مجله ایمنی زیستی
دوره ۸، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۴

کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم زیستی و زیست فناوری

مرضیه موسی زاده
دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

m.mosazadeh74@yahoo.com

چکیده

فناوری هسته‌ای در پزشکی، امنیت مواد غذایی، کشاورزی، نانوبیوتکنولوژی و برآورد فرسایش یا رسوب گذاری خاک، نمونه‌هایی از کاربرد علوم هسته‌ای در زیست شناسی و زیست فناوری هستند. هرچند استفاده‌ی گسترده و تجاری‌سازی تولیدات این دو رشته، نیازمند آگاه‌سازی عمومی و جلب اعتماد و اطمینان مردم نسبت به محصولات تولید شده با مواد رادیواکتیو است، اما ادغام این دو رشته پنجره‌های جدیدی را به روی درمان بیماری‌ها، کاهش مرگ و میر، بهبود محصولات زراعی و نیز کاربردهای تحقیقاتی نوین باز کرده است.

کلمات کلیدی: فناوری هسته‌ای، پزشکی، کشاورزی، زیست فناوری، امنیت غذایی.

مقدمه

در عصر کنونی، افزایش دانش بشری و پیدایش زمینه‌های مختلفی از علم و تکنولوژی، موجب ادغام رشته‌های مختلفی از علوم نوین و قدیمی گشته است. در این جا کاربردها و زمینه‌های علمی حاصل از ترکیب شدن فناوری هسته‌ای و علوم زیستی را بررسی می‌کنیم. از جمله‌ی این زمینه‌ها، فناوری هسته‌ای و علوم پزشکی که شامل استفاده از رادیوداروها و چشمه‌های پرتوزا در درمان بیماری‌هایی چون سرطان می‌باشد، فناوری هسته‌ای و علوم تغذیه که شامل پاک‌سازی موادغذایی از آلودگی‌های میکروبی است، فناوری هسته‌ای و علوم کشاورزی که در زمینه‌های ایجاد موتاسیون در گیاهان و تولید انواع محصولات مقاوم به آفات و متناسب با شرایط جغرافیایی مختلف فعالیت می‌کند و نیز فناوری هسته‌ای در برآورد فرسایش خاک که از برخی رادیونوکلئیدها برای تخمین فرسایش یا رسوب‌گذاری خاک بهره می‌گیرد، می‌توان نام برد. جذب بیولوژیکی فلزات سنگینی چون اورانیوم، نمونه‌ای از جایگزینی علوم زیستی به جای علوم شیمیایی است. در آخر این نکته حائز اهمیت است که مردم به خصوص در جوامع در حال توسعه، نسبت به محصولات حاصل از این فناوری‌ها مانند: غذاهای میکروب‌زدایی شده توسط پرتوهای هسته‌ای، محصولات زراعی مقاوم به تنش‌های محیطی تولید شده از طریق موتاسیون با پرتو، به‌کار بردن هسته‌های رادیواکتیو درون بدن و... خوشبین نیستند. لذا اطمینان دادن به مردم برای استفاده از این‌گونه محصولات، با

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

توجه به کیفیت و فواید اثبات شده حاصل از آن‌ها، باید مورد توجه مسئولین قرار گیرد.

علت تحقیق و اهمیت موضوع

در دهه‌های اخیر فناوری هسته‌ای توانسته است تا کاربردهای صلح‌آمیزی را در سایر علوم پیدا کند. این کاربردها نه تنها در حوزه‌ی مهندسی و فیزیک، بلکه در حیطه‌ی علوم طبیعی و زیستی نیز بوده‌اند. لذا با توجه به گستردگی این مطلب، سعی نموده‌ایم تا در این مقاله تعدادی از مهم‌ترین و رایج‌ترین کاربردهای فناوری هسته ای در علوم زیستی و زیست فناوری را معرفی کنیم، چراکه امروزه تمایل جهان به سمت استفاده و بهره‌گیری از کاربردهای بی‌نظیر و سودمند علوم هسته‌ای در سلامت و زندگی انسان است.

کاربرد فناوری هسته‌ای در پزشکی

پرتوپزشکی، شاخه‌ای از پزشکی است که در آن تشعشع هسته‌ای نوکلئیدهای رادیواکتیو و نوکلئیدهای پایدار، هم برای تشخیص و هم برای درمان امراض به کار می‌روند. این امر می‌تواند یا با پرتودهی مستقیم مریض با یک چشمه تشعشع خارجی، یا با تزریق داروهای نشان‌دار با رادیواکتیویته به مریض، تحقق یابد. داروهای نشان‌دار رادیواکتیو که به مریض تزریق یا خورانده می‌شوند، به رادیودارو معروف هستند. دارویی هسته‌ای یا رادیوفارماکولوژی، روش دارویی خاصی است که با ترکیبات، آزمایش یا تزریق مناسب رادیودارو به مریض ارتباط دارد.

روش‌های تشخیص زنده آن، روش‌هایی هستند که در آن‌ها یک رادیودارو در سیستم یک مریض زنده به طریق خوراندن، تزریق یا با استنشاق وارد می‌شود. اشعه‌ی گامای نشر شده به وسیله‌ی رادیوداروها، برای تامین اطلاعات مورد نیاز بر روی صفحه کامپیوتر، قابل مشاهده هستند. روش‌های غیرزنده، آن‌هایی هستند که روی نمونه‌های برداشته شده از یک مریض انجام می‌گیرد. کاربردهای درمانی تشعشع و رادیوداروها نسبت به کاربردهای تشخیص محدودترند (۱).

برای درمان انواع سرطان‌ها، می‌توان از روش‌های درمانی مختلف مثل جراحی، شیمی درمانی و پرتودرمانی استفاده نمود. پرتودرمانی خارجی و پرتودرمانی داخلی (Brachytherapy)، دو روش اصلی پرتودرمانی را تشکیل می‌دهند. مبنای پرتودرمانی قرار دادن سلول‌های بدخیم در معرض پرتوهای یونیزان می‌باشد که می‌تواند منجر به مرگ و از بین رفتن این سلول‌ها شود. هدف ایده‌آل در پرتودرمانی این است که تومور مورد نظر، بیشترین دوز پرتو را دریافت کند و در همان حال بافت‌های سالم اطراف، کم‌ترین مقدار پرتوگیری را داشته باشند.

پرتودرمانی خارجی

اساس این روش، بر مبنای استفاده از انواع مختلف منابع پرتوهای یونیزان است که در خارج از بدن بیمار قرار گرفته و به انواع برخورد پرتو یونیزان با ماده بستگی دارد. طراحی درمان دقیق نقش مهمی در درمان موفق دارد. این طراحی درمان شامل ۳ مرحله است: طراحی، شبیه‌سازی، درمان (۲).

پرتودرمانی داخلی

براکی‌تراپی (درمان از نزدیک)، یکی از روش‌های درمان به کمک پرتوهای یون‌ساز است که در آن چشمه‌های رادیواکتیو در درون تومور یا در کوتاه‌ترین فاصله از آن کاشته می‌شوند. پیشرفت‌های چشمگیر در نتایج براکی‌تراپی، مدیون پیشرفت در سه پایه اصلی استریوتاکتیک، رادیوایزوتوپ‌ها و

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

نوروراديولوژی است. البته نقش کامپیوتر در لوکالیزاسیون دقیق مواد کاشته شده را نباید نادیده گرفت. دو هدف عمده در برنامه‌ریزی جهت اعمال براکی‌تراپی باید مدنظر باشد، هدف اول ایجاد توزیع دوز یکنواخت در داخل تومور با بکارگیری تعداد زیادی کاتتر و هدف دوم به حداقل رساندن تعداد کاتترها در عین‌حالی که یکنواختی توزیع اشعه در سطح تومور حفظ شود. نتایج اولیه در مورد کاشت استریوتاکتیک مواد رادیواکتیو در داخل تومورها، مطابق آمارهای متعددی که برخی از آن‌ها در سری‌های بزرگ (مانند سری آقای موندنیگر با ۱۸۸۳ مورد) بدست آمده، نشان می‌دهند که نتایج بدست آمده، کاملا رضایت بخش است. در برخی سری‌ها اثرات آن به قدری ایده‌آل است که براکی تراپی را گاهی درمان کننده می‌دانند.

بر اساس تقسیم‌بندی سازمان بهداشت جهانی، غده مغزی درجه پایین (Low Grade Glioma: LGG)، حدود یک سوم از تومورهای گلیوم را تشکیل می‌دهد و یکی از نگرانی‌ها و دغدغه‌ها در این بیماران، بقای آن‌ها است. درمان جراحی و برداشتن کامل تومور مسلما بهترین روش درمان است، ولی به دلیل حساسیت مغز و آسیب‌پذیری این منبع حیاتی، در بسیاری از موارد (مانند تومورهایی که نواحی مرکزی مغز شامل دیانسفالون و مسیر بینایی را درگیر می‌کنند) این کار مقدور نیست. کاشت مواد رادیواکتیو در داخل تومورها، با کاشت R^{236} شروع شد که به سال ۱۹۰۱ بر می‌گردد. درحال‌حاضر، در اکثر مراکز برای تومورهای جامد از $I^{۱۲۵}$ و Ir^{192} و برای تومورهای کیستیک از Au^{192}، P^{32}، Y^{90} و اخیرا Re^{186} استفاده می‌شود. I^{125} در بین سایر عناصر این مزیت را دارد که متخصص فیزیک پرتودرمانی، انکولوژیست، جراح اعصاب، پرستاران و فامیل بیمار در معرض کمترین میزان اشعه قرار می‌گیرند.

مزایای براکی تراپی

۱- مدت زمان پایین بستری بیمارستانی

۲- حداقل آسیب به مغز سالم اطراف تومور

۳- تابش بیشتر به سلول‌های هیپوکسیک مرکزی و تابش کمتر به سلول‌های حاشیه‌ای

٤- حداقل ادم اطراف تومور با توجه به شدت کم اشعه حاصل از I^{125}

٥- کنترل عود موضعی با تابش حداکثر به محوطه تومور

٦- حداقل تابش به مغز سالم مجاور که باعث حداقل شدن عوارضی چون رادیونکروز، ادم وازوژنیک و وابستگی به استروئید و امکان تبدیل تومور به بدخیمی می‌شود

۷- بقای طولانی مدت بیماران

۸- عوارض کم این روش نسبت به بقیه روش‌ها

بیماران جوان در براکی تراپی، با I^{125} نتیجه بهتری دارند و عامل مرگ در بزرگسالان را تبدیل LGG به تومور بدخیم دانسته‌اند (١٤).

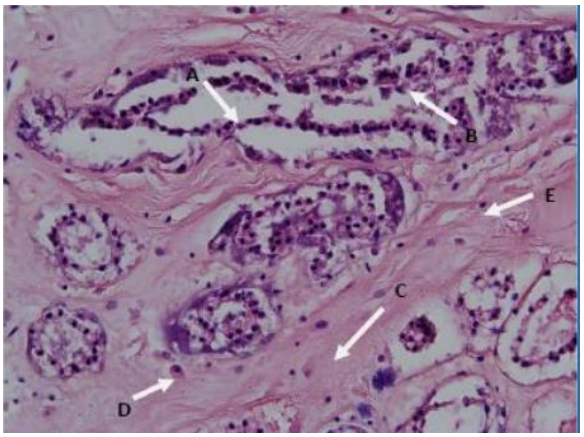
P^{32} یکی از داروهای رادیواکتیو است که دارای تابش ۱۰۰درصد بتا با انرژی ماکزیمم ۱۷۱۰ کیلوالکترون ولت (متوسط ٦٩٤/٧ کیلوالکترون ولت) و نیمه عمر ١٤/٣ روز و عمق نفوذ ۸ میلی‌متر می‌باشد. ذرات این رادیودارو ٦۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر است. جذب بالای فسفر در بافت‌های استخوانی، رادیوداروهای P^{32} را به گزینه‌ای بسیار مناسب در تسکین و درمان مبتلایان به سرطان استخوان تبدیل کرده است. از جمله علل استفاده این رادیودارو، انتشار کم آن به بافت‌های

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

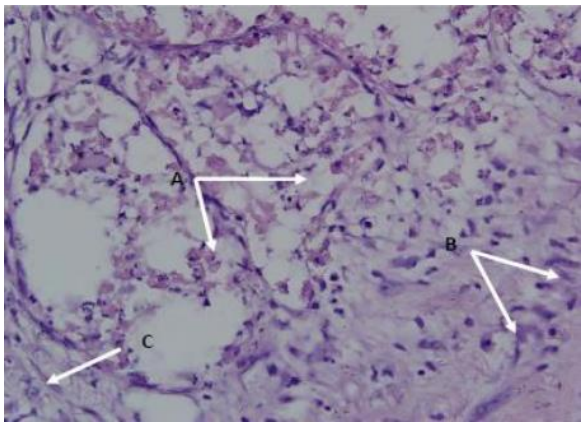
مجاور تومور و همچنین به سایر اندام‌های بدن است که مربوط به اندازه ذرات آن می‌باشد.

در شکل ۱ که ۵ روز بعد از تزریق رادیوفسفر تهیه شده است، مشاهده می‌شود که مجاری و غدد تومورال، توسط باقی‌مانده‌های سلول‌های اپی‌تلیال پوشیده شده است و بسیاری از سلول‌ها از غشا پایه جدا شده و به داخل حفره‌های غددی ریزش پیدا کرده‌اند. سلول‌های باقی‌مانده، دارای هسته‌ی کوچک با کروماتینی متراکم و سیتوپلاسم نیز حالت فشرده و متراکم دارد که مجموعا طرحی شبیه به آپوپتوزیس به وجود آورده‌اند. هر چند ظاهر سلولی با تعاریف مربوط به نکروز سلولی منطبق نمی‌باشد، ولی به نظر می‌رسد که سلول‌ها بر اثر تاثیرات رادیودارو در حال از بین رفتن باشند.



شکل ۱ – تصویری از تومور ۵ روزه بعد از تزریق رادیوفسفر-۳۲ (رنگ آمیزی هماتوکسیلین هاریس و بزرگ‌نمایی با ابژکتیو ۴۰X) A: سلول‌های اپی‌تلیال B: سلول‌های اپی‌تلیال نکروزی C: فیبروبلاست D: ماکروفاژ E: بافت پشتیبان متورم (۱۵).

در شکل ۲ نیز مراحل توضیح داده شده در قبل، با پیشرفت بیشتری را نشان می‌دهد و فلش‌ها نکروز شدن کامل سلول‌های اپی‌تلیال و بقایای حاصل از آن می‌باشد. لازم به ذکر است این نواحی، نواحی نزدیک به منطقه‌ی نفوذ رادیودارو می‌باشد و مناطق اطراف محل تزریق دارو به شعاع حدود ۷ تا ۸ میلی‌متر تمامی سلول‌ها نکروز شده و تشکیل حفره‌ای در داخل تومور داده‌اند (۱۵).



شکل ۲- تصویری از تومور ۷ روز بعد از تزریق رادیوفسفر-۳۲ (رنگ آمیزی هماتوکسیلین هاریس و بزرگنمایی با ابژکتیو ۴۰X) A: نکروز کامل سلول‌های اپی‌تلیال ترشحی و مجرایی و باقی ماندن بقایا در محل. B: بافت پشتیبان بسیار متورم همراه با سلول‌های فیبروبلاست. C: حضور اندک سلول‌های التهابی (۱۵).

معرفی برخی دستگاه‌های مربوط به پرتودرمانی

سیکلوترون: ماشینی است که در یک مسیر حلقوی به ذرات باردار شتاب داده و در تحقیقات فیزیک هسته‌ای کاربرد دارد.

سینکروترون: این وسیله یک شتاب دهنده‌ی حلقوی ذرات باردار می‌باشد که به کمک آن می‌توان طیف پرتوهای الکترومغناطیسی از فروسرخ تا پرتوهای ایکس را تولید نمود.

شتاب دهنده‌ی خطی: معمولا در مراکز درمانی، پرتودرمانی خارجی توسط پرتوهای ایکس و یا الکترون به کمک این روش انجام می‌شود. تفاوت در طراحی شتاب دهنده‌ها، بر اساس استفاده‌ی آن‌ها از امواج رادیویی ساکن یا متحرک می‌باشد.

میکروترون: میکروترون یک شتاب دهنده‌ی الکترون

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

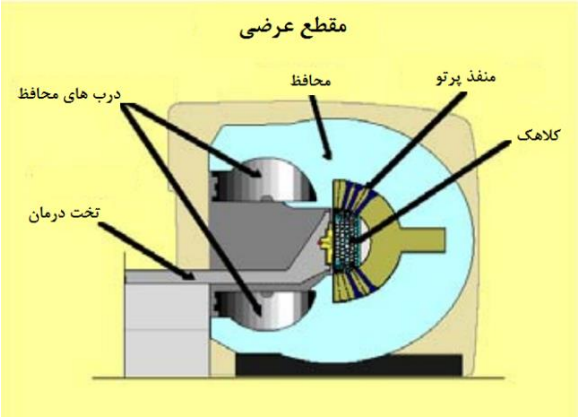
می‌باشد که از ترکیب قوانین حاکم بر شتاب دهنده‌ی خطی و سیکلوترون استفاده می‌کند. مزیت اصلی میکروترون نسبت به شتاب دهنده‌ی خطی، ساده بودن انتخاب انرژی، کوچک بودن دسته پرتو آن و کوچک بودن اندازه سیستم می‌باشد.

معرفی تعدادی از روش‌های درمانی و تشخیصی پرتودرمانی

پرتودرمانی با شدت تعدیل‌یافته (IMRT) چاقوی مجازی (cyber knife)، رادیوتراپی داخلی (پرتودرمانی به روش جذب نوترون توسط برم)، پرتودرمانی داخلی (درمان با هسته‌های رادیواکتیو)، رادیوایمونوتراپی (RIT) (۲).

معرفی گامانایف به عنوان یکی از ابزارهای پرتودرمانی

اولین نمونه‌ی سیستم گامانایف، توسط لکسل در سال ۱۹٦۷ طراحی و ساخته شده است (۱۲). در ۱۹٦۸ نخستین بیمار با گامانایف در بیمارستانی در سوئد تحت درمان قرار گرفت. سیستم گامانایف دستگاهی است با هندسه خاص با ۲۰۱ چشمه Co^{60} رادیواکتیو که هر یک دارای کولیماتور جداگانه‌ای بوده و به گونه‌ای طراحی شده است که پرتو خروجی حاصل از چشمه‌ها، در یک نقطه متمرکز می‌شود. با قرار دادن نقطه‌ی تحت درمان، در نقطه‌ی ایزوسنتر دستگاه، بیشترین دوز در ناحیه‌ی مورد نظر دریافت می‌شود، درحالی‌که کمترین دوز به بافت‌های سالم اطراف می‌رسد.



شکل ۳- نمایی از سیستم گامانایف به همراه بخش های مختلف آن (۶)

وجود برخی محدودیت‌ها همانند محدود بودن فضای کاری، نیاز به دقت مکانی بالا، نزدیک بودن مراکز تصمیم‌گیری و حواس در مغز، همچنین حجیم بودن وسایل اندازه‌گیری و آشکارسازها برای ارزیابی میزان دوز ناحیه کوچکی همانند تومورها، همگی عواملی هستند که ارزیابی‌ها و اندازه گیری‌های دزیمتری را با محدودیت همراه می‌کند. به همین دلیل داشتن ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری کمیت‌های پرتویی همانند شار، دوز و ... می‌تواند کمک شایان توجهی در درمان تومورهای مغزی به همراه داشته باشد (۱٤).

کاربرد فناوری هسته‌ای در مواد غذایی

در عصر کنونی افزایش جمعیت، تنوع و کثرت انواع غذاهای فرآوری شده، خصوصا آماده‌ی مصرف و نیز اهمیت بیماری‌های ناشی از غذا و عوامل مولد فساد در مواد غذایی، استفاده از روش‌های نوین نگهداری مواد غذایی نظیر پرتودهی را الزامی کرده است. پرتودهی در مواد غذایی، توانایی کنترل بیماری‌های غذازاد، کنترل عوامل مولد فساد در غذا، دفع حشرات و آفات، جلوگیری از جوانه زنی، رسیدن میوه و سبزیجات را دارد. فناوری هسته‌ای در مواد غذایی،

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

شاخه‌ی جدیدی از تکنولوژی هسته‌ای است که با استفاده از پرتوهای یون ساز به دنبال یکسری تغییرات مطلوب بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی در غذا می‌باشد. دو روش بسیار متداول آن استفاده از پرتو گاما به کمک Co^{60} و Cs^{137} و همچنین استفاده از امواج الکترونی به کمک شتاب‌دهنده‌ها است که از طریق صدمه به DNA باکتری و سایر قسمت‌های حساس و مهم آن‌ها، سبب مرگ یا غیر فعال شدن میکروارگانیسم می‌شود. پرتودهی از طریق تخریب بازهای آلی پورین و پریمیدین موجود در DNA میکروارگانیسم، آن‌ها را از بین می‌برد. واحد دوز جذبی، گری (GY) است و برابر با جذب مقدار انرژی پرتوهای یون‌ساز در یک کیلوگرم ماده‌ی هدف می‌باشد. درحال‌حاضر دوز پیشنهادی به وسیله‌ی کمسیون مشترک مواد غذایی سازمان بهداشت جهانی (WHB) و سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) و سازمان غذا و دارو (FDA) بر استفاده از پرتودهی مواد غذایی حداکثر ۱۰ کیلوگرمی می‌باشد، که برابر با مقدار انرژی بسیار اندکی است که برای رسیدن درجه حرارت آب به ٤/٢°C لازم است. تحقیقات نشانگر آن است که نوع میکروارگانیسم، تعداد میکروارگانیسم، ترکیب و نوع سوسپانسیون ماده‌ی غذایی، حضور و یا عدم حضور اکسیژن، حالت فیزیکی ماده غذایی و سن ارگانیسم در پرتودهی مواد غذایی موثر می‌باشد.

پرتودهی مواد غذایی ممکن است تغییرات شیمیایی بسیار جزیی در مواد غذایی به وجود آورد، ولی هیچ کدام از تغییرات شناخته شده، مضر یا خطرناک نمی‌باشد. مثلا پرتودهی پروتئین‌ها، سبب دناتوره شدن آن‌ها از طریق شکستن پیوندهای هیدروژنی و سایر پیوندهای ساختمان‌های دوم و سوم آن‌ها می‌شود. در این بین پروتئین‌های کروی به دلیل ساختار بسته‌تری که دارند، مقاومت بیشتری نسبت به پروتئین‌های رشته‌ای دارند. با این حال تغییرات چندانی را در گوشت ایجاد نمی‌کنند. پرتودهی بر روی محصولات حاوی چربی، منجر به تولید محصولات رادیولیتیک (تولید رادیکال‌های آزاد) می‌شود که نهایتا به تولید هیدروکسیدها، آلدهیدها، کتون‌ها و سایر ترکیبات می‌انجامد و بالاخره تغییرات شیمیایی که در اثر پرتودهی در ماده‌ی غذایی به وجود می‌آید، ممکن است سبب اثرات قابل ملاحظه‌ای در طعم ومزه شود. معمولا تغییر طعم ایجادی پس از پرتودهی در خلال نگهداری و یا پختن کم شده و یا از بین می‌رود. گوشت زمانی که در درجه حرارت پایین مورد پرتودهی قرار بگیرد، از نظر طعم تغییر اندکی دارد، اما اصولا مواد مغذی اصلی مثل پروتئین، کربوهیدرات و چربی نسبت به دوزهای پرتودهی تا ۱۰ کیلوگری مقاوم می‌باشند (۱۵).

کاربرد فناوری هسته‌ای در کشاورزی

از فناوری و علوم هسته‌ای، می‌توان به منظور اصلاح گیاهان زراعی و باغی، تولید گیاهان با سطوح مختلف پلوئیدی، ایجاد گیاهان و محصولات مقاوم نسبت به تنش‌های محیطی و ایجاد سویه‌های جدیدی از گیاهان استفاده کرد.

مهم‌ترین کاربردهای فناوری هسته‌ای در اصلاح گیاهان زراعی و باغی، شامل افزایش تنوع ژنتیکی، تولید موتاسیون القایی، حذف موانع ناسازگاری و تسریع تکامل طبیعی می‌باشد. اصلاح بسیاری از صفات مهم زراعی مانند ارتفاع گیاه، زمان رسیدن، ریزش بذر و مقاومت نسبت به آفات، بیماری‌ها و برخی تنش‌های محیطی، از طریق تولید موتانت‌های

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

مربوطه با پرتوتابی هسته‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. موتاسیون‌های ایجادی ممکن است به دلیل دارا بودن اهمیت زراعی و اقتصادی، دارای ارزش کاربردی باشند. از آن‌ها در مطالعات تعیین سطح پلوئیدی گیاهان، مطالعات فیلوژنتیک گیاهی، هرمی کردن ژن‌های مطلوب، اصلاح برخی صفات زراعی، ایجاد یا اصلاح مقاومت ژنتیکی نسبت به آفات، بیماری‌ها و تنش‌ها، تهیه کلکسیون موتاسیونی، افزایش عملکرد و تولید و معرفی ارقام جدید اصلاحی استفاده می‌شود. تکنیک‌های هسته‌ای در تولید واریته‌های کاملا سازگار با شرایط محیطی نیز کاربرد دارند. در استفاده از تکنولوژی اصلاح گیاهان زراعی و باغی، علاوه بر تولید ارقام جدید، با امکان استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی و کاشت محصولات زراعی و باغی در شرایط مختلف اقلیمی و جغرافیایی (با سازگار نمودن گیاهان) همچنین کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید، حداکثر بهره‌وری اقتصادی میسر خواهد بود. هدف نهایی اصلاح موتاسیونی، ایزوله کردن موتانت‌هایی است که دارای اهمیت زراعی و اقتصادی می‌باشند. تغییر سطح پلوئیدی و به‌ویژه افزایش سطح آن در گیاهان باغی دارای اهمیت فراوانی است. زیرا بسیاری از درختان میوه دارای سطوح بالای پلوئیدی از نظر دارا بودن میوه‌های فاقد هسته و یا اندازه بزرگتر میوه‌ها مورد توجه بیشتری قرار گرفته و دارای ارزش اقتصادی بالاتری می‌باشند. تعداد زیادی از موتانت‌های مطلوبی که با فناوری هسته‌ای و روش اصلاح موتاسیونی به وجود آمده و تغییرات القایی مطلوب خود را در نسل‌های پیشرفته حفظ نموده و در آزمایشات سازگاری با شرایط مختلف محیطی نتایج مناسبی را نشان دادند، به عنوان ارقام جدید اصلاحی در گیاهان زراعی و باغی معرفی می‌شوند (۱۳). پرتودهی دانه‌های گرده با دوزهای متوسط، موجب عقیم شدن آن‌ها می‌شود. این گرده‌ها قادر به انجام لقاح و تشکیل طبیعی بذر نیستند، ولی می‌توانند موجب القای پارتنوژنز و تولید رویان‌های هاپلوئید در برخی گیاهان شوند. گیاهان هاپلوئید در صورت دیپلوئید شدن، لاین‌های کاملا خاصی را تشکیل می‌دهند که کاربرد گسترده‌ای در برنامه‌های اصلاح گیاهان دارند. هاپلوئید در مورد افرادی به کار برده می‌شود که تعداد کروموزوم آن‌ها برابر گامت‌های آن گونه می‌باشد. دست‌یابی به گیاهان هاپلوئید در گونه‌های مختلف، با استفاده از روش‌های متفاوتی نظیر کشت بساک، کشت تخمک و یا حذف کروموزومی، امکان‌پذیر است. برای اهداف یاد شده پرتوهای یونیزه (گاما و ایکس) موثرتر از پرتوهای غیریونیزه (ماوراء بنفش) می‌باشند. گیاهان هاپلوئیدی که از این طریق تولید می‌شوند، حاصل پدیده‌ی بکرزایی (پارتنوژنز) هستند. بکرزایی حاصل خاصی از نامیزیدن (آپومیکسی) محسوب می‌شود که در آن هسته‌ی تخم‌زا بدون عمل لقاح نمو می‌کند. برای این منظور گرده، بساک یا گل‌های نر، در روز قبل از شکفتن جمع‌آوری و با پرتو گاما پرتودهی و متعاقب آن عمل گرده‌افشانی با استفاده از این گرده‌ها انجام می‌شود (۱۲). در طی یک پروژه تعاونی فنی مربوط به آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) کشورهای عضو توافق همکاری منطقه‌ای برای تحقیق، توسعه و آموزش‌های مربوط به علوم و تکنولوژی هسته‌ای آسیا و اقیانوسیه (RCA) قادر به بهبود کیفیت و تحمل تنش با استفاده از تکنیک‌های جهش و بیوتکنولوژی و استفاده از نشانگرهای کمکی انتخابگر، برای سرعت

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

بخشیدن به این پروسه در طیف گسترده‌ای از محصولات کشاورزی بودند. این پروژه به پیشرفت کشورها کمک می‌کند و می‌تواند تکنیک‌هایی را برای شناسایی ژن‌های جهش یافته که در ویژگی‌های کیفی و تحمل استرس محصولات مهم دخیل هستند، منتقل کند. این پروژه، ظرفیت‌های ملی و منطقه‌ای در تکنیک‌های جهش و بیوتکنولوژی را افزایش داده است. همه‌ی کشورهای شرکت کننده، از آموزش برای توسعه‌ی ویژگی‌های جهش‌یافته جدید و صفات مهم ارگانیکی در طیف وسیعی از محصولات استفاده کرده‌اند که منجر به کیفیت بهتر محصولات و بهبود تحمل استرس می‌شود. انتظار می‌رود که نوع جهش یافته‌ها و خطوط پیشرفته‌ی پیش تولید که ایجاد شده‌اند، درآمد کشاورزان و تولیدات کشاورزی را افزایش داده و امنیت غذایی در کشورهای عضو شرکت کننده را بهبود بخشند (١٤).



شکل ۴- غربال گری محیط آبی برای تحمل شوری و حساسیت خطوط جهش یافته (۱۴).

جهت بررسی کیفیت انتقال عناصر در چرخه‌های غذایی و تعیین کمیت تغییرات مورد لزوم، کاربرد مواد نشان‌دار، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. بدین ترتیب با کاربرد ایزوتوپ‌های خاص عناصر و ردیابی کامل سیستم، می‌توان جایگاه تغییرات مورد بررسی را شناسایی و اقدام به تصحیح سیستم‌های مختلف مدیریت زراعی نمود. هر یک از ۱۷ عنصر غذایی مورد نیاز گیاه دارای یک یا چند ایزوتوپ می‌باشند. با توجه به مقدار عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، عناصر ضروری به دو گروه پرمصرف و کم مصرف تقسیم می‌شوند. عناصر غذایی پرمصرف به عناصری اطلاق می‌شود که گیاهان به مقدار نسبتا زیادی (غالبا بیش از ۵۰۰ قسمت در میلیون) به آن‌ها احتیاج دارند. گروه دوم، عناصر کم مصرف می‌باشند که نیاز گیاهان به آن‌ها خیلی کمتر (معمولا زیر ۵۰ قسمت در میلیون) می‌باشد. کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد، از گروه پرمصرف‌ها، عناصری هستند که پروتئین‌ها و درنتیجه پروتوپلاسم از آن ها ساخته می‌شوند. آهن، مس، منگنز و روی از گروه کم مصرف‌ها، نقش فعال‌سازی آنزیم‌ها و شرکت در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا را دارند. اولین مرحله در طراحی آزمایش‌های ایزوتوپی، امکان تولید ترکیبات نشان‌دار می‌باشد. طبق اصول اولیه‌ی تولید، فرم متعارف ماده‌ی شیمیایی در معرض امواج الکترومغناطیس (رآکتورها، شتاب‌دهنده‌ها و یا دستگاه‌های مولد اشعه ایکس) قرار داده شده، درنتیجه فرم نشان‌دار شده‌ی آن حاصل می‌شود. در این راستا توزیع یکنواخت ماده‌ی نشاندار بسیار حائز اهمیت خواهد بود. باید توجه نمود که کاربرد مواد رادیواکتیو در شرایط مزرعه‌ای، آلودگی‌های محیطی تولید می‌نمایند. لذا در کاربرد اینگونه مواد، منطقه مورد مطالعه، باید کاملا تحت کنترل قرار گرفته و در آزمایشات مزرعه‌ای، توصیه می‌شود تا قطعات ایزوتوپی توسط توری از سایر قسمت‌ها جدا شود (۱۵).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

کاربرد فناوری هسته‌ای در برآورد فرسایش خاک

فرسایش خاک یکی از معضلات بزرگ حوزه‌ها و تمامی عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی جهان است که می‌تواند باعث تخریب اراضی، کاهش حاصلخیزی خاک‌ها، بروز سیل و عواقب ناگوار دیگری شود. استفاده از رادیوایزوتوپ‌های Cs^{137}، Be^{7} و Pb^{210} در برآورد فرسایش خاک و رسوب‌گذاری در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هر چند به دلیل تفاوت این رادیونوکلئیدها از نظر نیمه‌عمر، میزان، زمان توزیع و همچنین نوع کاربری اراضی، نحوه‌ی پراکنش متفاوتی از هم دارند. محاسبه‌ی فرسایش با استفاده از این روش‌ها، نسبت به محاسبه‌ی نقطه‌ای، دقت بالایی دارد و افزون بر این به لحاظ صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها دارای ارجحیت است.Cs^{137} یک رادیونوکلئید مصنوعی با تشعشع گاما و نیمه‌عمر ۳۰/۱۷ سال است که حاصل ریزش آزمایش‌های اتمی انجام شده در فضا در دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ می‌باشد. این آزمایش‌ها تا سال ۱۹۶۳ ادامه یافت، ولی از آن پس به علت عقد پیمان‌های عدم گسترش آزمایش‌های اتمی، متوقف شده است. این ماده بعدها از استراتوسفر به تروپوسفر منتقل شده و به همراه نزولات جوی به سطح زمین رسیده است. میزان Cs^{137} خاک، رابطه‌ای مستقیم و مثبت با شکل توزیع و میزان نزولات جوی دارد. تحرک Cs^{137} در خاک به صورت شیمیایی و بیولوژیکی بسیار کم بوده و فقط به صورت فیزیکی، همراه ذرات کلوئیدی در خاک جابه‌جا می‌شود. پراکنش مجدد آن، اصولا همراه با تحولات فیزیکی خاک نظیر فرسایش و شخم است و به‌همین علت، می‌تواند به عنوان یک نشان‌دار مناسب برای تعیین جابجایی خاک از طریق فرسایش آبی یا بادی مورد استفاده قرار گیرد (٦).

رادیونوکلئید Pb^{210} به‌طور طبیعی از فروپاشی U^{238} (با نیمه‌عمر^{۹}۱۰ × ٤/٥ سال) تولید می‌شود. Pb^{210} تولید شده از طریق ریزش‌های خشک و مرطوب در سطح زمین رسوب می‌کند و مانند Cs^{137} به شدت توسط ذرات بسیار ریز خاک جذب می‌شود. این فرآیند منجر به افزایش میزان Pb^{210} در خاک و یا رسوب شده که قابل اندازه‌گیری است. این جزء Pb^{210} که از ریزش‌های اتمسفری مشتق شده است، Pb^{210} اضافه نامیده می‌شود. قسمتی از گاز رادون تولید شده از فروپاشی زنجیره U^{238}، وارد اتمسفر نمی‌شود که منجر به تولید Pb^{210} پایه می‌شود. از طریق مقایسه‌ی Pb^{210} پایه و اضافه، می‌توان میزان فرسایش را برآورد نمود. Pb^{210} پایه، از طریق سنجیدن آن با Bi^{214} و موازنه آن با Ra^{226} قابل تشخیص می‌باشد. Pb^{210} به‌طور پیوسته بر روی سطح زمین رسوب می‌کند. درصورتی‌که عملیات شخم سالیانه صورت گیرد، توزیع Pb^{210} به صورت همگن باقی می‌ماند، ولی درصورتی‌که عملیات شخم صورت نگیرد، در سطح زمین تجمع پیدا می‌کند.

دو محدودیت عمده در استفاده از تکنیک Cs^{137} وجود دارد:

۱- میزان Cs^{137} در نیمکره‌ی شمالی بیشتر از نیمکره ی جنوبی می‌باشد و همچنین میزان آن در مناطق استوایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از عرض‌های جغرافیایی میانی اروپا و شمال آمریکا است.

۲- چون عمده افزایش Cs^{137} ناشی از ریزش‌های جوی در سال‌های ۱۹۵۰ الی ۱۹۶۰ بوده است، به دلیل فرآیند فروپاشی، میزان آن در آینده نیز کمتر خواهد شد. در مناطقی که Cs^{137} ناشی از حادثه‌ی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

چرنوبیل دریافت شده است، ارتباط دادن میزان فرسایش و رسوب با Cs^{137} به دلیل تداخل با Cs^{137} چرنوبیل مشکل می‌باشد (۷).

جذب بیولوژیکی فلزات سنگین (اورانیوم)

جذب بیولوژیکی فلزات سنگین، یک روش موثر برای جداسازی و بازیابی فلزات سنگین از محلول‌های آبی می‌باشد. پساب‌های معدنی و هسته‌ای، مقادیر زیادی اورانیوم وارد محیط زیست می‌کنند. اورانیوم از خطرناک‌ترین فلزات آلاینده می‌باشد که نه به‌خاطر رادیواکتیویته‌اش، بلکه به خاطر سمیت بالا، سلامت محیط زیست را تهدید می‌کند. اثرات بیولوژیکی فلزات آلاینده، با ایجاد تغییر در ساختار پلانکتون ها شروع می‌شود، چراکه جذب فلزات سنگین توسط میکروارگانیسم‌ها، منبع تغذیه پلانکتون‌ها، واقعیتی مسلم است. گیاهان از پلانکتون‌ها، جانوران از گیاهان و انسان‌ها از گیاهان و جانوران تغذیه می‌کنند. بدین ترتیب فلزات آلاینده، طی زنجیره غذایی تمام موجودات زنده را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. این مساله موجب شده است که کاربرد روش‌های مختلف مثل استخراج با حلال، رسوب‌گذاری، اکسیداسیون یا احیای شیمیایی، تبادل یونی، اسمز معکوس، جداسازی غشایی، تصفیه الکتروشیمیایی و تبخیر برای جداسازی، حذف و بازیابی فلزات سنگین یا گران‌بها رو به گسترش و توسعه بنهد. ولی در مورد پساب‌های رقیق و خیلی رقیق، روش‌های مذکور ناکارا و پرهزینه هستند و به همین دلیل امروزه فرآیندهای جداسازی بیولوژیکی که نسبت به روش‌های مذکور بازدهی و کارآیی بالایی دارند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می‌باشند، توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. جداسازی بیولوژیکی فلزات، دارای مزایایی چون هزینه‌های عملیاتی پایین، بازدهی بالا، ظرفیت بالای پذیرش فلز، انتخاب پذیری و عدم تولید لجن‌های شیمیایی می‌باشد. جذب فلز توسط میکروارگانیسم‌ها، می‌تواند با سیستم‌های مرده (جذب بیولوژیکی) یا زنده (تجمع بیولوژیکی) صورت بگیرد. فرآیندهای جذب بیولوژیکی، کارآتر از فرآیندهای تجمع بیولوژیکی می‌باشند، زیرا در سیستم‌های زنده تقاضای بیولوژیکی و شیمیایی به اکسیژن و غذا بالا است. از طرف دیگر، سمیت فلز و دیگر عوامل نامناسب، نگهداری آن‌ها را به صورت زنده مشکل می‌سازد. جلبک‌ها به عنوان مواد تجدیدپذیر، قابل دسترس و فراوان در طبیعت، به خاطر ارزان بودن، داشتن سطح نسبتا زیاد و میل ترکیبی بالا، قادر به جذب بیولوژیکی فلزات سنگین و رادیونوکئیدها با راندمان بالا و هزینه‌ی پایین هستند. محققین انواع مختلفی از جلبک‌ها را برای جذب بیولوژیکی فلزات مورد آزمایش قرار داده‌اند که از این بین جلبک‌های قهوه‌ای بسیار موثرتر از دیگر گونه‌های آن نشان داده شده‌اند. مکانیسم اصلی جذب اورانیوم، تبادل یونی می‌باشد. واکنش‌های تبادل یون‌های هیدرولیز شده‌ی UO_2^{2+} به صورت زیر است:

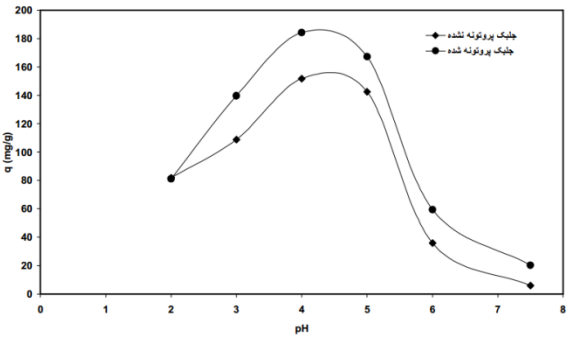
$$UO_2OH^+ + H^+\text{-}B \leftrightarrow UO_2OH^+\text{-}B + H^+$$
$$(UO_2)_3(OH)_5^+ + H^+\text{-}B \leftrightarrow (UO_2)_3(OH)_5^+\text{-}B + H^+$$
$$(UO_2)_2(OH)_2^{2+} + 2H^+\text{-}B \leftrightarrow (UO_2)_2(OH)_2^{2+}\text{-}B_2 + 2H^+$$
$$UO_2^{2+} + 2H^+\text{-}B \leftrightarrow UO_2^{2+}\text{-}B_2 + 2H^+$$

بیشترین مقدار جذب بیولوژیکی اورانیوم، توسط جلبک قهوه‌ای سیستوسریا (Cystoseria) در دامنه pHهای بین ٤ تا ٥ و به‌ویژه در pH= ٤/٥ رخ می‌دهد. در pHهای بیشتر از ٦، اورانیوم موجود در محلول به صورت ترکیبات جامد محلول و در pHهای کمتر از ۲ به صورت ترکیبات آنیونی نیز ظاهر می‌شود که قابل

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

تعویض با پروتون گروه‌های عامل موجود در سایت‌های جلبک نیستند.



شکل ۵- تاثیر pH بر میزان جذب تعادلی اورانیوم توسط جلبک قهوه‌ای سیستوسریا (غلظت اولیه ۳۵۰ ppm، غلظت جاذب ۲ g/L ، دما ۳۰°C، سرعت هم‌زدن ۱۵۰ rpm) (۱۳).

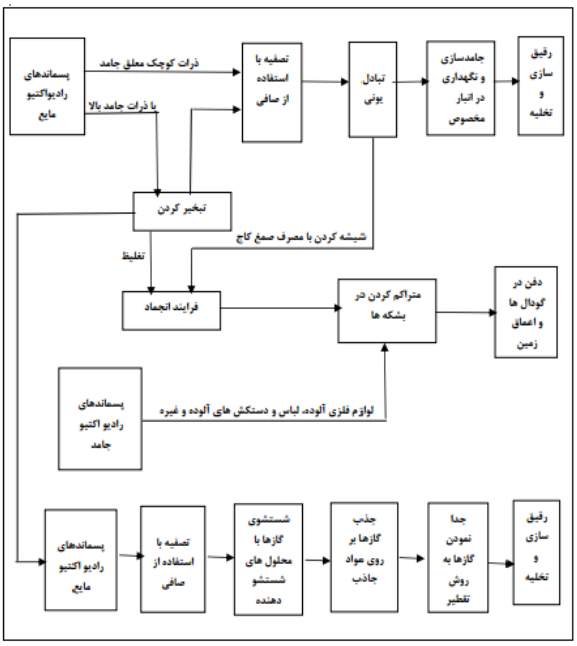
از جمله دلایل پدیده‌ی فوق، وجود رابطه‌ی قوی بین جذب بیولوژیکی فلزات، با تعداد بارهای سطحی منفی جاذب می‌باشد، که تعداد بارهای سطحی منفی به تجزیه گروه‌های عامل بستگی دارد. به دلیل این‌که اغلب گروه‌های عامل، فقط در pHهای نزدیک خنثی تجزیه می‌شوند، در pHهای زیر ٤، مقدار جذب اورانیوم کمتر می‌باشد. رقابت بین پروتون‌ها و یون‌های فلزی برای جذب در سایت‌های جاذب، در pH پایین نیز از دیگر عوامل پایین بودن جذب در pHهای زیر ٤ می‌باشد. بنابراین کارآیی و ظرفیت جلبک سیستوسریا، به عنوان یک جاذب بیولوژیکی در تصفیه‌ی پساب‌های حاوی یون‌های اورانیوم در pH=4/5 بسیار بالاست (۱۳).

مدیریت دفع پسماندهای هسته‌ای

امروزه استفاده از مواد رادیواکتیو در مراکز تحقیقاتی، پزشکی، صنعتی، کشاورزی و ... سبب تولید مواد زائد خطرناک رادیواکتیو می‌شود. عدم توجه به مدیریت صحیح پسماندهای هسته‌ای، که این پسماندها علاوه بر سمی بودن، پرتوهای رادیواکتیو را نیز از خود ساطع می‌کنند، باعث بروز آثار سوء بر روی سلامت انسان و آلودگی محیط زیست می‌شود. بدین سبب آن‌ها را بر اساس منبع تولید، سطح اکتیویته، حالت فیزیکی و پرتوزایی طبقه‌بندی می‌کنند. هدف از این طبقه‌بندی به گونه‌ای است که جابجایی، نگهداری، آمایش، بسته‌بندی و دفع آن‌ها را آسان نماید. در یکی از مهم‌ترین روش‌های طبقه‌بندی، پسماندهای رادیواکتیو را به سه دسته‌ی مایع، جامد و گازی طبقه‌بندی می‌نماید. هر یک از سه دسته‌ی فوق را نیز بر حسب میزان پرتوزایی به چند گروه تقسیم می‌کنند. امروزه مشکل اساسی در مورد پسماندهای هسته‌ای و ضایعات رادیواکتیو، این است که برخی از هسته‌ها و مواد رادیواکتیو موجود در آن‌ها، دارای نیمه‌عمر طولانی بوده و در خلال این مدت، بایستی از محیط زیست و مردم جدا نگهداری شوند. این در حالی است که نیمه عمر برخی از عناصر حاصل از شکافت هسته‌ای از قبیل ترانس اورانیوم، به بیش از هزاران سال می‌رسد. از همین‌رو تا فروپاشی و تجزیه کامل مواد رادیواکتیو و پسماندهای هسته‌ای، همواره انسان و محیط زیست در معرض مخاطرات ناشی از آن‌ها قرار دارد. پسماندها و ضایعات رادیواکتیو و هسته‌ای، دارای نیمه‌عمرهای طولانی و خواص فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی می‌باشند که با هیچ روش شناخته شده شیمیایی و یا مکانیکی نمی‌توان آن‌ها را از بین برد. بنابراین تنها راه نابودی این گونه پسماندها، فروپاشی و تبدیل آن‌ها به عناصر پایدار است و این خود مستلزم بررسی و شناخت کافی با اصول و راه‌های علمی، استاندارد و ایمن طبقه‌بندی، آمایش، دفع و دورریزی پسماندهای هسته‌ای می‌باشد.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]



نمودار ۱- روش‌های آمایش و دفع پسماندهای رادیواکتیو (۹).

روش‌های دورریزی و دفع نهایی پسماندهای رادیواکتیو

انبار کردن، تخلیه در دریا، دفن کردن و ... . از جمله روش‌های جدید می‌توان به دفن ایمن و استاندارد پسماندهای رادیواکتیو در لایه‌های ثابت زمین زیر اقیانوس‌ها اشاره کرد که نیاز به فناوری بسیار پیچیده و پیشرفته دارد. یکی دیگر از روش‌های دفن پسماندهای رادیواکتیو که هنوز در حد طرح است و اجرایی نشده، فرستادن این پسماندها به سیارات دیگر است که جز روش‌های بسیار پرهزینه می‌باشد (۹).

بحث و نتیجه‌گیری

درمان و بهبود سرطان از طریق کار گذاشتن چشمه‌های رادیواکتیو درون بدن، استفاده از رادیوداروها برای از بین بردن تومورها، عکس برداری‌های جدید با استفاده از مواد رادیواکتیو، بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری غذا، میکروب‌زدایی و استریل کردن با پرتو، ایجاد موتاسیون‌های سودمند و هدف‌دار در موجودات، تولید سویه‌های جدیدی از گیاهان، تولید محصولات زراعی مقاوم به خشکی، برآورد فرسایش و رسوب گذاری خاک و ... نمونه‌هایی از همکاری بین فناوری هسته‌ای و علوم زیستی هستند که در زندگی پیشرفته‌ی امروزی استفاده می‌شوند. بهره‌گیری از چنین امکانات و تکنولوژی های مدرنی لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

فهرست منابع References

۱- **شفافی زنوزیان، سیما.** آشنایی با رادیوداروها. www.behrazm.ir

۲- **حدادی، غلامحسن؛ حدادی، محمدباقر؛ وردیان، مجتبی. (۱۳۹۱).** مروری بر روش‌های مختلف پرتودرمانی. مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، سال دوم، شماره ٤.

۳- **غلامی، سمیه (۱۳۸۹).** شبیه سازی سیستم گامانایف توسط کدمونت کارلو و فانتوم دیجیتال زوبال و مقایسه با داده‌های تجربی. مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۷ ، شماره .

٤- **مشاک، زهره؛ روحی، مسعود؛ پوربابا، حمید (۱۳۷۸).** کاربرد فناوری هسته‌ای در مواد غذایی: روشی نوین در نگهداری و تضمین امنیت غذایی.

۵- **لطفی، محمود. (۱۳۷۸).** استفاده از گرده‌های پرتودیده با پرتو گاما برای القای رویان‌های هاپلوئید.

٦- **اسدی، تورج. (۱۳۹۰).** کاربرد روش سزیم- ۱۳۷ به منظور برآورد فرسایش و رسوب در خاک‌های حوزه آبخیز طاسران کبودرآهنگ. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۳، شماره ۲.

۷- **میرخانی، رایحه؛ خالق پناه، ناصر؛ میرسید حسینی، حسین. (۱۳۷۸).** استفاده از تکنیک سرب- ۲۱۰ در برآورد فرسایش خاک.

۸- **حسن خانی، محمد. (۱۳۸۳).** جذب بیولوژیکی اورانیوم توسط جلبک قهوه‌ای Cystoseria.

۹- **زارعی، مرتضی؛ جوزی، سید علی. (۱۳۸۹).** بررسی مدیریت طبقه‌بندی، جمع‌آوری و دفع اصولی پسماندهای خطرناک رادیواکتیو.

10- **Shahzadi, S., Azimi, P., Zali, A. and Parsa, K., (2011).** Outcomes of Stereotactic Brachytherapy (temporary 125Iodine seeds) for the treatment of low grade glioma tumors in Shohada-Tajrish Hospital between 2004 and 2011. *Pajoohandeh Journal*, *16*(3), pp.105-111.

11- **Hamta A, Hamidi S. (2013).** Modeling Breast Cancer Using Chemical and Radiopharmaceutical Effect of P^{32} on Related Cancer Cells. Journal of Cell and Tissue (JCT), winter; 3(4): 345-350.

12- **Cheung, J.Y., Yu, K.N., Yu, C.P. and Ho, R.T., (1998).** Monte Carlo calculation of single-beam dose profiles used in a gamma knife treatment planning system. *Medical physics*, *25*(9), pp.1673-1675.

13- **Khademian R, N.B. Jelodar. (2008)**. Nuclear technology applications in agricultural and gardening plant breeding.

14- Improving crop quality and stress tolerance in plants in Asia and the Pacific region. (2012) www.iaea.org.

15- **Mousavi Shalmani, Mir Ahmad; Khorasani, Ali; Piervali Baeranvand, Nejat. (2008).** Use of isotopic trace techniques to management of macro and micro elements in plant nutrition cycles.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]

Applications of Nuclear technology in Life Science and Biotechnology

Marziyeh Mosazadeh
bachelor student of biotechnology, department of biotechnology, Alzahra University, Tehran, Iran.

m.mosazadeh74@yahoo.com

Abstract
Nuclear technology in medicine, food security, agriculture, nanobiotechnology and estimation of erosion and sedimentation of soil are examples from the applications of nuclear technology in life science and biotechnology. However widespread use and commercial production of these two fields require public awareness and gaining the trust and confidence of people toward the products with radioactive substances; but the combination of nuclear technology and life science has opened new peaceful windows into the treatment of diseases, reducing mortality, improving crop's quality, and also new research applications.
Keywords: nuclear technology, medicine, agriculture, biotechnology, food security.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1394.8.2.6.3]