التطبيقات المفيدة للنظائر المشعة فى الحياة

الأستاذ الدكتور/ ممدوح فتحى عبد الصبور
وحدة تلوث المياه والتربة – الطاقة الذرية – مصر

تلعب النظائر المشعة دوراً كبيراً فى عالم اليوم حيث أنها تؤدى دوراً فعالاً سهلاً وسريعاً وبتكلفة بسيطة فى مجالات الحياة اليومية (الطب – الصناعة – الزراعة – البيئة) ففى التطبيقات الزراعية نجد أن النظائر المشعة تلعب دوراً فعالاً كمقتنيات أثر فى دراسة التفاعلات الكيميائية ومصير العناصر ومركباتها سواء فى التربة أو النبات بل وفى محلول التربة ، وسوف نتكلم عن هذه المجالات بتفصيل أكثر بعد قليل ، ويمكن الحصول على النظائر المشعة بوسائل عدة منها تعريض أهداف مناسبة لقذائف جسيمة مختلفة مثل النيوترونات فى المفاعلات النووية أو بجسيمات مشحونة فى المعجلات ، كما توجد طرق أخرى للحصول على النظائر المشعة ، وذلك عن طريق استخلاصها من المواد المشعة طبيعياً والموجودة أصلاً فى الطبيعة أو من المواد الانشطارية للوقود النووى .

ويوجد اليوم أكثر من ٢٠٠ نظير مشع شائعة الاستخدام ، ولكن هناك فقط عدداً يتراوح ما بين ٢٠–٢٥ نظير مشع تمثل أكثر من ٢٥% من التطبيقات ، وهى تستخدم فى صور كيميائية عديدة كمقتنيات أثر كما يمكن احتواؤها فى مصادر إشعاعية مغلقة ، ويستفاد من الإشعاع المنبعث من تلك المصادر الإشعاعية فى بحوث الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة وللأغراض العلاجية فى المجال الطبى ، وكذلك فى دراسات تأثير الجرعات الإشعاعية على المادة وخاصة فى مجالات البلمرة وحفظ الأغذية والتعقيم الجامى .

ويمكن تقسيم مركبات النظائر المشعة إلى أربع مجموعات حسب طبيعة استخدامها :

١– مجموعة المستحضرات الصيدلية المشعة .

٢– مجموعة المركبات المرقمة لإجراء البحوث الزراعية .

٣– مجموعة النظائر المشعة للدراسات الاقتفائية فى مجال الصناعة .

٤– مصادر إشعاعية .

النظائر كوسيلة قابلة للاقتناء Isotope Tracers

تعتبر النظائر المشعة من أكثر الوسائل ملاءمة للدراسات الاقتفائية فى مجالات البيولوجيا والكيمياء الحيوية والفيزياء والجيوفيزياء والجيولوجيا ، وسوف نتكلم بشئ من التفصيل عن استخدامات النظائر المشعة فى مجالات علوم الأرض والزراعة والبيولوجيا مع الإشارة إلى أمثلة من الاستخدامات الطبية والصناعية .

كان أول استخدام للنظير المشع P-32 لدراسة الاستفادة من الأسمدة الفوسفاتية فى مجموعة من تجارب الصوبة ، وتجارب الحقل عام ١٩٤٨ ، وكانت هذه التجارب هى الأساس الذى اتبع بعد ذلك بواسطة دراسات أخرى وعلى عناصر مغذية مختلفة ، وبنفس الطريقة التى اتبعت ، واعتمدت الطريقة أساساً على وضع النظير من المادة السمادية المراد دراستها ثم قياس الكمية المأخوذة بالنبات مباشرة بشرط أن يكون النظير مناسباً لاستخدامه كطريقة اقتفائية إذ يجب أن يسلك نفس سلوك المادة المراد اقتفائها ، وأن لا يكون له أى تأثير على سلوك هذه المادة فى النظام المراد دراسته ، وحيث أن النظائر تختلف فى أوزانها الذرية فإن النظائر سيكون لها معدلات تفاعل مختلفة اختلافاً بسيطاً يمكن تجاهله فى معظم استخداماتها ، كما أن تتبع بعض النظائر يكون من الحساسية بحيث أن كمية الماء المضافة مع النظير تكون إلى حد ما قليلة بالنسبة للكمية الموجودة أصلاً ؛ ولذا فإنها لم تخل بالنظام الموجود أو الاتزان الحادث فعلاً ، وعندما يضاف النظير إلى نظام التربة/نبات فإنه إما أن يتحرك أو يتبادل مع المكونات المختلفة فى النظام حتى يحدث ما يسمى بحالة اتزان .

ويلزم لتتبع النظائر الاقتفائية أجهزة خاصة ، وهى بالنسبة للنظائر المشعة تعتبر أقل تكلفة وتعقيداً من أجهزة النظائر الثابتة ، والنظائر المشعة يمكن قياسها باستخدام أجهزة التأين أو أجهزة التبلور ، ويعتمد ذلك على نوع وطاقة النظير المشع المراد قياسه ، ومعظم النظائر المشعة المستخدمة فى مجال كيمياء الأراضى تشع إشعاعات بيتا أو جاما ، وخلافاً لجسيمات بيتا فإن أشعة جاما تتواجد فى نطاق طاقات مميزة بحيث يمكن قياس النظير المشع لها بواسطة طيفه أشعة جاما ، وأهم النظائر المشعة الشائعة الاستخدام هى الصوديوم-٢٤، والبوتاسيوم-٤٢، والكبريت-٣٥، والفوسفور-٣٢، اليود-١٣١ ، الحديد-٥٩ ،

الاسترنشيوم–٨٥ ، الكالسيوم–٤٥ ، والكروم–٥١ ، وسوف نتعرض لأهم استخدامات النظائر المشعة فى مجال الزراعة والطب والصناعة .

أولاً - فى مجال الزراعة :

أ- استخدامات النظائر المشعة فى بحث ودراسات تغذية النبات :

استخدمت النظائر المشعة فى الدراسات الخاصة بامتصاص العناصر المغذية (الكبرى والصغرى) ، وكيفية امتصاصها بواسطة جذور وأوراق النبات ، بذلك أمكن تحديد نظريات الامتصاص والعوامل المؤثرة عليه مما يساعد على تقدير كفاءة الإضافات السمادية ومعالجة أعراض نقص العناصر ، والتى تؤثر بدرجة كبيرة على الإنتاجية ، وبالتالى على اقتصاديات الإنتاج الزراعى ككل .

ومن أمثلة النظائر التى أمكن استخدامها فى تجارب تغذية النبات ^{45}Ca, ^{89}Sr, ^{32}P, ^{42}K, ^{86}R, ^{22}Na (للعناصر الكبرى) ، ^{44}Mo, ^{65}Nz, ^{54}Mn, ^{59}Fe (للعناصر الصغرى) ، وعادة تستخدم فى تجارب الامتصاص نظائر مشعة ذات نشاط إشعاعى عالٍ نسبياً حتى يمكن عده بكفاءة عالية خاصة فى التجارب قصيرة المدة مثل تجارب الجذور المفصولة (ينصح باستخدام حوالى ١٠ ميكروكورى/لتر – لتعطى مستوى عدد مناسب) ، بل قد يكون من الضرورى استخدام مستويات أعلى من النظير المشع ، كما فى تجارب الامتصاص على الأوراق أو الجذور المفصولة (هى تجارب قصيرة المدة من ٥–٢٠ دقيقة) ، ويجب ملاحظة التأثيرات الضارة للنشاط الإشعاعى إذا طالت فترة التجربة عن ذلك نتيجة التعرض للإشعاع، وفى حالة التجارب الطويلة المدى يكفى أن يكون النشاط الإشعاعى من ١–٢ ميكروكورى/لتر فى معظم الحالات .

ويمكن أيضاً باستخدام النظائر دراسة الامتصاص والانتقال والتوزيع النسبى للعنصر بالنبات وتقدير كفاءة الاستخدامات للعنصر المضاف من المركب المرقم أو غير المرقم للتربة أو إلى قياس الخواص الطبيعية والكيميائية للعناصر خاصة قابليتها للامتصاص بواسطة الجذور والجزء المأخوذ من السماد فمثلاً فى حالة إضافة سماد فوسفور مرقم بالنظير المشع فوسفور–٣٢ من السماد المضاف ، يتضح من المعادلة الآتية :

$$\text{النسبة المئوية للفوسفور المأخوذ من السماد} = \frac{\text{النشاط الإشعاعى النوعى فى النبات}}{\text{النشاط الإشعاعى النوعى فى التربة}} \times ١٠٠$$

ويمكن حساب كفاءة الاستخدام أو النسب المئوية للاستفادة من المعادلة الآتية :

$$\text{النسبة المئوية للاستفادة من السماد} = \frac{\text{كمية الفوسفور فى النباتات المأخوذة من التربة}}{\text{الكمية الكلية للسماد المضاف}} \times ١٠٠$$

ويمكن إجراء نفس العمليات الحسابية لأجزاء النبات المختلفة وبالتالى دراسة كيفية توزيع الفوسفور الممتص على أجزاء النبات Distribution Pattern حيث :

$$\text{معامل التوزيع} = \frac{\text{كمية الفوسفور فى الساق (shoot)}}{\text{كمية الفوسفور فى الجذور (root)}} \times ١٠٠$$

عموماً يمكن تلخيص أهمية استخدام النظائر فى ترقيم العناصر والمركبات المضافة لنظام (نبات–تربة) فيما يلى :

١– إمكانية اختيار أفضل طرق لإضافة السماد وأكثرها فعالية .

٢– تحديد أنسب مواعيد للإضافة والأوقات الحرجة بالنسبة للنبات .

٣– اختيار أفضل المعدلات السمادية وأكثرها ملاءمة لكل محصول .

٤– اختيار أفضل المركبات أو الصور من العناصر المغذية ، وأكثرها ملاءمة لطبيعة الأرض والمحصول .

٥– تقدير ودراسة الأثر المتبقى من العناصر والمركبات المضافة .

٦– دراسة تفاعلات وتداخلات العناصر المختلفة بالتربة ، وأثرها المتبادل على امتصاص النبات لهذه العناصر مثل التأثير المشجع للنيتروجين على الفوسفور وتضاد الحديد مع المنجنيز والفوسفور مع الزنك ، والحديد مع الفوسفور .

٧– دراسة نمو وتوزيع المجموع الجذرى فى التربة .

وقد أمكن باستخدام النظائر المشعة المرقمة للأسمدة الورقية دراسة كيفية امتصاص الأوراق للعناصر المغذية وطريقة انتقالها وتوزيعها داخل النبات حيث تعادل الاستفادة ٢٠ مثل قدرة الاستفادة من الفوسفور المضاف للتربة .

ب- كيمياء عناصر التربة وتفاعلاتها المؤثرة على امتصاص النبات :

من المعلوم أن جزءاً صغيراً من كمية العنصر الكلى الموجود فى التربة يكون صالحاً للامتصاص بالنبات ، وهذا الجزء القابل للاستفادة قد يتعرض لتغيرات كثيرة تتوقف على ظروف التربة من الأس الهيدروجينى (قلوية أو حموضة) وأكسدة أو اختزال وابتلال أو جفاف ، ولقد استخدمت النظائر المشعة بشكل مكثف لدراسة وقياس الكميات القابلة للتبادل من العناصر فى التربة ومعدلات تبادلها وحركتها وقابليتها للاستفادة ، وكذلك دراسة الميكانيكية التى يمتص بها العنصر بواسطة النبات .

١- العناصر القابلة للتبادل :

يمكن قياس الكمية القابلة للتبادل من عنصر ما ، وذلك بملاحظة التغير فى النسبة النظائرية للعنصر المدروس والمضاف لمعلق التربة ، وإذا كانت الطريقة العادية التى تستخدم فى مثل هذه الدراسات تستلزم إزاحة هذا الجزء بإضافة محاليل ملحية مختلفة التركيز فإن الطريقة المتبعة باستخدام النظائر تسمح بالاتزان مع محلول مكوناته مماثلة لمحلول التربة العادى مما يعطى موضوعية ودقة لقياس العنصر القابل للتبادل فى محلول التربة .

وفى عام ١٩٥٤ قام Blume & Smith بقياس الكالسيوم المتبادل ؛ وذلك بإضافة محلول يحتوى على كميات من الكالسيوم-٤٥ والكالسيوم العادى إلى التربة وكان المحلول يحتوى على ١٠٠ ملجم/لتر من الكالسيوم على صورة $Ca\ (NO_3)_2$ يضاف لها ٨٠٠ ميكروكورى الكالسيوم-٤٥ لكل جرام كالسيوم ، ولقد لزم ٥٠ سم٣ من المحلول لإضافتها إلى ٢٥ جم من التربة ورجت لمدة ٣ ساعات حتى حدوث الاتزان ثم أخذ المحلول ورشح وأخذ الرائق ، وتم قياس النشاط النوعى Activity فيه (ميكروكورى Ca-45/جرام من الكالسيوم) وحسبت كمية الكالسيوم المتبادل من المعادلة التالية :

$$\text{العنصر المتبادل} = \frac{\text{العنصر المضاف} \times \text{النشاط النوعى للمحلول قبل التجربة}}{\text{النشاط النوعى للمحلول بعد التجربة}}$$

ويلاحظ فى هذه التجربة أن الباحثين اعتبروا أن أى كالسيوم ذائب فى التربة كان حتماً فى صورة الكالسيوم المتبادل الذى تم تقديره وأن هذا الجزء الذائب هو الذى أدى إلى خفض

النشاط الإشعاعى النوعى فى النظام ، وقد استخدمت نفس الطريقة لقياس الكميات المتبادلة من كاتيونات أخرى فى التجربة وقد كان للمغنسيوم والبوتاسيوم نصيب كبير فى هذا المجال ، ولقد وجد أن هناك تطابقاً تاماً بين الكميات المتبادلة والمقدرة بالنظائر المشعة وتلك المقدرة بالطرق الكيميائية ، ولقد تم قياس كاتيونات أخرى متبادلة مثل المنجنيز والزنك والحديد والكوبلت والنحاس إلا أن هناك مشاكل عديدة فى قياس هذه العناصر فى الأراضى القلوية أو المحتوية على كميات كبيرة من أكاسيد المنجنيز ، ففى هذه الأراضى يكون التبادل النظائرى للعناصر الصغرى بطئ وغير دقيق ، كما أن الكمية الموجودة منها فى محلول التربة عادة ما تكون قليلة جداً لدرجة يكون معها القياس غير دقيق .

٢- تقدير السعة التبادلية الكاتيونية للتربة :

يمكن باستخدام النظائر المشعة تقدير السعة التبادلية للتربة ، ولتقديرها يجب أولاً أن تتشبع التربة بالكاتيون المناسب وبعد الغسيل يزال الجزء الزائد من الكاتيون المشبع ، ويمكن قياس الكمية المميزة مباشرة أو قياسها بالتبادل النظائرى كما سبق توضيحه بالنسبة للكالسيوم ، وتقدر السعة التبادلية للتربة بأخذ كميات من التربة تتراوح بين ٥٠ ملجم و٣ جرام من التربة تشبع بواسطة محلول من كلوريد السترانشيوم-٨٥ معروف نشاطه النوعى ثم تتم عمليات التشبع والغسيل المتتابع ثم يفصل المحلول بالطرد المركزى ويقدر النشاط النوعى للسترانشيوم فى التربة .

٣- تقدير حركية العناصر فى التربة Mobility of Nutrients

إن حركة العنصر تؤثر مباشرة على الحجم من التربة الذى يمكن للنبات أن يسحب منه العنصر الغذائى ، وحركة العنصر تحدث فى محلول التربة ؛ لذا فإن تكوينه سيكون العامل الأول فى حركية العنصر ، وتؤدى دقة وحساسية التقنية النظائرية إلى تقدير أهمية المكونات المختلفة الموجودة فى محلول التربة ، ويمكن ملاحظة حركية العناصر فى التربة وتقديرها مباشرة باستخدام النظائر المشعة ، وذلك كما يلى :

* انطلاق العناصر فى محلول التربة :

قام Hinkely عام ١٩٧٩ باستخدام طريقة التخفيف النظائرى لتقدير البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم والكالسيوم والاسترنشيوم والباريوم فى ٠,٣ جم من محلول التربة ،

ويمكن تقدير كمية العنصر المنطلق من سطوح الامتزاز المختلفة (معادن طين مواد عضوية) بحساب كمية العنصر المشع المحتجز على السطوح الفعالة والكمية الباقية فى محلول التربة بعد حدوث عملية إتزان كيميائى فى تجارب الاتزان ، ويمكن عن طريقها حساب قوى الارتباط من معادلات لانج ماير أو فرويندلش ونماذج الامتزاز المختلفة المعرفة كيميائياً ، وهل سلوك الامتزاز يكون عكسياً أو من الدرجة الأولى أو غير عكسى أى يمكن دراسة الحركية الكيميائية Kientic للعنصر تحت الدراسة ، كما يمكن دراسة الصور التى يكون عليها العنصر المتبقى فى التربة باستخدام طريقة التجزئ Fractionation .

* حركية العناصر فى التربة (الغسيل) Leaching

يمكن دراسة حركية العناصر فى التربة باستخدام النظائر المشعة حيث يمكن وضع العنصر المشع على سطح عمود من التربة ثم يزاح بإضافة الماء ويقدر معدل التحرك بالتحليل المتتابع للمحلول المزاح من عمود التربة أو بتحليل قطاعات أو أجزاء متتالية من عمود التربة والنظائر المشعة التى تشع أشعة جاما أو بيتا قوية يمكن تقديرها بالعد فى المحلول المزاح أو فى التربة نفسها بدون فصل كيماوى ، ونتيجة لهذه الدراسات تبين أن عناصر مثل الزنك-٦٥ والمنجنيز-٥٤ والكوبالت-٥٦ والحديد-٥٩ هى عناصر متحركة فى طبقات التربة عند غسيلها بالماء فى بعض الأراضى الحامضية والغنية بالمادة العضوية وكذلك الأراضى الرملية ، وباستخدام النظائر المشعة يمكن حساب النسبة المئوية لغسيل وإزالة العنصر ، وتلك الثابتة فى عمود التربة .

* انتشار العنصر Diffusion

عندما يتوقف انسياب محلول التربة تصبح العنصر بالانتشار ذات أهمية كبيرة بالنسبة للنبات ، وهذا الانتشار يحدث عند وجود تدرج فى التركيز ناشئ عن امتصاص النبات أو تفاعلات الترسيب أو تحلل السماد فى التربة ولقد درست هذه الظاهرة بنجاح باستخدام النظائر المشعة .

ولقد وجد أن معامل الانتشار الذاتى فى التربة كان حوالى ٠,٠٠٠١ من قيمته فى المحلول المائى ، ولقد وجد أن الأيونات الأحادية لها انتشار أكبر من الثنائية ، وأن معامل الانتشار تقل بجفاف التربة ، وأن هذا هو أهم عامل يؤثر على انتشار العنصر فى التربة

بالإضافة إلى مستوى تركيز العنصر فيها مثلاً ، وجد أن إضافة الفوسفات الذائب إلى الأراضى الرملية تزيد من معامل الانتشار الذاتى الفوسفات فى التربة .

٤- كيمياء المادة العضوية فى التربة ودراسات النظائر :

لقد ثبتت أهمية التأثير النافع للمادة العضوية فى التربة على إنتاجية النبات منذ زمن بعيد ، ومن ثم فإن الإبقاء على مستوى مناسب من المادة العضوية فى التربة أصبح من أهم الأهداف فى مجالات كيمياء الأراضى ، وترجع أهمية المادة العضوية إلى دورها كمخزن لعناصر النبات مثل النيتروجين والكبريت والفوسفور وإمكانية انطلاق هذه العناصر بعد تحلل المادة العضوية ، كما أن المادة العضوية تؤثر على الخواص الكيميائية والطبيعية للتربة مما ينعكس بالتالى على امتصاص النبات للعناصر الغذائية ، كما أن وجود البقايا العضوية فى التربة يحسن من السعة التبادلية للتربة ومقدار تغير السعة التنظيمية للتربة مع درجة حموضة التربة ، كما أن كمية المادة العضوية تؤثر على النشاط الحيوى بالتربة ويرجع تراكم المادة العضوية فى التربة إلى معدل دخول المادة العضوية فى التربة ومعدل تحللها ، والمواد الأولية للمادة العضوية فى التربة هى الأنسجة النباتية للمترسبات والمواد المتخلفة عنها والأنسجة الحيوانية ومخلفاتها ، وكل هذه المواد تتحلل وتتحول بفعل ميكروبات التربة ، ويلزم لكيمياء التربة وتفاعلات العناصر بها معرفة :

١- الظروف والعوامل التى تؤدى إلى تراكم المادة العضوية فى التربة بمستوى مناسب .

٢- المعدل الذى ينطلق به العنصر أو يدخل به فى المادة العضوية نتيجة النشاط الحيوى.

٣- أصل المادة العضوية وطبيعتها الكيميائية وتوزيعها الطبيعى بين الأجزاء المختلفة إذ سيكون له الأثر الكبير فى دراسة ديناميكية وتحولات المادة العضوية فى التربة ، وكان لاستخدام النظائر قيمة كبيرة ليس فقط للحصول على مقياس للكربون العضوى ، وبالتالى للنتروجين الداخل بالتربة سنوياً ، ولكن فى إمكانية تقييم معدلات تحلل المادة العضوية تحت الظروف الطبيعية أو تحت ظروف خاصة ، وكذلك تستخدم المواد المشعة فى دراسة العوامل المؤثرة على معدلات تحلل وتغيير عناصر التربة كما استخدمت النظائر أيضاً فى دراسة مختلف معدلات تحول المادة العضوية . ويستخدم الكربون -١٤ لدراسة الكربون المضاف للتربة من النباتات المنزرعة ، ووجد أن الكربون المضاف للتربة من النبات يعادل ٢٥% من جملة المضاف من المصادر الأخرى . كما استخدمت مواد مرقمة بالكربون-١٤

، وتم تتبع تحللها أما بقياس معدل انبعاث غاز $^{14}CO_2$ أو بقياس معدل تناقص كمية البقايا العضوية المرقمة بالكربون -١٤ ، والمواد المستخدمة تتدرج من مواد بسيطة يمكن تحديد تكوينها الكيميائى مثل الجلوكوز والاستيات والأحماض الأمينة ، وهى مواد يمكن ترقيمها بالكربون -١٤ إلى مواد معقدة مثل الأنسجة النباتية أو البقايا الحيوانية أو مكونات مركبة من مواد عالية الوزن الجزيئى مثل مشتقات الأحماض الأمينية والبيتيدات .

وعموماً فإنه يمكن بإضافة المواد المرقمة للتربة تتبع سلوكها وتحللها ، وتعرف هذه الطريقة بالـ Radioresirometry أو القياس الإشعاعى للأكسدة العضوية فى التربة ، ومثال لذلك تم قياس أكسدة الجلوكوز المرقم بالكربون إلى $^{14}CO_2$ فى التربة المجففة هوائياً والتربة العادية والتربة المسخنة ووجد اختلاف كبير فى درجة أكسدة الجلوكوز بها $^{14}CO_2$ ، وقد درس أثر العوامل المختلفة التى تؤثر على أكسدة المواد العضوية بالتربة مثل الأس الهيدروجينى والتهوية وأثر الحرارة والمحتوى الرطوبى ووجود مواد مثبطة وأخرى مشجعة .

ثانياً ـ استخدام النظائر المشعة فى الدراسات البيولوجية :

يمكن تقسيم الاستخدامات الحيوية للنظائر المشعة فى الدراسات البيولوجية كما يلى :

أ- الاستخدام الحيوى للنظائر المشعة فى الدراسات البيولوجية IN (VIVO) :

حيث تتم هذه الدراسة للتعرف على توزيع العناصر والمبيدات الكيماوية والأسمدة داخل أعضاء النبات فى حالة النمو الطبيعى ، وذلك بتغذية النباتات أو رشها أو حقن الأوراق بالأسمدة أو الكيماويات المرقمة بالنظائر المشعة ، ثم يتم تصوير هذه المركبات داخل النبات أو المحاصيل أو الأنسجة الحيوانية بطريق التصوير الذاتى الإشعاعى Autoradiography ، مثال ؛ لذلك تصوير الفوسفور وتجمعه فى نبات الفول المصاب بمرض صدأ الفول .

طرق التصوير الذاتى الإشعاعى :

هذه الطرق مزيج من التحليل الحيوى فى الكائن الحى وخارجه ، حيث أنها تعتمد أساساً على متابعة دخول العناصر أو المركبات اللازمة للجسم الحى (نبات أو حيوان أو إنسان) فى النسيج الحيوى والأعضاء الحية ؛ وذلك باستخدام النظائر المشعة لهذه العناصر

والمركبات وإدخالها فى الجسم الحى بواسطة التعاطى عن طريق تغذية النبات أو الشرب أو الحقن للحيوان ثم بعد ذلك يتم تصويرها باستخدام الصفائح الحساسة للضوء أو المخلوط الحساس للضوء بطريقتين هما :

١- التصوير الذاتى الداخلى للأعضاء أو الأنسجة Macro-Scale .

٢- التصوير الذاتى الداخلى للخلية وتواجد المركبات بداخلها Micro-Scale .

وذلك لدراسة ميكانيكية التفاعلات البيولوجية داخل الخلية الحية وخارجها حيث تستخدم هذه الطريقة للتعارف على عمليات التفاعلات الكيميائية البيولوجية وتكوين المركبات الحيوية فى الخلية والأعضاء المختلفة ، مثال لذلك ما تم نشره عن عملية الأيض اليودى للغدة الدرقية وتكوين هرمونات الغدة الدرقية فى النسيج الخلوى لها .

ومن أنواع الاختبارات والمعالجات المستعملة فى مجال واحد من المجالات المذكورة وهو مجال الغدة الدرقية يمكن ذكر بعض منها كما يلى :

١- امتصاص الغدة الدرقية لليود المشع .

٢- سرعة دورة اليود الاستقلالية .

٣- استجابة المريض للعلاج .

٤- الاستجابة للمعالجة بالأدوية المضادة للدرقية .

٥- تحديد نسبة هرمونات الغدة الدرقية للدم .

ب- الاستخدام الحيوى للنظائر المشعة فى التحاليل البيولوجية على عينات بيولوجية خارج النبات أو الكائن الحى أو الدم :

هناك طرق مختلفة لاستخدام النظائر المشعة فى التحاليل البيولوجية تتلاءم وطبيعة المواد المراد تحليلها فى العينات البيولوجية كالآتى :

١- طريقة تحليل المركبات الحيوانية والعناصر باستخدام طريقة الفصل الراديو كروماتوجرافى Radiochromatography

هذه الطريقة تعتمد أساساً على فصل المكونات الكيميائية البيولوجية فى المحاليل البيولوجية بأحد الطرق التالية :

أ- الفصل الكيميائى للمواد على الورق الكروماتوجرافى تحت تأثير جهد كهربائى .

ب- الفصل للمواد بالخاصية الشعرية على الورق الكروماتوجرافى .

ج- الفصل للمواد بالخاصية التكتلية والخاصية الشعرية على صفائح من الراتنجات والسيليكا Thin Layer chromatography ، حيث يتم تحديد موقع المواد المفصولة على الورق الكروماتوجرافى أو الصفائح أو على مواد الراتنجات عادة بالأصباغ مما يعطى نتائج غير محددة ، ويحتاج إلى كمية كبيرة من جزيئات المواد المفصولة حتى تعطى الواناً واضحة يمكن تحديد مركزها ، بينما يمكن استخدام المواد المشعة والمركبات المرقمة بالإشعاع وعدها على أجهزة العد الإشعاعى المخصصة بوضوح ودقة حتى لو وجدت بكميات ضئيلة حيث يعتمد فى هذه الحالة على العد الإشعاعى لهذه المواد وليس على ألوانها كما لا يوجد تداخل بين المواد مثلما يحدث فى التحديد بالصبغات ، وتستخدم هذه الطريقة فى الأبحاث العلمية والتشخيص .

٢- طريقة تحليل المركبات الحيوانية والعناصر باستخدام التخفيف الإشعاعى للمحاليل البيولوجية المرقمة بالنظائر المشعة Isotopic Dilution Technique .

هذه الطريقة تعتمد على مبدأ أنه ليس هناك أى فرق بين النظير المشع والنظير غير المشع للعنصر الواحد فى التفاعلات الكيميائية وعمليات الأيض العنصرى للمادة فى داخل النسيج الحيوى ، وفكرة التفاعل كالآتى :

$$\text{النشاط الإشعاعى (Specific Activity (Sp.A.)} = \frac{\text{كمية المادة المشعة}}{\text{الوزن الكلى لها}} \text{ أو } \frac{\text{كمية المادة المشعة}}{\text{الحجم الكلى لها}}$$

$$\therefore \text{كمية الإشعاع} = \text{النشاط الإشعاعى} \times \text{الوزن الكلى لها}$$

$$\text{أو} = \text{النشاط الإشعاعى} \times \text{الحجم الكلى لها}$$

ولو وجدت كمية من المادة غير المشعة غير معروف وزنها أو حجمها ويضاف إليها كمية مشعة من نفس المادة ومعروف وزنها والنشاط الإشعاعى لها وكمية الإشعاع فإن :

كمية المادة المشعة Total activity = النشاط الإشعاعى الأول (W1) × الوزن الأول (Sp.A1)

وبعد الإضافة يحدث تخفيف لها من المادة غير المشعة وبالتالى يصبح لها نشاط إشعاعى جديد ، ويمكن معرفته بالعد الإشعاعى لها .

كمية الإشعاع = النشاط الإشعاعى بعد التخفيف × الوزن الجديد (المجهول) .

$$\therefore \text{الوزن المجهول} = \frac{\text{النشاط الإشعاعى قبل التخفيف} \times \text{الوزن الأول}}{\text{النشاط الإشعاعى بعد التخفيف}}$$

وتستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع وحساس جداً فى تحديد كمية مياه الآبار الجوفية وكمية الدم وكمية المادة فى جسم الإنسان باستخدام نظرية التخفيف الإشعاعى لمكونات هذه السوائل .

٣- استخدام المركبات البيولوجية المرقمة بالنظائر المشعة لتعيين وتقدير مثيلاتها من المركبات البيولوجية فى التحاليل Radioligand Techniques كالآتى :

أ- طريقة التشبع الإشعاعى للمركبات البيولوجية باستخدام المركبات المرقمة بالنظائر المشعة Saturation Analysis Assay .

ب- طريقة الترابط والتزاحم البيولوجى للمركبات الحيوانية العادية والمرقمة فى التحاليل البيولوجية Competitive Protein Binding .

من منطلق عدم وجود أى فرق بين المركبات البيولوجية غير المرقمة بالنظائر المشعة والمرقمة بالنظائر المشعة من حيث التفاعلات الكيمائية والأيض البيولوجى والارتباطات الحيوية فإن نسبة الارتباطات الحيوية لهذه المركبات بعامل الارتباط فى الدم تكون بنسبة تواجد كميتها فى المحلول البيولوجى ، وتستخدم هذه الطريقة فى تعيين الهرمونات والمركبات الحيوية فى المحاليل البيولوجية بشرط أن يكون المركب المراد تقديره مستخرجاً من المحلول البيولوجى قبل التقدير ، وأول من استعمل هذه الطريقة هو العالم الإنجليزى Ekin عام ١٩٦٠ .

ج- استخدام القدرات المناعية والمركبات المرقمة المشعة لتقدير المركبات العضوية فى المحاليل البيولوجية Radioimmino Assay (RIA) :

تعتمد هذه الطريقة أساساً على التزاحم الترابطى للمركبات البيولوجية المرقمة بالنظائر المشعة وغير المرقمة بالنظائر المشعة مع الأجسام المضادة لهذه المركبات ، وحيث أن العامل المؤثر فى هذا الترابط البيولوجى بين المركب والجسم المضاد هو نسبة تواجد المركب المرقم إلى المركب غير المرقم بالنظائر المشعة . وتستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع لتقدير الهرمونات والإنزيمات والعقاقير الطبية والأدوية والمخدرات فى الدم بكفاءة عالية جداً .

د- استخدام القدرات المناعية الإشعاعية فى تحليل المركبات البيولوجية Immunoradiometric Assay (IRMA) .

هـ- استخدام القدرات الارتباطية للخلية الحية والمركبات المرقمة المشعة لتعيين المركبات الحيوية Radioreceptor Assay (RRA) .

و- استخدام القدرات الإنزيمية والنظائر المشعة لتقدير النشاط الإنزيمى فى المحاليل البيولوجية Radioenzym Assay (REA) .

من التقديرات الأساسية للمحاليل البيولوجية تقدير النشاط الإنزيمى للأنزيمات ، وهذا يتم عادة باستخدام التفاعلات التى تعطى ألواناً أو تركيزات معينة تقاس بالمقياس اللونى أو الطيفى وهذا يتحتم توفير كميات معينة حتى يتم هذا التقدير ، ألا إن استخدام المركبات المرقمة بالنظائر المشعة لتقدير النشاط الإنزيمى فى العينات البيولوجية يعطى التقدير بواسطة العد الإشعاعى للمركبات الأولية المشعة والمركبات المنتهية فى التفاعل والتى بدورها تكون هى الأخرى مشعة كالآتى :

$$SP^* + E \Leftrightarrow SP^*E \Leftrightarrow P^* + E^*$$

حيث :

***SP = المركب البيولوجى المستخدم لتقدير الإنزيم .**

E = المركب المرقم بالنظائر المشعة .

***SPE = المركب البيولوجى المستخدم لتقدير الإنزيم المرقم بالنظائر المشعة - مرتبط بالإنزيم .**

***P = المركب البيولوجى المرقم والمتأثر بالإنزيم .**

***E = مركب بيولوجى لم يتم التأثير عليه بالإنزيم .**

ثم يتم فصل المركبات البيولوجية المنتهية فى التفاعل من المركبات البيولوجية التى لم يتم عليها التأثير الإنزيمى ثم يتم العد الإشعاعى لكل منهما :

$$\therefore \text{النشاط الإنزيمى} = \frac{100 \times P^*}{SP^*}$$

ثالثاً - استخدام النظائر المشعة فى مجال الطب النووى :

إن توفر احدث أنظمة أجهزة القياسات الإشعاعية قد أدخل تعديلات كثيرة على سوق المنتجات الطبية النووية ، ومن أجل تقليل الجرعات الإشعاعية التى يتعرض لها المرضى المعالجين ، ومن أجل الحصول على أفضل النتائج والمعلومات بواسطة زيادة معدل العد الإشعاعى فإن النظائر المشعة ذات العمر القصير ، والتى تنبعث منها إشعاعات جاما – تتراوح طاقتها بين ١٠٠–٢٥٠ كيلو الكترون فولت – قد تطور إنتاجها أكثر فأكثر ، وحالياً يعتبر نظير التكنيسيوم –٩٩ من أكثر النظائر المشعة استخداماً فى مجال الطب النووى التشخيصى ؛ وذلك فى صورة بيرتكنيتات Pertechnetate أو على هيئة مركبات مرقمة عديدة ، وللأغراض الطبية فإن هناك ما يقرب من ٣٠ نظير مشع مختلف يتم إنتاجها بواسطة المفاعل النووى ، كما أن هناك أكثر من ٥٠ مركب مرقم قد تم تحضيرها ، إلا أن المركبات المرقمة بالتكنيسيوم فقط (حوالى ١٢ مركب شائع الاستخدام) هى التى تدخل فى أكثر من ٧٥% من الدراسات والقياسات الطبية فى مجال الطب التشخيصى .

التطبيقات فى مجال العلاج الطبى :

يستخدم فى هذا المجال مصادر مشعة مغلقة أو غير مغلقة (مفتوحة) .

أ- المصادر المشعة المغلقة :

هناك تطبيقان رئيسيان الأول يستخدم مصادر قوية لأشعة جاما لعلاج الأورام العميقة إلا أن إدخال أجيال جديدة من أجهزة العلاج الإشعاعى أهمها ما يسمى بالمعجل الخطى قلل من استخدام أجهزة الكوبالت نظراً لما لهذه المعجلات من مزايا خاصة بمعدل الجرعة الإشعاعية الكبيرة وقوة النفاذ وعدم الحاجة للاستبدال الدورى للمصدر المشع ، كما أن هناك مشكلة للتخلص من مصادر الكوبالت المستهلكة ، وفى مصر حالياً ١٣ جهاز كوبالت فى القاهرة

والاسكندرية وطنطا وأسيوط ، ويقابل ذلك خمسة أجهزة معجل خطى ، ومن المنتظر أن يزيد عدد الأجهزة الأخيرة فى مصر وذلك بعد التغلب على الصعوبات الفنية الخاصة بالتشغيل والصيانة . والتطبيق الثانى فى مجال العلاج يستخدم مصادر مشعة ضعيفة نسبياً على شكل ابر وأسلاك أو أنابيب أو حبيبات منخفضة الثمن نسبياً ، ولها تطبيقات هامة خاصة فى أورام الرأس والرقبة وغيرها .

ب- المصادر المشعة غير المغلقة :

بدأ استخدام هذا النوع من العلاج فى التضاؤل ويقتصر حالياً على استخدام اليود المشع فى بعض أمراض الغدة الدرقية ومن الممكن اعادة تنشيط اليود المشع بتعريضه للإشعاع النيوترونى فى المفاعل .

جـ- الفحوص المعملية باستخدام المركبات المرقمة :

تمثل المجال الرئيسى فى الوقت الحالى ، وتمتد استخداماتها لتشمل مجالاً واسعاً يغطى معظم أجهزة الجسم ووظائف الأعضاء ، وتزداد هذه الفحوص والإختبارات عمقاً وتنوعاً يوم بعد يوم ، ويشير الإتجاه الحالى والمستقبلى للبلدان المتقدمة طبقاً لنشرات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفيينا إلى أن إنتاج النظائر المشعة الطبية سوف يتزايد ليس فقط بالطريقة التقليدية باستخدام المفاعلات النووية وإنما أيضاً بواسطة السيكلوترون لإنتاج نظائر مشعة ذات عمر قصير ، وأهمها الثاليوم-٢٠١ واليود-١٣١ والانديوم-١١١ والكربيتون-٨١ والاسترنشيوم-٨٧ والجاليوم-٦٧ والحديد-١٨ ، وقد ساهم توفر المستحضرات الصيدلية المشعة ذات الأعمار القصيرة مع تطور تقنيات الحاسب الآلى واستخدامها فى مجال الطب النووى على نطاق واسع فى تطوير طرق جديدة للاختبارات والكشف الإشعاعى وخاصة فى مجال أمراض التشوهات الخلقية فى أمراض القلب والسرطان والقصور الوظيفى فى الأطفال حديثى الولادة .

ومن هنا يجب تشجيع هذه التطبيقات لفائدتها الطبية المحققة، ويجب تركيز استخدامها فى وحدات متخصصة داخل المستشفيات الكبرى حيث يتوفر العديد من ذوى الخبرات الخاصة والأفراد المؤهلين للعمل فى الإشعاعات المؤنية طبقاً لشروط ومعايير الأمان .

ربعاً - استخدام النظائر المشعة فى الصناعة :

استخدام التطوير الإشعاعى بأشعة جاما على نطاق واسع فى الفروع المختلفة للصناعة ، وهناك أربعة نظائر مشعة شائعة الاستخدام فى هذا المجال ، وهى الكوبالت-٦٠ والسيزيوم

والاريـديوم-١٩٢ والثـاليوم-١٧٠ ، ويسـتخدم نظيـر الأريـديوم-١٩٢ عـادة فـى التصـوير الإشعاعى لخطوط الأنابيب ، ولكى نستطيع الحصول على صور اشعاعية واضحة ودقيقة فإنه يجب تركيز المادة المشعة المستخدمة فى المصدر الإشعاعى فى أصغر حجم ممكن .

ويستخدم الآن فى المجال الصناعى وعلى نطاق واسع الطرق الإشعاعية المبنية على قياس طيف الأشعة السينية ، وكذلك القياسات المبنية على التحليل بالتنشيط الإشعاعى ، ومثال على استخدام النظائر المشعة فى مصانع الألومنيوم توظيفها كوسيلة من وسائل مراقبة الإنتاج ، كذلك فى مصانع الصلب والمنتجات غير الحديدية فإن النظائر المشعة استخدمت لدراسة معدل حركة المواد بواسطة أنظمة الرفع وفى عملية تصفية المصهور وتجهيز السبائك ، ولقد اتسع مجال التطبيقات العملية للنظائر المشعة بفضل تطور كل من تقنيات إنتاج النظائر المشعة والأشعة السينية وأجهزة الكشف والقياس الإشعاعى وتطوير طرق تحليل وقياس النيوترونات وإشعاعات جاما .

خامساً - استخدام الطاقة النووية فى مجال البترول :

تستخدم النظائر المشعة المغلقة منذ خمسة عشر عاماً فى عمليات تسجيل الآبار البترولية ، وهذه النظائر محفوظة فى أغلفة واقية وحافظة من تأثيراتها الضارة على الإنسان أو البيئة ، وهذه النظائر نوعان :

النـوع الأول: يستخدم فى قياسات داخل الآبار لتحديد خواص الطبقات مثل الكثافة والمسامية.

النوع الثانى : يستخدم فى تحديد كميات المكونات البترولية مثل الزيت والغاز فى المياه المالحة ، وهى قياسات حيوية هامة جداً فى عمليات حفر الآبار وتقييم نتائجها بدقة وسرعة لم تكن تتوافر بالطرق التقليدية ، وبذلك أمكن توفير الكثير من الوقت والجهد .

كما تستخدم بعض النظائر المشعة فى الكشف عن عيوب اللحامات ، وخاصة العيوب الداخلية التى لا يمكن رؤيتها بالعين أو بأساليب أخرى ، وطريقة الكشف عن اللحامات بالأشعة تعتبر من أهم الطرق وأدقها ، وخاصة فى حالة اللحامات الواقع عليها ضغوط عالية مثل خطوط الغاز والمستودعات الكروية التى تخزن فيها الغازات ؛ وذلك لضمان سلامة تلك اللحامات ومطابقتها للمواصفات العالمية .