate 剤が期待されていたが、同様に抵抗性バイオタイプを出現させることとなった。筆者の調査した全米各地の畑地、樹園地、野菜畑、圃場周辺で *Amaranthus* 属の雑草として、*A. hybridus* (ホナガアオゲイトウ) や *A. retroflexus* (アオゲイトウ) などが観察された。これらの種は交雑の可能性もあることから、それぞれの種間関係や交雑後の動向にも注目する必要があるものと思われる。また、筆者はミズーリ州の除草剤耐性 GM ダイズ畑で本種の glyphosate 抵抗性バイオタイプを確認したが、本種は種子寿命が長く埋土種子として残存すること、花粉により抵抗性遺伝子が拡散されること、多剤抵抗性の可能性もあることが知られており、本種の抵抗性対策は深刻な問題であると思われる。

2007年に *Sorghum halepense* (セイバンモロコシ)に glyphosate 抵抗性バイオタイプがダイズ畑で報告され、本種はすでに3系統の除草剤に抵抗性バイオタイプが報告されている。筆者はアーカンソー州内のダイズ畑の複数個所で観察している。

さらに、2007年に *Conyza bonariensis* (アレチノギク)に glyphosate 抵抗性バイオタイプが報告されているが、本種もすでに3系統の除草剤にそれぞれ抵抗性バイオ

タイプが報告されている。筆者の調査では、*C. bonariensis* はカリフォルニア州の樹園地およびその周辺緑地や道路際のみ見られ、コーンベルト地帯の州には分布が見られなかったことから、glyphosate 耐性遺伝子組換え作物との関係性は薄いと考えられたが、種子の伝播様式から考えて *C. canadensis* と同様に作物畑への侵入の可能性は十分あるものと考えられる。

このように HRAC によると米国では抵抗性バイオタイプが *Amaranthus* 属 2種、*Ambrosia* 属 2種、*Conyza* 属 2種、*Lolium* 属 2種、*Sorghum* 属 1種の9種が2008年現在において200万ヘクタール以上で出現していると報告されている。このうち *Conyza canadensis* と *Amaranthus palmeri* は著者が調査した畑作地帯のどこにでも観察されることから、これらの種に glyphosate 抵抗性バイオタイプが出現し、拡大した場合には深刻な事態を招くと考えられる。

米国におけるラウンドアップ抵抗性雑草種は9種あり、特にヒメムカシヨモギの抵抗性バイオタイプの優占化は各州でみられるなどかなり深刻な情勢にあることが判明した。開発会社であるモンサントも情報収集体制をとり、さまざま対応策をとっていることが明らかとなった。また、各州の大学圃場ではグリホサート抵抗性雑草対策のための試験が多く行われていた。その対策としては、発芽前後の土壌処理除草剤や early-post 処理除草剤等との体系防除、また複数の除草剤耐性遺伝子を導入したスタック品種の創出であった。除草剤耐性遺伝子導入作物による雑草防除技術の長所であった 1) 除草剤のコスト削減、2) 防除回数の低減等の効果がなくなり、複数の遺伝子を導入した作物の作出は消費者への不安を一層あおることにつながるものである。また、米国では除草剤耐性遺伝子導入作物の普及に伴い新規化合物の開発が断念され、結果として新剤の開発が進まなくなったため、既存の剤に依存した除草体系を行うことになっている。米国では除草剤耐性遺伝子導入作物に依存した雑草防除技術の普及後10年を経て、さまざまな問題を生じてきており、新規作用点をもつ除草剤の開発が熱望されており、我が国の今後の雑草防除技術開発に対しても示唆にとむ結果となっている。これらの調査結果については農業関連学会および日本雑草学会において報告した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

①佐合隆一、除草剤耐性遺伝子組換え作物による雑草防除技術の有効性—米国を例として—、雑草研究、査読有、56 (2) 2011、(印刷中)

②佐合隆一、アメリカにおけるグリホサート

抵抗性雑草の出現状況と対策、農業および園芸、査読無、84、2009、pp.429-434

③佐合隆一、除草剤耐性遺伝子導入作物が雑草防除の決め手となりうるか、農業技術、査読無、64、2009、pp.294-298

④佐合隆一、アメリカ雑草科学会議（W S S A）大会に参加して、雑草研究、査読無、54、2009、pp.47

〔学会発表〕（計 3 件）

①佐合隆一、除草剤抵抗性遺伝子導入作物利用による雑草防除技術の限界性、日本雑草学会、2010年4月10日、福井市

②佐合隆一、除草剤耐性遺伝子導入作物が雑草防除の決め手となりうるか—米国の調査結果、日本農作業学会、2009年4月2日、前原市

③佐合隆一、アメリカにおけるグリホサート抵抗性雑草の出現状況について、日本雑草学会 除草剤抵抗性雑草研究会、2008年11月1日、京都市

〔その他〕

ホームページ等

<http://info.ibaraki.ac.jp/scripts/websearch/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐合 隆一 (SAGO RYUICHI)

茨城大学・農学部・教授

研究者番号：30261746