Archive of SID

همایش محصولات تراریخته درخدمت تولید غذای سالم، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار

دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان- ۴ آذر ۱۳۹۵

چغندرقند تراریخته مقاوم به علفکش در توسعه پایدار کشاورزی

پیمان نوروزی

عضو هیات مدیره انجمن ایمنی زیستی ایران و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

norouzi@sbsi.ir

چکیده

در مناطق کشت چغندرقند، انواع علف‌های هرز در طول دوره رشد و نمو گیاه رشد می‌کنند که برای رشد چغندرقند بسیار مضر هستند و باعث کم شدن میزان محصول و راندمان تولید قند آن می‌شوند. غفلت از علف‌های هرز در مزارع چغندرقند می‌تواند باعث کاهش ۴۲ درصد عملکرد شود. با استفاده از یک نوع علف‌کش عمومی که همه علف‌های هرز را از بین ببرد ولی گیاه زراعی مقاوم به آن نوع علف‌کش زنده بماند می‌توان ضمن کاهش خسارت علف‌های هرز در مزرعه باعث افزایش محصول و کاهش هزینه‌های سم و سمپاشی و افزایش درآمد کشاورز و کشت اقتصادی‌تر شد. برای این منظور باید گیاهی تولید کرد که از نظر ژنتیکی به یک علف‌کش عمومی مقاومت پیدا کند. توسعه کشت چغندرقند تراریخته مقاوم به علف‌کش سریع‌ترین رشد فناوری را در طول تاریخ زندگی بشر داشته است. تاکنون دو نوع چغندر تراریخته مقاوم به علف‌کش یکی مقاوم به گلایفوسیت یا رانداپ (Ready=RR Roundup) و دیگری مقاوم به گلوفوسینات یا لایبرتی (Liberty Link=LL) در سطح تجاری استفاده شده است. هر دو نوع چغندر تراریخته کارایی یکسانی در زمان کاربرد علف‌کش مربوطه دارند و پس از سمپاشی بدون خسارت باقی می‌مانند. اهمیت چغندر تراریخته مقاوم به علف‌کش در توسعه پایدار شامل موارد زیر است. کاهش تعداد دفعات سمپاشی، آزادی عمل بیشتر زارع در تعیین زمان سمپاشی، کنترل و نابودی طیف وسیع علف‌های هرز شامل علف‌های هرز دائمی با یک نوع علف‌کش، عدم نیاز به خدمات مشاوره ای پیشرفته، نداشتن اثر نامطلوب روی گیاه زراعی تراریخته، سمیت کمتر علف‌کش‌های عمومی گلایفوسیت (رانداپ) و گلوفوسینات و تجزیه سریع‌تر در خاک در مقایسه با علف‌کش‌های انتخابی، محیط زیست دوستانه‌تر هستند، هزینه کمتر کنترل علف‌های هرز به روش شیمیایی در مزارع چغندر تراریخته نسبت به کاربرد علف‌کش‌های انتخابی در مزارع چغندر کلاسیک و در نتیجه سود بیشتر کشاورز، عملکرد شکر یکسان و یا کمی بیشتر در چغندر تراریخته به واسطه کنترل موثرتر علف‌های هرز، کاهش تردد ماشین آلات کشاورزی به علت دفعات کمتر سمپاشی و یا کشت بذر بدون شخم و یا با شخم کمتر باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود، در شکر فرآوری شده بیش از ۹۹ درصد ساکارز خالص و فاقد مواد آلی دیگر است. پروتئین‌ها نیز در ملاس و ضایعات خمیر به علت دمای بالا در طی فرآوری تجزیه شده و از بین می‌روند.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تنش های زیستی از جمله آفات، بیماری ها و علف های هرز در کشور به طور متوسط حدود ۳۰ درصد باعث کاهش عملکرد چغندرقند می شوند. با مدیریت این عوامل در مزرعه می توان ضمن افزایش تولید در واحد سطح از گسترش آنها جلوگیری نمود. علف های هرز یکی از عوامل خسارت زای مهم زراعت چغندرقند بهاره و پاییزه می باشد که مقابله با آن به روش شیمیایی و مکانیکی با زحمت و هزینه زیادی همراه بوده است. علف های هرز بدون کنترل شیمیایی می توانند در سطح مزرعه چغندرقند گسترش یابند و رقابت شدیدی با محصول داشته باشند (شکل ۱).

با استفاده از یک نوع علف‌کش عمومی (علف‌کش گلایفوسیت یا رانداپ به عنوان یکی از بهترین علف‌کش‌ها از نظر تأثیر بر علف‌های هرز چندساله و کمترین اثر بر محیط زیست و پستانداران و از جمله، انسان، به عنوان پرکاربردترین علف‌کش می‌باشد) که همه علف‌های هرز را از بین ببرد ولی گیاه زراعی مقاوم به آن نوع علف‌کش زنده بماند می‌توان ضمن کاهش خسارت علف‌های هرز در مزرعه باعث افزایش محصول و کاهش هزینه‌های سم و سمپاشی و افزایش درآمد زارع و کشت اقتصادی‌تر شد. برای این منظور باید گیاهی تولید کرد که از نظر ژنتیکی به یک علف‌کش عمومی مقاومت پیدا کند. از طرفی چون گلایفوسیت کم‌خطرترین علف‌کش جهان است، مهندسان ژنتیک سعی کرده‌اند تا محصولات تراریخته را به این علف‌کش متحمل کنند تا مصرف علف‌کش‌های خطرناک و زیان‌آور را کم کنند یا به صفر برسانند. مصرف این علف‌کش عمومی است و قادر است کلیه علف‌های هرز را از بین ببرد. از طرفی چون قدرت عمل زیادی دارد، میزان مصرف علف‌کش را کاهش می‌دهد و ضمن کاهش هزینه‌ها، محیط‌زیست سالم‌تری به ارمغان آورده و سود کشاورز را بیشتر می‌کند.

شکل ۱- مقایسه اثر سم پاشی بر کنترل علف های هرز مزرعه چغندرقند

سمت راست: استفاده کامل از علف کش ها و حذف کامل علف های هرز

سمت چپ: بدون مبارزه شیمیایی و رشد شدید علف های هرز

www.SID.ir

Archive of SID

مکانیزم عمل گلایفوسیت در گیاه

گلایفوسیت علف‌کشی سیستمیک و غیرانتخابی از گروه اسید فسفونیک است که برای کنترل علف‌های هرز یک‌ساله و چندساله، پهن‌برگ و کشیده‌برگ پس از سبزشدن آنها به کار می‌رود. گلایفوسیت بر روی کلیه علف‌های هرز اثر قاطع دارد، حتی علف‌های هرز دائمی رشد یافته و تثبیت‌شده را هم از بین می‌برد. این ترکیب از طریق برگ‌ها و قسمت‌های سبز گیاه جذب شده و بازدارنده آنزیم EPSPS (5-enolpyruvylshikimate–3-phosphate synthesis) است که از سنتز اسیدهای آمینه آروماتیک ضروری شامل فنیل آلانین، تیروزین و تریپتوفان جلوگیری می‌کند (Dale, 2009).

مکانیزم های تولید گیاهان مقاوم به گلایفوسیت به وسیلهٔ مهندسی ژنتیک

الف) انتقال یک *EPSPS* حساس به گلایفوسیت تحت کنترل یک پیشبر قوی که موجب بیان بیش از حد طبیعی پروتئین مذکور می‌شود (مکانیزم افزایش بیان ژن هدف).
ب) انتقال ژنی که یک *EPSPS* جهش‌یافته‌ی مقاوم به گلایفوسیت را رمزدهی می‌کند (مکانیزم تغییر ژن هدف).
ج) وارد کردن یک ژن تجزیه‌کنندهٔ گلایفوسیت به نام *gox* (مکانیزم غیرفعال‌سازی متابولیک علف کش).

چغندرقند تراریخته مقاوم به علف‌کش

از سال ۱۹۹۲ تحقیقات در زمینه مهندسی ژنتیک مقاومت به علف کش ها در چغندرقند آغاز شد. چغندرقند تراریخته مقاوم به علف کش توسط شرکت مونسانتو آمریکا و با همکاری شرکت KWS آلمان ایجاد شده است که به ماده موثره علف کش راندآپ (گلیفوسیت) مقاومت نشان می دهد و در نتیجه باعث کنترل و مدیریت موثر کلیه علف های هرز مزارع چغندرقند می شود (به نقل از منبع Crop Biotech Update, 26 March 2010). تاکنون دو نوع چغندر تراریخته مقاوم به علفکش یکی مقاوم به گلایفوسیت یا رانداپ (Roundup Ready=RR) و دیگری مقاوم به گلوفوسینات یا لایبرتی (Liberty Link=LL) تولید شده است. هر دو نوع چغندر تراریخته کارایی یکسانی در زمان کاربرد علف کش مربوطه دارند و پس از سمپاشی بدون خسارت باقی می مانند. از سال ۲۰۰۸ کشت چغندرقند مقاوم به علف کش عمومی گلی فوسیت (راندآپ) در آمریکا و کانادا در سطح تجارتی آغاز شد. اکنون بیش از ۹۵ درصد سطح کشت زراعت چغندرقند معادل ۵۰۰ هزار هکتار در آمریکا به چغندر تراریخته مقاوم به علف کش اختصاص داده شده است (James, 2015). در این راستا همه ذینفعان از جمله شرکت های تولید و عرضه کننده بذر تراریخته، زارعین چغندرکار و کارخانه های فراوری شکر از این فناوری سود برده اند. همچنین مصرف کل علف کش در زراعت چغندرقند تراریخته در مقایسه با چغندرقند معمولی کاهش داشته است و ضمن کاهش هزینه های تولید باعث کاهش آلودگی محیط زیست شده است. البته به علت بروز ابرعلف های هرز مقاوم به گلایفوسیت (فقط در مناطقی که ۲۰ سال از گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID

تراریخته مقاوم به گلایفوسیت استفاده کرده اند) محققین، گیاه چغندرقند تراریخته متحمل به سه علف‌کش مختلف و پر کاربرد گلایفوسیت، گلیفوسینات و دایکامبا را تولید کرده اند. سه صفت جمع‌شده در یک واریته باید از ایجاد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها جلوگیری کند. چرا که هر گونه علف هرز به یکی از این سه نوع علف‌کش ممکن است مقاوم باشد. انتظار می‌رود تا سه سال آینده انواع جدیدی از این محصولات اصلاح شوند و طی هشت الی ده سال آینده نیز وارد بازار شوند.

اهمیت چغندرقند تراریخته مقاوم به علف کش در توسعه پایدار کشاورزی

توسعه کشت چغندرقند تراریخته مقاوم به علفکش سریعترین رشد فناوری را در طول تاریخ کشاورزی بشر داشته است. مزایای عمده چغندر تراریخته مقاوم به علفکش شامل موارد زیر می باشد. ۱- کاهش تعداد دفعات سمپاشی به دو یا سه نوبت پس از جوانه زنی در حالیکه برای علف کش های انتخابی معمولا سه یا چهار نوبت سمپاشی لازم است. ۲- برخلاف علف کش های انتخابی که بسته به شرایط جوی و دوره فنولوژیکی علف های هرز و چغندرقند بایستی استفاده شوند، در مورد کاربرد علفکش عمومی در مزارع چغندر تراریخته چنین محدودیت هایی وجود ندارد و زارع آزادی عمل بیشتری در تعیین زمان سمپاشی دارد. ۳- تاخیر اولین سمپاشی تا زمان ۸-۶ برگی چغندر (معمولا ۶-۵ هفته پس از کشت) و ۱۰ سانتی متر ارتفاع علف هرز که باعث می شود جمعیت شته ها بیشتر بر روی علف های هرز تغذیه کنند و به چغندر آسیب کمتری وارد کنند، تنوع زیستی فون حشرات در محیط های کشاورزی افزایش یابد و خاک در برابر فرسایش محافظت شود. بهرحال قبل از شروع رقابت علف های هرز بایستی علفکش عمومی در مزارع چغندر تراریخته مقاوم به علفکش به کار رود. ۴- کنترل و نابودی طیف وسیع علف های هرز شامل علف های هرز دائمی با یک یا چند نوع علفکش عمومی در مزارع چغندر تراریخته. برخلاف علف کش های انتخابی در مزارع چغندر کلاسیک که بسته به نوع علف هرز کارائی متفاوتی داشته و لازم است که چند نوع علفکش انتخابی در چند نوبت و یا به صورت مخلوط با هم به کار روند. ۵- علفکش های عمومی بخصوص رانداپ حتی با دز مصرفی بالاتر هیچ اثر بازدارندگی بر روی رشد گیاهچه چغندر تراریخته ندارد. در حالیکه علفکش های انتخابی معمولا اگر با دز بیشتر و یا در زمان نامناسب و شرایط جوی نامساعد استفاده شوند باعث کاهش رشد گیاه چغندر و یا زرد شدن موقتی برگ ها و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه خواهند شد. ۶- برای کنترل موثر علف های هرز ثانویه تا زمانی که چغندر تراریخته بین ردیف ها را پر نکرده است می توان علفکش عمومی را در مزرعه به کار گرفت و باعث کنترل کامل علف های هرز و افزایش عملکرد ریشه شد. ۷- به علت آنکه علفکش های عمومی گلایفوسیت و گلوفوسینات سمیت کمتری دارند و سریعتر در خاک تجزیه می شوند و در مقایسه با علف کش های انتخابی برای محیط زیست آلودگی کمتری بوجود می آورند. ۸- هزینه کنترل علف های هرز به روش شیمیایی در مزارع چغندر تراریخته نسبت به کاربرد عفکش های انتخابی در مزارع چغندر کلاسیک به نصف کاهش می یابد. ۹- عملکرد شکر یکسان و یا کمی بیشتر در چغندر تراریخته به واسطه کنترل موثرتر علف های هرز متصور است. ۱۰- کاهش تردد ماشین آلات کشاورزی به علت دفعات کمتر سمپاشی و یا کشت بذر بدون شخم و یا با شخم کمتر باعث کاهش گازهای گلخانه ای می شود. ۱۱- در شکر فراوری شده بیش از ۹۹ درصد ساکارز خالص و فاقد مواد آلی دیگر می باشد. پروتئین ها نیز در ملاس و ضایعات

www.SID.ir

Archive of SID

خمیر به علت دمای بالا در طی فراوری تجزیه شده و از بین می روند. از این رو برای شکر حاصل از چغندر تراریخته نیاز به برچسب گذاری نیست و این امر باعث کاهش قیمت شکر تولیدی برای مصرف کنندگان می شود.

نهایتا قبل از ورود فناوری چغندر تراریخته مقاوم به علفکش در سطح مزارع به صورت تجاری بایستی با مقایسه هزینه ها و فوائد این فناوری در مزارع آزمایشی و پایلوت، ذهن مردم و بویژه زارعین را برای پذیرش کشت چنین محصولی آماده نمود.

ملاحظات ایمنی زیستی گیاهان تراریخته مقاوم به علف کش گلایفوسیت

الف- ایمنی علف کش گلایفوسیت در مقایسه با سایر علف کش ها

علف‌کش گلایفوسیت (رانداپ) که بیشتر از پنجاه سال است در کل محصولات کشاورزی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که در سایر علف‌کش‌های مشابه آن وجود ندارد؛ برای مثال این علف‌کش در خاک دوامی ندارد و میکروب‌های خاک به سرعت آن را به‌عنوان یک ماده غذایی مصرف می‌کنند؛ بنابراین گلایفوسیت به‌عنوان یک علف‌کش دوستدار محیط‌زیست شناخته می‌شود. همچنین ریسک ایجاد مقاومت در این علف‌کش نسبت به علف‌های هرز به پایین‌ترین حد ممکن می‌رسد. با توجه به مکانیزم عمل گلایفوسیت که گیرنده مشابه آن در انسان، دام، پرندگان و حشرات وجود ندارد، برای سلامتی آنها در غلظت های به کار رفته در کشاورزی زیانبار نیست (Kaliannan et al., 2002). به طوری که سمیت آن برای موش حدود ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است که در مقایسه با سمیت نمک طعام (۳۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای موش، بسیار ایمن‌تر خواهد بود (Fishel et al., 2016).

علف کش گلایفوسیت یک علف کش عمومی است و توانایی از بین بردن کلیه علف های هرز را دارد در نتیجه باعث کاهش مصرف سم و محیط زیست سالم تر می شود. سوال این است که چرا طرفداران محیط زیست در مورد اثرات سوء سم پاشی بی رویه روی سلامت موجودات مفید و انسان در مزارع با سموم انتخابی مضر واکنش نشان نمی‌دهند و فقط به کاربرد علف کش گلایفوسیت که کمترین ضرر را برای محیط زیست و جانداران دارد نگاهی منفی و منتقدانه دارند؟! در حال حاضر علف کش‌های زیادی در مزارع استفاده می‌شود که در مقایسه با گلایفوسیت سمیت بیشتری داشته و در محیط باقی می‌مانند و برای محیط زیست و کشاورز بسیار خطرناک هستند. این در حالی است که کشورهای زیادی در تلاش برای تولید و استفاده از گیاهان تراریخته مقاوم به علف کش‌هایی مانند گلایفوسیت هستند که سالمتر، ارزانتر و با مقدار کمتر کارایی بیشتری دارند و در جهت حذف علف‌کش‌های مضر و حفظ سلامت و آسایش کشاورز و مصرف کننده گام برمی‌دارند (Brookes and Barfood 2010).

سازمان ایمنی غذایی اتحادیه اروپا (EFSA) در بررسی‌های جامعی که در خصوص سلامت محصولات تراریخته و بیماری‌زایی و سرطان‌زایی گلایفوسیت انجام داد، در نوامبر ۲۰۱۵ ضمن تایید سلامت محصولات تراریخته، اعلام کرد که گلایفوسیت سرطان‌زا نیست و برای انسان خطری ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو) در بیانیه‌ای مورخ ۱۶ مه ۲۰۱۶ اعلام کرد که میزان گلایفوسیت مورد استفاده در غلظت‌های کشاورزی، سرطان‌زا نیست و گلایفوسیت مورد استفاده در گیاهان تراریخته نیز مطمئن و غیر سرطان‌زا است. راندآپ و ماده مؤثره آن گلایفوسیت که پرمصرف‌ترین علف‌کش است، در اغلب محصولات مهندسی ژنتیک دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارشناسان و متخصصین سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو) در خصوص بررسی اثرات باقیمانده علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها که از تاریخ ۹ تا ۱۳ ماه می ۲۰۱۶ (۲۴-۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۵) در ژنو سوئیس یک نشست مشترک برگزار کردند. در این نشست بعد از ارزیابی‌ها و بررسی‌های گسترده بر روی سلامت محصولات تراریخته و اثرات باقیمانده گلایفوسیت در انواع محصولات کشاورزی، غذای انسان و محیط زیست، اعلام شد که میزان گلایفوسیت مورد استفاده در غلظت‌های کشاورزی، سرطان‌زا نیست و مقدار گلایفوسیت مورد استفاده در گیاهان تراریخته نیز مطمئن و غیرسرطان‌زا است. لازم به ذکر است که در این بررسی‌ها، اثرات سمیت و بیماری‌زایی احتمالی گلایفوسیت در طیف وسیعی از موجودات زنده مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش‌ها، اثر گلایفوسیت در سلول‌های پستانداران در محیط آزمایشگاهی و محیط طبیعی، سلول باکتری در محیط آزمایشگاهی، متابولیت‌ها در داخل بدن و در محیط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. حاصل کلیه این آزمایش‌ها نشان داد که گرچه گلایفوسیت در مقدارهای بسیار بالا ممکن است بیماری‌زایی داشته باشد ولی غلظت گلایفوسیت مورد استفاده در کشاورزی هیچ‌گونه سرطانی را در انسان به وجود نمی‌آورد.

ب- انتقال ژن مقاومت به علف کش از گیاهان تراریخته به سایر گیاهان

اگر برای چندین سال متوالی یک واریته تراریخته مقاوم به علف کش در مزرعه کشت شود و نیز علف های هرز خویشاوند آن واریته تراریخته در مزرعه و یا مجاورت آن وجود داشته باشد در آن صورت ممکن است ژن مقاومت به علف کش از گیاه تراریخته به آنها منتقل شود و این گیاهان نیز مقاوم شوند. در این شرایط می توان مجددا از علف کش های انتخابی استفاده کرد که قبلا برای واریته غیر تراریخته استفاده می شده است و جمعیت علف های هرز مقاوم را از بین برد و یا ارقام تراریخته جدیدی با مقاومت به یک علف کش عمومی جدید مانند گلیفوسینات تولید و استفاده کرد. البته مقاوم شدن علف های هرز می تواند در هر زراعتی اعم از تراریخته و غرتراریخته در اثر مصرف بیش از حد و مکرر یک نوع علف کش ایجاد شود که با مدیریت تلفیقی علف های هرز قابل کنترل می باشد. برای مثال ملاحظاتی در مورد بروز ابرعلف های هرز به علت تلاقی چغندر تراریخته با چغندر وحشی بتا ماریتیما و یا چغندرهای زراعی کلاسیک به ساقه رفته در سال اول وجود دارد که برای رفع این ملاحظات اقداماتی از جمله آموزش زارعین به حذف گیاهان به ساقه رفته قبل از گلدهی در مزارع تولید ریشه، رعایت فاصله ایزولاسیون بین مزارع تولید بذر چغندر تراریخته و کلاسیک، حذف چغندرهای وحشی یکساله در مزارع تولید بذر و نهایتا سم پاشی علف های هرز مقاوم شده با سایر علف کش ها توصیه می شود.

به دلیل احتمال تکامل علف‌های هرز مقاوم به گلایفوسیت در مزارع گیاهان تراریخته توصیه می‌شود تولیدکنندگان محصولات تراریخته مقاوم به علف‌کش، به طور پیشگیرانه و فعالانه‌ای سایر علف‌کش‌ها (با الگوی تاثیر مکمل و متفاوت) را در ترکیب با

www.SID.ir

Archive of SID

گلایفوسیت در سیستم‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز حتی در مناطقی که نمونه‌هایی از علف‌های هرز مقاوم به گلایفوسیت دیده نمی‌شوند، مورد استفاده قرار دهند. این رویکرد پیشگیرانه و متنوع مدیریت علف‌های هرز، راهکار اصولی برای اجتناب از ظهور علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در محصولات مقاوم به علف‌کش است. این روش، راهکار اصلی در برخورد با مقاومت علف‌های هرز در محصولات مرسوم نیز هست. یک برنامه پیشگیرانه کنترل علف‌های هرز به طور کلی نیازمند مصرف علف‌کش کمتری است، دارای نمایه‌ی زیست‌محیطی بهتری بوده و نسبت به برنامه‌ی مدیریت علف‌های هرز واکنش‌گرا مقرون به صرفه‌تر است.

منابع منتخب

- Ananymous. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. 2016. www.weedscience.com.
- Ananymous. JOINT FAO/WHO MEETING ON PESTICIDE RESIDUES. 2016. http://www.fao.org/fileadmin/ templates/ agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/JMPR_Summary_Special.pdf.
- Ananymous. 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate, EFSA (European Food Safety Authority) Journal. 13(11): 4302 [107 pp.].
- Barry, G. F. and Kishore, G. M. 1992.Glyphosate tolerance crop plants. US. Patent, no: 5776760.
- Brookes, G. and P. Barfoot. 2010. Global impact of biotech crops: Environmental effects, 1996-2008. PG Economics Ltd, UK.
- Brookes, G. and P. Barfoot. 2016. GM Crops: Global Socio-economic and Environmental Impacts 1996-2014. PG Economics Ltd, UK.
- Dale, PJ, B Clarke, and EMG Fontes. 2002. Potential for the Environmental Impact of Transgenic Crops. Nature Biotechnology. 20. p-567-574.
- Fred Fishel, Jason Ferrell, Greg MacDonald, and Brent Sellers. 2016. Herbicides: How Toxic Are They? https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/PI/PI17000.pdf.
- Kaliannan.P, M. Alia, T. Seethalaksshamia, P. Venuvanalingam. 2002. Electronic structure and conformation of glyphosate: an ab initio MO study. Journal of Molecular Structure (Theochem) 618: 117–125.
- James, Clive. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA Brief No. 51. Ithaca, NY.
- Venki Ramakrishnan . 2016. GM plants: Questions and answers. The Royal Society. UK’s national academy of science.

www.SID.ir