



تراریزش گیاه گندم با استفاده از ژن *fld* به روش تفنگ ژنی

سارا عبدالملکی^۱، مسعود توحیدفر^۲، رضا فتوت^۳ و غلامرضا صالحی جوزانی^۴

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشگاه زنجان

۲- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج، (نویسنده مسوول: gtohidfar@yahoo.com)

۴- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۲

چکیده

تنش‌های غیرزیستی از جمله خشکی و شوری اولین عامل کاهش محصول در دنیا بوده و در اغلب محصولات مهم زراعی باعث کاهش شدید تولید محصول می شود. استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک یکی از گزینه‌های موجود جهت افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی می باشد. در این تحقیق به منظور تولید گیاه گندم تراریخته متحمل به تنش‌های غیرزیستی، از روش تفنگ ژنی و وکتور *p6U-Ubi-FVT1* استفاده شد. این وکتور حاوی ژن نشانگر باکتریایی استرپتومایسین و نشانگر گیاهی هیگرومایسین و ژن *fld* (فلاوودوکسین) با منشاء سیانو باکتری می‌باشد. فلاوودوکسین نقشی مشابه فردوکسین ایفا کرده و قادر است با جلوگیری از وقوع اغتشاشات در چرخه انتقال الکترون و ممانعت از تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، آسایش گیاه را فراهم کند. بدین منظور از کالوس‌های جنین زای ارقام بهار، لاین A، پیشتاز، N-83 و ارقام پاییزه زرین و S-87 به عنوان بافت هدف برای تراریزش استفاده شد. نتایج نشان داد ریز نمونه کالوس جنین‌زا رقم بهار با ۶/۵۱٪ شاخه‌زایی و ۳/۳۵٪ ریشه‌زایی بیشترین باززایی را در مقایسه با سایر ارقام دارند. بیشترین درصد شاخه‌زایی، ریشه‌زایی مربوط به رقم بهار و کمترین آن مربوط به رقم زرین و S-87 بود. در این تحقیق ۳۶ بار بمباران با استفاده از تفنگ ژنی انجام شد و تعداد شش گیاه رقم بهار و یک گیاه رقم لاین A تولید شد. آنالیز PCR روی یک گیاه رقم لاین A و شش گیاه رقم بهار انجام شد. نتایج آزمایش وجود حداقل یک نسخه از ژن هدف را در ژنوم گندم یک گیاه رقم لاین A تأیید کرد. بیشترین درصد تراریزش مربوط به رقم لاین A بود که این مقدار برابر با ۰/۰۰۷ بود در نهایت آزمون لکه‌گذاری تأیید بیشتر تلفیق ژن را در گندم‌های تراریخته تأیید کرد.

واژه‌های کلیدی: گندم تراریخته، مهندسی ژنتیک، تفنگ ژنی، *fld* تحمل به تنش‌های غیرزیستی

مقدمه

می‌رسد که ۱/۲ میلیارد نفر در فقر کامل زندگی کرده (۱۲) و ۸۰۰ میلیون نفر فاقد امنیت غذایی می‌باشند (۱۳). در میان گیاهان

بر اساس گزارشات سازمان ملل، جمعیت جهان در سال ۲۰۲۰ به ۷/۵ میلیارد نفر

(۱۴). شواهد نتایج در سیانوباکتری‌ها و انتروباکتری‌ها نشان داد سطوح *fld* در اثر تماس سلول با علفکش‌های چرخه احیائی متیل ویولوزن، (MV) و دیگر اجزای حاوی ترکیبات سوپر اکسیدی تا چندین برابر افزایش می‌یابد (۱۱، ۱۴) و بیان بیش از حد این فلاووپروتئین در باکتری *E.coli* منجر به تحمل زیاد نسبت به منابع مختلف تنش اکسیداتیو می‌شود (۱۱). طبق گزارشات تاگنتی و همکاران (۱۱) بیان *fld* در کلروپلاست گیاه توتون، کاهش سطوح فردوکسین ناشی از شرایط نامطلوب محیطی را جبران می‌کند و موجب افزایش تحمل لاین‌های تراریخت نسبت به تنش اکسیداتیو و دامنه وسیعی از چالش‌های محیطی می‌شود. طبق گزارشات تاگنتی و همکاران (۱۱) بیان ژن *fld* در توتون باعث شد تا لاین‌های توتون تراریخت نسبت به کمبود آهن نیز تحمل نشان دهند. هم‌چنین انتقال *fld* به گوجه فرنگی و سیب زمینی نیز موجب افزایش تحمل به تنش اکسیداتیو و تنش خشکی شد (۱۴). نظر به اینکه چنین سیستمی در گیاهان زراعی، در طول مسیر تکاملی پدید آمدن گیاهان آوندی از ژنوم گیاه، ناپدید شده و مزایای بیان و عملکرد آن نیز از بین رفته است، با توجه به مشاهده نتایج موفقیت آمیز در افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی در گیاهان زراعی نام برده با انتقال ژن *fld* باکتریایی با ابزار مفید بیوتکنولوژی، می‌توان در جهت افزایش عملکرد محصول، در دیگر گیاهان زراعی به ویژه گندم نیز، گام برداشت. هدف از این تحقیق این است که با توجه به این امر که به علت چند ژنی بودن و پیچیدگی ژنتیکی و

زراعی، گندم به علت داشتن مواد غذایی با ارزش مانند انواع پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و تنوع محصولات، ۲۰ درصد از کالری غذایی مردم جهان (۵) و به همراه برنج و ذرت ۶۰ درصد کالری‌ها و پروتئین‌های غذای انسان را تامین می‌کند (۹). اما همواره یکی از عواملی که باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود، تنش‌های غیر زیستی نظیر خشکی و شوری می‌باشد. تنش‌های غیر زیستی بسیاری از جنبه‌های رشد، تغییرات محصول، آناتومی، مورفولوژی، فیزیولوژی و در آخر محصول دهی گندم را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۷). تنش‌های محیطی باعث کاهش انتقال الکترون در مسیر فتوسنتز می‌شود، فردوکسین‌ها در گیاهان که در انتقال الکترون دخالت دارد، در پاسخ به محرک‌های مختلف محیطی کاهش می‌یابد (۱۰).

میکروارگانسیم‌های فتوسنتزی در هنگام کاهش نا مطلوب فردوکسین، بیان ناقل‌های الکترونی همانند فلاودوکسین *fld*^۱ که عملکرد مشابه فردوکسین را دارند را القا می‌کنند (۳). در حالی که فرودوکسین‌ها در همه موجودات اعم از پروکاریوت‌ها تا جانوران موجودند، فلاودوکسین‌ها تنها در بعضی از باکتری‌ها و جلبک‌های اقیانوسی یافت می‌شود. فلاودوکسین در این موجودات می‌تواند القا کننده عملکرد فردوکسین تحت شرایط فقر آهن و تنش‌های محیطی که منجر به کاهش فردوکسین می‌شود باشند. بنابراین آنها نقش کلیدی انطباقی در میکروارگانسیم‌های فتوسنتز کننده که اجازه نجات و تولید مثل در شرایط نامطلوب را می‌دهند بازی می‌کنند

فیزیولوژیکی تحمل به تنش‌های غیرزیستی، تلاش برای بهبود این صفات با برنامه‌های متداول اصلاحی، ضمن همراه بودن با محدودیت‌های زیاد (۴)، مستلزم صرف وقت زیاد نیز می‌باشد. لذا اهمیت این تحقیق مبنی بر افزایش عملکرد در واحد سطح با افزایش تحمل نسبت به تنش‌های غیرزیستی با بکارگیری روش‌های نوین مهندسی ژنتیک به شیوه‌ای سریع و کاربردی روشن خواهد بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از وکتور *p6U-Ubi-FVT1* با طول ۱۲۹۵۱ جفت باز حاوی ژن فلاوودوکسین و نیز نشانگر انتخابی هیگرومایسین در ناحیه *T-DNA* و نشانگر باکتریایی استرپتومایسین جهت تراریزش گیاه گندم استفاده شد. ژن فلاوودوکسین تحت پیشبر یوبیکوتون و ترمیناتور NOS می‌باشد. ارقام مورد استفاده در این تحقیق شامل ارقام بهاره بهار، لاین A، پیشتاز و N-83 و ارقام پاییزه زرین و S-87 بود. این بذور از موسسه تحقیقات و اصلاح نهال و بذر کرج از بخش غلات تهیه شد. در ابتدا، بذور مورد آزمایش در گلدان کشت و پس از طی کلیه مراحل داشت در گلخانه، بذور نارس آنها در فاصله زمانی ۱۲ الی ۱۸ روز پس از گرده افشانی برداشت شد. ریز نمونه‌های جنین نارس گندم پس از ضدعفونی بذور در الکل ۷۰ درصد به مدت ۵ دقیقه و نیز هیپوکلریت سدیم تجاری به مدت ۲۰ دقیقه، در زیر میکروسکوپ جدا شده و به مدت ۴۵ روز روی محیط کالوس دهی شامل

نمکها و ویتامینهای MS، ۲ میلی گرم بر لیتر توفوردی، ۴۰ میلی گرم بر لیتر تیامین، ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر کازئین، ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر گلوتامین، ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز، ۸ گرم بر لیتر آگار و $\text{pH}=5/7$ ، تحت شرایط تاریکی و دمای ۲۶ درجه سانتی گراد در فیتوترون، به منظور تولید کالوس نگهداری شدند. سپس کالوس‌های جنین‌زا توسط ذرات طلای اندود شده با پلازمید نوترکیب بمباران شدند. در این آزمایش از تفنگ ژنی مدل BioRad, PDS-1000/He، ذرات طلا دارای قطر ۱ میکرون و دیسک پاره شونده نوع PSI ۹۰۰ و PSI ۱۱۰۰ استفاده شد. پس از بمباران کالوس‌ها به مدت یک روز در همین محیط تحت شرایط تاریکی و دمای ۲۶ درجه سانتیگراد در فیتوترون نگهداری شده و سپس به محیط کالوس دهی انتخابی حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیگرومایسین منتقل شدند. در ادامه کالوس‌های فوق، پس از طی مدت یک هفته به محیط باززایی انتخابی شامل نمکها و ویتامینهای MS، ۲ میلی گرم بر لیتر BAP، ۰/۱ میلی گرم بر لیتر IAA، ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز، ۷ گرم بر لیتر آگار و $\text{pH}=5/7$ ، همراه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیگرومایسین تحت شرایط نوری ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی در فیتوترون با دمای ۲۶ درجه سانتی گراد منتقل شدند. گیاهچه‌های باززا شده پس از تولید شاخه به محیط باززایی حاوی ۵۰ میلی گرم بر لیتر آنتی بیوتیک هیگرومایسین حاوی ۰/۵ گرم بر لیتر ذغال فعال منتقل شدند. واکشت نمونه‌ها هر دو هفته یکبار انجام و فاکتورهایی نظیر درصد

شاخه زایی (نسبت کالوس های جنینزای شاخه دار شده به کالوس های جنینزای بمباران شده $\times 100$) و درصد ریشهزایی (نسبت گیاهچه ها و کالوس های جنینزای ریشه دار شده به کالوس های جنینزای بمباران شده $\times 100$) اندازه گیری شد. گیاهچه های باززاشده در درون شیشه، ابتدا به گلدان های کوچک در شرایط فیتوترون و سپس به گلدان های بزرگ در شرایط گلخانه منتقل شدند. برای استخراج DNA از برگ گیاهچه های گندم از روش دلاپورتا (۲) استفاده شد. به منظور اثبات تلفیق ژن، واکنش زنجیره ای پلیمرز در حجم ۲۵ میکرولیتری حاوی یک واحد آنزیم DNA پلیمرز، ۲۵ نانوگرم DNA، ۴۰ نانوگرم از آغازگرهای اختصاصی، ۲/۵ میکرولیتر از $2dNTP$ میلی مولار که حجم آن در واکنش ۲۵ تایی می شود ۰/۲ میلی مولار، ۲/۵ میکرولیتر

۲۵ $MgCl_2$ میلی مولار که حجم نهایی آن در واکنش ۲۵ تایی می شود ۲/۵ میلی مولار، ۲/۵ میکرولیتر بافر ۱۰X انجام گرفت. واکنش در ۹۴ درجه سانتی گراد ۵ دقیقه و ۳۵ چرخه (هر چرخه شامل یک دقیقه در ۹۴ درجه، ۳۰ ثانیه در ۵۸ درجه و یک دقیقه در ۷۲ درجه سانتیگراد انجام گرفت) و تکمیل بسط در ۷۲ درجه ۷ دقیقه انجام گرفت. محصول واکنش زنجیره ای پلیمرز روی ژل آگارز ۱ درصد، الکتروفورز و پس از رنگ آمیزی با اتیدیوم بروماید در دستگاه ژل داک عکس برداری گردید. همچنین برای تایید بیشتر تلفیق ژن، آزمون لکه گذاری DNA با استفاده از کاوشگرهای اختصاصی برای ژن فلاووکسین، براساس روش سمبروک و راسل (۸) انجام شد. عمل نشاندار کردن کاوشگر ها نیز به روش کیت DIGLabeling (شرکت Roche) انجام شد. توالی آغازگر ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- توالی آغازگرهای رو به جلو و رو به عقب فلاووکسین

توالی آغازگر	آغازگر فلاووکسین
CTACGGTACTCAAACCTGG	آغازگر رو به جلو
GCGATCGTCTGTTAAGTC	آغازگر رو به عقب

با هم تفاوت دارند. در مقایسه، ارقام بهاره نسبت به ارقام پائیزه عملکرد بهتری در باززایی از خود نشان دادند (جدول ۲) و رقم بهار نسبت به بقیه ارقام دارای شاخه زایی و ریشه دهی بیشتری بود. درصد شاخه زایی در رقم بهار با ۶/۵۱ درصد بیشترین مقدار و رقم لاین A در رتبه دوم همچنین در رقم پیشتاز با ۲/۵ درصد

نتایج و بحث

در این پژوهش ۳۶ بار عمل بمباران با استفاده از تفنگ ژنی انجام شد. نتایج بدست آمده از مشاهدات نشان داد که ارقام پائیزه زرین و S-87 و ارقام بهاره پیشتاز، بهار، N-83 و لاین A به لحاظ ویژگی هایی نظیر درصد شاخه زایی، درصد ریشه زایی و درصد تراریزش

بوده که ۶ گیاه مربوط به رقم بهار و یک گیاه از رقم لاین A بود. به منظور تایید وجود حداقل یک نسخه از ژن آزمایش PCR روی کلیه گیاهچه ها انجام شد و تنها یک گیاه رقم لاین A وجود حداقل یک نسخه ژن *fld* را در ژنوم خود نشان داد. آزمون لکه گذاری جهت تایید بیشتر وجود ژن در ژنوم گیاهچه لاین A انجام شد.

کمترین میزان را نشان داد. لازم به یادآوری است که این نتایج بر اساس ریز نمونه های اولیه بدست آمده که تعداد آنها در لاین های مختلف متفاوت بوده است. درصد ریشه زایی نیز در رقم بهار بیشترین میزان و سپس در رقم لاین A با ۲/۱ درصد دومین مقدار و در رقم های زرین N-83 بدون ریشه زایی کمترین میزان را نشان داد. تعداد گیاهچه های کاملی که از این آزمایش به دست آمد در کل ۷ گیاه

جدول ۲- خلاصه ای از صفات اندازه گیری شده بعد از شلیک روی ارقام مختلف گندم

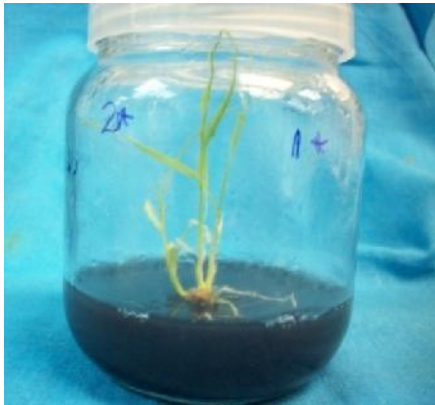
نوع بذر	نوع رقم	تعداد ریز نمونه شلیک شده	درصد شاخه زایی	درصد ریشه زایی	تعداد گیاهچه آنالیز شده	درصد تراریختی*
بهاره	لاین A	۱۴۰	۵/۷	۰/۵	۱	۰/۷
بهاره	پیشتاز	۲۰۰	۲/۵	۱	۰	۰
پاییزه	زرین	۴۳	۴/۶	۰	۰	۰
پاییزه	S-87	۱۵۰	۴/۰	۰/۶	۰	۰
بهاره	N-83	۴۹	۴/۰۸	۰	۰	۰
بهاره	بهار	۵۳۷	۶/۵۱	۳/۳۵	۶	۰

*: فراوانی تراریزش از نسبت گیاهچه های تراریخت به تعداد کالوس های بمباران شده، بدست آمد.

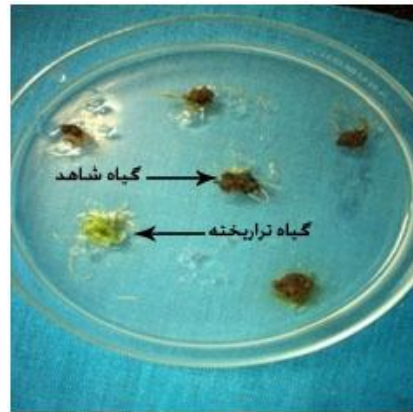
ریشه دهی ریزنمونه ها در محیط عاری از زغال فعال به کندی صورت می گرفت که با اضافه شدن زغال فعال سرعت ریشه دهی افزایش یافت (شکل ۲).

تعداد گیاهان باززا شده در محیط حاوی آنتی بیوتیک شامل ۷ گیاه بود که ۶ گیاه از رقم بهار و یک گیاه از رقم لاین A بود (اشکال ۳، ۴ و ۵).

در کلیه آزمایشات نمونه های شاهد در زمان انتقال به محیط کشت انتخابی کاملاً از بین رفتند (شکل ۱). در زمان انتقال به محیط باززایی گیاهانی که در ابتدا تولید شاخه کردند و علائم سبزینگی از خود نشان دادند پس از مدت کوتاهی شروع به ریشه زایی کردند. در حالی که ریزنمونه هایی که ابتدا به ریشه زایی رفتند هرگز علائم سبزینگی از خود نشان ندادند و کاملاً سیاه شده و از بین رفتند. عمل



شکل ۲- باززایی کالوس های جنین زا رقم لاین A در محیط انتخابی در محیط دغال فعال.



شکل ۱- از بین رفتن گیاه شاهد در مقابل گیاه تراریخته.



شکل ۴- باززایی گیاهان تراریخته در محیط انتخابی.



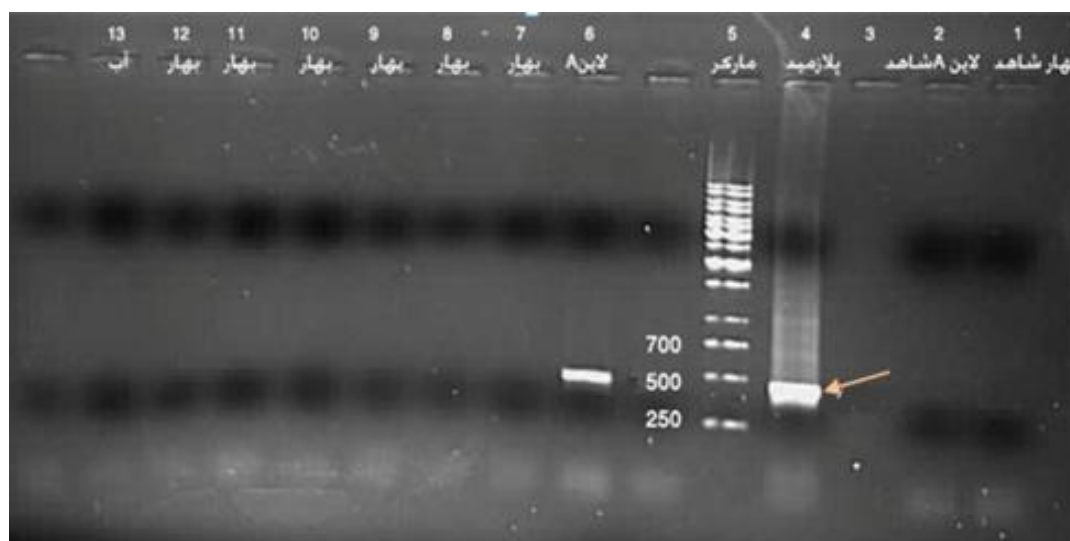
شکل ۳- باززایی کالوس های جنین زا رقم لاین A در محیط انتخابی.



شکل ۵- انتقال گیاهان تراریخته احتمالی به خاک و گلخانه.

طبق شکل ۶ عدم وجود باند در آب، نشان دهنده این است که واکنش PCR عاری از آلودگی بوده است. وجود باند در نمونه شماره ۴ حاوی پلاسمید به عنوان شاهد مثبت موید صحت مواد و آزمایش PCR می‌باشد. عدم وجود باند در نمونه شاهد عدم وجود ژن مذکور در این گیاه می‌باشد. وجود باند برابر با پلاسمید در گیاهان تراریخته، نشان دهنده وجود حداقل یک نسخه از ژن هدف در ژنوم گیاه می‌باشد. آزمون لکه گذاری PCR را تایید کرد و نشان داد که تنها گیاه لاین A که وجود ژن *fld* را در آزمایش PCR تایید کرده بود در آزمون لکه گذاری نیز موید وجود ژن مذکور بود (شکل ۷).

این در حالی است که ریز نمونه اولیه بهار هم بیشتر از همه بود. ژن مقاومت به هیگرومیسین سبب مقاومت گیاه در برابر آنتی بیوتیک هیگرومیسین در محیط کشت می‌شود. در این تحقیق گیاهچه‌های مقاوم به هیگرومیسین با پرایمرهای اختصاصی ژن *fld* و هیگرومیسین بررسی شدند. وجود باند ۴۴۵ جفت بازی نشان دهنده وجود حداقل یک نسخه ژن *fld* می‌باشد. واکنش زنجیره‌ای پلیمرز نشان داد که گیاهان فرضی تراریخته در مقایسه با شاهد حداقل یک نسخه از ژن *fld* را در ژنوم خود دارا هستند (شکل ۶). از ۶ گیاه بازآ شده رقم بهار هیچ یک وجود ژن *fld* را نشان ندادند در حالی که گیاه بازآ شده لاین A وجود حداقل یک نسخه از ژن فلاووکسین را اثبات کرد.



شکل ۶- محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با استفاده از پرایمرهای اختصاصی رو به جلو و عقب ژن *fld* در گندم چاهک ۱ گیاه شاهد رقم بهار، چاهک ۲ گیاه شاهد رقم لاین A. چاهک ۴ پلاسمید (کنترل مثبت)، چاهک ۵ نشان‌گر با وزن ملکولی DNA (1 Kb) از شرکت سینا ژن. چاهک ۶ گیاه تراریخته احتمالی رقم لاین A چاهک ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ گیاه تراریخته احتمالی رقم بهار. چاهک ۱۳ نمونه آب (واکنش PCR بدون الگوی DNA).



شکل ۷- آزمون لکه‌گذاری رقم لاین A برای اثبات تراریختی گندم با استفاده از کاوشگر تهیه شده برای ژن *fld* نمونه ۱ پلاسمید (کنترل مثبت)، نمونه ۲ گیاه شاهد (کنترل منفی) و نمونه ۳ گیاهچه تراریخت لاین A.

پیش‌تاز، S-87، N-83 و لاین A، این نکته را بیان داشت که ارقام پائیزه نسبت به ارقام بهاره عملکرد بسیار کمتری از خود نشان دادند. از دلایلی که می‌توان به آن اشاره کرد، نوع ژنوتیپ است. کشت بافت غلات، انواع مختلفی از کالوس را تولید می‌کند که ممکن است از نظر پتانسیل باززایی با هم متفاوت باشند، از این رو پاسخ کالوس و باززایی گیاه بستگی به نوع ژنوتیپ دارد (۱). به همین علت در ژنوتیپ‌های پائیزه نسبت به بهاره کالوس‌دهی و باززایی کمتری مشاهده می‌شود. همچنین تعداد کم کالوس‌های باززا شده سرسختی گندم برای باززایی در کشت بافت گندم را نشان می‌دهد که طبق گزارشات هو (۶) از عوامل محدودکننده اصلی در روش‌های تراریختی می‌باشد. تاکنون ژن‌های زیادی به منظور افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی به گیاهان منتقل شد که به علت پیچیده بودن مقاومت به تنش موفقیت‌چندانی حاصل نشده است. در این تحقیق برای اولین بار ژن *fld* به یک گیاه زراعی منتقل می‌شود. از این‌رو آنالیزهای بیشتری برای اثبات حضور و بیان ژن وارد شده و نیز آزمایشات زیست‌سنجی جهت

در کلیه آزمایش‌ها عدم مشاهده باند در گیاه شاهد صحت نتایج را تایید کرد. در روش انتقال ژن با تفنگ ژنی، گیاهی تراریخته است که ژن در کروموزوم آن تلفیق شود. در این حالت می‌توان کالوس‌های تراریخته را به واسطه وجود نشانگر انتخابی در محیط شناسایی کرد. ژن (*hpt*)، سبب مقاومت گیاه در برابر آنتی‌بیوتیک هیگرومایسین در محیط کشت می‌شود. با این روش گیاهانی انتخاب می‌شوند که دارای ژن مذکور هستند و به دلیل این‌که این ژن همراه با ژنهای هدف فلاوودوکسین روی یک پلاسمید قرار دارد، به طور غیرمستقیم گیاهانی که حاوی ژن‌های هدف می‌باشند انتخاب می‌گردند. نمونه تراریخت که شامل ژن مقاومت بود در محیط انتخابی حاوی آنتی‌بیوتیک هیگرومایسین شاخه‌زایی و ریشه‌زایی طبیعی از خود نشان داد درحالی‌که گیاه شاهد در این محیط از بین رفت. استفاده از ذغال فعال در محیط باززایی، علاوه بر جلوگیری از تولید ترکیبات فنولی که موجب عدم ریشه‌زایی می‌شوند، محیطی کم‌نور، مناسب با رشد ریشه را نیز فراهم می‌آورد. ارزیابی صفات (شاخه‌زایی و ریشه‌زایی) در ارقام بهاره، زرین،

اثبات تحمل به تنش‌های غیرزیستی و در پایداری ژن در آینده مورد نیاز خواهد بود.
نهایت آنالیز نسل‌های تراریخته برای اثبات

منابع:

1. Baskaran, P., B.R. Rajeswariand and N. Jayabalan. 2005. A simple approach to improve planter generation from callus culture of *Sorghum bicolor* (L.) Moench for crop improvement. *Journal of Agricultural Technology*, 1(1): 179-192.
2. Dellaporta, S.L., J. Wood and J.B. Hicks. 1983. A plant DNA mini preparation: version II. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1: 19-21.
3. Falk, S., G. Samson, D. Bruce, N.P.A. Huner and D.E. Laudenbach. 1995. Functional analysis of the iron-stress induced CP 43 polypeptide of PS II in the cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC 7942. *Photosynthesis Research*, 45: 51-60.
4. Flowers, T.J. 2003. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55(396): 307-319.
5. Gill, B.S., R. Appels, A.M.B. Oberholster, C.R. Buell, J.L. Bennetzen, B. Chalhoub, F. Chumley, K.J. Dvora, M. Iwanaga, B. Keller, W. Li, R.M. Combie, Y. Ogihara, F. Quetier and T. Sasaki. 2004. A workshop report on wheat genome sequencing: international genome research on wheat consortium. *Genetics*, 168: 1087-1096.
6. Huw, D.J. 2005. Wheat transformation current technology and applications to grain development and composition. *Journal of Cereal Science*. 41: 137-147.
7. Mirbahar, A.A., G.S. Markhandi, A.R. Mahar, S.A. Abro and N.A. Kanhar. 2009. Effect of water stress on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3): 1303-1310.
8. Sambrook, J. and D.W. Russell. 2001. *Molecular cloning. A Laboratory manual*. 3rd Edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York, USA. 1234 pp.
9. Salunkhe, D.K., S.S. Kadam and A. Ausin. 1985. *Quality of wheat and wheat products*. Metropolitan Book Co., New Delhi. 366 pp.
10. Singh, A.K., H. Li and L.A. Sherman. 2004. Microarray analysis and redox control of gene expression in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Physiologia. Plantarum*. 120: 3-27.
11. Tognetti V.B., J.F. Palatnik, M.F. Fillat, M. Melzer, M.R. Hajirezaei, E.M. Valle and N. Carrillo. 2006. Functional replacement of ferredoxin by a Cyanobacterial flavodoxin in tobacco confers Broad-Range stress Tolerance. *The Plant Cell*, 18: 2035-2050.
12. Winicov, I. 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Annals of Botany*, 82: 703-71.
13. Winicov, I. 2000. Alfin1 transcription factor overexpression enhances plant root growth under normal and saline conditions and improves salt tolerance in alfalfa. *Planta* 210: 416-422.
14. Zubriggen, M.D., V.B. Tognetti and N.J. Carrillo. 2007. Stress induced flavodoxin for photosynthetic micro organisms. The mystery of flavodoxin loss from the plant genome. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life*, 59(4): 355-360.

Genetic Engineering of Wheat, Using *fld* Gene by Gene Gun Method

Sara Abdolmaleki¹, Masood Tohidfar², Reza Fotovat³ and Gholamreza Salehi Jozani⁴

1 and 3- MSc Student and Assistant Professor, University of Zanjan

2- Assistant Professor, Agriculture Biotechnology Research Institute

(Corresponding author: gtohidfar@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Agriculture Biotechnology Research Institute

Received: March 9, 2012

Accepted: November 12, 2012

Abstract

Abiotic stresses such as drought and salinity are the most important causes of severe reduction of the crop yields in the world that genetic engineering could improve the tolerance of crops to these stresses as one of the suitable and available solution. In this study to produce transgenic wheat which has the tolerant to abiotic stresses gene gun method and *p6U-Ubi-FVT1* as vector was used. This vector has streptomycin and hygromycin marker and *fld* cyanobacteria offspring gene. Flavodoxin plays the same role of ferredoxin which prevents the problems of electron transport system and active oxygen species formations. Embryogenic callus of Bahar, Line A, Pishtaz, N-83, Zarin and S-87 variety of Wheat were used for this study. Results showed embryogenic callus of Bahar variety by 6.51 percent of shooting and 3.35 percent of rooting has the most regenerating rate and Zarin and S-87 had the less regeneration ability in comparison of other variety. Gene bombardment was done 36 times and PCR analysis was done on 6 Bahar and 1 line A plantlets which proved the gene transferring in Line A plantlet. The highest amount of transgenes was by Line A variety which owned 0.007 percent. Also Dot blot analysis validates the gene transfer in the plantlet.

Keywords: Transgenic Wheat, Genetic engineering, Gene gun, *fld*, Tolerant to abiotic stresses