تحقیقات بیوتکنولوژی در راستای افزایش بازده جنگلها و مراتع

دکتر محبت‌علی نادری شهاب
عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

مقدمه

با توجه به وسعت عظیم جنگلها و مراتع کشور و اهمیت حیاتی این منابع، هرگونه تحقیقی که منجر به افزایش تولید و یا رفع ضایعات این بخش شود، منجر به بازده کلان اقتصادی خواهد شد. جنگلها و مراتع کشور، از منابع طبیعی تجدیدشونده هستند و برای حل مشکلات این منابع باید به گونه‌ای عمل کرد که موجب ببار آمدن ضایعات زیست‌محیطی نشود و با حداقل سرمایه‌گذاری بتوان به حداکثر بهره‌برداری دست یافت. کاربرد تحقیقات بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک با هدف افزایش بازده از یک سو و جلوگیری از خسارات و ضایعات از سوی دیگر، این امکان را می‌دهد تا با حداقل ضایعات زیست‌محیطی و صرف حداقل سرمایه، مشکلات این بخش را حل کرده و موجبات افزایش تولید این بخش را در سطح کلان و با هدف توسعه پایدار فراهم کرد.

جنگلها و مراتع کشور با گسترهٔ وسیع و پهناور از حیث تأمین مواد غذایی جامعه، مصنوعات چوبی و محصولات کاغذی، تأمین تعداد زیادی از مایحتاج عمومی جامعه، جلوگیری از فرسایش و ازبین رفتن خاک، حفظ آب و نزولات آسمانی نقش مهمی دارد و

تلاش در جلوگیری از نابودی این منابع برای رسیدن به خودکفایی از اهمیت حیاتی برخوردار است.

هرگونه سرمایه‌گذاری تحقیقاتی در راستای افزایش تولید در بخش منابع طبیعی تجدیدشونده، جلوگیری از ضایعات وارده به این بخش و بهینه‌سازی استفاده از این منابع در رسیدن به خودکفایی، از نقطه نظر منافع و مصلحت ملی، از اولویت خاصی برخوردار است. باتوجه به حیاتی‌بودن این منابع، اجرای طرحهای تحقیقاتی بیوتکنولوژی در بخشهای مختلف منابع طبیعی به ترتیب اهمیت آنها ارائه می‌شود.

کاربرد بیوتکنولوژی در بخش جنگل

سطح جنگلهای کشور بالغ بر ۱۲ میلیون هکتار است که از این سطح، حدود ۱/۵ میلیون هکتار جنگلهای صنعتی خزری، ۴/۵ میلیون هکتار جنگلهای منطقه زاگرس و بقیه جنگلهای پراکنده مرکزی، جنوبی و ارسباران است. جنگلها نقش مهمی در تأمین مصنوعات چوبی و کاغذی، سوخت و تعداد زیادی از مواد مورد نیاز جامعه دارند. انجام تحقیقات بیوتکنولوژی در راستای بهینه‌سازی استفاده از چوب، فراوری و افزایش بازده جنگلهای طبیعی و دست‌کاشت و بهبود کیفی آنها به‌منظور استفاده بهینه در بخش صنعت، نقش به‌سزایی در رفع نیازهای کشور خواهد داشت.

از بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک درجهت بهبود کمی و کیفی و جلوگیری از ضایعات می‌توان استفاده کرد. ذیلاً به این موارد اشاره‌می‌شود:

مبارزه با آفات و بیماریها

تعدادی از گونه‌های مهم جنگلی که از اهمیت درجه اول برخوردارند، در جنگلهای صنعتی شمال کشور، در اثر حمله بعضی از بیماریهایی که اپیدمی شده‌اند، رو به انقراض و نابودی است. برای جلوگیری از زیان وارده و انقراض این گونه‌ها اقدامات جدی باید به عمل آید. یکی از بیماریهای شایع و خطرناک، بیماری مرگ درختان نارون[1] است که به درختان ملج و تعداد زیادی از گونه‌های باارزش زیان وارد کرده و موجب مرگ و نابودی آنها می‌شود. از طرفی، استفاده از سموم، موجب برهم خوردن تعادل زیست‌محیطی، صرف هزینه سنگین و مقاومت آفات به سموم می‌شود و ازنظر عملی نیز کاربرد سموم در چنین سطح گسترده‌ای امکان‌پذیر نیست. در این رابطه می‌توان از روشهای مطمئن و بدون زیانهای زیست‌محیطی، مانند انتقال ژنهای مقاوم در مقابل قارچهای بیماری‌زا استفاده کرد.

برای جلوگیری از زیان حشرات، می‌توان ژنهایی را که کُدکننده یک‌سری مواد کشندهٔ حشرات هستند به گیاه منتقل کرد و گیاه را در برابر حمله آفات مقاوم ساخت. برای مثال، می‌توان ژنهای کُدکننده پروتئین‌های کریستال را که کشندهٔ طیف وسیعی از حشرات است و توسط یک باکتری گرام مثبت کُد می‌شود[2]، دستکاری کرد و به‌صورت ژنهای فعال در گیاه درآورد و به گیاهان منتقل کرد. بدین‌ترتیب گیاهان از زیان گروه کثیری از حشرات Lepidopteran[3]، حشرات Coleopteran[4] و حتی گروهی از نماتدهای گیاهی[5] در امان خواهند ماند.

در رابطه با ویروسها نیز می‌توان با به‌کارگیری راهکارهای مختلف انتقال ژن از زیان آنها جلوگیری کرد.[6]

تکثیر گونه‌های جنگلی در حال انقراض که در شرایط عرصه‌های طبیعی قادر به تکثیر نیستند

تعدادی از گونه‌های جنگلی با ارزش جنگلهای خزری و زاگرس به‌دلیل تغییراتی که در عرصه‌های جنگلی پیش‌آمده قادر به تکثیر در شرایط عرصه‌های طبیعی نیستند و بیم آن می‌رود که این گونه‌ها در آینده منقرض شوند. برای حفظ این گونه‌ها، تحقیقات بیوتکنولوژی با هدف تکثیر گسترده و انبوه این گونه‌ها در شرایط کنترل‌شدهٔ آزمایشگاه و سپس کشت آنها در عرصه‌های طبیعی، نقش حیاتی در حفظ گونه‌های جنگلی در حال زوال و نابودی ایفا می‌کند. در حال حاضر در شمال کشور گونه‌هایی مانند نارون، نهرار، زبان‌گنجشک و نیز گونه‌هایی از درختان جنگلهای زاگرس با این مشکل مواجه هستند که برای جلوگیری از انقراض آنها می‌توان از روشهای بیوتکنولوژی استفاده کرد.

حل تنگناهای محیطی مانند خشکی، شوری و ... فراوری رشد و استقرار گونه‌های جنگلی

کمبود آب و نزولات آسمانی، بویژه در جنگلهای زاگرس، از عوامل عمده کاهش رشد و استقرار گونه‌ها در این عرصه‌هاست. با توجه به گسترهٔ وسیع این جنگلها و اهمیت آنها ازنظر اکولوژیکی و نیز حفظ خاک و نزولات آسمانی، تحقیقات پیرامون حل مشکلات فراروی این جنگلها حائز اهمیت ملی است. تولید پایه‌های مقاوم در مقابل تنشهای خشکی با به‌کارگیری روشهای بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک و انتقال ژنهای مقاوم در برابر تنشهای محیطی، اهمیت به‌سزایی در حفظ منابع طبیعی کشور دارد. برای مثال، انتقال ژنهای القاپذیر در مقابل تنش کم‌آبی، شوری و گرما[7] به گیاهان که بتوانند شرایط کمبود آب را تحمل کنند و نیز تولید پایه‌های مقاوم به شوری که امکان استقرار گونه‌ها را در عرصه‌های شور فراهم کند. گستردگی این عرصه در سطح کشور قابل‌توجه است.

بهبود کیفیت درختان عرصه‌های جنگلی

درجنگلهای صنعتی، سرعت رشد و فرم درخت، تعیین کنندهٔ ارزش و بازده اقتصادی آن است. به‌منظور استفاده بهینه از منابع جنگلی، اصلاح و تولید درختان با سرعت رشد زیاد و فرم متناسب از اولویت خاصی برخوردار است و موجب افزایش بازده اقتصادی جنگلهای موجود خواهد بود. کاربرد روشهای بیوتکنولوژی برای تولید و تکثیر پایه‌های الیت در جنگلها امکان دستیابی به این مهم را میسر می‌سازد.

کاربرد بیوتکنولوژی درشناخت سریع و به موقع ژنوتیپها

در بررسی گونه‌ها و ژنوتیپها در طرحهای اصلاحی درختان جنگلی

و غیرجنگلی، شناسایی و تمایز سریع بین مواد تحت بررسی، مدت‌زمان لازم برای اصلاح این گونه‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش داده و موجب تسریع فرایند اصلاح می‌شود. در ارزیابی مواد حاصل از طرحهای اصلاح درختان جنگلی با مارکرهای فنوتیپی به دهها سال وقت نیاز است که این باعث کندی کار می‌شود و زمان دستیابی به نتایج را طولانی می‌کند. کاربرد روشهای بیوتکنولوژی، بویژه روشهای ملکولی مانند RFLP و غیره، راه حل مناسبی برای تسریع اصلاح گونه‌های جنگلی و کاهش مدت‌زمان بررسی نتایج حاصل از کارهای اصلاحی است. کاربرد روشهای ملکولی امکان شناسایی و ارزیابی در اولین مراحل رشد گیاه را فراهم می‌کند و زمان لازم برای رسیدن به اطلاعات مورد نیاز را به حداقل می‌رساند.

کاربرد بیوتکنولوژی در بخش مرتع

عرصه‌های مرتعی کشور، با سطحی بالغ بر ۹۰ میلیون هکتار که حدود ۷۰ میلیون واحد دامی از آن تغذیه می‌کنند، اهمیت فوق‌العاده‌ای بر درآمد ناخالص ملی دارد، علوفه تولیدی بخش مرتع، بالغ بر ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ تن با ارزش ریالی بیش از ۲۵۰۰ میلیارد ریال است. اگر ارزش بخش مرتع در جلوگیری از فرسایش خاک و تأثیر آن در حفظ و ذخیره شدن نزولات آسمانی در خاک را نیز به این مقدار اضافه کنیم، نقش حیاتی آن در اقتصاد ملی بیشتر مشخص می‌شود. بنابراین هرگونه سرمایه‌گذاری تحقیقاتی بیوتکنولوژی در جهت حفظ مراتع و افزایش بازده این بخش در راستای منافع ملی و رسیدن به خودکفایی و رفع وابستگی است و باید از آن حمایت کرد.

خشکی و شوری

کاربرد روشهای بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک و انتقال ژنهای مقاوم‌به‌خشکی‌وشوری مانند ژن اسموتین[8]، به‌منظور اصلاح و تولید گونه‌هایی که در شرایط کمبود آب بهتر مستقر شده و رشد و نمو کنند، راه‌حلی پویا و عملی در مبارزه با عارضه خشکی و عاری از پوشش شدن عرصه‌هایی است که مقدار بارندگی در آنها کم است. هرگونه‌موفقیت‌در این زمینه موجب افزایش تولید بخش مرتع، حفظ خاک و جلوگیری از بیابانی‌شدن عرصه‌های مرتعی کم‌باران می‌شود.

شوری نیز از عوامل دیگری است که در کاهش تولید بخش مرتع و بیابانی‌شدن عرصه‌های مرتعی نقش اساسی دارد. عرصه‌های وسیعی از اراضی حاشیه کویر و اراضی حاشیه دریاچه‌ها (مانند دریاچه ارومیه)، به دلیل شوری عاری از پوشش گیاهی هستند که راه‌حل مبارزه با این مشکل اصلاح و تولید گیاهانی است که بتوانند در شرایط شوری رشد و نمو کنند.

سرما

مراتع پربازده و درجه‌یک کشور به‌طورعمده در شمال غربی و غرب کشور پراکنده‌اند، این عرصه‌ها از نعمت بارندگیهای مناسب زمستانه و اوائل بهار برخوردارند. عامل محدودکنندهٔ رشد گیاهان مرتعی در این عرصه‌ها و بویژه در اوائل بهار که رطوبت به حد کافی وجود دارد، مشکل سرماست که عامل بازدارنده رشد این مراتع است. اصلاح و تولید گیاهانی که بتوانند در شرایط سردتر به رشد و نمو ادامه دهند برای استفاده از شرایط مناسب رطوبتی موجود در اوائل بهار و تولید مراتع در این عرصه‌ها نقش مؤثری در بازده آنها دارد. تحقیقات بیوتکنولوژی با هدف تولید و اصلاح گونه‌هایی که بتوانند حتی چند هفته زودتر از سایر گیاهان رشد خود را آغاز کنند، بازده اقتصادی کلانی در بر خواهد داشت.

بهبود کیفیت گیاهان مرتعی

در راستای افزایش کمی بخش مرتع، افزایش کیفی این بخش، از نقطه نظر ارزش غذایی آن برای دامها و افزایش تولیدات دامی نباید از نظر دور بماند. اصلاح کمی گیاهان مرتعی لازم است با در نظر گرفتن کیفیت آن صورت گیرد. افزایش مقدار پروتئین‌ها و اسیدهای آمینهٔ پرارزش در گیاهان مرتعی از اولویت خاصی برخوردار است. برای مثال، افزایش پروتئین‌های غنی از گوگرد (مانند Pea albumin) به جیرهٔ غذایی دام (گوسفند)، تولید پشم را تا بیش از ۳۵٪ افزایش می‌دهد. از تحقیقات بیوتکنولوژی برای افزایش درصد پروتئین گیاهان مرتعی، خوشخوراکی، قابلیت چرا، افزایش درصد کربوهیدراتها ونیز افزایش دورهٔ رویشی با هدف افزایش بیوماس گیاه می‌توان استفاده کرد. همچنین از بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک، برای انتقال ژنهای ارزشمند از منابع مختلف به گیاهان مرتعی می‌توان استفاده کرد و موجبات استفاده بهینه از گیاهان و افزایش بازده بخش مرتع را فراهم آورد.

جذب‌مؤثرعناصر موردنیاز گیاهان‌مرتعی و جنگلی

تولید بیوماس گیاهان در گرو تأمین عناصر مورد نیاز آنهاست. اگر کلیه عوامل رشد فراهم شود ولی کمبود عناصر مورد نیاز گیاه وجود داشته باشد، امکان تولید مناسب وجود ندارد. فسفر و ازت از عناصر اصلی و پرمصرف گیاهان است و سالانه صدها میلیون تن از این دو عنصر مصرف می‌شود و تولیدات گیاهی بسته به جذب این عناصر است . در جنگلها و مراتع پاشیدن این کودها از نظر اقتصادی و عملی امکان‌پذیر نیست. به‌همین منظور تحقیقات بیوتکنولوژی در راستای افزایش جذب ازت مصرفی توسط لگومها با دستیابی به سوشهایی از ریزوبیومها که بتوانند مقدار بیشتری ازت هوا را تثبیت کرده و در اختیار گیاه قرار دهند، موجب تأمین این عنصر حیاتی توسط خود گیاه خواهد شد. عنصر فسفر نیز در قسمت اعظم خاکهای مراتع به‌حد نیاز گیاه وجود دارد، لیکن محدودیتهایی برای جذب این عنصر از خاک وجود دارد. انتقال ژنهایی که توان گیاه را در جذب فسفر موجود در خاک افزایش می‌دهد، موجب تأمین فسفر مورد نیاز توسط خود گیاه می‌شود.با توجه به پیشرفتهای حاصل از شناسایی و استخراج ژنهای عامل جذب فسفر[9] در تعدادی از گیاهان، این امیدواری وجود دارد که با دستکاری و انتقال ژنهای مؤثر در جذب فسفر بتوان نیاز گیاه به فسفر راکاهش داد و امکان افزایش تولید را فراهم آورد.

کاربرد بیوتکنولوژی در افزایش بازده گونه‌های درختی سریع‌الرشد

کشت درختان سریع‌الرشد دست‌کاشت، به‌منظور تولید چوب مورد نیاز صنایع کشور مهمترین روش جلوگیری از برداشت بی‌رویه از جنگلها و تخریب این منابع با ارزش ملی است. یکی از راههای موفقیت در این راه، افزایش تولید گونه‌هایی است که کاشت آنها صرفه اقتصادی برای تولیدکنندگان در برداشته باشد.

افزایش تولید چوب گونه‌های سریع‌الرشد

کاربرد روشهای بیوتکنولوژی برای تولید پایه‌هایی که دارای رشد بیشتر باشند ونیز چوب آنها از کیفیت بهتری برخوردار باشد، از اولویت خاص برخوردار است. بهبود کیفی الیاف سلولزی گونه‌های سریع‌الرشد، نیازهای صنایع کاغذسازی را تأمین کرده و نیازهای جامعه به مواد اولیه صنایع کاغذسازی را برطرف می‌کند.

تولید گونه‌های مقاوم به خشکی

در تولید گونه‌های سریع‌الرشد، مانند سایر گونه‌ها، دو عامل خشکی و شوری از عوامل بازدارنده کشت و تولید هستند و استفاده از بیوتکنولوژی در تولید پایه‌هایی که نیاز به آب کمتری دارد، امکان تولید را افزایش می‌دهد.

تولید گونه‌های مقاوم به شوری

در مناطق وسیعی از کشور، شرایط کشت برای تولید درختان سریع‌الرشد مناسب است. این اراضی شامل سواحل دریاچه ارومیه در استانهای آذربایجان شرقی و غربی و کناره رودخانه‌های پرآب جنوب کشور است. کاربرد بیوتکنولوژی برای تولید پایه‌هایی که بتوانند در شرایط شوری رشد و نموکنند امکان زیر کشت بردن دهها هزار هکتار از این اراضی بسیار مناسب را فراهم می‌آورد که در صورت موفقیت، قسمت عمده چوب مورد نیاز کشور از این اراضی قابل استحصال بوده و علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، تأثیر قابل‌توجهی در اقتصاد بخش کشاورزی خواهد داشت.

تولید گونه‌های مقاوم به آفات و بیماریها

بروز آفات و بیماریها در گونه‌های سریع‌الرشد، ضایعات چشمگیری در تولید چوب حاصل از این گونه‌ها وارد آورده و علاوه بر کاهش محصول، موجب افت کیفی چوب تولیدی نیز می‌شود. در بعضی موارد، زیان آفات و بیماریها ممکن است به ۵۰ - ۲۰ درصد برسد که علاوه بر افت چوب استحصالی، تولیدکننده رغبتی به کشت این گونه‌ها نشان نمی‌دهد، در نتیجه موجب کاهش سطح زیر کشت گونه‌های سریع‌الرشد می‌شود. با کاربرد روشهای بیوتکنولوژی، مانند انتقال ژنهای مقاوم به آفات، ویروسها و بیماریها به این گونه‌ها و تولید گیاهان مقاوم، می‌توان بدون مصرف سموم دفع آفات، از زیان وارده جلوگیری کرد. اولویت این مهم از دیدگاه اقتصادی و نیز بی‌خطر بودن آن برای محیط‌زیست شایان اهمیت است.

کاربرد بیوتکنولوژی در بیابان‌زدایی

بالغ بر ۵۰ میلیون هکتار (از گسترهٔ ۱۶۴/۸ میلیون هکتار) از زمینهای کشور را بیابانها تشکیل می‌دهند که با افزایش جمعیت و فشار به منابع طبیعی و تخریب کمی و کیفی این منابع، هر روزه بر سطح بیابانها افزوده می‌شود. گسترش بیابانها عامل تهدید کننده اراضی کشاورزی و مراتع بوده و زیستگاههای انسانی را در حاشیه خود تهدید می‌کند. مهار بیابانها راه حل بنیادیِ جلوگیری از خطرات نابودکنندهٔ گسترش آن است و هرگونه تحقیقی که منجر به جلوگیری از بیابانی‌شدن و گسترش بیابانها شود از اهمیت خاص ملی برخوردار است.

تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری

عامل عمدهٔ بیابانی‌شدن وگسترش بیابانها خشکی و شوری است و در هرگونه برنامه‌ریزی این دو عامل باید مورد توجه قرار گیرند. دستیابی به گیاهانی که خشکی و شرایط خشن بیابان را تحمل کنند، قدم اساسی در جلوگیری از گسترش بیابانهاست. در پاره‌ای از مناطق بیابانی که در آن رطوبت وجود دارد، معضل شوری عامل ممانعت رشد و استقرار گیاهان است. اصلاح و تولید گیاهانی که بتوانند این شرایط را تحمل کنند، امکان ایجاد پوشش گیاهی در این عرصه‌ها را به‌وجود می‌آورد. بنابراین، کاربرد بیوتکنولوژی برای تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری از نخستین عوامل موفقیت در امر بیابان‌زدائی است.

کاربرد بیوتکنولوژی در افزایش بازده گیاهان دارویی

عرصه‌های پهناور جنگلها و مراتع کشور، بستر رشد و تولید انواع گونه‌های گیاهی است که مصارف دارویی دارند و در مداوای انواع امراض و بیماریها، بدون داشتن اثرات سوء جانبی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده بهینه از گیاهان دارویی، این گنجینهٔ خدادادی در عرصه‌های منابع طبیعی و جلوگیری از نابودی و انقراض آنها در اثر بهره‌برداری بی‌رویه، از اولویت خاص برخوردار است. کاربرد بیوتکنولوژی برای تولید انبوه این گیاهان با مواد مؤثره زیاد و استانداردشده منجر به کاهش وابستگی جامعه به مواد دارویی وارداتی که اثرات نامطلوب جانبی نیز دارند، منجر خواهد شد.

به‌کارگیری تحقیقات بیوتکنولوژی در راستای بهینه‌سازی ترکیبهای خاص موجود در گیاهان دارویی، افزایش مواد مؤثره گیاهان دارویی با به‌کارگیری روشهای اصلاح این گونه‌ها و برای تولید گونه‌های مناسب و پربازده شایان توجه است. تولید اندامهای ستزکننده مواد مؤثره در شرایط آزمایشگاهی با به‌کارگیری روشهای کشت بافت و رشد در فرمانتورهای مناسب برای تداوم تولید با کیفیت استاندارد و شناسایی، استخراج و دستکاری ژنهای مؤثر در تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی و انتقال آنها به گونه‌های مناسب با به‌کارگیری روشهای مهندسی ژنتیک امکان‌پذیر است. افزایش اندام‌زایی و رشد اندامهای تولیدکنندهٔ مواد مؤثره گیاهان دارویی دستکاریهای ژنتیکی و روشهای اصلاحی از توانمندیهای

بیوتکنولوژی است که می‌توان با انجام تحقیقات در این زمینه به آنها دست یافت. ■

یادداشتها

1- Dutch Elm Disease
2- Chestokhina et al., 1994
3- Perlak et al., 1994
4- Adang et al., 1993
5- Feilt Elson et al., 1992
6- Bawden et al., 1994; Mandry 1991; نادری شهاب(b) ۱۳۷۶ ; نادری شهاب (a) ۱۳۷۶ ; Longstaff et al.,1993 Gerlach and Haseloff 1988; Rossinck et al., 1992 Bajarano and Lichtenstein,1992).
7- Coca et al., 1996; Yamaguchi - Shinozaki et al., 1994.
8- Raghotama et al., 1993; Kononowicz et al., 1994.
9- Leggewie et al., 1997; Jeschke et al., 1997.

مراجع

۱ـ نادری شهاب، محبت‌علی؛ استراتژیهای تولید گیاهان انتقال ژن یافتهٔ مقاوم به ویروسها. (a) ۱۳۷۶، پژوهش و سازندگی شماره ۳۴ بهار ۱۳۷۶ صفحه ۶۵ ـ ۶۲.

۲ـ نادری شهاب، محبت‌علی؛ ارزیابی بروز ژن پروتئین پوششی ویروسهای گیاهی در گیاهان انتقال ژن یافتهٔ شبدر سفید. (b) ۱۳۷۶، پژوهش و سازندگی شماره ۳۴ بهار ۱۳۷۶ صفحه ۷۳ ـ ۶۸.

3- Adang, M,J., Brody, M.S., Gardincau, G., Eagan. N., Roush, R.T., Shewmaker, C.K., Jones. A., Oakes, J.V. and MeBride, K.E. 1993. The reconstruction and *expression of a Bacillus thuringiensis cryIIIA* gene in protoplasts and potato plants. *Plant Molecular Biology*, 21: 1131-1145.

4- Adang, M.J., Rocheleau, T.A., Merlo D.J. and Murray, E.E. 1990. Synthetic insecticidal crystal protein gene. *EPO patent application 0359472 - A2.*

5- Bawden, F.C. and Kassanis, B. 1944. The suppression of one plant virus by another. *Ann. Appl. Biol., 32:52-57.*

6- Bejarano, E.R. and Leichtenstein, C.P. 1992. Prospects for engineering virus resistance in plants with antisense RNA. *Trends Biotechnol., 10: 383-387.*

7- Chestukhina, G.G., Kostina, L.A., Zalunin, I.A., Rvina, L.P., Mikhailova, A.L. and Stepanov, V.M. 1994. Production of multiple δ- endotoxins by *Bacillus thurengiensis:* δ- endotoxin produced by strains of th subspecies *galleriae and wuhanensis. Canadian Journal of Microbiology, 40: 1026-1034.*

8- Coca, M.A., Almoguera, C., Thomas, T.L., and Jordano, J. 1996. Differential regulation of small heat- shock genes in plants: analysis of a water - stress - inducible and developmentally activated sunflower promoter. *Plant Molecular Biology, 31:863-876.*

9- Feiteston, J.,S., Pyne, J. and Kim, L. 1992. *Bacillus thuringiensis:* insects and beyond. *Bio/technology, 10: 271-275.*

10- Gerlach, W.L., Liewellyn, D. and Haseloff, J. 1990. Construction of a plant disease resistance gene from the satellite RNA of Tobacco ringspot virus. *Nature. 328:802-805.*

11- Haseloff, J. and Gerlach, W.L. 1988. Simple RNA enzymes with new and highly specific endoribonuclease activities. *Nature, 322: 585-591.*

12- Jeschke, W.D., Kirkby, E.L., Peuke, A.D., Pate J.S. and Hurtung, W. 1997. Effect of P deficiecy on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean *(Ricinus communis L.). Journal of Exoerimental Botany, 48: 75-91.*

13- Kononwicz, A.K., Raghothama, K.G., Casas, A.M., Nelson, D.E., Liu, D., Narasimhan, M.L., Larosa, P.C., Singh, N.K., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., Cherry. J.H. 1994.

14- Structure, regulation and function of the osmotin gene. Biochemical and cellular mechanisms of stress tolerance in plants. *Proceedings of the NATO advanced research workshop,* Maratea, Italy, 20 - 24 June 1994. 381-414; NATO ASI Series.

15- Leggewie, G., Willmitzer, L. and Reiesmier, J.W. 1997. Two cDNAs from potato are able to complement a phosphate uptake-deficient yeast mutant: identification of phosphate transporter from higher plants. *The Plant Cell, 9: 381-392.*

16- Longstaff, M., Brigeneti, G., Boccard, F., Chapman, S. and Baulcombe, D. 1993. Extreme resistance to potato virus X infection in plants expressing a modified component of the putative viral replicase. *the EMBO Journal, 12: 379 - 386.*

17- Mundry, K.W., Watkins, P.A.C., Ashfield, T., Plaskitt, K.A., Eisele-Walter, S. and Wilson, T.M.A. 1991. Complete uncoating of the 5' leader sequence of tobacco mosaic virus RNA occurs rapidly and is required to initiate cotranslational virus disassembly in vitro. *J. Gen Virol., 72: 769-777.*

18- Perlak, F. J., Stone, T. B., Muskopf, Y. M., Peterson, L. J., Parker, G. B., McPherson, S. A., WyMan, J., Love, S., Reed, G., Biever, D. and Fischhoff, D. A. 1993. Genetically improved potatoes: protection from damage by Colorado beetles. *Plant Molecular Biology, 22: 313-321.*

19- Raghothama, K. G., Liu, D., Nelson, D.E., Hasegawa, P.M. and Bressan, R.A. 1993. Analysis of an osmotically regulated pathogenesis-related osmotin gene promoter. *Plant Molecular Biology. 23:1117-1128.*

20- Yamaguchi-Shinozaki, K., Urao, T., Iwasaki, T., Kiyosue, T., Shinozaki, K. 1996. Function and regulation of genes that are induced by dehydration stress in *Arabidopsis thaliana, JIRCAS Journal. 1:69-79.*