استخدام النظائر المشعة
فى البحث الزراعى

للدكتور حسن الحموى

يمكن أن يقال إن كشوف الذرة هى أهم ناحية من نواحى التقدم التى أحرزها الإنسان فى سبيل الحصول على مدنية أفضل من كل ماسبق من المدنيات . وتنحصر أهمية العلوم الذرية التطبيقية لاستخدام الطاقة الكامنة بنواة الذرة إما فى الحصول على طاقة تفوق كثيراً الطاقة التى نحصل عليها من أكفأ أنواع الوقود العادى ، أو فى استخدامها مباشرة فى شكل نظائر مشعة تستخدم فى مجالات سلمية طبية وزراعية وصناعية عديدة حتى عم استخدامها كل ميادين البحث العلمى .

ويرجع استخدام الطاقة الذرية فى مجال البحث الزراعى إلى ما قبل سنة ١٩٤٦ حين استعمل الفوسفور المشع ٣٢ فى التجارب الحقلية ، ومنذ هذا التاريخ واستخدام النظائر المشعة فى اطراد مستمر ، لما لها من صفات كأداة للبحث تفوق الأدوات الأخرى من عدة نواح . والآن أصبح الكثير من النظائر المشعة مثل الكربون ١٤ ، والصوديوم ٢٢ ، والكالسيوم ٤٥ ، والفوسفور ٣٢ وغيرها من النظائر المشعة والثابتة فى متناول أيدى الباحثين لاستخدامها فى الأبحاث . ويعتبر الكربون ١٤ أهمها جميعاً لمكانته الفريدة البارزة فى غذاء النبات والحيوان ، وبواسطته يحاول الكيميائيون استطلاع خافية عملية التمثيل الضوئى ، وإدراك سر عملية التمثيل الغذائى فى أجزاء النبات الخضراء .

ونظراً لخاصية الإشعاع التى تتميز بها النظائر المشعة فإنها تسهل عمل الكيميائى عند تعيين تركيب مادة ما ، أو تقدير كمية عنصر بها ، لأن العمل بالطرق الكيماوية العادية يستلزم جمع ذرات من هذا العنصر تكفى لاستخدامه فى التحليلات ، وهو فى العادة مقدار كبير جداً يعدّ ببلايين الذرات ، فى حين أن إجراء التحليلات

■ الدكتور حسن الحموى : إخصائى أول مراقبة البحوث العامة بوزارة الزراعة .

ذاتها بعد إدماج عنصر مشع عوضا عن نظير له غير مشع لا يحتاج إلا لمقدار بسيط من الذرات إذ قيس بالكمية السابقة ، كذلك اتضح أن للنظائر المشعة فائدتين فريدتين : أولاهما أنها نظرا لكونها مشعة فإنه يمكن إدراكها عن طريق إشعاعها دون الحاجة إلى عامل الملامسة ، وثانيتهما : انه نظراً لأن كلا من تلك النظائر له إشعاعه الخاص به فإن ذلك يساعد كثيراً فى عمليات الفحص والتحليل .

كذلك يستحيل فى بعض الحالات على الباحث أخذ عينة من التجربة ، لأن فصل العينة يؤثر فى سير التجربة ، ولكننا بإدماج عنصر مشع عوضاً عن نظير له غير مشع نستطيع تتبع سير العنصر ودراسته فى نبات أو حيوان التجربة دون أن يؤثر ذلك على سيرها .

وفى كثير من الأبحاث الزراعية يفضل استخدام النظائر المشعة ، وفى بعضها يتعين استخدامها ، لعدة عوامل نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

(أولا) عامل الدقة أو الكفاية التجريبية

من المعروف أن الأراضى يختلف بعضها عن بعض فى درجة الخصب والقدرة على الإنتاج . وخصب الأرض مرتبط بعدة عوامل تؤثر فى درجته ، ويمكن القول إجمالا إن الأرض الخصبة هى الأرض التى تتحكم فيها عوامل خاصة تساعد على وجود العناصر المغذية سواء الأساسية منها والنادرة بحالة يسهل على النباتات الاستفادة منها ، وبكميات تغطى احتياجاتها طول فترة حياتها ، وهذا بالطبع من ناحية العناصر المغذية دون التعرض إلى خواص التربة الكيماوية أو الطبيعية التى لها أهميتها فى تحديد درجة الخصب التى تعتبر أساساً تبنى عليه الدراسات الخاصة بالخصوبة من ناحية العناصر المغذية ، وهذا النوع من الأبحاث كان يعتمد فى الماضى على طرق يختلف بعضها عن بعض فى طريقة التنفيذ، سواء أكانت بواسطة تجارب أصص أو تجارب بيولوجية أو كيماوية ، ويحتاج الحال بعد ذلك إلى عمل تجارب حقلية تطبيقية لدراسة درجة صحة البيانات المتحصل عليها ، ومثل هذه التجارب الحقلية تستلزم معاملات لا يضاف إليها العنصر موضوع الدراسة ، ومعاملات أخرى تشمل إضافات من العنصر المذكور وعلى مستويات مختلفة ، ثم تؤخذ قطعات وسطية على فترات زمنية متساوية ، أو باستخدام نبات دليل للفترات البيولوجية المتساوية ، ثم ترسم منحنيات بيانية تمثل كمية العنصر التى استفاد

بها النبات طول فترة نموه بالنسبة لكل معاملة ، وبمقارنة المنحنى المتحصل عليه من المعاملات غير المسمدة بالأخرى المسمدة على مستويات مختلفة ، نحصل على المنحنى الذى يمثل درجة الاستفادة من العنصر موضوع الدراسة . وبطرح كمية العنصر الموجودة فى النباتات بعد كل فترة فى المعاملة غير المسمدة من الكمية الموجودة فى نباتات المعاملات المسمدة يمكن حساب كمية العنصر التى أمكن للنبات الاستفادة بها عن طريق السماد المضاف .

هذا بفرض أن كمية العنصر التى أمكن لنبات المعاملة غير المسمدة الاستفادة بها من التربة ثابتة فى باقى معاملات التجربة ، وهذا فرض لا يوجد أى دليل على صحته ، بل على العكس توجد أدلة كثيرة طبيعية وكيماوية وبيولوجية تنفيه نفياً باتاً ، وعلى ذلك فإن نتائج مثل هذه التجربة لا يمكن الاطمئنان إليها .

واستخدام النظائر المشعة يؤدى إلى تلافى هذا الخطأ ، فإن العنصر المضاف تكون له خاصية الإشعاع التى لا يتمتع بها نظيره الموجود بالتربة ، وعلى ذلك تمكن معرفة الكمية المأخوذة من السماد والتربة كل على حدة ، وكذلك نسبة كل للآخر ، كما يمكن إلغاء المعاملة التى بدون سماد لأنها أصبحت بلا قيمة فى مثل هذه التجربة . ومن هنا كان استخدام النظائر المشعة فى مثل هذه الأبحاث مما يرفع من درجة دقتها .

هذا والأسمدة الآزوتية والأسمدة الفوسفاتية أهمية قصوى : لاحتواء إحداهما على عنصر الآزوت ، والأخرى على عنصر الفوسفور ، وتعتبر النباتات فى أشد الحاجة إليها خصوصاً فى ظروف أراضينا . ولما كانت الأسمدة الآزوتية يختلف بعضها عن بعض فى نسبة ما تحويه من عنصر الآزوت وفى الصورة الموجود عليها هذا العنصر بالسماد ، قاعدية كانت كالأمونيا ، أم حامضية كالنترات ، وكذلك فى تأثير كل صورة منهما على امتصاص الفوسفور من السماد الفوسفاتى ، وتأثير كل سماد على بقاء السماد الفوسفاتى مدة أطول على حالته الصالحة للنباتات بدون تثبيت ، فإنه يمكن الحكم من هذه التجارب على إمكان خلط بعض الأسمدة الآزوتية بالأسمدة الفوسفاتية أو عدمه ، وكذلك تمكن دراسة تأثير التسميد الآزوتى على صلاحية امتصاص عنصر الفوسفور فى الأسمدة الفوسفاتية .

وهذه التجارب يصعب إجراؤها دون استخدام النظائر المشعة للسبب الآنف الذكر ، وهو التفرقة بين فوسفور السماد وفوسفور التربة ، فمن الجائز علمياً أن

تؤثر إضافة الأسمدة الآزوتية فى درجة نشاط الكائنات الحية الدقيقة ، وربما كان لذلك تأثير على زيادة أو خفض نسبة الفوسفور الصالح فى التربة ، كذلك باستخدام النظائر المشعة يمكن إجراء هذا البحث فى وقت قصير للمفاضلة بين معاملة وأخرى من معاملات البحث مع درجة كفاية تجريبية عالية لا يمكن الوصول إليها بالطرق الكيماوية العادية .

(ثانيا) عامل السرعة

ويمكن أيضاً حل كثير من مشاكل الزراعة فى وقت قصير مع عدم الإخلال بعامل الدقة السابق ذكره ، مثال ذلك حالة المفاضلة بين صورتين سماديتين لعنصر واحد من حيث درجة استفادة النبات من هذا العنصر ، فإنه باستخدام الطرق العادية يحتاج الحال إلى ترك التجربة فترة من الزمن حتى تتجمع لدينا كمية من هذا العنصر تكفى لعمليات التحليل الكيماوية ، وترتبط حساسيتها بكمية معينة من العنصر ، وهذه الكمية مهما صغرت فإنها تزيد عما يلزم فى حالة استخدام النظائر المشعة بكثير .

ولهذا تمكن دراسة كمية العنصر الممتص بواسطة نبات ما ، على فترات ضيقة وحساب الزيادة بعد كل فترة مهما صغرت هذه الزيادة ، وبذلك تمكن المفاضلة بين صورتين سماديتين لعنصر واحد فى وقت بسيط وبطريقة سهلة دقيقة .

(ثالثا) عامل التمييز

الطرق الكيماوية العادية تعجز فى بعض الأبحاث عن تأدية مهمتها كأداة ، وذلك راجع لقصور إمكانياتها ، ومثال ذلك فى حالة دراسة كمية الفسفور الذى يستفيد منه النبات بسبب إضافة مادة عضوية ، سواء أكانت على صورة سماد أخضر أم على صورة سماد بلدى : هل مصدرها فوسفور المادة العضوية ؟ أم فوسفور التربة ، نظراً لتأثره بنواتج انحلال المادة العضوية المضافة كثانى أكسيد الكربون أو الأحماض العضوية الأخرى ؟ أم من كليهما معاً ؟ وما نسبة كل منها ؟ مثل هذا البحث يستحيل تنفيذه وأخذ نتائج سليمة منه باستخدام الطرق الكيماوية العادية التى تعجز عن تفرقة الفوسفور الذى مصدره التربة عن ذلك الذى مصدره السماد .

ويمكن باستخدام النظائر المشعة تمييز الفوسفور الذى يحويه السماد ، وذلك بتغذية بعض النباتات على فوسفور مشع ثم استخدام هذه النباتات كسماد أخضر أو تغذية بعض الحيوانات عليها ثم أخذ متخلفاتها كسماد بلدى ، وبهذه الكيفية يمكن تمييز الفوسفور الذى استفاده النبات إذا كان مصدره السماد العضوى أو التربة ، لأن الأول يمتاز على الثانى بخاصية الإشعاع .

ويعتبر هذا البحث مفيداً جداً من الناحية العلمية والزراعية لأنه : أولا يعطى فكرة عن سرعة تحلل الأسمدة العضوية والخضراء بالأراضى المختلفة ، لدراسة مدى سرعة الانحلال كدليل على درجة النشاط البيولوجى فى التربة ، وكذلك اتجاهه ودرجة هذا الاتجاه . والمقصود من الاتجاه ودرجته قدرة الكائنات الحية الدقيقة على تحليل المواد العضوية بدرجات مختلفة من النشاط ، ونتيجة ذلك هى ظهور مكونات هذه المواد على حالة صالحة لاستفادة النباتات والكائنات الحية الدقيقة منها لبناء مركبات عضوية جديدة ، ولهذا نجد أن هناك اتجاهين متضادين : أولهما انحلال والآخر بناء وهما يسيران جنباً إلى جنب فى وقت واحد ، إلا أن الفوسفور الذى يظهر فى النباتات هو الفوسفور الزائد بعد استهلاك البكتريا لاحتياجاتها منه ، وكمية هذا الجزء الذى استفاده النبات يحدد درجة الاتجاه لا درجة الانحلال ، لأن هذه لا بد أن تكون اكبر من درجة الاتجاه على الأقل بتلك الكمية التى استفادت منها الكائنات الحية الدقيقة .

وقد أثبتت التجارب التى أجريت على بعض الأراضى المصرية أن هذا الرقم له أهميته كدليل لناتج النشاط البيولوجى فى التربة ، ولا يخفى أن عامل النشاط البيولوجى بالتربة من أهم العوامل التى تتحكم فى درجة خصبها .

ومما سبق يتضح أن لاستخدام النظائر المشعة فى مضمار البحث الزراعى فوائد كثيرة ، وأنها قد فتحت أمامنا مجالا للبحث لم نكن نستطيع طرقه لقصور الإمكانيات التى كانت متبعة من قبل .

ولقد ساهم الفوسفور المشع ٣٢ فى كثير جداً من الأبحاث المتعلقة بالأسمدة الفوسفاتية ، صورها ، وكمياتها ، ومكان وضعها ، وميعاد إضافتها ، كذلك ساهم فى حل كثير من مشاكل هذا العنصر الكثيرة ، سواء فيما يتعلق بالتربة أم بالنبات ، إذ المعروف أن إضافة سماد السوبرفوسفات إلى الأراضى المصرية

تعرض معظم الفوسفور الذى يحويه هذا السماد ، والموجود على حالة قابلة للذوبان فى الماء لعملية التثبيت بمجرد ملامسته لحبيبات التربة . والمقصود بعملية التثبيت تحول الفوسفور من حالته الذائبة الحرة فى محلوله المائى إلى حالة غير حرة ويصبح مرتبطاً بمكونات الأرض على صور مختلفة منها : فى صورة أملاح كالسيوم صعبة الذوبان أو عديمته أو مدمصاً Adsorped على سطوح حبيبات التربة أو على صورة مركب عضوى داخل خلايا الكائنات الحية الدقيقة .

وتختلف الأراضى فيما بينها اختلافاً بيناً فى قدرتها على التثبيت ، ولكن لا بد على العموم من وجود كمية من الفوسفور فى أى نظام أرضى على حالة حرة ، وهذه الكمية توجد دائماً فى حالة توازن مستمر مع كمية الفوسفور غير الذائبة فى التربة . وتختلف درجة هذا التوازن بين أرض وأخرى باختلاف العوامل التى تعمل على هذا التوازن ودرجة نشاط كل عامل منها . وحيث إن النبات دائماً يفضل الجزء الذائب كلما تيسر له ذلك ، فإن هذه العلاقة بين الجزء الذائب وغير الذائب ومدى ارتباطها بالعوامل المختلفة المؤثرة فيها تعتبر من أهم الدراسات التى استعمل فيها الفوسفور المشع ٣٢ .

ونظراً لأن السماد الفوسفاتى يضاف إلى الأرض إما نثراً أو فى جور بأسفل النباتات (خصوصاً فى حالة القطن) ، ونظراً لاختلاف شكل المجموع الجذرى ونظام انتشاره فى طبقات الأرض باختلاف نوع النبات ونوع الأرض ، فإن من أهم الدراسات التى لها قيمتها ، دراسة المدى الذى يمكن للسماد الفوسفاتى اختراقه حتى يصل إلى منطقة الامتصاص بالمجموع الجذرى ، ويصبح فى متناول النباتات الاستفادة منه . ومثل هذا البحث يعتبر من أصعب البحوث من ناحية التنفيذ ، لأنه لو استخدم النبات كدليل على هذه العملية لاستحال تمييز الفوسفور الذى مصدره التربة عن ذلك الذى مصدره السماد المستعمل ، وإذا قيست كمية فوسفور السماد فى كل طبقة من طبقات التربة فإن الزيادة فيه لا يمكن تحسسها ولو بأدق الطرق الكيماوية ، ولكننا إذا استخدمنا الفوسفور المشع أمكن إجراء هذه العملية بمنتهى الدقة والحساسية المطلوبة ، ولن نحتاج إلا تحسس الأشعة المنطلقة من الفوسفور المشع المضاف كسماد سواء فى نباتات التجربة أو خلال طبقات التربة .

ولمكانة الفوسفور البارزة كعنصر مغذ أساسى فإن تقدير كميته خصوصاً

الموجودة منها على صورة صالحة لاستفادة النبات من أهم الأرقام التى تعتبر دليلا على درجة خصوبة التربة .

والمشتغل بالزراعة لا يهمه هذا الرقم فى حد ذاته بقدر ما يهمه مدى الاستفادة منه لرفع مستوى إنتاج أرضه باستخدام الأسمدة الفوسفاتية . وإذا ذكرنا الأسمدة والتسميد كان لزاماً علينا أن نذكر أنه لا يوجد كائن حى أشد قناعة من النبات فى تغذيته ، فإنه يبنى جميع أعضائه بنفسه من مواد بسيطة ، فيمكنه أن يركب من غاز ثانى أكسيد الكربون والماء مع وجود الكلوروفيل وضوء الشمس ، مركبات كيماوية كالسكر والنشا والدهون ، وباتحاد حواصل عملية التمثيل الضوئى مع الأملاح المعدنية المحتوية على أزوت وخلافه التى يمتصها النبات من التربة يكون النبات بروتين خلاياه .

أما الإنسان والحيوان فلا يمكنهما أن يتغذيا على المواد غير العضوية ولا يمكنهما الحصول على المجهود اللازم لهما من الشمس مباشرة ، ولهذا يحتاجان فى غذائهما إلى المركبات العضوية التى كونها النبات ، مثل البروتين والكربوايدرات والدهون المحملة بالطاقة فى صورة طاقة كامنة ، وكذا بعض المواد المعدنية .

ومن أهم أسرار الطبيعة أن النبات هو الوسيط الذى يوصل طاقة الشمس إلى الإنسان والحيوان . والنبات مرتبط بالأرض على أنها البيئة التى تمده بالماء والغذاء اللازمين لحياته .

وليست كل أرض صالحة للزراعة ، كما أن الصالح منها قد لا يستطيع أن يمد النبات بكل احتياجاته من عناصر غذائية مختلفة . وعلى ذلك يتحتم على كل مشتغل بتغذية النبات أن يبحث وراء العناصر التى تفتقر إليها الأرض ، سواء أكانت هذه العناصر أساسية أم ثانوية ، ثم دراسة الصورة الملائمة الواجبة إضافة السماد عليها فى كل محصول ، كذلك الكمية اللازمة ، وميعاد الإضافة ، وهل يضاف السماد دفعة واحدة أم على دفعات ، وما كمية كل دفعة وميعادها ؟

ولقد استخدمت النظائر المشعة فى هذه الأبحاث ، وكان لها فضل كبير فى كشف كثير من الحقائق بفضل ما تمتاز به من أنها مشعة ، فإنه تمكن معرفتها بإشعاعها ومعرفة سيرها داخل النباتات ، وكذلك مراكز تجمعها ، وتتبع ذلك طول فترة حياة النبات ، وبذلك تمكننا معرفة الفترات التى يكون فيها النبات

فى أشد الحاجة للسماد ، وبالتالى يسهل تكييف الأبحاث بالطريقة التى تمكن بها معالجة هذه الناحية ، وهل من الأصلح إضافة عنصر سمادى ما ، دفعة واحدة أو على دفعات ، كما يمكن تحديد مواعيد هذه الإضافات .

وكذلك أمكن بواسطة استخدام النظائر المشعة دراسة إمكانية إضافة السماد للنباتات عن طريق مجموعها الخضرى ، وذلك برشها بمحاليل مغذية ، ولقد نجحت أغلب هذه المحاولات لبعض العناصر وفشلت فى بعضها الآخر ، لسبب لولا استخدام النظائر المشعة لما عرف على وجه التحديد ، وهو أن بعض العناصر التى رشت بها النباتات مثل الكالسيوم المشع ٤٥ مثلا لا يمكنه الانتقال إلى منطقة الجذور ، ولولا خاصة الإشعاع التى تمتاز بها النظائر المشعة لما عرفت هذه الحقيقة ، ولا اختلط الأمر واستحالت التفرقة بين الكالسيوم الداخل للنبات عن طريق الأوراق ، والداخل عن طريق الجذور .

وفى الاقليم المصرى أدخلت هذه الدراسات فى مجال البحث لأول مرة على المحاصيل الزراعية بغية التخلص من مشاكل الأرض من ناحية التسميد الفوسفاتى ، وللعمل على خفض نسبة كمية السماد المستخدمة إلى أضيق الحدود توفيراً للمال والمجهود .

وقد دلت التجارب التى أجريت على إمكان تزويد نباتات الفول بجزء من احتياجاتها لعنصر الفوسفور ، كذلك أثبتت التجارب أن تغذية نبات القطن خضرياً بعنصر الفسفور فى فترة ظهور الوسواس كان لها أثر فعال على زيادة المحصول .

وأمكن باستخدام النظائر المشعة كوسيلة للبحث إثبات نجاح تزويد محاصيل الخضر والحقل والفاكهة باحتياجاتها من العناصر الدقيقة والأساسية فى علاج أعراض نقص هذه العناصر ، وكذلك أمكن إثبات إمكان تزويد الخضروات ومحاصيل الحقل بعناصر الأزوت والفسفور والبوتاسيوم عن طريق المجموع الخضرى بدرجة تفوق عدة مرات طريقة التسميد الأرضى . وزيادة على ذلك فإنه لوحظت فى بعض الحالات استجابة للتسميد عن طريق الأوراق تفوق بكثير الاستجابة عن طريق التسميد الأرضى حتى باستخدام اكفأ طرقه

وبمعدلات كبيرة سواء فى الكمية أو فى الطريقة ، ويمكن تقرير أن عملية تسميد الحاصلات الحقلية عن طريق الرش أصبحت وسيلة عملية ناجحة تستخدم بنطاق واسع فى كثير من بلدان العالم ، والفضل فى انتشارها يرجع إلى استخدام النظائر المشعة التى أظهرت صحة هذه الطريقة وكفايتها .

ومما تقدم نرى المدى الذى يمكن أن تتغلغل إليه النظائر المشعة فى مجال أبحاث خصوبة الأراضى ومشاكل الأسمدة والتسميد ، وهذا المدى لا يقف بالطبع عند هذا الحد ، بل يمتد إلى أبعد من ذلك فى تجارب إصلاح الأراضى البور ، ففى حالة الأراضى الملحية يمكن باستخدام الصوديوم المشع ٢٢ وبطرق بسيطة معرفة أنسب الطرق وأصلحها الواجب اتباعها لغسل هذه الأراضى لتخليصها من الأملاح وخفض نسبتها إلى الحد الذى يمكن عنده استغلال هذه الأراضى زراعياً .

أما فى حالة الأراضى القلوية فإنه يمكن باستخدام الكالسيوم المشع ٤٥ حساب كميات الجبس اللازمة إضافتها بطريقة مبسطة دقيقة ، سريعة .

ويمتد مدى استخدام النظائر المشعة فى مجال البحث الزراعى إلى أبعد من موضوع النباتات وتغذيتها ، والأرض ودرجة كفايتها الإنتاجية ، تمتد إلى موضوعات زراعية أخرى لها أهميتها كالأبحاث الخاصة بالحشرات ، والمدى الذى يمكن أن تنتشر فيه ، وذلك بتغذيتها على مادة تحتوى على عنصر مشع قصد تمييزها عن غيرها ، ودراسة مدى انتشارها ، سواء فى ذلك الحشرات الضارة والنافعة .

هذا وقد تغلغلت أبحاث الطاقة الذرية فى الدراسات الخاصة بتغذية الحيوان الزراعى ورفع مستوى إنتاجه ، وأصبح من الميسور الآن ، كما ذكرنا سابقاً ، تحويل عدد كبير من العناصر إلى عناصر مشعة ، وبمد جسم الحيوانات بعنصر منها يمكن قياس مقداره فى أنسجة الجسم المختلفة حتى لو كانت غاية فى الضآلة يتعذر معها على الباحث استخلاصها وقياسها بالطرق الكيماوية العادية .

أجهزة الكشف عن المواد المشعة وقياسها

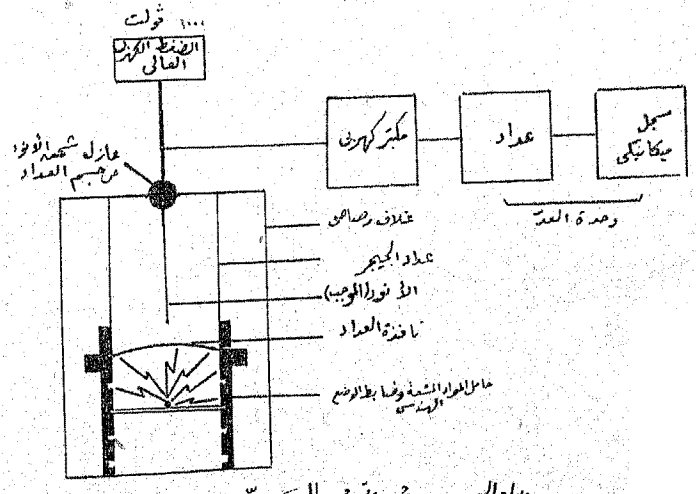
قبل أن أتكلم عن أجهزة القياس المستخدمة للكشف عن المواد المشعة وقياس درجة إشعاعها ونوعه لا بد أن أتكلم عن ماهية عملية التأين ، لأن أغلب الأجهزة يعتمد على ما تحدثه هذه الإشعاعات من تأين فى ذرات

أو جزيئات المواد التى تمر فيها ، ويمكن بذلك إما قياس التيار المتكون أو تصوير الأثر الذى تتركه ، والمقصود بالتأين انفصال الإلكترون من الذرة أو الجزىء ، وعند الانفصال يتكون لدينا زوج من الأيونات هما الإلكترون المنفصل وشحنته سالبة ، والذرة أو الجزىء الذى فقد إلكترونا وقد أصبح موجب الشحنة بعد فقد الإلكترون ، وأحياناً يتصل الإلكترون بجزىء أو ذرة أخرى فتصبح سالبة الشحنة ، وبذلك يكون أيون السالب إما إلكترونا أو ذرة اتحدت مع إلكترون ، والايون الموجب هو ذرة أو جزىء فقد إلكترونا .

وأجهزة القياس المستخدمة كثيرة ، ولكن أكثرها شيوعاً واستخداماً فى مجال البحث الزراعى ينحصر فى عدادات جيجر مولر ، وفى طريقة الأفلام الفوتوغرافية الحساسة ، وكذلك تستخدم العدادات الومضية إلى حد ما .

(١) عدادات الجيجر مولر

تصمم عادة على شكل اسطوانة فيها قطبان : الموجب منهما على شكل سلك ممتد وسط الأسطوانة ويسمى الانود ، وتبطن جدار الأنبوبة من الداخل رقيقة معدنية تمثل الكاثود وشحنتها سالبة ، ويفصل بين القطبين غاز مخلخل يعمل كعازل فى الحالة العادية ، ولكنه يتأين بمجرد دخول جسيم أو إشعاع مؤين ويوضع



عداد الجيجر ووحدة تسجيل العد

بين القطبين مجال كهربائى يسبب حركة الأيونات المتكونة داخل الأنبوبة بحيث تنجذب الأيونات الموجبة نحو القطب السالب (الكاثود) والأيونات السالبة نحو القطب الموجب (الأنود) ، وأثناء اندفاع الأيونات تصطدم بجزيئات الغاز الموجودة داخل الغرفة فتتولد إلكترونات ثانوية ، وهكذا يتكاثر عدد الإلكترونات المولدة بنسبة معينة ، وبقياس التيار الذى يمر نتيجة للتأين الحادث فى الأنبوبة يمكن اكتشاف وجود عامل مؤين كالجسيمات المشحونة ، وبعد أن تصل كمية الايونات إلى نسبة معينة تسبب مرور التيار الكهربائى ، تنطفىء الأنبوبة وتعود لحالتها الطبيعية ، وتصبح صالحة لاستقبال جسيمات جديدة فى زمن قصير . وعندما تكون الأنبوبة مشحونة بكمية من الأيونات ، فإنها لا تتأثر بدخول جسيم مؤين جديد إلا بعد أن تعود لحالتها الطبيعية ، وتسمى الفترة الزمنية ، التى تمر بها الأنبوبة وهى غير مستعدة لاستقبال أى جسيم جديد ، ولن يكون لدخوله أى أثر على عملية التأين ، « مدة موت الأنبوبة » . ويجب أن يراعى دائماً عند قياس المواد المشعة أن كمية الأشعة المنطلقة تكون فى وحدة الزمن متمشية مع كفاية العداد .

وبتوصيل عداد الجيجر بمسجل ميكانيكى خلال دائرة إلكترونية خاصة يمكن للمسجل أن يعين عدد الجسيمات المشحونة التى تمر خلال العداد فى وحدة الزمن سواء أكانت دقيقة أو أكثر أو أقل .

ويراعى دائماً اختيار المدة الملائمة لتسجيل العدّ بما يتمشى ودرجة الانشطار الإشعاعى للمادة المشعة وكذلك درجة الدقة المطلوبة .

(٢) المستحلب الفوتوغرافى (الصور التلقائية)

اعتبر المستحلب الفوتوغرافى بعد سنة ١٩٤٨ من أهم وسائل البحث وعلى الأخص فى البحوث البيولوجية التى تستخدم فيها النظائر المشعة . والمستحلب الفوتوغرافى المستخدم فى البحوث النووية يحتوى على نسبة كبيرة نوعا من أملاح الفضة . ويتراوح سمك طبقة الجيلاتين المحتوية على المستحلب الفوتوغرافى ، التى تغطى شريحة من الزجاج أو من مادة السيليلوز بين ٢٥ و ٢٠٠٠ ميكرون ، وتعريض الأفلام الحساسة للإشعاعات المؤينة يخلف وراءها عدداً من حبيبات بروميد الفضة التى تكون قد تغيرت بحيث تظهر عند تحميض هذه الأفلام على

هيئة خطوط أو بقع من حبيبات الفضة السوداء وتعين مكان ومسار الإشعاعات المؤينة .

وتختلف درجة اسوداد المستحلب الفوتوغرافى من اللون الرمادى الفاتح إلى اللون الأسود حسب كمية الإشعاعات المؤينة التى تعرضت لها ، وتستخدم هذه الطريقة فى عمل صور تلقائية Autoradiographs توضح درجة توزيع النظير المشع فى النسيج المأخوذة له الصورة ، وباستخدام تكنيك خاص يمكن احتساب درجة تركيز النظير المشع فى أجزاء النبات المختلفة ، وسوف يتم شرح طريقة عمل هذه الصور فيما بعد .

(٣) العدادات الومضية

تقدم استخدام العدادات الومضية منذ سنة ١٩٤٧ حتى أصبحت اليوم منافساً خطيراً لعدادات جيجر . والعدادات الومضية الحديثة تتكون من مادة متزهرة لديها القدرة على إشعاع الضوء عند ما يمر فيها جسيم مشحون بالكهرباء ، وباستخدام المضاعف الضوئى Photomultiplier الذى يحول الضوء إلى كهرباء يمكن تسجيل الجسيم المشحون الذى يمر بالمادة المتزهرة بطريقة ألكترونية إما بواسطة مسجل ميكانيكى معتاد ، أو باستخدام راسم الذبذبات .

طرق استخدام النظائر المشعة فى مجال البحث الزراعى

(أولا) الطريقة الاقتفائية

إن معرفة خط سير المادة خلال النسيج النباتى أو الحيوانى ومعرفة مراكز تراكمها وتوزيعها ، والوقوف على حقيقة عمل النسيج ومدى ارتباطه بالأنسجة الأخرى ، وسعته ، وطاقته لتقبل العناصر المغذية المختلفة ، من الأمور الهامة التى يود الباحث معرفتها .

وتتمثل هذه الطريقة فى تتبع واقتفاء العنصر المشع بالاستعانة بما يصدره من إشعاعات تحدد مكانه أينما سار فى جسم النبات أو الحيوان ، ولا يقتصر استخدام الطريقة الاقتفائية على تتبع العناصر المشعة خلال الأنسجة فحسب ، بل يمكن بإدخال عنصر مشع فى تكوين مركب عضوى كما هى الحالة فى استخدام

الكربون المشع ١٤ فى صورة غاز ثانى أكسيد الكربون ، دراسة عملية التمثيل الضوئى للوقوف على كيفية بناء المركبات الكربوايدراتية وهدمها ومراكز هذا النشاط .

ويستدل على كمية الإشعاعات فى الأنسجة المختلفة بالنبات ، بأخذ عينات بعد فترات زمنية أو بيولوجية متفاوتة ، وبتقدير كمية الإشعاعات فيها يستدل على سير وسرعة سريان العنصر أو المادة موضوع الدراسة فى جسم النبات وتركيزها .

وتتبع لمعرفة كمية الإشعاعات النسبية فى الأنسجة المختلفة بجسم النبات طريقتان :

١ — طريقة العدّ باستخدام عدادات الجيجر أو العدادات الومضية :

وفى هذه الحالة تؤخذ عينات من أجزاء النبات المختلفة بعد أزمنة متفاوته ، وتجفف هذه العينات على درجة ١٠٥° م ، وتوزن وتطحن وتؤخذ منها عينات معروفة الوزن ، وتهضم بواسطة مخلوط حامض الكبريتيك والبركلوريك المركز أو بواسطة حامض الآزوتيك المركز ، ثم تنقل بعد ذلك إلى دوارق معيارية سعة ٥٠ — ١٠٠ سم٣ وتكمل للعلامة بالماء المقطر وترج جيداً ثم تؤخذ منها كميات معلومة الحجم لعد كمية الإشعاعات الخارجة منها فى وحدة الزمن ، وبعمليات حسابية بسيطة يمكن احتساب كمية الإشعاعات الكلية بالنسيج المأخوذة منه العينة ، وبذلك يمكن الاستدلال على الطاقة النسبية للأنسجة المختلفة للاستفادة من العنصر أو المادة موضوع الدراسة ، وكذلك يمكن الاستدلال على سير وسرعة سريان العنصر أو المادة من نسيج لآخر .

٢ — طريقة الصور التلقائية :

فى هذه الطريقة يمكن تصوير النباتات كاملة على أفلام الأشعة السينية الحساسة كما أوضحنا ذلك سابقاً ، ويمكن مقارنة كمية ما يحويه النسيج من إشعاعات بالأنسجة الأخرى من درجة اسوداد الأجزاء المختلفة من الفيلم ، ذلك لأن النسيج الغنى نسبيا بالمادة المشعة يترك أثراً أكثر سواداً من النسيج الذى يشتمل على كمية نسبية أقل .

وتتبع الخطوات التالية فى عمل الصور التلقائية :

(ا) تؤخذ النباتات المطلوب تصويرها وتفرد على ورق نشاف سميك بطريقة خاصة بحيث لا تتراكب الأوراق أو الأفرع أو الجذور بعضها على بعض ،

حتى تظهر صورة النبات على الأفلام الحساسة بمظهرها الطبيعى ، وبعد جفاف النباتات جفافا نسبياً ، تنقل بحالتها باحتراس على ورقة نشاف أخرى نظيفة ، وتثبت على ورقة النشاف بواسطة ورق السلوفان المصمغ ، ثم تغطى النباتات بواسطة ورق السلوفان .

(ب) تنقل ورقة النشاف بما عليها وتوضع فى دوسيه خاص (مصنوع من ورق الكرتون السميك ومغلف بالورق الأسود ، وله جوانب مغلفة بالورق الأسود ومصنوع بطريقة تضمن عدم تسرب الضوء لمحتوياته الداخلية فى حالة إقفاله) وتنقل إلى الغرفة المظلمة حيث تغطي بعض أجزاء الأنسجة المختلفة (الجذور والسوق والأوراق) كلا على حدة بقصاصات صغيرة (٢ × ٥ سم) من أفلام الأشعة الحساسة بمعدل نحو خمس قصاصات على كل نسيج ، وتثبت هذه القصاصات بواسطة الورق السلوفان المصمغ حتى لا تتزحزح عن أماكنها وتلامس النسيج النباتى مباشرة ، لا يفصلها عنه غير غطاء السلوفان الرقيق . ثم يحكم إغلاق الدوسيهات وتوضع فى مكبس متوسط الثقل أو تثقل بأثقال لضمان كبس الأجزاء النباتية وتلامسها مع القصاصات الحساسة من أفلام الأشعة ، وبعد ست ساعات تفتح الدوسيهات (فى الظلام التام) وترفع قصاصة واحدة من الأفلام الحساسة من فوق كل نسيج وتميز بأى وسيلة (كأن يقص ركن صغير من أركانها) لتميزها عن باقى القصاصات ، وبعد ١٢ ساعة ترفع قصاصة أخرى وتميز كما سبق ، وهكذا بعد ٢٤ ساعة و ٤٨ ساعة و ٩٦ ساعة ، وتحفظ فى مكان مظلم .

بعد انتهاء هذه العملية تحمض القصاصات معا فى وقت واحد (كالمتبع فى تحميض أفلام الأشعة السينية) ، وبمقارنة درجة اسوداد أجزاء القصاصات المعرضة للأنسجة المختلفة تمكن معرفة المدة اللازمة لتلامس الأفلام الحساسة مع النباتات ، ويمكن الحصول على فيلم واضح لجميع أجزاء النبات المشتملة على مادة مشعة . وتجب ملاحظة ألا تكون درجة الاسوداد تامة ، بل يجب أن تكون درجة الاسوداد جزئية بمعنى أن تأخذ مناطق التعرض بالفيلم اللون الرمادى بدرجاته من رمادى فاتح إلى الرمادى الغامق أو المسود حتى تمكن المقارنة بين أجزاء الفيلم المختلفة ومقارنة نسيج بآخر ، وكذلك تمكن ملاحظة درجات الاختلاف فى أجزاء النسيج الواحد .

وبعد معرفة المدة اللازمة لتعريض الفيلم الحساس للإشعاعات المنطلقة من أجزاء النبات يمكن وضع فيلم كامل ذى أبعاد ملائمة للنبات المراد عمل صور تلقائية له بنفس الطريقة السابقة فى عمل الفصاصات . وبعد تحميض الفيلم الحساس يغسل جيداً فى ماء جار ثم يجفف فى حامل خاص ، وتكتب البيانات اللازمة ، وينصح بعدم كتابة هذه البيانات على أوراق منفصلة (كالمتبع فى تقارير الأشعة الطبية) لعدم الالتباس بين فيلم وآخر حين الحاجة إليها مستقبلا .

وبدراسة هذه الأفلام تمكن معرفة التركيز النسبى للعناصر المشعة فى الأنسجة المختلفة كما يمكن احتساب كمية الإشعاعات ، بتعريض الفيلم المستعمل لنفس المدة المستعملة لكميات معلومة من المادة المشعة المستخدمة فى البحث ، وبمقارنة درجة الاسوداد الناتجة عن كمية معلومة من الإشعاعات مع مثيلتها الناتجة عن تعريض الفيلم لنسيج يحتوى على كمية مجهولة من المادة المشعة ، يمكن احتساب كمية الإشعاعات فى النسيج .

(ثانيا) طريقة التخفيف الإشعاعى

تعتبر هذه الطريقة والتى سبقتها من أكثر الطرق استخداما فى مجال البحث الزراعى .

والمقصود بهذه الطريقة معرفة مقدار ما تتعرض له المادة المشعة المعروفة درجة نشاطها الإشعاعى (١ سم^{٣} يحتوى على ١ مليكيورى فسفور ٣٢) من عمليات تخفيف بسبب إدخالها فى حجم مجهول من سائل معين مطلوب معرفة حجمه أو فى نظام خاص System (الأراضى مثلا) تطلب معرفة سعته وطاقته .

فمثلا إذا ألقينا كمية من مادة مشعة تحتوى على ١٠٠ ميكروكيورى فى حوض به كمية مجهولة من الماء ، فإنه بعد فترة معينة تنتشر هذه المادة وتوزع توزيعا متجانساً خلال السائل الموجود بالحوض ، فإذا أخذنا عينة معلومة الحجم من السائل بعد ذلك وقدرنا كمية ما تحويه من إشعاعات ، واتضح لنا أنها ٢٥ ميكروكيورى فقط كان معنى هذا أن كمية السائل بالحوض أربعة أمثال حجم العينة المأخوذة .

وتستخدم هذه الطريقة فى احتساب كميات الجبس اللازمة لإصلاح الأراضى

القلوية ، وكذلك فى البحوث الخاصة بدراسة العوامل المؤثرة فى درجة صلاحية عنصر الفسفور فى الأسمدة الفوسفاتية المختلفة .

(ثالثا) طريقة التنشيط بالاشعاع

يندر استخدام هذه الطريقة فى مجال البحث الزراعى ، نظراً لما تتطلبه من إمكانيات يندر وجودها فى المعامل العادية ، ويلجأ إليها فى حالات خاصة لدراسة عنصر ما لا يمكن تقديره بالطرق الكيماوية العادية ، نظراً لضآلة كميته فى العينة المراد تقديره فيها ، حيث يمكن بإدخال عينة من هذه المادة فى فرن ذرى خاص تحويل بعض ما تحتويه من عناصر إلى نظائرها المشعة التى بدورها تمكن معرفة نوع إشعاعها الذى يتوقف على طبيعة العنصر ، وبذلك يمكن التعرف على هذه العناصر وصفياً وكمياً .

الترقيم الاشعاعى للمواد

تسمى عملية إدخال ذرة عنصر مشع فى مركب ما مكان ذرة أخرى عادية (غير مشعة) لنفس العنصر بعملية الترقيم الإشعاعى ، ويطلق على المركبات التى تحتوى جزيئاتها على ذرات عنصر مشع بالمركبات المرقمة ، وتتم عملية ترقيم المواد بطرق شتى تختلف حسب نوع المادة المراد ترقيمها وصفاتها الطبيعية والكيماوية ، وكذلك نوع المادة المشعة ، فمثلا إذا أريد ترقيم سماد السوبر فوسفات بالفسفور المشع ٣٢ بحيث تحتوى الـ ١٠٠ جرام من هذا السماد على ٥ ميكروكيورى مثلا (حسب ما تحتمه طبيعة البحث ومدته ونوع النباتات وطريقة الزراعة : رملية أو مائية أو زراعات عادية سواء أكانت فى الأصص أم فى الحقل) ، ففى هذه الحالة تجب معرفة الصورة الموجود عليها عنصر الفسفور العادى ٣١ الموجود بالسماد المذكور ، ومحاولة إضافة الفسفور المشع ٣٢ فى نفس الصورة إذا توفر ذلك ، فمن المعروف أن عنصر الفسفور موجود فى السماد المذكور فى صورة فوسفات أحادى الكالسيوم أى ثنائى الهيدروجين ، وعلى ذلك تخلط كمية من السماد المذكور خلطا جيداً فى خلاطات خاصة (محكمة الإغلاق) مع الكمية اللازمة من محلول فوسفات ٣٢ أحادى الكالسيوم ، ثم تترك لكى تجف الجفاف الهوائى العادى

وتحفظ فى أوعية خاصة ، غير أنه تجب ملاحظة أن السماد المذكور حامضى يحتوى على كمية منفردة من حامض الكبريتيك يهدف وجودها إلى المحافظة على صلاحية السماد مدة طويلة أثناء الخزن . ولهذا فإن محلول العنصر المشع يجب ألا يكون قلويا ، بل يجب أن يكون له نفس رقم الـ pH لضمان إجراء عملية الترقيم بدون إحداث خلل فى صورة العنصر بالسماد وتحولها من صورة لأخرى أقل ذوباناً .

بعد ذلك تؤخذ عينة من السماد المرقم المحضر وتجرى عليها الاختبارات اللازمة لمعرفة درجة التخفيف للوقوف على كمية الإشعاعات المنطلقة فى وحدة الزمن ؛ وما يقابلها من جرامات أو ملليجرامات من الفوسفور ٣١ فى صورة فوم ا ، وكذلك يمكن من هذا الاختبار التأكد من سلامة عملية الترقيم ، وضمان أن العنصر المشع المضاف له نفس تصرف العنصر الطبيعى الموجود أصلا فى السماد .

أما فى حالة ترقيم سماد فوسفاتى آخر كسماد خبث المعادن (التوماس فوسفات أو فوسفات حلوان) فإن الصورة الموجود عليها عنصر الفوسفور فى هذا السماد صورة معقدة غير قابلة للذوبان فى الماء ، ولها تصرفات خاصة بالنسبة للذوبان فى الماء المحمل بغاز ك ا٢ ومحاليل الأحماض العضوية وغير العضوية ، وتعتبر عملية ترقيم فسفور هذه المادة من العمليات ، الصعبة وأصلح طريقة لترقيم هذه المادة هى طريقة التنشيط الإشعاعى المذكورة آنفاً .

ولكن ليس معنى هذا أنها الطريقة الوحيدة ، بل هى فى الحقيقة الطريقة المثلى ، ولا يمكن ترقيم هذه المادة (التوماس فوسفات) بالطريقة المتبعة فى ترقيم سماد السوبر فوسفات للأسباب الآتية :

١ — عدم إمكان الحصول على الفسفور المشع ٣٢ فى الصورة الموجود عليها بهذا السماد (خبث المعادن) .

٢ — تحتوى مادة خبث المعادن على كمية لا بأس بها من عنصر الكالسيوم فى صورة ذائبة .

٣ — وجود عنصر الفسفور فى هذه المادة متحدا مع الكالسيوم فى صورة معقدة .

٤ — قلوية هذه المادة الشديدة .

كل هذه الأسباب تجعل من استخدام الطريقة المتبعة فى حالة سماد السوبر فسفات غير مرغوبة بسبب احتمال تحول عنصر الفسفور المشع ٣٢ إلى صورة أخرى غير الصورة الموجود عليها عنصر الفسفور ٣١ الموجود أصلا فى السماد .

لذلك تتبع فى ترقيم هذه المادة طريقة التبادل الإشعاعى ، بمعنى استغلال خاصية التبادل التى تحدث بين ذرات العنصر المشع مع ذرات نفس العنصر غير المشعة كالآتى :

فوسفات ٣١ توماس + فوسفات ٣٢ صوديوم ⟷ فوسفات ٣٢ توماس + فوسفات ٣١ صوديوم

وبديهى أنه يجب قبل إجراء هذه العملية والتخلص بالغربيل من كمية عنصر الكالسيوم القابل للذوبان فى الماء ، إلا أنه يجب زيادة فى الاحتراس عمل الاختبارات الطبيعية والكيماوية اللازمة للتأكد من أن تصرف العنصر المشع له نفس التصرف الكيماوى لنظيره الموجود أصلا فى السماد .

أما عملية ترقيم الحشرات والنباتات فإنه تكفى تغذية هذه الكائنات الحية على مواد مشعة بالقدر الذى لايحدث لها أى أضرار إشعاعية سنذكرها فيما بعد .

وعملية ترقيم المواد المختلفة تحتاج على وجه عام إلى أسس عملية وقدرة وبراعة لاستغلال تصرف هذه المواد وطبيعتها للوقوف على طريقة ناجحة وملائمة لإجراء عملية الترقيم .

نفاذ الأشعة خلال المواد

إن المادة تسمح بنفاذ الأشعة خلالها بدرجات متفاوتة تعتمد اعتمادا أساسيا على تركيب المادة الكيماوى والطبيعى ، وكذلك على مقدار تجانسها . وقد ينعكس جزء من الإشعاعات من سطح المادة ، ونفاذ الأشعة النسبى خلال المواد يمثل ناحية خاصة يجب أن يعمل حسابها فى البحوث الزراعية ، لأنها قد تكون مصدرا لعدة أخطاء ، ووحدة قياس درجة سماح المواد المختلفة للإشعاعات هى الملليجرام سنتيمتر مربع . والمقصود بهذه الوحدة هو تحديد الوزن بالملليجرام فى السنتيمتر المربع الواحد للمواد المختلفة التى يكون لها تأثير واحد على النسبة المئوية لدرجة نفاذ الأشعة خلال هذه المواد . وبديهى أنه كلما زاد الوزن الجزيئى للمادة العائقة

لنفاذ الأشعة كلما كان لها أثر أكبر على امتصاص الأشعة النافذة والسماح لنسبة أقل بالنفاذ والعكس صحيح . فمثلا ملليجرام واحد سنتيمتر مربع من الرصاص ، وهو من أثقل العناصر ، يتساوى فى فعله مع ملليجرام واحد سنتيمتر مربع من عنصر الألومنيوم أو ملليجرام واحد سنتيمتر مربع من مادة السيليلوز . والسبب واضح ، لأننا مادمنا قد حددنا مساحة سنتيمتر مربع فإن سمك الملليجرام الواحد من عنصر الرصاص سيكون بسيطاً جداً ، أما سمك ملليجرام واحد من مادة السيليلوز فيمثل بعدة ملليمترات وهكذا . وهنا لايهمنا سمك المادة بقدر اهتمامنا بتركيبها الجزيئى والذرى الذى يتمثل فى وزنها الجزيئى . وتختلف درجة نفاذ الأشعة باختلاف طاقتها ، فكلما زادت الطاقة كلما كانت درجة نفاذ الأشعة خلال المواد أكبر ، فمثلا إذا احتجنا لسمك ٠,٠٣ ملليجرام سنتيمتر مربع من الالومنيوم لاحتجاز نصف كمية معينة من إشعاعات بيتا ذات طاقة تساوى ٠,١٥ مليون إلكترون فولت فإننا نحتاج لسمك قدره ٠,١ ملليجرام سنتيمتر مربع من الألومنيوم لاحتجاز نصف كمية معينة من إشعاعات بيتا ذات طاقة التى تساوى ٠,٣٠ مليون إلكترون فولت .

ومما تقدم نستخلص أنه تجب ملاحظة سمك النسيج النباتى أو الحيوانى أثناء العدّ حيث لا يجوز مقارنة كمية العد لإشعاعات بيتا مثلا فى أجزاء نباتية مختلفة تتفاوت فى درجة السمك ، وكذلك يجب أن تكون العينات النباتية المرادعدها على بعد واحد ثابت من أنبوبة جيجر لنضمن عدم اختلاف سمك طبقة الهواء بين سطح العينة ونافذة أنبوبة جيجر ، وكذلك الحال فى حالة عد كمية الإشعاعات فى السوائل والمواد الصلبة الأخرى ، كالأراضى ، إذ أن أثر الاختلاف البسيط فى سمك هذه المواد يكون مصدراً لأخطاء كبيرة جداً .

أما ارتداد الاشعاعات من سطح المواد فإنها هى الأخرى تشكل مصدراً لعدة أخطاء ، لأن عملية الارتداد توجه الإشعاعات اتجاهات مختلفة قد تكون فى اتجاه نافذة أنبوبة العدّ ، وقد تكون لاتجاه بعيد عن أنبوبة الجيجر ، ولتلافى هذه الحالة يجب أن نضمن وضع المواد المراد عد كمية الإشعاعات فيها فى أوضاع هندسية ثابتة ، وأن توضع هذه المواد فى أطباق صغيرة ذات أبعاد وأشكال واحدة ومن مادة واحدة ، وبذلك نضمن التحكم فى هذا العامل إلى حد ما

كيفية تقدير درجة كفاية العد للإشعاعات المؤينة

من المعروف أن الإشعاعات تخرج من المادة المشعة أو من النسيج المحتوى عليها فى جميع الاتجاهات ، ومن المعروف أيضا أن جزءا كبيرا من هذه الإشعاعات يمتص إما داخليا بواسطة النسيج المحتوى عليها أو بواسطة مواد أخرى خارجية حتى تصل لجهاز العد ، وتختلف كذلك أجهزة العد حسب تصميم الجهاز وطريقة عمله ، وكل هذه العوامل وغيرها كثير تساعد على عدم إمكان عد جميع الإشعاعات ، الخارجة من المادة جملة ، وأن ما يمكن عده عمليا هو جزء من هذه الإشعاعات ، ويختلف هذا الجزء اختلافا بينا باختلاف طبيعة المادة المشعة ، وكذلك باختلاف الجهاز والطريقة المتبعة فى العد .

وباستخدام مادة مشعة قياسية معلومة كمية الإشعاعات الكلية التى تطلقها فى وحدة الزمن ، وبمقارنة درجة العد المتحصل عليه بواسطة الجهاز والطريقة المراد اتباعها مع احتساب كافة المواد التى يكون لها فعل على امتصاص الإشعاعات يمكن حساب النسبة المئوية لدرجة كفاية الجهاز والتكنيك المتبع ، غير أنه يفضل فى هذه الحالة استخدام نفس المادة المشعة المراد استخدامها فى البحث للحصول على هذه النسبة .

الاشعاعات الكونية وتداخلها فى عمليات العد

إن الحركة السريعة جدا للالكترونات خارج الغلاف الغازى لكوكبنا الأرضى واختراقها لهذا الغلاف ومرورها بالقرب من نوايا الذرات المكونة له تفقد هذه الإلكترونات السريعة تدريجيا طاقتها الأصلية التى بدورها تنطلق فى صورة إشعاعات جامية موجية ، وهذه الإشعاعات الموجية تعمل بدورها على خلق إلكترونات وبوزيترونات ، وهذه بدروها نظراً لسرعتها الفائقة تعمل نفس عمل الإلكترونات السابقة ، وتعمل على انفراد إشعاعات موجية وهكذا حتى تصل إلى مستوى سطح الأرض فى صورة إشعاعات موجية وجسيمات سالبة وأخرى موجبة متساوية .

هذه الجسيمات والإشعاعات المؤينة وخلافها الكثير من أنواع الإشعاعات المنطلقة من المواد المشعة الموجودة بالأرض يكون لها تأثير على عمليات العد حيث

إن أجهزة العد تتأثر بوجود هذه الإشعاعات وتسجلها ، وبذلك تتداخل هذه الإشعاعات الطبيعية مع الإشعاعات الناتجة من المواد المشعة المراد قياسها ؛ وتستحيل التفرقة بينهما بغير استخدام أجهزة خاصة معقدة تحد من هذا التداخل إلى حد ما .

وللتخلص من هذا التداخل تعد هذه الإشعاعات الطبيعية على حدة بمعنى إجراء عملية العد بدون وجود أى مادة مشعة بالقرب من الأجهزة أو حتى فى غرفة العد لعدم إحداث أى مؤثر صناعى خارجى . وتجرى هذه العملية قبل وبعد إجراء عملية العد الفعلية للمادة المشعة وكذلك خلال عملية العد ، ويسمى هذا العد « العد الطبيعى Back ground » ويخصم متوسط العد الطبيعى من العد الظاهرى للمادة المشعة يمكن كلية الحصول على العد الحقيق الصحيح .

قياس الاشعاعات

تقاس كمية المادة المشعة بوحدة الكيورى Curie ، ويعرف بأنه كمية المادة المشعة التى تعطى ٣,٧ × (١٠)^{١٠} ، انشطارا نوويا فى الثانية .

وعلى ذلك فالكيورى من أى مادة مشعة يعطى ٣,٧ × (١٠)^{١٠} انشطارا نوويا فى الثانية .

والميليكيورى من أى مادة مشعة يعطى ٣,٧ × (١٠)^{٧} انشطارا نوويا فى الثانية .

والميكروكيورى من أى مادة مشعة يعطى ٣,٧ × (١٠)^{٤} انشطارا نوويا فى الثانية .

ويقاس مقدار الأشعة المنبعثة من الجسم أو المادة ذات النشاط الإشعاعى بالرونتجن ، ويعرف بأنه مقدار الأشعة السينية أو الأشعة الجامية التى إذا سقطت على سنتيمتر مكعب من الهواء الجاف الذى درجة حرارته صفر مئوية ، وضغطه ٧٦٠ ملليمترا من الزئبق (أو كمية من الهواء الجاف وزنها ٠,٠٠١٢٩٣ من الجرام) تجمع فى ذلك القدر من الهواء عددا من الأيونات تحمل شحنة مقدارها وحدة كهربية استاتيكية بالسالب أو بالموجب . وعلى ذلك يمكن تعريف الرونتجن بأنه ذلك القدر من الإشعاع السينى أو الجيمى الذى يؤدى إلى تكوين ٢,٠٨٣ × (١٠)^{٩} زوج من الأيونات فى كل ٠,٠٠١٢٩٣ جرام هواء .

كيفية احتساب المادة المشعة اللازمة

فى بحث من البحوث الزراعية

سبق أن ذكرنا أن لكل عنصر مشع عمرا معينا بعده يفقد نصف كمية إشعاعاته التى يطلقها فى وحدة الزمن ، وعرفنا هذه المدة بنصف حياة العنصر ، وعرفنا كذلك أن العناصر يختلف بعضها عن بعض فى مدة نصف الحياة . وسبق أن ذكرنا كذلك أن هناك إشعاعات طبيعية Back ground مصدرها طبيعى إما من الجسيمات المؤينة السابحة والمخترقة للغلاف الهوائى للكرة الأرضية أو من المواد المشعة الموجودة أصلا فى باطن الأرض .

ومن ذلك يتضح أننا إذا ابتدأنا بتجربة زراعيـــة وكانت مدتها طويلة ، واستخدمنا عنصراً له نصف حياة صغيرة نسبياً كالفسفور مثلا (١٤,٣ يوماً) فبديهى أننا بعد فترة زمن معين سوف تصبح كمية الإشعاعات المنطلقة من النباتات بسيطة جداً ، واستحال تحسسها ولاختلطت بالإشعاعات الطبيعية .

وكقاعدة عامة يجب فى البحوث الزراعية أن تكون درجة تركيز الإشعاعات المنطلقة من المادة المراد قياس كمية الإشعاعات بها عشرة أمثال الإشعاعات الطبيعية لضمان الحصول على عد سليم إحصائياً للإشعاعات الحقيقية المنطلقة من المادة نفسها .

هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى تجب ملاحظة أنه توجد حدود خاصة لكميات الأشعة التى يمكن للنباتات التعرض لها دون إحداث أضرار إشعاعية لها لا يمكن أن تتعداها ، وإلا حصلنا على نباتات معتلة إشعاعياً ولا يمكن الركون لنتائجها بشىء من الارتياح .

ومن ذلك نجد أننا مضطرون لاستخدام أقل كمية من المواد المشعة التى تفى بغرض البحث دون الإفراط فى كميات المواد المشعة لعدة أسباب صحية تتعلق بالمشتغلين بالبحث أولا ، وبمادة البحث نفسه ، كالنباتات والحيوانات والحشرات .

ولاحتساب هذه الكمية من المواد المشعة الواجب ابتداء البحث بها حتى يمكن الحصول على عينات قابلة للعد نذكر المثل التالى :

نفرض أن كمية العد للإشعاعات الطبيعية Back ground فى غرفة العد

باستخدام عداد الجيجر كان ٢٠ عدة فى الدقيقة ، فمعنى ذلك أنه يجب أن تكون كمية العد فى العينة المراد عدها حوالى ٢٠٠ عدة فى الدقيقة .

وإذا فرضنا أن درجة كفاية عداد الجيجر والتكنيك المتبع كانت ٥ ٪ مثلا (سبق شرحها وطريقة تقديرها واحتسابها) ، فمعنى هذا احتواء العينة المراد عدها على كمية من المادة المشعة تسمح بإعطاء ١٠٠٠ عدة فى الدقيقة حتى يمكن عد ٢٠٠ عدة فعلية بالجهاز .

ولنفرض أن وزن العينة هو $\frac{1}{10^5}$ من وزن النسيج أو النبات كله ، فمعنى ذلك أنه يجب الحصول على $(10)^5$ عدة فى الدقيقة من النبات كله ، فإذا فرض أن النبات حصد بعد ٤ فترات (نصف حياة) فمعنى هذا أن النبات يجب أن يمتص كمية من العنصر المشع خلال هذه الفترة مقدارها (عند ابتداء تنفيذ التجربة) يسمح بإعطاء ١٦ × $(10)^5$ عدة فى الدقيقة(*) .

وإذا فرض أن النبات يستطيع أن يستفيد من العنصر المشع (موضوع الدراسة) طول فترة التجربة بكمية قدرها ٢٠ ٪ من كمية العنصر المضافة ، فمعنى هذا أنه تجب إضافة كمية من العنصر المشع عند ابتداء التجربة تسمح بإعطاء ٨ × $(10)^6$ عدة فى الدقيقة ، فإذا فرض أن التجربة تشتمل على ٥ مكررات مثلا ، وكل مكرر نبات واحد ، فمعنى ذلك وجوب استخدام كمية من المادة المشعة عند ابتداء التجربة تسمح بإعطاء ٤ × $(10)^7$ عدة فى الدقيقة لكل معاملة .

(*) يمكن احتساب كمية المادة المشعة الحقيقية من مادة مشعة بعد انقضاء فترة زمنية معينة باستخدام المعادلة التالية :

$$ك_1 = ك_0 \times هـ^{-\lambda ز}$$

حيث $ك_1$ = كمية المادة المشعة المتبقية بعد فترة زمنية ز

$ك_0$ = كمية المادة المشعة الأصلية عند الابتداء فى التجربة

هـ = قاعدة اللوغاريتم الطبيعى

$$\lambda = \frac{٠٫٦٩٣}{\text{مدة نصف الحياة}}$$

= ثابت التناقص الإشعاعى أو التناقص الجزئى فى عدد الذرات المشعة فى وحدة الزمن

ز = الفترة الزمنية المنقضية (تحسب باليوم أو بالساعة أو بالدقيقة حسب الوحدة الزمنية المستخدمة فى احتساب ثابت التناقص « مدة نصف الحياة » .

وسبق أن ذكرنا أن الكيورى الواحد هو كمية المـــادة المشعة التى تعطى ٣,٧ × (١٠)^{١٠} انشطاراً نوويا فى الثانية ، وعلى ذلك يمكن حساب كمية المادة المشعة التى تسمح بإعطاء ٤ × (١٠)^{٧} عدة فى الدقيقة لوحدة الكيورى كالآتى :

حيث إننا نحتاج إلى ٤ × (١٠)^{٧} عدة فى الدقيقة .

فإننا نحتاج إلى $\frac{٤ \times (١٠)^{٧}}{٦٠}$ = ٦٦٦٦٦٦,٧ عدة فى الثانية .

$$\frac{١٨٠١٨٠}{(١٠)^{١٠}} = \frac{٦٦٦٦٦٦,٧}{٣,٧ \times ١٠^{١٠}}$$

= ١٨٠٠٠٠,٠ كيورى من العنصر المشع

= ١٨٠١٨٠,٠ ملليكيورى من العنصر المشع

= ١٨٠١٨,٠ ميكروكيورى « « «

الاشعاعات الذرية وأثرها على الخلايا

وكيفية الوقاية منها

لا تختلف آثار الإشعاعات المؤينة على الخلايا الحية عن آثارها على المواد الأخرى حيث تستنفد طاقة هذه الإشعاعات فى عملية تأين جزيئات محتويات الخلية من مركبات مختلفة . وتنجم عن هذه العملية سلسلة من التغيرات الكيماوية والبيولوجية التى لم تعرف بوجه عام ، ويمكن تلخيص أهم النتائج المحتملة لتعرض الخلية لإشعاعات مؤينة كالآتى :

١ — آثار تكوينية ووظيفية Structural and functional effects وهى تشمل كل أو بعض أجزاء الخلية ، وتنعكس فى صورة تقليل أو وقف نشاط الخلية الحيوى ووقف نموها وتكاثرها ، وبالتالى وقف عمليات النمو بالنسيج الحى .

٢ — آثار وراثية Genetic effects نتيجة تأثر كروموسومات الخلية بالإشعاعات المؤينة وما يحتمل من ظهور طفرات وراثية تأتى نتيجة لهذا التأثير .

ولا تتساوى كميات الإشعاع اللازمة لإحداث هذه الآثار ، فمثلا التغيرات الوراثية تحتاج إلى قدر يسير نسبيا من الإشعاعات المؤينة، لأن الكروموسومات

تعتبر أشد أجزاء الخلية تأثراً بهذه الإشعاعات ، أما الآثار التكوينية والوظيفية فإنها لا تحدث عادة إلا نتيجة للتعرض لكميات أكبر نسبيا من الإشعاعات المؤينة ذات الطاقة العالية نسبياً .

أخطار التعرض للإشعاعات الذرية بالنسبة للمشتغلين في البحوث الزراعية وطرق الوقاية منها

يتمثل الخطر المحيط بالمشتغل بالنظائر المشعة فى نوعين من الأخطار :

١ — خطر التعرض لإشعاعات خارجية : وهذا يتوقف على نوع الإشعاعات وطاقتها ، ومدة التعرض لها ، أوقد اتفق على أن الحد الأقصى الذى يسمح بتعرض الجسم له يجب الا يتعدى ٣٠٠ ملير ونتجن للشخص الواحد فى الأسبوع أى بمعدل يومى لا يزيد عن ٥٠ ملير ونتجن باعتبار أن عدد أيام العمل الأسبوعية ٦ أيام ، بل لقد أثبتت الأبحاث العديدة أن التعرض لمثل هـذا المعدل لا يؤدى لأى نوع من الأضرار ، وثبت كذلك أن التعرض لكميات صغيرة من الإشعاعات على فترات متباعدة أقل أثراً من التعرض لمجموع كمية هذه الإشعاعات الصغيرة دفعة واحدة ، لأن تباعد المسافة بين تعرض Exposure وآخر يعطى فرصة لكى تفيق الخلايا الحية وتستعيد وظائفها .

والتعرض الجزئى للإشعاعات المؤينة أقل خطراً من التعرض الكلى ، فكل جزء من أجزاء الجسم كالقدم واليد يستطيع وحده أن يتحمل من الإشعاع قدراً أكبر مما يتحمله الجسم . إذا تعرض بجميع أجزائه للإشعاع . ولذا كان الحد الأقصى المسموح للأطراف ٦٠٠ ملير ونتجن فى الأسبوع مقابل ٣٠٠ ملير ونتجن فى الأسبوع للجسم كله .

٢ — خطر التلوث Contamination بالمواد المشعة : هذا التلوث إما أن يكون خارجيا كتلوث الأيدى أو الوجه أو الأرجل ، أو داخلياً كابتلاع كمية من العنصر المشع سهوا أثناء العمل .

وحالة التلوث الخارجى يمكن التخلص منها بغسل العضو الملوث بالماء عدة مرات حتى تتم إزالة العنصر المشع المسبب للتلوث . ولهـــذا يجب على المشتغلين بالنظائر المشعة ارتداء القفازات الكاوتشوك الطبية أثناء العمل بالنظائر المشعة ،

وارتداء الأقنعة التي من تلوث أجزاء الوجه، وارتداء مريلة أو معطف من البلاستيك لوقاية أجزاء الجسم المختلفة من أخطار التلوث الخارجي .

أما التلوث الداخلي فإنه أسوأ أنواع التلوث لاستحالة التخلص من آثاره ، ولا تتساوى المواد المشعة فيما تحمله من خطر ، لأن درجة خطورتها تتوقف على عدة عوامل أخرى ، كمدة نصف حياة العنصر موضوع التلوث ، وطاقته ؛ والمدة التي يحتمل أن يمكثها العنصر المشع في جسم الإنسان ، وقدرة الجسم على التخلص منه ، فالمعروف أن الجسم يتخلص من عنصر الصوديوم بسرعة ، بعكس عنصر الكوبلت الذي يبقى في الجسم مدة طويلة . وكذلك درجة توزيع العنصر في الجسم ، فالصوديوم يتوزع بسرعة على جميع أجزاء الجسم ، بينما يتركز عنصر السكالسيوم في العظام ، فيكون أشد خطرا من الصوديوم .

وعملية استخدام النظائر المشعة في مجال البحوث بوجه عام تستوجب عناية فائقة في نقل واستخدام هذه المواد ، ولا يسمح باستخدام هذه الأداة إلا لأشخاص تتوافر فيهم الدقة والنظافة والوعي التام تلافيا للأخطار التي قد تنجم عن أي خطأ أو إهمال ، فالخطر لن يكون محدوداً في شخص واحد ، بل يجوز أن يشمل مجموعة كبيرة ممن يخالطهم من زملاء وأقارب .

المراجـــع

(1) Crowther, J.A.
1945. Ions, Electrones and Ionizing Radiation.
London: Edward Arnold.

(2) Gamow, G.
1955. The Birth and Death of the Sun.
New York: The New American Library.

(3) Glasston, S.
1950. Sourcebook on Atomic energy.
New York: D. Van Nostrand Co, Inc

(4) Hoyle, F.
1955. The Nature of the Universe.
New York: The New American Library.

(5) Lenihan, J.M.A.
1954. Atomic Energy and Its Applications.
London: Sir Isaac Pitman and Sons Ltd.

(6) U.S. Atomic Energy Commission
1956. A Conference on Radioactive Isotopes in Agriculture.
Washington: U.S. Government Printing Office.

(٧) حسين حلمى ، وحسن الحوى ، ومحمد فؤاد العزازى :
١٩٥٨ التسميد الفوسفاتى للقطن وأثره على المحصول . ومقارنة بين التسميد العادى والتسميد عن طريق المجموع الخضرى .
كتاب مؤتمر القطن الثانى ، المجلس الأعلى للعلوم .