

اثرات مثبت زیست شناختی اشعه ایکس در محدوده پرتوشناسی تشخیصی بر

روی رشد گیاه *Phaseolus-Vulgaris*

دکتر سید محمدجواد مرتضوی^{۱*} - لطفعلی مهدی پور^۲ - ساره تانوردی^۳ - سیما محمدی^۳ - سمیه کاظم پور^۳ - سمیه فاتحی^۳ - بدرالسادات به نژاد^۲ - دکتر حسین مزدارانی^۴

خلاصه

سابقه و هدف: گیاهان، مواد پرتوزا را از طریق کودهای فسفات و همچنین از مواد پرتوزای طبیعی موجود در خاک، آب و هوا دریافت می نمایند. از مدتها پیش اثرات تحریکی پرتوهای یونیزان با دوز کم بر روی طیف وسیعی از موجودات زنده شناخته شده است اما هیچ گزارش ثبت شده ای از اثرات مثبت زیست شناختی پرتوهای X در محدوده رادیولوژی تشخیصی بر روی رشد گیاهان موجود نیست. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات زیست شناختی پرتوهای ایکس با دوز کم در محدوده رادیولوژی تشخیصی بر روی میزان رشد گیاه *Phaseolus-Vulgaris* می باشد.

مواد و روش ها: بذره‌های گیاه *Phaseolus-Vulgaris* (pinto) قبل از کشت، به مدت دو روز در آب خیسانده و پس از آن به مدت دو روز در زیر یک پارچه نمدار قرار داده شدند. چهارصد عدد از بذره‌های تازه کاشته شده در دو گروه دویست تایی بطور تصادفی قرار داده شدند. در این مطالعه در هر ظرف دو عدد بذر کاشته شد (۱۰۰ ظرف برای گروهی که تابش می دیدند و ۱۰۰ ظرف برای گروه شاهد). پانزده روز پس از شروع کاشت، گیاهان تازه رشد کرده به مدت شش روز و هر روز یک مرتبه تحت تابش پرتو ایکس (۸۰mAs و ۸۰kVp) قرار گرفتند. در روز بیست و نهم گیاهان از خاک بیرون آورده شدند. طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ ها و وزن گیاه اندازه گیری گردید.

نتایج: طول ساقه در گیاهان تابش دیده و گروه شاهد به ترتیب $13/57 \pm 296/51$ و $15/02 \pm 223/96$ میلیمتر بود و این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0/001$). اگر چه تعداد برگ ها در گیاهان تابش دیده بیشتر از گروه شاهد (به ترتیب $7/05 \pm 0/18$ و $3/35 \pm 0/19$) بود اما این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود. وزن گیاه در نمونه های تابش دیده کمتر از گروه شاهد بود این تفاوت نیز به لحاظ آماری معنی دار نبود.

نتیجه گیری: در مجموع نتایج این مطالعه بیان کننده این موضوع است که پرتوهای ایکس در محدوده رادیولوژی تشخیصی، رشد گیاهان را افزایش می دهند. میزان افزایش رشد برای ساقه گیاه ۳۳ درصد بود که این اثر تحریکی قابل تامل می باشد. با این وجود به نظر می رسد که یافته های این مطالعه از محدودیت، برخوردار بوده و انجام مطالعات تکمیلی بعدی برای تأیید این یافته ها و شناخت مکانیسم های احتمالی، ضروری به نظر می رسد.

واژه های کلیدی: پرتوهای یونیزان - رادیولوژی تشخیصی - رشد گیاه

*۱ - دانشیار فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان - (نویسنده مسئول)

۲ - کارشناس رادیولوژی، بخش رادیولوژی مرکز آموزشی درمانی مرادی رفسنجان

۳ - دانشجوی رادیولوژی، دانشکده پرستاری مامایی و پیراپزشکی رفسنجان

۴ - استاد رادیوبیولوژی، گروه ژنتیک پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه:

تمام موجودات زنده در اقیانوسی از پرتوهای یونیزان ، رشد و نمو و زندگی می کنند که بخش قابل توجهی از این تشعشعات، از پرتوهای طبیعی منشا می گیرد [۱۴]. اعتقاد عمومی این است که حتی پرتوهای با دوز پایین نیز ، آثار زیانباری ایجاد می نمایند. با این وجود بیش از یک دهه است که بعضی از پیشگامان گزارش کرده اند که پرتوهای با دوز کم نه تنها زیانبار نیستند ، بلکه آثار سودمندی را نیز برای موجودات زنده ایجاد می کنند (شکل- ۱) ، بدین ترتیب پرتوهای با دوز کم می توانند همچون عناصر نادر^۱ بدن که علیرغم میزان بسیار اندکشان، نقش حیاتی در بدن ایفا می کنند، برای ادامه حیات ضروری باشند [۱۵]. حتی در سالهای اخیر پیشنهاد شده است که یک سوم از مرگهای ناشی از انواع سرطان، با افزایش تشعشعات با دوز کم قابل پیشگیری است. با وجود این واقعیت ، که پرتوهای یونیزان در دوزهای بالا زیانبار هستند، شواهد بسیار زیادی که از انسان و آزمایش بر روی حیوانات بدست آمده ، موید این مطلب است که فرایندهای زیست شناختی به وسیله تشعشعات با دوز کم تحریک می شوند. واژه "hormesis" از واژه یونانی "hormaein" منشا گرفته است که مفهوم آن "تحریک کردن" می باشد [۱۴]. این موضوع که دوزهای کم بعضی از مواد نظیر الکل و کافئین از آثار تحریک کنندگی ملایمی برخوردار بوده ولی در دوزهای زیاد ، زیانبار یا حتی کشنده می باشند، سالها است که برای بشر شناخته شده است. در ابتدای دهه ۱۹۴۰، Southam و همکارش Erlish به این موضوع پی بردند که علیرغم این واقعیت که غلظت های زیاد شیره برگ و پوست درخت بلوط ، رشد قارچ ها را متوقف می کند، غلظت های کم همین ماده سبب تحریک رشد قارچ ها می شود. آنها با به کارگیری واژه "هورمسیز" که از واژه مشهور "هورمون" ریشه گرفته بود برای توضیح این موضوع که دوزهای کم برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی اثرات تحریکی ایجاد می کنند اما در دوزهای زیاد، همین عوامل زیانبار یا کشنده خواهند بود، استفاده کردند. این پژوهشگران یافته های خود درباره اصطلاح جدید "هورمسیز" را در سال ۱۹۴۳

منتشر کردند [۳]. به طور کلی، هورمسیز به هر اثر سودمند و تحریک کننده ناشی از دوزهای کم یک ماده ، اطلاق می شود که دوزهای زیاد همان ماده، آثار زیان آور و یا مرگ بار ایجاد نمایند. [۱۵-۱۴]. در دهه ۱۹۵۰ لاکی (Luckey) یکی از محققین پیشتاز در هورمسیز پرتوی، برای اولین بار دریافت که دوزهای کم آنتی بیوتیکهای خوراکی سبب افزایش طول عمر چارپایان می شود. وی بعداً به این نکته پی برد که پرتوهای با دوز کم نیز می توانند باعث ایجاد پدیده هورمسیز شوند. در سال ۱۹۸۰ اولین گزارش کامل از هورمسیز پرتوی ، توسط این دانشمند منتشر شد [۸]. او در این گزارش ، مقالات بسیار زیادی را در مورد هورمسیز بررسی و جمع بندی کرده بود. از زمان انتشار اولین گزارش ها تا کنون ، حدود ۳۰۰۰ مقاله درباره فواید پرتوهای یونیزان با دوز کم ، منتشر شده است (برای مرور کلی این مقالات ، به منابع ۱۲-۹ مراجعه کنید). به طور معمول^۲، مفهوم هورمسیز پرتوی در مورد آثار سودمند فیزیولوژیک تشعشعات با LET^۲ کم در محدوده دوز جذبی کلی ۵۰-۱ cGy مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر این اعتقاد، به صورت گسترده ای وجود دارد که در آینده دانش رادیوبیولوژی بر روی مسائلی همچون کاربردهای بیومولکولی و ژنتیک، و مسائل مربوط به آسیب و ترمیم و پدیده های مرتبط با آن همچون هورمسیز پرتوی و اثر تطبیقی پرتوی^۳ متمرکز خواهد بود [۱۳].

از زمان تحقیقات اولیه Lackey ، مطالعات زیادی روی آثار هورمیتیک^۴ پرتوهای با دوز پایین، بر روی طیف وسیعی از موجودات زنده شامل گیاهان صورت گرفته است، اما بدلیل برخی مشکلات همچون عدم تکرار پذیری^۵ یافته ها و ضعیف بودن محاسبات دوز، تحقیقات قبلی چندان قابل اعتماد نیستند [۱۷]. همچنین گزارشاتی در مورد آثار مثبت زیست شناختی در گیاهان، بعد از پرتودهی با دوز های بسیار زیاد منتشر شده است. بدین ترتیب، تا آنجا که نگارندگان این مقاله اطلاع دارند، تا کنون هیچ گزارشی درباره اثرات مثبت زیست

² Linear Energy Transfer

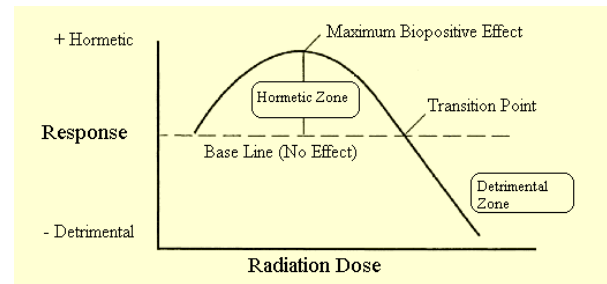
³ Radioadaptive Response

⁴ Hormetic

⁵ Reproducibility

¹ Trace Elements

شناختی پرتوهای ایکس با دوزهای در محدوده پرتوشناسی تشخیصی در گیاهان منتشر نشده است.



شکل ۱- مفهوم فرضیه هورمیسز. عوامل سمی (توکسیک) شیمیایی و فیزیکی معمولاً در دوزهای بالا اثر زیانبار روی سلامتی موجودات زنده دارند در صورتیکه در دوزهای کم، همان عوامل اثر مثبت زیست شناختی خواهند داشت.

در سال ۲۰۰۳ میلادی Afifi و همکارانش، اثر پرتوهای یونیزان را بر روی رشد مایکوفلورای سیب و تولید افلاتوکسین بررسی کردند. نتیجه جالبی که آنها گرفتند، این بود که پرتودهی در حد 0.5 kGy تولید افلاتوکسین را بوسیله تمام چارچ های تست شده (آسپرژیلوس فلاووس، آ. فامیگاتیوس، آنیجر، پنسیلیوم اکسپنسیوم) تحریک می کند در صورتیکه با افزایش دادن دوز پرتو به $2/5 \text{ kGy}$ تا $1/5$ تولید افلاتوکسین کاهش پیدا می کند [۱]. در سال ۲۰۰۴ میلادی نیز Fan و همکارانش بذره های گیاه یونجه را با تشعشعات گاما در دوزهای متفاوت $0-4 \text{ kGy}$ تحت تابش قرار دادند. گیاهان جوانه زدند و در دمای 23 درجه سانتی گراد در مدت هشت روز رشد کردند. آنها مشاهده کردند که جوانه های حاصل از دانه های تابش دیده در مقایسه با بذره های تابش ندیده، مقدار بیشتری آنتی اکسیدان و اسید اسکوربیک داشتند [۴].

همان سال Al-Salhi و همکارانش اثرات تشعشع گاما را روی خصوصیات بیوفیزیکی و مورفولوژیکی گیاه ذرت مطالعه کردند. بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه، ذرتهای تابش دیده با $1/5 \text{ krad}$ و $2/5 \text{ krad}$ در تمام پارامترهای رشد، افزایش قابل ملاحظه ای نشان دادند [۲]. از طرف دیگر در همان سال ۲۰۰۴، Zaka و همکاران وی در فرانسه اثرات پرتودهی کوتاه مدت گاما را بر روی گیاه نخود فرنگی بررسی کردند. در این بررسی، جوانه های پنج روزه در معرض تابش با دوز $0-60 \text{ Gy}$ قرار گرفتند. این محققین رشد و نمو گیاه را تا دو نسل بعد از تابش دهی بررسی کردند. یافته های آنها نشان

داد که دوزهای بیش از 6 Gy رشد و تولید مثل گیاهان نسل اول را بطور معنی داری متوقف می نماید [۱۸].

گیاه Phaseolus-Vulgaris (pinto) از گیاهان بنشنی یکساله گرمسیری است. بذر خشک این گیاه فصل کشت کوتاهی دارد بذر خشک آن با انواع زیادی از خاک، سازگاری دارد و از زمان کشت تا فصل برداشت آن، حدود ۸۵ تا ۱۱۰ روز طول می کشد. بذر این گیاه بایستی در یک خاک زهکشی شده مناسب، کشت شود. هدف اصلی این مطالعه، بررسی اثر پرتودهی با شرایط تابش یک رادیوگرافی معمولی بر روی گیاه Phaseolus-Vulgaris (pinto) جهت بررسی اثرات هورمیتیک احتمالی بود.

مواد و روش ها

بذره های تازه گیاه Phaseolus-Vulgaris (pinto) مربوط به محصول سال گذشته، خریداری گردید. قبل از کشت، بذرها به مدت دو روز در یک ظرف آب خیسانده شدند و در ادامه به مدت دو روز دیگر، در زیر یک پارچه نمدار قرار داده شدند. برای کشت گیاه، از خاک استاندارد استفاده شد. دمای اتاق محل کشت گیاهان بین 65 تا 75 درجه فارنهایت، تنظیم گردید. چهارصد عدد از بذره های تازه کاشته شده، بطور تصادفی به دو گروه دویست تایی تقسیم شدند. در این آزمایش در هر ظرف دو بذر کاشته شد (100 ظرف برای نمونه هایی که تحت تابش قرار می گرفتند و 100 ظرف برای گروه شاهد). پانزده روز بعد از شروع کشت، گیاهان تازه رشد کرده تحت تابش اشعه ایکس قرار داده شدند. این گیاهان یک دوز منفرد از اشعه ایکس (اختلاف پتانسیل تیوب 80 kVp و شدت جریان 80 mAs) را به مدت شش روز دریافت کردند، در روز بیست و نهم گیاهان از خاک بیرون آورده شدند. طول ساقه گیاه، طول ریشه، تعداد برگها و وزن گیاه، اندازه گیری شد. پارامترهای اندازه گیری شده در گیاهان تابش دیده و گروه شاهد، با استفاده از آزمون آماری t با هم مقایسه گردیدند.

نتایج :

پارامترهای اندازه گیری شده در گروه شاهد و گروه تابش دیده در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. طول ساقه در گیاهان تابش دیده و گروه شاهد به ترتیب $296/51 \pm 13/57$ و

دارنبود. همچنین یک اختلاف غیرمعنی دار بین طول ریشه در گیاهان تابش دیده و گیاهان گروه شاهد مشاهده گردید (به ترتیب $13/15 \pm 0/43$ و $12/84 \pm 0/40$ میلی متر). وزن گیاه در گروه تابش دیده کمتر از گروه شاهد بود و این تفاوت نیز از لحاظ آماری معنی دار نبود (به ترتیب $4/60 \pm 0/16$ و $4/68 \pm 0/14$).

$223/96 \pm 15/02$ میلی متر بود که این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار بود ($P < 0/001$). طول اندازه گیری شده برگ ها در گروه تابش دیده و گروه شاهد به ترتیب $60/89 \pm 1/59$ و $60/45 \pm 0/19$ میلی متر بود که این افزایش طول به لحاظ آماری معنی دار نبود اگر چه تعداد برگ ها در گروه تابش دیده بیش تر از گروه شاهد بود (به ترتیب $7/05 \pm 0/18$ و $6/74 \pm 0/19$) اما این اختلاف نیز به لحاظ آماری معنی

جدول ۱- فاکتورهای اندازه گیری شده در گیاهان تابش دیده و گیاهان گروه شاهد

P- Value	وضعیت رشد	گروه کنترل	گروه تابش داده	فاکتور
$P < 0/001$	مثبت	$223/96 \pm 15/02$	$296/51 \pm 13/57$	طول ساقه (mm)
غیر معنی دار	مثبت	$60/45 \pm 1/68$	$60/89 \pm 1/59$	طول برگ (mm)
غیر معنی دار	مثبت	$6/74 \pm 0/19$	$7/05 \pm 0/18$	تعداد برگها
غیر معنی دار	مثبت	$3/35 \pm 0/09$	$3/52 \pm 0/12$	قطر ساقه (mm)
غیر معنی دار	منفی	$13/15 \pm 0/43$	$12/84 \pm 0/40$	طول ریشه (mm)
غیر معنی دار	منفی	$4/68 \pm 0/14$	$4/60 \pm 0/16$	وزن گیاه (gr)

بحث:

در آن دسته از دانه های ذرت که در حد $1/5-2/5$ krad پرتوگیری داشتند، تغییرات معنی دار قابل ملاحظه ای در تمام پارامترهای رشد مشاهده شد [۲]. از طرف دیگر یافته های ما با یافته های بدست آمده توسط Zaka و همکارانش که نتوانستند هیچ نوع اثر هورمیتیک را در گیاه نخود نشان دهند، تفاوت دارد [۱۸].

از آنجا که نتایج این مطالعه، وجود آثار هورمیتیک در گیاهان را مورد تأیید قرار می دهد، شناخت مکانیسم های احتمالی این آثار، از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. به طور معمول چنین گفته می شود که القاء اثرات هورمیتیک در حیوانات از طریق سه مکانیسم احتمالی، امکان پذیر می باشد:

۱ - ترمیم DNA (در حد مولکولی)

بر اساس این تئوری پرتوهای یونیزان با دوز کم، سبب تولید پروتئین های ویژه ای می گردد که این پروتئین ها موجب ترمیم DNA می شوند [۷]. مطالعات انجام شده با استفاده از الکتروفورز ژل دو بعدی، پیدایش پروتئین های جدید در سلولهای تابش دیده با دوز کم را نشان می دهد. همچنین بعداً نشان داده شد که سیکلوهگزامید که یک ماده بازدارنده سنتز پروتئین است، بروز اثرات

یافته های حاصل از این مطالعه، موید این مطلب است که اشعه ایکس می تواند رشد برخی گیاهان را تسریع نماید. این نتایج، وجود اثرات هورمیتیک در گیاهان تابش دیده را مورد تأیید قرار می دهد. میزان افزایش رشد طول ساقه گیاه در این تحقیق ۳۳٪ بود که این افزایش، از اهمیت خاصی برخوردار بوده و قابل بحث است. با وجود اینکه تا کنون، مطالعاتی در زمینه بروز آثار مثبت زیست شناختی در گیاهان با استفاده از شرایط تابش دهی غیر تشخیصی، صورت گرفته است، اما تا آنجا که نگارندگان اطلاع دارند این تحقیق، اولین مطالعه در زمینه القاء اثرات مثبت زیست شناختی اشعه ایکس در محدوده پرتوشناسی تشخیصی بر روی گیاهان می باشد. با وجود بی سابقه بودن چنین مطالعه ای، برخی از یافته های ما با نتایج بررسی هایی که دیگر پژوهشگران با استفاده از دوزهای غیر تشخیصی انجام داده و بروز اثر هورمیتیک در گیاهان را به اثبات رسانده اند، مشابه می باشند [۲]. در سال ۲۰۰۴ میلادی Fan و همکارانش مشاهده کردند که بذرها جوانه زده یونجه تابش دیده در قیاس با نمونه های تابش ندیده، اسید اسکوربیک و آنتی اکسیدان بیشتری داشتند [۴]. نتایج بدست آمده از تحقیقات AL-salhi نشان می دهد که

بهتر این موضوع که پرتوهای با دوز کم چگونه می توانند باعث افزایش طول عمر، رشد و بروز سایر اثرات مثبت زیست شناختی در حیوانات شوند، کمک می نماید.

نتیجه گیری:

مجموع نتایج حاصل از مطالعه حاضر این نکته را مورد تاکید قرار می دهد که پرتوهای ایکس در محدوده پرتوشناسی تشخیصی، می توانند رشد برخی گیاهان را تسریع کنند. تقویت رشد مشاهده شده برای ساقه گیاه در این تحقیق که معادل ۳۳٪ بود، از اهمیت برخوردار بوده و لازم است بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. یافته های این مطالعه با نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی که توسط دیگر پژوهشگران با استفاده از دوزهای غیر تشخیصی انجام شده و بروز اثرات هورمیتیک در گیاهان را با دوزهای بالا مورد تایید قرار داده است، مطابقت دارد. در مجموع چنین به نظر می رسد که اطلاعات کنونی هنوز کامل نبوده و مطالعات گسترده تری برای اثبات قطعیت این یافته ها و شناخت سایر مکانیسم های احتمالی ایجاد اثر هورمیتیک ضروری می باشد.

هورمیتیک را متوقف می کند. عملکرد و اهمیت پروتئین های القا شده پس از پرتوگیری با دوزهای کم، همچنان ناشناخته باقی مانده است. همچنین مشخص شده، که متوقف کننده پلی ADP ریبوز پلی مرز که یک آنزیم موثر در اتصال مجدد نرده های شکسته شده DNA می باشد، می تواند موجب جلوگیری از القاء اثر تطبیقی پرتوی گردد [۱۷].

۲ - سم زدایی رادیکالهای آزاد (در حد مولکولی).
در سال ۱۹۸۷، Feinendengen و همکارانش گزارش کردند که تشعشعات با دوز کم سبب توقف موقت سنتز DNA می شود (حداکثر توقف ۵ ساعت بعد از تابش). این توقف موقت سنتز DNA زمان زیادی را در اختیار سلولهای تابش دیده قرار می دهد تا در آنها بهبودی حاصل شود [۵]. همچنین شاید این توقف، موجب تولید جاروبگرهای رادیکالهای آزاد^۱ شود که بدین ترتیب سلولهای تابش دیده در برابر هر پرتودهی بعدی مقاوم خواهند بود [۵].

۳ - تحریک سیستم ایمنی (در حد سلولی)
علیرغم این واقعیت که پرتوهای یونیزان با دوز بالا، سیستم ایمنی را سرکوب می کنند، بسیاری از مطالعات، موید این مطلب است که تشعشع با دوز کم می تواند موجب تحریک فعالیت سیستم ایمنی گردد. در سال ۱۹۰۹، Russ برای اولین بار نشان داد موشهایی که تحت تابش با دوز کم بوده اند، در مقابل بیماریهای باکتریال مقاوم تر هستند [۱۶]. مدتها بعد Luckey در سال ۱۹۸۲ مجموعه بزرگی را منتشر کرد که موید اثرات تحریک کننده سیستم ایمنی توسط پرتوهای یونیزان با دوز کم بود [۹].

با وجود مکانیسم های اشاره شده فوق، شاید اثرات هورمیتیک در گیاهان از مکانیسم های دیگری برخوردار باشد. هر چند بر اساس مطالعات اخیر، شباهتهای گیاهان و حیوانات در سطح مولکولی بسیار قابل ملاحظه تر از تفاوتهای آنها است [۶]. بدین ترتیب مطالعات انجام شده بر روی القاء اثرات هورمیتیک در گیاهان می تواند به درک

¹ Free Radical Scavengers

9. Luckey T. D: Physiological benefits from low levels of ionizing radiation, Health Physics, 1982; 43: 771-789.
10. Luckey T. D: Radiation Hormesis, CRC Press, Boca Raton, 1991.
11. Luckey T. D: Low dose radiation reduces cancer deaths, Radiation Protection Management, 1994; 11(1): 73-79.
12. Luckey T. D: A rosseta stone for ionizing radiation, radiation protection management, 1997; 14(6): 58-64.
13. Macklis R. M. and Bresford B: Radiation hormesis, J Nucl. Med., 1991; 32: 350-359.
14. Mortazavi, SMJ., Ikushima, T., Mozdarani, H. and Sharafi, A.A: Radiation Hormesis and Adaptive Responses Induced by Low Doses of Ionizing Radiation, Journal of Kerman University of Medical Sciences, 1999; 6 (1): 50-60.
15. Mortazavi SMJ: An Introduction to Radiation Hormesis. The internet. <http://www.rums.ac.ir/inthorm.html>. Accessed on Feb 17, 2005.
16. Russ, VK: Consensus of the effect of X-rays on bacteria, Hygiene, 1909;56:341-4.
17. Yoshida S., Kurisu Y., Masui H., Murata I., Yamamoto T., Iida T and Takahashi A. Stimulatory Effects of Low Ionizing Radiation on Plant. Proceedings of the 10 th International Congress of the International Radiation Protection Association, Hiroshima, Japan, 2000.
18. Zaka R, Chenal C, Misset MT: Effects of low doses of short-term gamma irradiation on growth and development through two generations of Pisum sativum. Sci Total Environ. 2004;320 (2-3) :121-9.

References:

1. Afifi AF, Foaad MA, Fawzi EM: Effect of gamma irradiation on elimination of aflatoxins produced by apple mycoflora in apple fruits. Acta Microbiol Pol. 2003; 52 (4) :379-86.
2. Al-Salhi M, Ghannam MM, Al-Ayed MS, El-Kameesy SU, Roshdy S: Effect of gamma-irradiation on the biophysical and morphological properties of corn. Nahrung. 2004; 48 (2) :95-8.
3. Bruce M: Radiation hormesis after 85 years, Health Physics Society Newsletter 1987.
4. Fan X, Thayer DW, Sokorai KJ: Changes in growth and antioxidant status of alfalfa sprouts during sprouting as affected by gamma irradiation of seeds. J Food Prot. 2004;67 (3) :561-6.
5. Feinendegen, L. E., Muhlensiepen, H., Bond, V. P., Sonhaus, C. A: Intracellular stimulation of biochemical control mechanisms, Health Physics, 1987; 52:663-669.
6. Goldbaum E: Plants, animals: not so different. The internet. <http://www.buffalo.edu/reporter/vol27/vol27n04/f2.html>. Accessed on Feb 17, 2005.
7. Ikushima, T., Aritomi, H. and Morisita, J: Radioadaptive response; Efficient repair of radiation induced DNA damage in adapted cells, Mutation research, 1996; 358: 193-198 .
8. Luckey T.D: Hormesis with ionizing radiation, CRC press, Baca Raton.1980.

The Bio-Positive Effects of Diagnostic Doses of X-rays on Growth of Phaseolus-vulgaris Plant

Mortazavi SMJ¹, Mehdi-Pour LA², Tanavardi S², Mohammadi S², Kazempour S², Fatehi S², Behnejad B², and Mozdarani H.^{*3}

1. Medical Physics Dept., School of Medicine, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran
2. Radiologic technology Dept., School of Paramedical Sciences, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran
3. Medical Genetics Department, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

Background: Plants absorb radioactive elements from phosphate fertilizers, and also from naturally occurring radiation in the soil, air and water. It has long been known that low doses of ionizing radiation evoke stimulatory effects in a wide variety of living organisms. However, as far as we know, there is no published report on the bio-positive effects of diagnostic doses of X-rays on plant growth. The aim of this study was to evaluate the bio-effects of low doses of diagnostic X-rays on growth rate of Phaseolus vulgaris (Pinto) plants.

Materials and Methods: Before cultivation, Phaseolus vulgaris (Pinto) seeds were soaked in tap water for 2 days followed by another 2 days of covering under a wet cloth. Four hundred newly cultivated seeds were randomly divided into two groups of 200 plants each. In this experiment, two seeds were cultivated in each dish (100 dishes for irradiation group and 100 for sham-irradiation group). Fifteen days after starting cultivation, newly grown plants were irradiated with X-rays. Plants were exposed to a single dose of X-ray (80 kVp, 80 mAs) for 6 days. On day 29, plants were pulled out from the soil. Length of plant stem, length of root, number of leaves and plant weight were measured.

Results: The stem length in irradiated and sham-irradiated plants was 296.51 ± 13.57 and 223.96 ± 15.02 mm respectively. This difference was statistically significant ($P < 0.001$). Although the number of leaves in irradiated plants was higher than that of sham-irradiated plants (7.05 ± 0.18 and 6.74 ± 0.19 respectively), the difference was not statistically significant. The stem diameters in irradiated and sham-irradiated plants were 3.52 ± 0.12 and 3.35 ± 0.09 mm respectively, but the difference again was not statistically significant. Plant weight in irradiated samples was less than that of non-irradiated plants but it was not statistically significant.

Conclusions: The overall results indicate that diagnostic doses of X-rays can accelerate the growth of plants. The growth enhancement ratio for stem length was 1.33 that is a challenging figure. However, current data seem to be insufficient and further studies are needed to confirm these findings as well as to find out the possible hormetic mechanisms.

Key Words: X-ray, Diagnostic Radiology, Plant Growth.