ارزیابی مقاومت لاین‌های تراریخت پرمحصول برنج به کرم ساقه‌خوار

غفار کیانی*[1]، قربانعلی نعمت‌زاده [1]، بهزاد قره‌یاضی[2] و مجید ستاری[3]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲ - موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی ایران- کرج

۳ - موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل)

*ghkiani@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی مقاومت سه لاین برنج تراریخت به نام‌های خزر، ندا و نعمت (همگی دارای ژن *cry1Ab*) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. ارزیابی‌های مقاومت هم در سطح مولکولی و هم در شرایط طغیان طبیعی آفت کرم ساقه خوار (نسل سوم) در مزرعه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که تمامی لاین‌های تراریخت دو باند ۱/۲ kb و ۰/۹ kb را تولید نمودند که این باندها به ترتیب حاصل از تکثیر ژن *cry1Ab* و لوکوس RG100 می‌باشد. لاین‌های تراریخت در شرایط مزرعه‌ای نیز درجات بالایی از مقاومت را، علیه کرم ساقه خوار نشان دادند، در حالیکه ارقام شاهد آن‌ها خسارت قابل توجهی را دیده‌اند. بعلاوه، نتایج آزمایشات زیست سنجی آفت در محیط آزمایشگاهی (پتری‌دیش) نشان داد که تلفات لاروهای رهاسازی شده روی لاین‌های تراریخت بسیار بالا بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که اولاً ژن *cry1Ab* در ژنوم لاین‌های تراریخت مورد مطالعه پایدار بوده، ثانیاً تظاهر این ژن در ارقام تراریخت، حفاظت موثری از آن‌ها را علیه خسارت کرم ساقه خوار برنج در پی دارد.

کلمات کلیدی: برنج، ژن *cry1Ab*، تجزیه و تحلیل PCR، مقاومت به آفات

مقدمه

برنج به عنوان یکی از محصولات مهم غذائی، تأمین کننده غذای برای ۴۰ درصد جمعیت جهان است. بیش از ۹۰ درصد برنج در آسیا تولید و مصرف می‌شود (کوش و برار، ۲۰۰۲). با توجه به رشد روز افزون جمعیت جهان که در سال ۲۰۰۰ میلادی به بیش از ۶ میلیارد نفر رسید، برای تأمین غذای جمعیت آینده تا سال ۲۰۲۵ میلادی لازم است که میزان تولید برنج به بیش از ۵۰ درصد افزایش یابد (کوش، ۲۰۰۱). قابلیت تولید برنج تحت تأثیر عوامل مختلف زنده و غیرزنده شامل بیماری‌ها و آفات می‌باشد. کرم ساقه خوار خطرناک‌ترین آفت در تمام مزارع برنج‌کاری به‌شمار می‌رود و بیشترین

خسارت را در برنج نسبت به سایر آفات درپی دارد (ساواری و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین ۵۰ درصد از سموم شیمیائی که در مزارع برنج مورد استفاده قرار می‌گیرد علیه کنترل این آفت می‌باشد (هئونگ و همکاران، ۱۹۹۴؛ هیوسینگ و انگلیش، ۲۰۰۴). استفاده از سموم شیمیائی نه تنها هزینه تولید برنج را بالا می برد بلکه برای سلامت کشاورزان مضر بوده و آلودگی زیست محیطی را نیز به دنبال دارد (پینگالی و راجر، ۱۹۹۵؛ لیتسینگر و همکاران، ۲۰۰۵).

پیشرفت‌های اخیر در زمینه مهندسی ژنتیک دریچه‌های جدیدی را برای تولید گیاهان تراریخته با خصوصیات جدید ژنتیکی گشوده است. با استفاده از انتقال ژن، ژن‌هایی از نوعی باکتری خاکزی بنام *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) به برنج انتقال داده شده است که مقاومت بالایی را به آفات در پی داشته است. پروتئین‌های کریستالی که به وسیله ژن *Bt* تولید می‌شود خاصیت حشره‌کشی داشته و برای حشرات خانواده بالپولکداران، دوبالان و سخت‌بالان بسیار سمی می‌باشد (هوفته و وایتلی، ۱۹۸۹). در این زمینه گزارش‌های بسیاری وجود دارد که موید کنترل موثر آفات در ارقام تراریخت برنج می‌باشد (قره‌یاضی و همکاران، ۱۹۹۷؛ شو و همکاران، ۲۰۰۰؛ تو و همکاران، ۲۰۰۰؛ یه و همکاران، ۲۰۰۳؛ رامش و همکاران، ۲۰۰۴؛ بشیر و همکاران، ۲۰۰۵). سموم شیمیائی که در مزارع برنج استفاده می‌شود اکثراً از نوع تأثیر گسترده[1] می‌باشند که باعث از بین رفتن حشرات مفید و دشمنان طبیعی آفات نیز می‌شوند (تاناکا و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین بایستی به دنبال یک راهکار جایگزین برای کنترل آفات در برنج بود که با برنامه های کنترل بیولوژیکی سازگاری داشته باشد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تکنولوژی *Bt* در گیاهان تراریخت نظیر پنبه و ذرت کنترل بسیار موفقی را علیه آفات بالپولکداران به دنبال داشته است و علاوه بر این با دشمنان طبیعی آفات هم سازگاری داشته است (ناراجو و همکاران، ۲۰۰۵؛ رومیس و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات مختلف در برنج تراریخت هم نشان می‌دهد است که ژن *Bt* فقط آفات خانواده بالپولکداران را هدف قرار می‌دهد و تأثیر سوء معنی داری بر جوامع حشرات غیر هدف و دشمنان طبیعی آفات ندارد (چن و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین برنج *Bt* فرصت بسیار مناسبی را در مبارزه بیولوژیک و برنامه های مدیریت تلفیقی آفات[2] فراهم می‌نماید (کانن، ۲۰۰۰؛ شلتون و همکاران، ۲۰۰۲؛ رومیس و همکاران، ۲۰۰۶؛ چن و همکاران، ۲۰۰۷).

هدف از این تحقیق، ارزیابی میزان مقاومت لاین‌های تراریخت برنج به کرم ساقه‌خوار در سطح مولکولی و در شرایط طغیان این آفت در مزرعه بوده است.

1- Broad-spectrum

2 -Integrated pest management (IPM)

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی مورد استفاده

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل سه لاین تراریخت به نام‌های خزر، ندا و نعمت به همراه ارقام شاهد آن‌ها بودند. لاین های تراریخت خزر، ندا و نعمت از طریق روش تلاقی برگشتی با استفاده از رقم طارم مولائی تراریخت به عنوان والد غیر دوره ای اصلاح شده‌اند. بذور مورد نظر از موسسه تحقیقات برنج (معاونت آمل) تهیه شدند. ارقام مذکور جمعاً ۶ تیمار (۳ لاین تراریخت و ۳ رقم کنترل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تأخیر یک ماهه (اوایل خرداد) نسبت به کشت مرسوم (اوایل اردیبهشت) در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با سه تکرار در کرت هائی به مساحت ۶ متر مربع با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی متر کشت شدند. عملیات زراعی متداول در طول فصل زراعی بعمل آمد با این تفاوت که از هیچ سمی برای مقابله با آفات و بیماری‌ها استفاده نگردید.

ارزیابی مقاومت به کرم ساقه خوار در شرایط مزرعه

آلودگی به کرم ساقه خوار در مرحله رشد رویشی در برنج، به پنجه های در حال رشد خسارت می‌رساند و سرانجام باعث سرمردگی[1] ساقه می‌گردد. اما خسارت کرم ساقه خوار در مرحله رشد زایشی باعث ممانعت از انتقال شیره پرورده از ساقه به خوشه‌ها شده و باعث تولید ویژگی به نام خوشه سفیدی[2] می‌شود (قره یاضی و همکاران، ۱۹۹۷). بر این اساس ارزیابی مزرعه ای مقاومت به کرم ساقه خوار به صورت درصد سرمردگی (علامت خسارت کرم ساقه خوار در مرحله رویشی) و درصد خوشه سفیدی (علامت خسارت کرم ساقه خوار در مرحله زایشی) در طول فصل رشد انجام شد.

زیست سنجی برش ساقه[3]

در مرحله حداکثر پنجه زنی، تعدادی ساقه از هر رقم بطور تصادفی از تکرارهای مختلف نمونه برداری، سپس از قسمت میانی این ساقه‌ها برش هائی به طول ۵ سانتی متر تهیه و در محیط پتری‌دیش حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار داده شدند. در هر پتری‌دیش ۵ لارو کرم ساقه خوار در سن اول رهاسازی و درب هر پتری‌دیش با پارافیلم بسته شد. در دوره های زمانی ۲، ۳ و ۴ روز پس از رهاسازی لاروها، میزان مرگ و میر و مرحله رشدی آن‌ها (لاروها) یادداشت برداری گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به درصد سرمردگی، درصد خوشه سفیدی و همچنین داده‌های مربوط به

1 -Dead heart
2 -White head
3- Cut-stem bioassay

مرگ و میر آفت در آزمون زیست سنجی با استفاده از تبدیل زاویه ای (Arcsine)، نرمال گردیدند و سپس تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گرفت. برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

آزمایش PCR

آنالیز PCR با استفاده از نشانگرهای *cry1Ab* و RG100 انجام شد. مخلوط واکنش ۲۵ میکرولیتری شامل ۲/۵ میکرولیتر بافر (۱۰x)، ۰/۳ میکرولیتر dNTPs (۱۰ میلی مولار)، ۱ میکرولیتر $MgCl_2$ (۵۰ میلی مولار)، ۱ میکرولیتر از هر نشانگر، یک واحد آنزیم *Taq* پلیمراز و ۳ میکرولیتر DNA نمونه (۵۰ نانوگرم) بود. واکنش PCR با پروفیل حرارتی ۵ دقیقه برای °C ۹۴، ۴۰ چرخه از °C ۹۴ به مدت ۱ دقیقه، °C ۵۵ به مدت ۱ دقیقه و °C ۷۲ به مدت ۳ دقیقه و نهایتاً °C ۷۲ به مدت ۵ دقیقه انجام شد. فراورده‌های PCR با استفاده از الکتروفورز ژل آگارز (۱/۵٪) تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

ارزیابی مقاومت به کرم ساقه خوار در مزرعه بر اساس درصد سرمردگی و خوشه سفیدی نشان داد که لاین‌های تراریخت، مقاومت بسیار بالایی را به کرم ساقه خوار در شرایط طغیان این آفت نشان دادند (جدول ۱). مقایسات میانگین نیز حاکی از تفاوت بسیار معنی دار بین لاین‌های تراریخت با شاهدهای مربوطه آن‌ها می‌باشد (جدول ۱). مقدار خسارت آفت کرم ساقه خوار در مرحله رشد رویشی برای تمامی لاین های تراریخت صفر درصد بود. بنابراین لاین های تراریخت مقاومت بسیار بالایی را در مرحله رویشی از خود نشان دادند.

میزان خسارت آفت کرم ساقه خوار در مرحله زایشی که به صورت درصد خوشه سفید یادداشت برداری گردید نیز در جدول ۱ نشان داده شده است. بر این اساس میزان خسارت آفت کرم ساقه خوار برای لاین‌های تراریخت نعمت، ندا و خزر بسیار ناچیز بود و متوسط خسارت به ترتیب برابر ۰، ۰/۳۵ و ۰/۶۹ درصد بود. این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام تراریخت ندا، نعمت و خزر در مرحله زایشی نیز مثل مرحله رویشی مقاومت بسیار بالایی را نسبت به خسارت کرم ساقه‌خوار از خود نشان دادند. بررسی منابع نیز نشان می‌دهد که ارقام تراریخت برنج مقاومت بسیار بالایی را نسبت به آفت کرم ساقه خوار از خود نشان دادند (شو و همکاران، ۲۰۰۰؛ تو و همکاران، ۲۰۰۰؛ یه و همکاران؛ ۲۰۰۳؛ رامش و همکاران، ۲۰۰۴ و بشیر و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج آزمایش زیست‌سنجی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول لاین‌های تراریخت درجات بسیار بالایی از سمیت علیه لارو کرم ساقه‌خوار را نشان دادند و ۱۰۰ درصد از لاروهای رهاسازی شده (در سن ۱) در عرض ۴ روز با تغذیه از این لاین‌ها، تلف شدند و نتوانستند مراحل تکاملی خود را طی کنند (جدول ۲). درحالی‌که لاروهای رهاسازی شده روی ارقام کنترل، خسارت قابل ملاحظه‌ای را در پی داشتند. لاروهای زنده روی

این ارقام کنترل، توانستند مراحل تکاملی خود را تکمیل و به سن بالاتر بروند

نتایج آنالیز PCR برای حضور ژن *cry1Ab* در لاین های مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. در این آزمایش، از نشانگر RG100 به عنوان کنترل داخلی استفاده شد. مزیت استفاده از این نشانگر در این بود که تولید این باند نشان داد که واکنش PCR دارای اطمینان و صحت می‌باشد. همچنان که در شکل ۲ نشان داده شده است، نشانگر RG100 در تمامی ژنوتیپ ها (اعم از تراریخت و غیر تراریخت) باند kb ۰/۹ را تولید نموده است. درحالی‌که نشانگر *Bt* در لاین‌های تراریخت باند kb ۱/۲ را تولید نمود که نشان از تکثیر ژن *cry1Ab* می‌باشد، درحالی‌که ارقام شاهد غیر تراریخت فاقد این باند بودند. بنابراین ژن *cry1Ab* در ژنوم تمامی لاین های تراریخت، ادغام و پایداری داشته و در سطح مولکولی نیز تظاهر خوبی دارد.

موفقیت به‌کارگیری مهندسی ژنتیک در برنامه های کلاسیک اصلاح نباتات به ادغام پایدار ژن انتقالی در ارقام تراریخت بستگی دارد (وو و همکاران، ۲۰۰۲). در این صورت، وقتی ژنی از منابع مختلف به گیاهی وارد شود، از طریق روش‌های کلاسیک اصلاح نباتات نظیر تلاقی برگشتی می‌توان آن ژن را به سایر ارقام انتقال و یا از طریق روش شجره ای در تولید لاین های تراریخت جدید با خصوصیات زراعی مطلوب از آن بهره برداری نمود. این کار بخصوص در کشورهای درحال توسعه که ممکن است تکنولوژی‌های نوین همیشه در دسترس نباشد، بسیار حیاتی است. در این آزمایش، نتایج آنالیز PCR نشان داد که ژن *Bt* در ژنوم ارقام تراریخت ادغام پایداری داشته و از طرفی ارزیابی‌های تظاهر این ژن در شرایط محیط پتری‌دیش و در شرایط طغیان آفت در مزرعه نیز نشان داد که ارقام تراریخت مورد مطالعه مقاومت بسیار بالایی را (بیش از ۹۹ ٪) در تمام طول دوره رشد (دوره رویشی و زایشی) بر علیه کرم ساقه خوار دارا هستند. همچنین، با توجه به اینکه مواد گیاهی با تأخیر یک ماهه نسبت به کشت مرسوم، کشت شدند و از طرفی از هیچ گونه سمی نیز برای کنترل آفات و بیماری‌ها در طول فصل رشد استفاده نگردید، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تکنولوژی *Bt* می‌تواند استفاده از سموم شیمیائی را در مزارع برنج به شدت کاهش دهد که از نظر زیست محیطی و سلامت کشاورز و همچنین کاهش هزینه های مبارزه با آفات، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. چنانچه رهاسازی ارقام *Bt* از نظر بهداشت عمومی، محیط زیست و سایر نکات زیست ایمنی مورد تائید مقامات ذیصلاح قرار گیرد می‌توان از مزایای استفاده از تکنولوژی *Bt* بهره‌مند شد.

منابع

1) Bashir, K., T. Husnain, T. Fatima, N. Riaz, R. Makhdoom and S. Riazuddin. 2005. Novel indica basmati line (B-370) expressing two unrelated genes of *Bacillus thuringiensis* are highly resistant to two lepidopteran insects in the field. *Crop Protection*. 24: 870-879.
2) Cannon, R.J.C. 2000. Bt transgenic crops: risk and benefits. *Integrated Pest Management Reviews*. 5:151-173.
3) Chen, M., Z. Liu, G. Ye, Z. Shen, C. Hu, Y. 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. *Biological Control*. 42: 242-250.
4) Ghareyazie, B., F. Alinia, C.A. Menguito, L.G. Rubia, J.M. de Palma, E.A. Liwanag, M.B. Cohen, G.S. Khush and J. Bennett. 1997. Enhanced resistance to two stem borers in an aromatic rice containing a synthetic *cry1Ab* gene. *Molecular Breeding*. 3: 401-414.
5) Heong, K.L., M.M. Escalada and V. Mai. 1994. An analysis of insecticide use in rice: case studies in the Philippines and Vietnam. *International Journal of Pest Management*. 40: 173-178.
6) Hofte, H. and H.R. Whiteley. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Reviews*. 53: 242-255.
7) Huesing J. and L. English. 2004. The impact of *Bt* crops on the developing world. *AgBioForum*, 7: 84-95.
8) Khusk, G.S. 2001. Green revolution: the way forward. *Nature Reviews Genetics*. 2: 815-822.
9) Khush, G.S. and Brar, D.S. 2002. Biotechnology for rice breeding: Progress and Potential impact. In: *Proceeding of the 20th Session of the International Rice Commission* (23th - 26th July, Bangkok, Thailand.
10) Litsinger, J.A., J.P. Bandong, B.L. Canapi, C.G. Dela Cruz, P.C. Pantua, A.L. Alviola and E.H. Batay-An, 2005. Evaluation of action thresholds for chronic rice insect pests in the Philippines. I. Less frequently occurring pests and overall assessment. *International Journal of Pest Management*. 51:45–61.
11) Naranjo, S., G. Head and G. Dively. 2005. Field studies assessing arthropod non target effects in Bt transgenic crops. *Environmental Entomology*. 34: 1178-1180.
12) Pingali, P.L. and P.A. Roger. 1995. Impact of pesticides on farmer health and the rice environment. IRRI, Manila, Philippines.
13) Ramesh, S., D. Nagadhara, I.C. Pasalu, A. Padma Kumari, N.P. Sarma, V.D. Reddy and K.V. Rao. 2004. Development of stem borer resistant transgenic parental lines involved in the production of hybrid rice. *Journal of Biotechnology*. 111: 131-144.

14) Romeis, J., M. Michael, and B. Franz. 2006. Transgenic crops expressing *Bacillus turingiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnology*. 24: 63-71.
15) Savary S., L. Willocquet, F.S. Elazegui, N.P. Castilla and P.S. Teng. 2000. Rice pest constraints in tropical Asia: quantification of yield losses due to rice pests in a range of production situations. *Plant Disease*. 84: 357–369.
16) Shelton, A.M., J.Z. Zhao and R.T. Roush. 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annual Review of Entomology*. 47: 845-881.
17) Shu, Q., G. Ye, H. Cui, X. Cheng, Y. Xiang, D. Wu, M. Gao, Y. Xia, C. Hu, R. Sardana and I. Altossaar. 2000. Transgenic rice plants with a synthetic *cry1Ab* gene from *Bacillus thuringiensis* were highly resistant to eight lepidopteran rice pest species. *Molecular Breeding*. 6: 433-439.
18) Tanaka, K., S. Endo and H. Kazano. 2000. Toxicity of insecticides to predators of rice planthoppers: spiders, the mirid bug and the dryinid wasp. *Applied Entomology and Zoology*. 35: 177-187.
19) Tu, J., G. Zhang, K. Datta, C. Xu, Y. He, Q. Zhang, G.S. Khush and S.K. Datta. 2000. Field performance of transgenic elite commercial hybrid rice expressing *Bacillus thuringiensis* δ-endotoxin. *Nature Biotechnology*. 18: 1101-1104.
20) Wu, G., H. Cui, G. Ye, Y. Xia, R. Sardana, X. Cheng, Y. Li, I. Altossar and Q. Shu. 2002. Inheritance and expression of the cry1Ab gene in Bt (*Bacillus thuringiensis*) transgenic rice. *Theoretical and Applied Genetics*. 104: 727-734.
21) Ye, G.Y., H.W. Yao, Q.Y. Shu, X. Cheng, C. Hu, Y.W. Xia, M.W. Gao and I. Altossaar. 2003. High levels of stable resistance in transgenic rice with a *cry1Ab* gene from *Bacillus thuringiensis* Berliner to rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) under field conditions. *Crop Protection*. 22: 171-178.

جدول ۱- مقاومت لاین‌های تراریخت نسل پیشرفته برنج به همراه ارقام کنترل آن‌ها در شرایط مزرعه

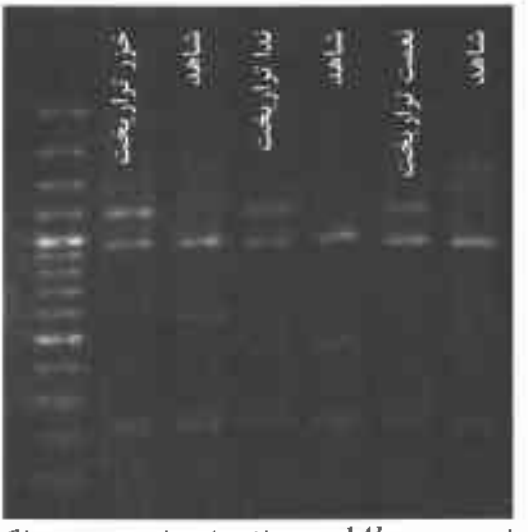
لاین/رقم	سرمردگی (درصد)	خوشه سفیدی (درصد)
خزر تراریخت	۰/۰۰a	۰/۶۹ b
کنترل	۳/۴۷ a	۲۶/۷۴ a
ندا تراریخت	۰/۰۰a	۰/۳۵ b
کنترل	۱/۳۹a	۹/۵۹ a
نعمت تراریخت	۰/۰۰a	۰/۰۰ b
کنترل	۱/۷۴a	۱۱/۱۱ a

حروف مشترک در داخل هر ستون نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۲- آزمایش زیست سنجی برای لاین‌های تراریخت برنج به همراه ارقام کنترل آن‌ها

لاین/رقم	مرگ و میر لارو (درصد)		
	۲ روز	۳ روز	۴ روز
خزر تراریخت	۳۶/۴ a	۶۷/۲ a	۱۰۰ a
کنترل	۰/۰۰b	۰/۰۰b	۶/۷ b
ندا تراریخت	۲۰/۰ a	۵۲/۲ a	۱۰۰ a
کنترل	۰/۰۰ b	۳/۳ b	۱۸/۹ b
نعمت تراریخت	۳۴/۵ a	۶۱/۱ a	۱۰۰ a
کنترل	۰/۰۰b	۰/۰۰b	۶/۷ b

حروف مشترک در داخل هر ستون نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشد



شکل ۱- آنالیز PCR برای حضور ژن *cry1Ab* در لاین‌های تراریخت برنج. نشانگر *cry1Ab* در لاین‌های تراریخت باندی به وزن ۱۲۰۰ و نشانگر RG100 باندی به وزن ۹۰۰ جفت باز در تمام ژنوتیپ‌ها اعم از تراریخت و غیرتراریخت تولید می‌نماید.

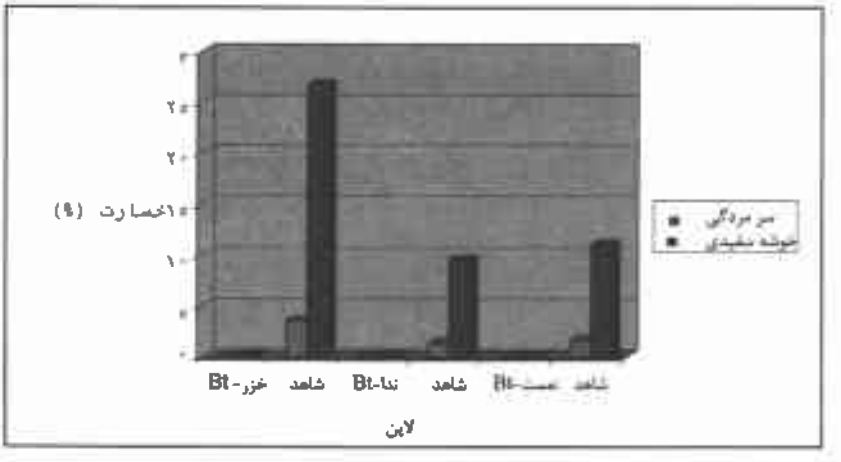
جدول ۳- خصوصیات زراعی لاین های تراریخت برنج به همراه ارقام شاهد

لاین	روز تا خوشه دهی	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد خوشه در بوته	روز تا رسیدگی	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد دانه پوک در خوشه	عملکرد (تن در هکتار)
خزر تراریخت	۱۰۱/۳ c	۱۰۴/۴ a	۸/۳ c	۲۰/۳ b	۸/۳ d	۱۲۹ a	۲۷/۴ b	۱۰۴ ab	۲ ab	۵/۸۴ a
خزر معمولی	۹۶/۷ d	۱۲۹/۳ a	۱۰/۰ c	۲۵/۳ b	۱۰/۳ d	۱۲۴ c	۲۵/۴ c	۱۸۸ a	۵ a	۲/۸ c
ندا تراریخت	۱۰۲/۷ bc	۱۱۹/۰ b	۱۲/۰ ab	۳۰/۰ a	۱۴/۳ ab	۱۳۱ b	۲۸/۳ ab	۱۱۲ c	۱۴ cd	۴/۳۵ b
ندا معمولی	۱۰۵/۳ a	۱۰۵/۷ c	۱۲/۳ a	۲۲/۰ b	۱۸/۰ a	۱۳۷ a	۲۰/۱ g	۱۱۷ c	۲ d	۵/۶۰ a
نعمت تراریخت	۱۰۲/۰ ab	۱۱۶/۰ b	۱۲/۳ b	۲۰/۰ a	۱۳/۳ c	۱۳۳ b	۲۸/۳ ab	۱۲۹ bc	۳۳ abc	۴/۸۳ b
نعمت معمولی	۱۰۲/۳ ab	۱۰۶/۳ c	۱۵/۳ b	۲۰/۳ a	۱۶/۳ bc	۱۲۹ a	۲۹/۳ a	۱۲۹ c	۲۲ bcd	۵/۲۲ b

حرف (حروف) مشترک در هر ستون نشان دهنده تفاوت غیرمعنی دار در سطح ۱ درصد است.

جدول ۴- خصوصیات کیفی لاین های تراریخت به همراه ارقام شاهد

لاین	آمیلوز (٪)	درجه حرارت ژلاتینه شدن	قوام ژل (میلی متر)	نسبت طویل شدن	برنج کامل (٪)	راندمان تبدیل (٪)
خزر تراریخت	۲۳/۵	۳/۵	۵۴	۱/۸۵	۵۵/۳	۴۷/۷
خزر معمولی	۲۳/۶	۳/۲	۷۵	۱/۷۹	۵۸/۷	۴۸/۸
ندا تراریخت	۲۳/۱	۳/۲	۵۳	۱/۸۰	۷۰/۳	۶۶/۱
ندا معمولی	۲۷/۳	۳/۸	۴۵	۱/۶۹	۶۲/۹	۵۳/۶
نعمت تراریخت	۲۶/۱	۷/۰	۴۰	۱/۸۶	۶۰/۸	۵۶/۸
نعمت معمولی	۲۶/۸	۶/۷	۳۷	۱/۸۳	۶۲/۶	۵۳/۲



شکل ۲- مقاومت مزرعه ای لاین های تراریخت برنج به همراه ارقام کنترل آن‌ها در شرایط مزرعه