وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملّی پرورش استعدادهای درخشان

به نام خدا

سومین کارسوق فراگیر فناوری هسته ای
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان
اداره کل آموزش و پرورش استان بوشهر

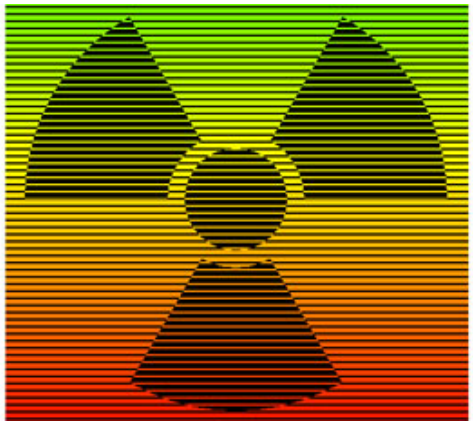
جلسه پنجم:

کاربردهای فناوری هسته ای (۱)

زمستان ۱۴۰۴

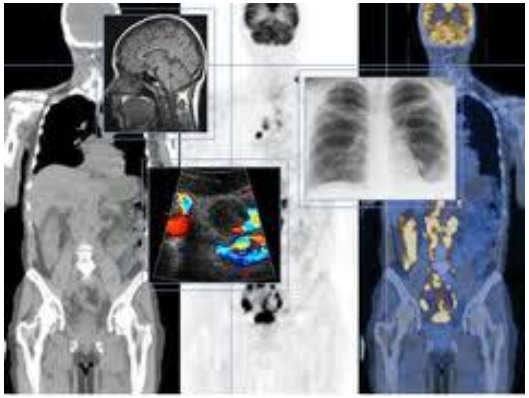
اهمیت انرژی هسته ای

- انرژی هسته‌ای از آن نظر یک فناوری توسعهٔ پایدار است
- از نظر میزان تولید انرژی با انواع دیگر روش های تولید انرژی قابل رقابت است
- سوخت آن تا قرن ها در دسترس خواهد بود؛
- سابقهٔ بی خطر بودن آن برتر از سایر منابع عمده انرژی است؛
- مصرف آن هیچ آلودگی واقعی ایجاد نمی کند؛
- منابع با ارزش سوخت های فسیلی را برای نسل های دیگر حفظ می کند؛
- هزینه های آن قابل رقابت و هم چنان در حال کاهش است؛
- پسماندهای آن را می توان برای مدت زیادی بدون خطر کنترل کرد.



وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی



استفاده از انرژی هسته‌ای در حوزه پزشکی که معمولاً تحت عنوان پزشکی هسته‌ای (Nuclear Medicine) شناخته می‌شود، یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین کاربردهای صلح‌آمیز این فناوری است. این رشته با بهره‌گیری از مواد رادیواکتیو (رادیوایزوتوپ‌ها) به تشخیص، تصویربرداری و درمان طیف گسترده‌ای از بیماری‌ها، به‌ویژه سرطان و اختلالات قلبی، می‌پردازد.

در ادامه، کاربرد انرژی هسته‌ای در پزشکی به تفکیک حوزه‌های اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. تشخیص بیماری‌ها (تصویربرداری هسته‌ای)

تصویربرداری هسته‌ای یک روش تشخیصی غیرتهاجمی است که عملکرد اندام‌ها و بافت‌ها را در سطح مولکولی بررسی می‌کند. در این روش، برخلاف اشعه ایکس که بیشتر ساختار آناتومیک را نشان می‌دهد، تمرکز بر روی فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیک بدن است.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

الف. رادیوداروها (Radiopharmaceuticals)

اصل کار این حوزه بر پایه استفاده از رادیوداروها است؛ ترکیباتی که یک ایزوتوپ رادیواکتیو (مانند تکنسیوم-۹۹m) به یک مولکول حامل (دارو) متصل شده است. این مولکول حامل، بافت یا اندام خاصی (مانند تومور سرطانی، قلب یا استخوان) را هدف قرار می‌دهد و ایزوتوپ رادیواکتیو را به آنجا می‌رساند.

ب. روش‌های تصویربرداری کلیدی

۱. اسکن توموگرافی انتشار تک فوتون (SPECT):

- **نحوه کار: پس از تزریق رادیودارو، ایزوتوپ‌های داخل بدن پرتوهای گاما منتشر می‌کنند. دوربین SPECT این پرتوها را از زوایای مختلف جمع‌آوری کرده و یک تصویر سه‌بعدی از توزیع ایزوتوپ در بدن ایجاد می‌کند.**
- **کاربردها: تشخیص بیماری‌های قلبی (مانند انسداد شریان‌ها و ارزیابی جریان خون میوکارد)، اسکن استخوان برای تشخیص متاستاز یا شکستگی‌های مخفی، و ارزیابی عملکرد مغز.**

© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

۲. توموگرافی گسیل پوزیترون (PET Scan):

- **نحوه کار: از رادیوداروهایی استفاده می‌شود که پوزیترون منتشر می‌کنند (مانند فلورین-۱۸ در FDG). پوزیترون‌ها با الکترون‌های بدن برخوردکرده و پرتوهای گامای متقابل تولید می‌کنند که توسط اسکنر PET ثبت می‌شوند.**

رایج‌ترین ماده، ^{18}F-FDG است که شبیه قند (گلوکز) عمل می‌کند و در مناطقی که متابولیسم قند بالا است (مانند سلول‌های سرطانی فعال)، تجمع می‌یابد.

- **کاربردها: مهم‌ترین ابزار برای تشخیص، مرحله‌بندی و پایش پاسخ به درمان در سرطان. همچنین برای تشخیص زودهنگام بیماری‌های عصبی مانند آلزایمر و پارکینسون نیز استفاده می‌شود.**

© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

۳. ترکیب تصاویر (PET/CT و SPECT/CT):

ترکیب دستگاه‌های پزشکی هسته‌ای با دستگاه‌های تصویربرداری ساختاری (مانند سی‌تی اسکن) به پزشکان اجازه می‌دهد تا اطلاعات عملکردی (از PET/SPECT) را با جزئیات آناتومیک دقیق (از CT) ترکیب کنند و به تشخیص دقیق‌تری برسند.

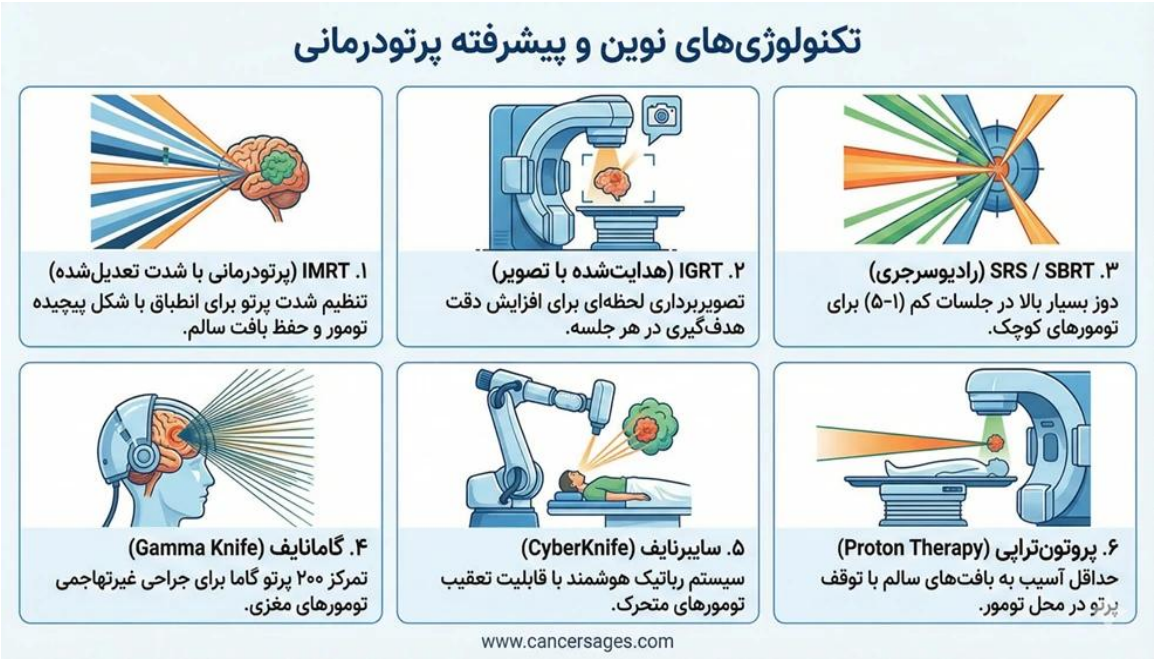
کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

۲. درمان بیماری‌ها (رادیوتراپی درمانی)

رادیوتراپی یا درمان هسته‌ای، از قدرت رادیوایزوتوپ‌ها برای از بین بردن انتخابی سلول‌های بیمار، به‌ویژه سلول‌های سرطانی، استفاده می‌کند.

الف. هدف‌گیری دقیق تومور

در این روش، از رادیوایزوتوپ‌هایی استفاده می‌شود که پرتوهای بتا یا آلفا منتشر می‌کنند (مانند ید-۱۳۱ یا لوتتیوم-۱۷۷). این پرتوها مسافت بسیار کوتاهی (فقط در حد چند میلی‌متر) را طی می‌کنند. با اتصال این ایزوتوپ‌های درمانی به یک مولکول هدف‌گیرنده، می‌توان تابش را به‌صورت موضعی و با دوز بالا مستقیماً به سلول‌های سرطانی رساند، در حالی که بافت‌های سالم اطراف در امان می‌مانند.

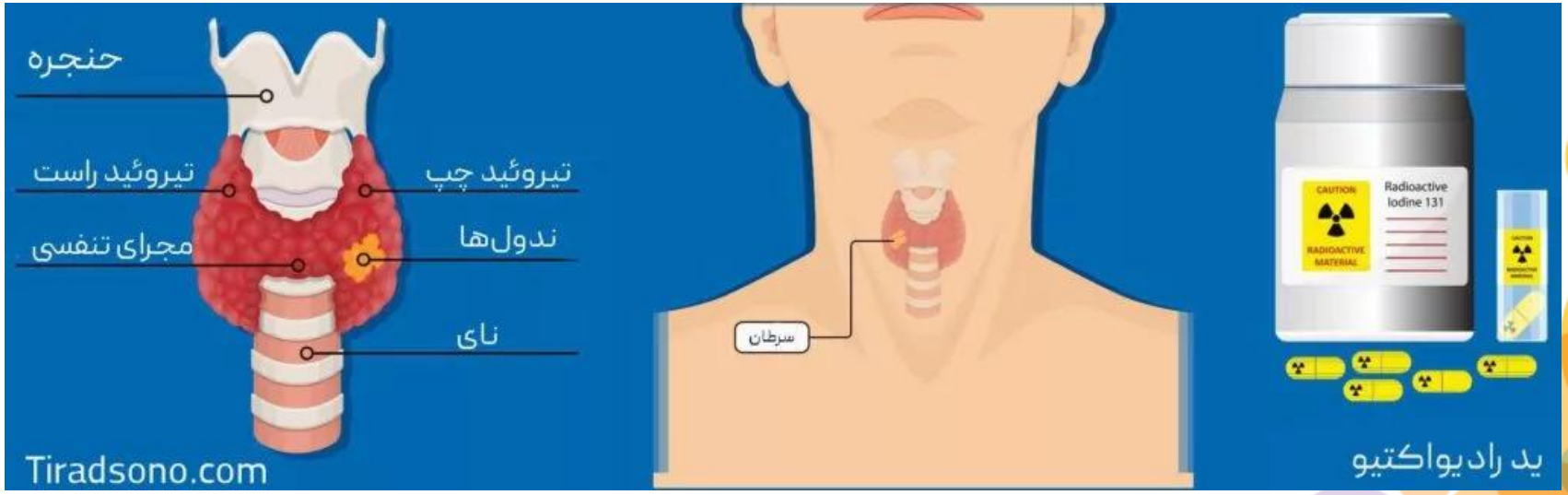


کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

ب. درمان های کلیدی

۱. درمان سرطان تیروئید با ید-۱۳۱ (I^{131}):

نحوه کار: غده تیروئید به‌طور طبیعی ید را جذب می‌کند. در بیماران مبتلا به سرطان تیروئید، دوز خوراکی I^{131} تجویز می‌شود. سلول‌های سرطانی (حتی آن‌هایی که متاستاز داده‌اند) این ید رادیواکتیو را جذب کرده و توسط پرتوهای بتا ساطع‌شده از I^{131} از بین می‌روند. این روش یک درمان بسیار موفق برای این نوع سرطان است.

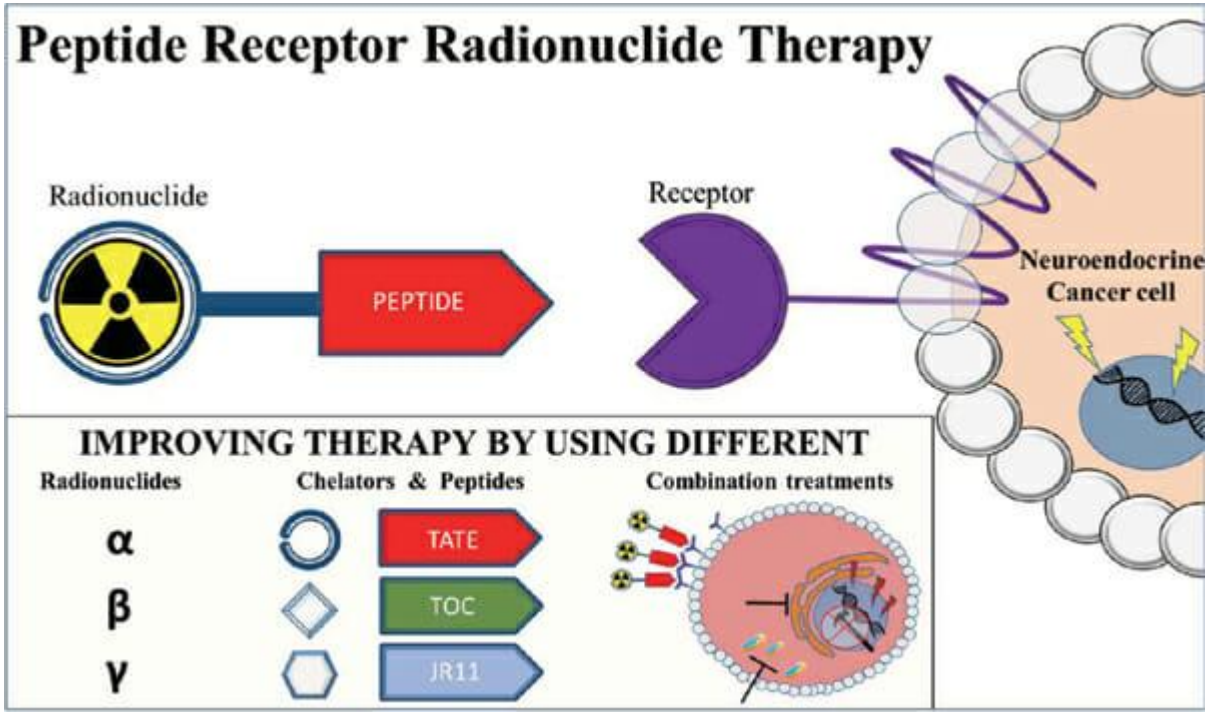


کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

۲. درمان‌های هدفمند پپتید گیرنده (PRRT) با لوتتیوم-۱۷۷ (^{177}Lu):

نحوه کار: ^{177}Lu به پپتیدهایی متصل می‌شود که گیرنده‌های خاصی روی سطح تومورهای نوروآندوکرین (NETs) یا برخی انواع سرطان پروستات (Lu-PSMA) را هدف قرار می‌دهند.

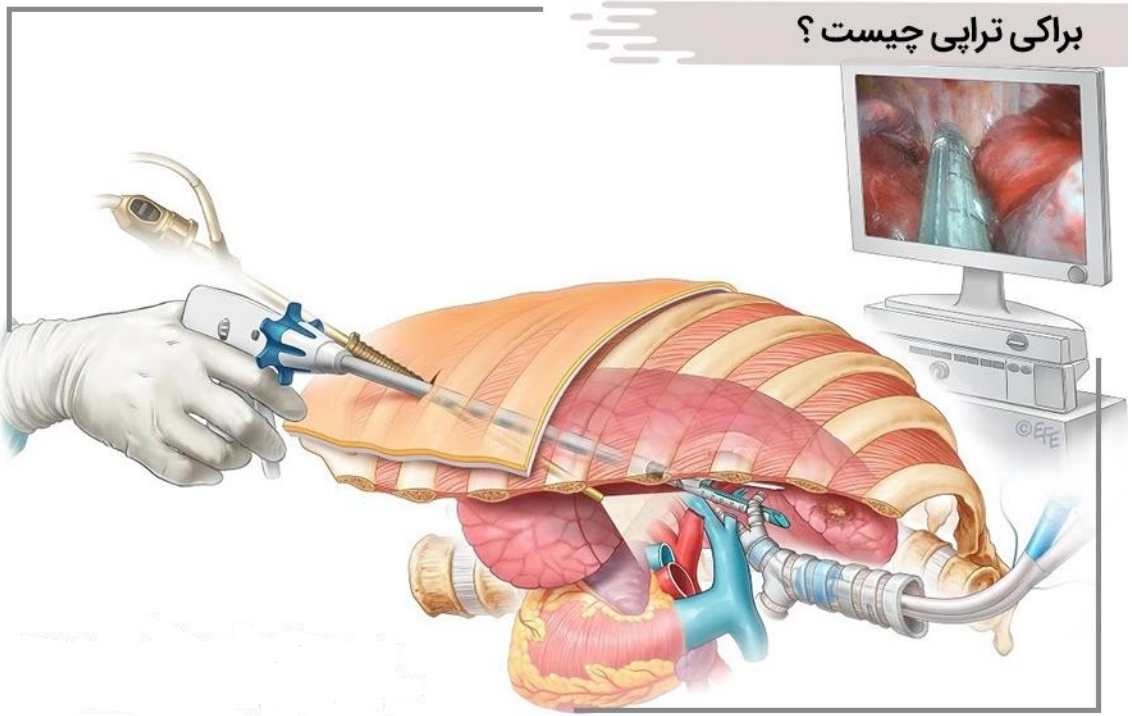
اهمیت: این روش یک پیشرفت بزرگ در درمان تومورهای صعب‌العلاج و متاستاز داده محسوب می‌شود و امید به زندگی بیماران را افزایش می‌دهد.



کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

۳. براکی‌تراپی (Brachytherapy):

در این روش، منابع کوچک رادیواکتیو (مانند سزیم-۱۳۷ یا ایریدیوم-۱۹۲) مستقیماً در داخل یا نزدیک تومور قرار داده می‌شوند. این کار امکان می‌دهد تا دوز بسیار بالایی از تابش در محل دقیق تومور اعمال شود و به سرعت در اطراف آن کاهش یابد، که برای درمان سرطان‌هایی مانند پروستات و دهانه رحم کاربرد دارد.



کاربردهای فناوری هسته ای در پزشکی

۳. استریل‌سازی تجهیزات پزشکی

یکی دیگر از کاربردهای حیاتی، استفاده از پرتوهای گاما (معمولاً از ایزوتوپ کبالت-۶۰) برای استریل‌سازی تجهیزات پزشکی یکبار مصرف است.

مزیت: استریل‌سازی با گاما می‌تواند ابزارهایی را که نسبت به گرما یا مواد شیمیایی حساس هستند (مانند سرنگ‌ها، دستکش‌های جراحی، و ایمپلنت‌ها) به‌طور مؤثر و بدون باقی ماندن مواد سمی، کاملاً استریل کند. این فرآیند نقش اساسی در کاهش عفونت‌های بیمارستانی دارد.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

دستاوردهای جمهوری اسلامی در زمینه ی پزشکی هسته ای

- سالانه حدود ۸۰۰ هزار تا یک میلیون نفر در ۱۲۵ مرکز پزشکی هسته ای در بیمارستان های کشور از رادیوداروها استفاده می کنند .
- تولید رادیوداروها در ایران ضمن مزیت اقتصادی ایجاد شده، تحریم های دارویی در زمینه ی رادیوداروها را تا حد بسیار زیادی بی اثر ساخته است .
- مسئله ی دیگری که اتکای به کشورهای خارجی را در این زمینه مشکل می کند، نیمه عمر کوتاه برخی از داروها است که عملاً وارداتشان را ناممکن می سازد .برای مثال رادیوداروی «ید۱۲۳ »که برای تشخیص تیروئید به کار می رود، فقط ۱۳ساعت عمر دارد.
- رشد مصرف رادیودارو در دنیا حدود ۱۰درصد در سال و در ایران حدود ۲۳درصد است. وجود چنین رشدی در مصرف این گونه داروها، به خودی خود، می تواند عاملی برای تبدیل سرمایه گذاری در این بخش به مزیتی اقتصادی برای کشور باشد .
- گفتنی است در حال حاضر سالانه حدود ۲۰میلیارد تومان یارانه به رادیوداروهای داخلی تخصیص می یابد که در صورت واردات آنها ناگزیر از صرف سالانه بیش از ۱۰۰ میلیارد تومان هزینه بودیم.
- مزیت فعلی کشور در تولید رادیوداروها، توانسته است پتانسیل صادر کردن این نوع داروها را فراهم کند.
- سازمان انرژی اتمی تأمین کننده ی بخش عمده ی رادیوداروها در کشور است و در حال حاضر برای این امر از راکتور تحقیقاتی تهران استفاده می کند .انتظار میرود در صورت راه اندازی راکتور در حال احداث اراک، بار اصلی این وظیفه و نیز توسعه ی صنعت پزشکی هسته ای بر عهده ی این راکتور قرار گیرد .

وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

کاربردهای فناوری هسته ای در کشاورزی

فناوری هسته‌ای در بخش کشاورزی کاربردهای بسیار گسترده، دقیق و مؤثری دارد که به طور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: فناوری‌های پرتوتابی (Irradiation Technologies) و فناوری‌های ردیابی و ایزوتوپیک (Isotopic Tracing).

این کاربردها به افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت محصولات، کاهش ضایعات پس از برداشت و همچنین افزایش سلامت گیاهان کمک می‌کنند.

۱. فناوری‌های پرتوتابی در کشاورزی (Irradiation)

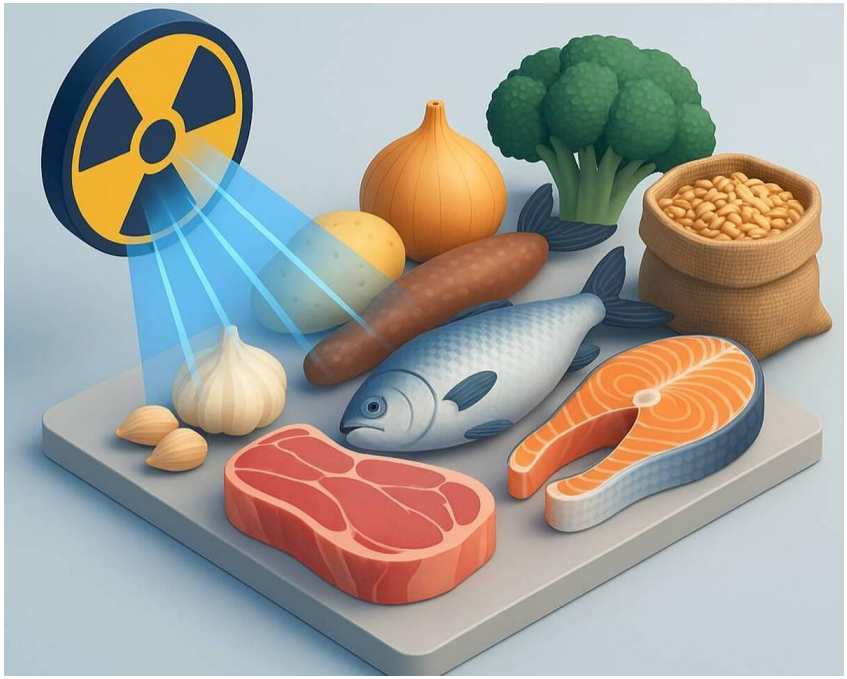
در این روش، محصولات کشاورزی (بذر، میوه، سبزیجات یا حتی دام) در معرض تابش پرتوهای گاما (معمولاً از ^{60}Co) یا پرتو الکترونی قرار می‌گیرند تا اثرات بیولوژیکی مشخصی ایجاد شود.

کاربردهای فناوری هسته ای در کشاورزی

الف. حفاظت از مواد غذایی (Food Safety and Preservation)

این یکی از مهم‌ترین کاربردهای پرتوتابی است که به طور گسترده در جهان پذیرفته شده است:

- **میکروب‌زدایی** (Sterilization/Disinfestation)**: پرتوها می‌توانند باکتری‌های بیماری‌زا (مانند** E. coli, Salmonella**) و قارچ‌های مولد سموم (مانند آفلاتوکسین‌ها) را در ادویه‌جات، گوشت، مرغ و محصولات دریایی از بین ببرند بدون آنکه محصول را رادیواکتیو کنند.**
- **کنترل آفات قرنطینه‌ای: پرتوتابی میوه‌ها و سبزیجات (مانند انبه یا سیب) با دوزهای مشخص، می‌تواند تخم‌ها و لارو حشرات مضر قرنطینه‌ای را از بین ببرد، که این امر امکان تجارت بین‌المللی محصولات را بدون نیاز به روش‌های شیمیایی مانند گازدهی با متیل بروماید فراهم می‌کند.**



کاربردهای فناوری هسته ای در کشاورزی

ب. افزایش طول عمر و کاهش ضایعات (Shelf Life Extension)

- **تأخیر در رسیدگی (Inhibition of Sprouting/Ripening)**
- **پرتوتابی با دوز پایین می‌تواند فعالیت‌های آنزیمی و تقسیم سلولی را مهار کند. این امر برای محصولاتی مانند سیب‌زمینی و پیاز، جوانه زدن را به تأخیر می‌اندازد و ماندگاری آن‌ها را در انبارداری طولانی مدت افزایش می‌دهد.**
- **همچنین می‌توان روند رسیدن میوه‌هایی مانند موز و آناناس را کند کرده و زمان حمل و نقل آن‌ها را افزایش داد.**

پ. بهبود ویژگی‌های فرآوری (Processing Aids)

- **پرتودرمانی می‌تواند بافت‌های میوه را نرم‌تر کند، که این ویژگی در تولید محصولاتی مانند پوره میوه یا کنسانتره‌ها مفید است.**

کاربردهای فناوری هسته ای در کشاورزی

۲. فناوری‌های ردیابی و ایزوتوپیک (Isotopic Tracing)

در این بخش از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو یا پایدار به عنوان "ردیاب" استفاده می‌شود تا فرآیندهای بیولوژیکی پیچیده در گیاهان، خاک و حیوانات ردیابی شوند.

الف. تغذیه گیاهی و مدیریت کود (Nutrient Use Efficiency - NUE)

هدف اصلی این بخش، به حداکثر رساندن کارایی جذب کود توسط گیاه و کاهش هدر رفت آن به محیط زیست است.

- **ردیابی جذب نیتروژن (N): با استفاده از نیتروژن-۱۵ (N^{15}) (ایزوتوپ پایدار و غیر رادیواکتیو)، محققان می‌توانند دقیقاً محاسبه کنند که چه درصدی از نیتروژن موجود در کود شیمیایی توسط محصول برداشت شده و چه درصدی در خاک باقی مانده، شسته شده یا به صورت گاز از دست رفته است.**
- **نتیجه: این داده‌ها برای توسعه زمان‌بندی‌های دقیق‌تر کوددهی (مثلاً تزریق کود در عمق ریشه به جای سطحی) و کاهش آلودگی منابع آب زیرزمینی با نیترات ضروری هستند.**
- **ردیابی فسفر (P) و گوگرد (S): با استفاده از فسفر رادیواکتیو (P^{32}) یا گوگرد رادیواکتیو (S^{35})، می‌توان نحوه حرکت این عناصر در خاک و جذب توسط ریشه‌ها را در طول فصل رشد بررسی کرد.**

کاربردهای فناوری هسته ای در کشاورزی

ب. اصلاح نباتات (Plant Mutation Breeding)

این روش برای تولید گونه‌های جدید و بهبود یافته گیاهی استفاده می‌شود که به آن به‌نژادی جهش‌یافته (Mutation Breeding) می‌گویند:

- **مکانیسم: با پرتوتابی بذرها با دوز کنترل شده پرتو گاما یا الکترونی، جهش‌های تصادفی در DNA گیاه ایجاد می‌شود.**
- **نتیجه: از میان هزاران گیاه جهش‌یافته، گیاهانی که دارای ویژگی‌های مطلوب جدید هستند (مانند مقاومت بیشتر به خشکی، مقاومت به بیماری‌ها، تولید محصول بیشتر یا تحمل شوری خاک) انتخاب و اصلاح می‌شوند. این روش برای گیاهانی که اصلاح سنتی آن‌ها زمان‌بر است، بسیار کارآمد است. بسیاری از ارقام تجاری برنج، گندم، جو و مرکبات با این روش توسعه یافته‌اند.**

پ. مطالعات فیزیولوژیکی و محیطی

- **چرخه آب (Water Cycle Studies): با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار هیدروژن و اکسیژن در آب (D_2O یا $H_2^{18}O$)، می‌توان مشخص کرد که گیاه چه میزان از آب موجود در خاک را مصرف می‌کند و تعرق (تبخیر) در مقایسه با تعرق واقعی گیاه چقدر است. این امر برای مدیریت کارآمد منابع آبیاری حیاتی است.**
- **سم‌شناسی و باقیمانده سموم: با استفاده از سمومی که دارای کربن-۱۴ (^{14}C) هستند، محققان می‌توانند مسیر دقیق سموم آفت‌کش را در گیاه، خاک، و محیط زیست ردیابی کنند تا نحوه تجزیه و بقایای احتمالی باقی‌مانده در محصول نهایی را به طور دقیق اندازه‌گیری کنند.**

وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

کشاورزی هسته ای در ایران

- جمهوری اسلامی در سال ۹۰ توانست برای اولین بار با استفاده از روش موتانت (جهش یافتگی) به دو رقم برنج به نام های «پویا»و «تابش »دست یابد .این ارقام از گروه طارم و موسی طارم و در گروه برنج صدری هستند که در مقایسه با نمونه ی شاهد مشکل بلندی قامت و عدم مقاومت در برابر آفات را ندارند.

- گندم طبسی یا همان «گندم اتمی »یکی از مناسب ترین گونه های گندم برای مناطق خشک و شور ایران است .بذر این گندم که در ابتدا مشکل بلندی قد داشت، در مرکز تحقیقات کشاورزی هسته ای مورد بررسی و اصلاح قرار گرفت و استفاده از آن در بعضی از نقاط کشور، مثل طبس تا ۷۰ درصد افزایش تولید به همراه داشت.

- در ایران مطالعاتی در جهت بهبود حاصل خیزی خاک، تغذیه و افزایش راندمان مصرف آب و عناصر غذایی گیاهان مختلف (نظیر نخود، گندم، گوجه فرنگی، کاهو، چغندر قند، لوبیا، سویا، ذرت و نیشکر) با بهره گیری از فناوری هسته ای انجام شده است.

- علاوه بر این فعالیت هایی در جهت معرفی ارقام مناسب گیاهان زراعی، زینتی و درختی کشور از قبیل گندم، پنبه، گلرنگ، کلزا، نخود، انار، موز، سیب زمینی، سویا، خربزه، گل رز، نارنگی، پرتقال زردآلو و ... انجام شده است.

- همچنین با استفاده از فناوری هسته ای پروژه های تحقیقاتی در زمینه ی کاهش بار میکروبی زعفران، گوشت قرمز، ادویه، زیره، انواع خرما، و افزایش انبارمانی سیر، سیب زمینی و انواع پیاز و ... نیز انجام شده است.

- در زمینه ی کنترل آفات مگس زیتون، کرم گلوگاه انار، آفات مهم انباری کشور، قارچ عامل پوسیدگی ریشه ی گیاه لوبیا و ... نیز تحقیقات مؤثری انجام شده است.

با تشکر از توجه شما