

## التربية لتحمل ملوثات البيئة

### أولاً : تحمل ملوثات الهواء الجوى

يتلوث الهواء الجوى فى بعض المناطق ببعض المركبات التى تضر بالمزروعات. ومن أوسع هذه المركبات انتشاراً وأكثرها ضرراً: غاز ثانى أكسيد الكبريت، والأوزون، وبدرجة أقل غازات وأبخرة الكلور، والأمونيا، وحامض الأيدروكلوريك، وبعض الغازات الأخرى الأقل أهمية؛ مثل الفلوريد، والإيثيلين، وثانى أكسيد النيتروجين.

وقد قُدِّرَ أن هناك ما يقرب من ١٢٥ مليون طن من ملوثات الهواء تنطلق سنوياً فى أجواء الولايات المتحدة الأمريكية. وتشمل هذه الملوّثات: أول أكسيد الكربون بنسبة ٥٢٪، وأكاسيد الكبريت بنسبة ١٨٪، والهيدروكربونات بنسبة ١٢٪، وجزيئات مكونة للدخان بنسبة ١٠٪، وأكاسيد نيتروجين بنسبة ٦٪، ويرجع نحو ٦٠٪ من هذه الملوّثات إلى وسائل النقل، وخاصة السيارات، و١٩٪ للصناعة، و١٢٪ لمحطات توليد الطاقة، و٩٪ لأعمال التدفئة وحرق المخلفات (جانيك ١٩٨٥). ويكثر الإيثيلين بالقرب من المناطق الصناعية، وغاز الفلور بالقرب من مصانع الألومنيوم، والزجاج، والسوبر فوسفات.

تختلف الأنواع النباتية كثيراً فى مدى حساسيتها لمختلف ملوثات الهواء. ويبين جدول (١١ - ١) هذا التباين بالنسبة لمحاصيل الخضر. يفيد التقسيم المبين فى الجدول فى اختيار الأنواع المحصولية المناسبة للزراعة فى المناطق التى يزيد فيها تركيز تلك الملوّثات، كما يفيد المربى فى تعرف الأنواع الحساسة التى تحتاج إلى توجيه الجهود إليها؛ لإنتاج أصناف منها تكون أكثر قدرة على تحمل تلك الملوّثات.

جدول (١١ - ١) : تقسيم محاصيل الخضار حسب حساسيتها للمركبات التي تلوث الهواء الجوي.

الخضروات			
المركب	حساسية	متوسطة	قادرة على التحمل
الأوزون	الفاصوليا - البروكولى - البصل - البطاطس - الفجل - السبانخ - الذرة السكرية - الطماطم - القارون	الجزر - الهندباء - البقدونس - الجزر الأبيض - اللفت	البنجر - الخيار - الخس
ثاني أكسيد الكبريت	الفاصوليا - البنجر - البروكولى - كرنب بروكسل - الجزر - الهندباء - الخس - البامية - الفلفل - القرع - العسلى - الفجل - الروبارب - السبانخ - الكوسة - البطاطا - السلق السويسرى - اللفت	الكرنب - البصلة الطماطم	الخيار - البصل - الذرة السكرية - الكرفس
الفلور	الذرة السكرية		الأسبرجيس - الكوسة - الطماطم
PAN	الفاصوليا - البنجر - الكرفس - الجزر الهندباء - الخس - المسترد - الفلفل - السبانخ - الذرة السكرية - السلق السويسرى - الطماطم	الجزر	البروكولى - الكرنب - القنبيط - الخيار - البصل - الفجل - الكوسة
الإيثيلين	الفاصوليا - الخيار - البصلة - اللوبيا - الجزر - الكوسة - البطاطا - الطماطم	الجزر - الكوسة	البنجر - الكرنب - الهندباء - البصل - الفجل
الكلور	المسترد - البصل - الفجل - الذرة السكرية	الفاصوليا - الخيار - اللوبيا - الكوسة - الطماطم	الباننجان - الفلفل
الأمونيا	المسترد		الطماطم

## الأضرار التي تسببها ملوثات الهواء للمحاصيل الزراعية

### أضرار الأوزون

يتكون الأوزون - أساساً - نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النيتروجين في وجود الأوكسجين وهيدروكربونات قابلة للتفاعل، والتي تنتج - أساساً - من حالات الاحتراق غير التام؛ مثل عادم السيارات.

تُحدث تركيزات منخفضة من الأوزون - تتراوح من ٠.٥ - ١.٢، حجماً في المليون - لمدة ساعتين إلى أربع ساعات - أضراراً كبيرة لمعظم الأصناف الحساسة من بعض المحاصيل الزراعية. ويتواجد هذا التركيز - بالفعل - صيفاً في أجواء بعض المناطق من العالم، وفي بعض أجزاء من الولايات المتحدة.

إن الأعراض العادية للإصابة بالأوزون (O<sub>3</sub>) Ozone هي ظهور بقع صغيرة غير منتظمة الشكل، لونها بني داكن يميل إلى السواد، أو رصاصي فاتح يميل إلى البياض على السطح العلوي للأوراق. وتعد الأوراق الصغيرة جداً والمسنة قادرتين على تحمل الأوزون، بينما تعد الأوراق التي أكملت نموها حديثاً شديدة الحساسية. وتظهر الإصابة غالباً على قمة الورقة، وعلى امتداد حافتها. ومع اشتداد الإصابة قد تمتد الأعراض إلى السطح السفلي للورقة.

تعد الفاصوليا من أكثر المحاصيل حساسية وتضرراً من هذا الغاز؛ حيث قدر متوسط الانخفاض في محصول الأصناف الحساسة من جراء التعرض لتركيز ٠.٠٤ - ٠.٠٦، حجماً في المليون من الغاز لمدة ٧ ساعات يومياً بنحو ١٠ - ٢٦٪. كما يحدث التعرض للغاز نقصاً في معدل النمو النسبي للنباتات، ومعدل النمو المطلق، وإنتاج القرون، وتكوين العقد البكتيرية، ومحتوى النباتات من النيتروجين (عن Mersie وآخرين ١٩٩٠).

## أضرار ثاني أكسيد الكبريت

يكثر غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  في المناطق الصناعية؛ حيث يتصاعد مع أبخرة المصانع، ويتحد الغاز مع بخار الماء في الجو، مكوناً حامض الكبريتيك، الذي يتساقط بعد ذلك على صورة أمطار حامضية. وعندما يلامس الحامض أوراق النباتات، فإنه يعمل على أكسبتها، محدثاً فقداً واضحاً في الكلوروفيل.

هذا.. وتتأثر الأنواع الحساسة للغاز بتركيز ٠.٥ - ٠.٥٠ جزءاً في المليون، ويحدث الضرر خلال ٨ ساعات من التعرض لهذا التركيز. وتقل الفترة التي يحدث خلالها الضرر مع زيادة التركيز؛ فيحدث الضرر في خلال ٣ دقائق إذا كان تركيز الغاز ١ - ٤ أجزاء في المليون. أما الأصناف والأنواع المقاومة، فلا يحدث أى ضرر بها إلا إذا تعرضت لتركيزات أكبر، مثل جزأين في المليون لمدة ٨ ساعات، أو ١٠ أجزاء في المليون لمدة ٣٠ دقيقة.

وعندما يكون تركيز الغاز أقل من المستويات المذكورة، فإن النبات يكون قادراً على تحويل الغاز إلى مركبات أخرى غير ضارة به. هذا.. وتظهر أضرار الغاز في تركيبات أقل في حالة وجود ملوثات أخرى بالهواء الجوى؛ مثل ثاني أكسيد النيتروجين (Mudd ١٩٧٥).

يحدث ثاني أكسيد الكبريت نوعين من الأعراض: حادة acute، ومزمنة Chronic. وتتميز الأعراض الحادة بظهور أنسجة ميتة بين العروق، أو على حواف الورقة. وقد تفقد المناطق الميتة لونها، أو تصبح عاجية، أو رصاصية، أو برتقالية، أو حمراء، أو بنية محمرة، أو بنية. ويتوقف ذلك على النوع النباتي والظروف الجوية. أما الإصابة المزمنة، فتتميز بظهور مناطق بلون بني محمر، أو بيضاء على نصل الورقة. هذا.. ونادراً ما تظهر أعراض الإصابة على الأوراق الحديثة، بينما تكون الأوراق الكاملة النمو شديدة الحساسية.

## أضرار نترات البيروكسى أسيتيل

تنتج نترات البيروكسى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (اختصاراً: PAN) - مثل الأوزون - نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النتروجين فى وجود الأوكسجين والمركبات الهيدروكربونية القابلة للتفاعل التى توجد فى عادم السيارات وغيره من نواتج الاحتراق غير الكامل. وهى تؤثر فى النباتات فى تركيبات منخفضة تصل إلى أجزاء فى المليون.

تؤثر نترات البيروكسى أسيتيل على السطح السفلى للأوراق التى أكملت نموها حديثاً، مسببة اكتسابها للون البرونزى أو الفضى فى المناطق الحساسة. وتصبح قمة أوراق النباتات العريضة الأوراق حساسة للـ PAN بعد ظهور الورقة بنحو خمسة أيام. ولا يزيد عدد الأوراق الحساسة على الساق عن أربع أوراق فى الوقت الواحد، نظراً لأن سمية PAN تحدث والأنسجة فى مرحلة معينة من التكوين، ولا تصبح كل أنسجة الورقة حساسة إلا إذا استمر تعرضها للمركب.

## أضرار الكلور

تكون أعراض الإصابة بالكلور Chlorine - عادة - حادة، وتشبه أعراض الإصابة بثانى أكسيد الكبريت؛ فتظهر متحللة وبيضاء بالنموات الخضرية. ويكون التحلل على حواف الأوراق فى بعض الأنواع، ومنتشراً بنصل الورقة فى أنواع أخرى.

## أضرار الأمونيا

تحدث الأضرار الحقلية بالأمونيا فى صورة تغيرات فى لون الصبغات النباتية بالأنسجة الخارجية. وقد تصبح الأوراق الخارجية الجافة فى البصل الأحمر مخضرة أو سوداء، وفى البصل الأصفر والبني بلون بني داكن.

## أضرار حامض الأيدروكلوريك

تظهر الأضرار الحادة لغاز حامض الأيدروكلوريك (HCl) فى شكل فقدان اللون بالأنسجة، كما يظهر احتراق بحواف أوراق الخس، والهندباء، والشيكوريا، ويتمد - تدريجياً -

داخل الورقة التي سرعان ما تجف، بينما يظهر لون برونزي بين العروق في ورقة الطماطم. ولمزيد من التفاصيل الخاصة بالمركبات التي تلوث الهواء الجوى وأضرارها على النباتات بوجه عام يراجع Heggstad & Heck (١٩٧١)، و Mudd & Kozlowski (١٩٧٥)، و Ormrod وآخرون (١٩٧٦).

## دور الانتخاب الطبيعي في تحمل النباتات لملوثات الهواء

نظراً لأن جميع ملوثات الهواء التي تعاني منها النباتات - حالياً - تعد حديثة نسبياً، ولم يسبق للنباتات أن تعرضت لها من قبل؛ لذا، لم يكن للانتخاب الطبيعي أى دور فى الإبقاء على أية طفرات ربما تكون قد ظهرت من قبل وتميزت بتحملها لأى من هذه الملوثات. ويعنى ذلك أن مثل هذه الطفرات - إن كانت قد ظهرت فيما مضى - لم يكن من الممكن انتخابها طبيعياً لغياب العامل الانتخابى. والأغلب أن معظم هذه الطفرات قد تعرضت للاندثار، إلا أن بعضها ربما استمر تواجدَه قَدراً. وربما استفادت برامج التربية الحديثة - التي أجريت فى المناطق التي يزداد فيها تركيز ملوثات الهواء - دون وعى - من تلك الاختلافات الوارثية؛ فكانت الأصناف التي أفرزتها تلك البرامج - التي لم تهدف إلى تحمل ملوثات الهواء - أكثر تحملاً لتلك الملوثات من الأصناف التي أنتجت من قبل (قبل زيادة التلوث الجوى)، أو التي أنتجت فى مناطق أخرى ينخفض فيها التلوث.

## طرق التقييم لتحمل الأوزون

تتبع الطرق التالية فى تقييم النباتات لتحمل الأوزون:

### ١ - التقييم الحقلى:

أنتجت - دون قصد - عديد من الأصناف المحسنة التي تتحمل الأوزون من مختلف المحاصيل الزراعية، لمجرد أن برامج التربية التي أفرزت تلك الأصناف أجريت فى مناطق يرتفع فيها تركيز الغاز، كما حدث فى مركز بحوث وزارة الزراعة الأمريكية فى بلتسفيل بولاية ميرلاند. ومن أمثلة تلك الأصناف: صنف البرسيم الحجازى Team، وأصناف

البطاطس Kennebec ، و Pungo ، و Katahdin ، التي لم يتأثر محصولها عند زراعتها في حجرات نمو ذات هواء مرشح خالٍ من الأوزون، بينما ازداد محصول أصناف أخرى من البطاطس حساسة للغاز (مثل Norchip ، و Haig ، و La Chipper ) تحت نفس الظروف، وهي أصناف نتجت من برامج تربية أجريت في مناطق ينخفض فيها تركيز الغاز.

كذلك كان صنف الفاصوليا الجافة California Small White 59 - الذي أنتج في كاليفورنيا - أكثر تحملاً للأوزون عن أصناف أخرى تزرع عادة في ولاية متشيجان. كما كانت أصناف القطن التي أنتجت في وادي سان واكيم في كاليفورنيا - مثل الصنف Acala SJ - 1 - أكثر تحملاً للأوزون من أصناف نشأت في ولايات أو في مناطق أخرى لا تعاني التلوث بالأوزون (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

يتبين مما تقدم أن الاختبارات الحقلية في المناطق التي يزيد فيها تركيز الأوزون تعد وسيلة فعالة لانتخاب النباتات التي تتحمل الغاز.

## ٢ - اختبارات حجرات النمو :

أجريت عديد من اختبارات التقييم لتحمل الغاز في ظروف حجرات النمو التي يتم التحكم فيها؛ حيث يتم تعريض النباتات لتركيزات عالية من الغاز لعدة ساعات، ثم يقدر الضرر الحادث للنمو الخضري. ويكون دليل الضرر - عادة - هو نسبة الجزء المصاب من كل ورقة.

ويتعين في هذه الاختبارات أن تكون الظروف البيئية وتركيز الغاز مقاربة لما تكون عليه الحال في الظروف الطبيعية. كما يجب تحديد فترة مناسبة للتعرض للغاز، ويتعين أخذ كافة العوامل الأخرى المؤثرة على حساسية النباتات في الحسبان؛ مثل: عمر النبات، ودرجة النضج، والوقت من اليوم (لعلاقة ذلك بانفتاح الثغور وانغلاقها)، وحالة التغذية بالعناصر التي يحتاج إليها النبات، كما يلي:

## أ - عمر النبات:

تتأثر حساسية النباتات للأوزون بمرحلة النمو النباتي ومعدله. فمثلاً.. تكون الفاصوليا الجافة أكثر حساسية للغاز بعد وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار التام. ففي تلك الأثناء.. يتوقف تكوين أوراق جديدة، ويعاد توزيع المواد الكربوهيدراتية - من النموات الخضرية - إلى الأعضاء التكاثرية. وقد وجد أن الفاصوليا تكون أكثر حساسية لكل من الأوزون وأكسيد الكبريت ابتداء من مرحلة الإزهار التام إلى مرحلة اكتمال الإثمار؛ أما قبل ذلك.. فقد أبدت النباتات درجات مختلفة من القدرة على تحمل الغازين.

وفي دراسة على ستة أصناف من الطماطم اختلفت حساسيتها للأوزون وهي بعمر ٢، ٤، و٦ أسابيع، ولكن الترتيب النسبي للأصناف - من حيث استجابتها للغاز - ظل ثابتاً.

## ب - عمر الورقة:

وجد في الفطن - على سبيل المثال - أن حساسية الأوراق للأوزون تكون أعلى ما يمكن عندما تصل إلى نحو ٧٥٪ من نموها الطبيعي، ثم تقل حساسيتها للغاز تدريجياً بعد ذلك.

## ج - الوقت من اليوم:

كانت أوراق التبغ حساسة للأوزون بعد ٤ ساعات من التعرض للضوء، ثم انخفضت حساسيتها للغاز - تدريجياً - بعد ٦ ساعات من التعرض للضوء (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

## جهود التربية لتحمل ملوثات الهواء

حظيت بعض النباتات المزروعة، وخاصة التبغ وبعض محاصيل الخضر - بكثير من الاهتمام لأجل إنتاج أصناف أكثر تحملاً لمختلف ملوثات الهواء، وخاصة الأوزون الذي يعد من أهم تلك الملوثات. ونستعرض - فيما يلي - الجهود التي بذلت في تربية بعض هذه المحاصيل:

## ١ - الطماطم :

قيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة، ووجدوا أن النوع *L. pimpinellifolium* أكثرها حساسية، والنوع *L. esculentum* أقلها حساسية للأوزون. وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هي P.I.203229، و P.I.247089، و P.I.304234، و P.I.309915، و VFN8.

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفاً من الطماطم للأوزون بتعريضها لتركيز ٤٠ (pphm) لمدة ساعة ونصف في الصباح، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز في المساء كان الضرر أكبر منه في الصباح، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF و Red Cherry، وأقلها حساسية (أي أقلها تضرراً من الغاز) هي VF 145B، و Heinz 1439. كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هي P.I.109835، و P.I.247136، و P.I.285663، و P.I.303792، و New Yorker، و Heinz 1439.

## ٢ - الخيار:

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الخيار في قدرتها على تحمل التركيزات العالية - نسبياً - من ثاني أكسيد الكبريت في الهواء الجوى. وقد توصل Bressan وآخرون (١٩٨١) - من التلقيح بين الصنف المقاوم National Picking والصنف الحساس Chipper - إلى أن القدرة على تحمل التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد.

## ٣ - الفاصوليا :

تتوفر اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف وسلالات الفاصوليا في تحملها لغاز الأوزون. فعلى سبيل المثال.. قيم عديد من أصناف وسلالات الفاصوليا لمقاومة الأوزون - تحت الظروف الحقلية لمدينتي Beltsville، و Salisbury بولاية ميرلاند الأمريكية؛ حيث يزداد فيها تركيز الغاز بدرجة كبيرة - ووجد أن أصنافاً كثيرة منها كانت مقاومة للغاز، لدرجة أنه اقترح عدم جدوى التربية لمقاومة الأوزون في الفاصوليا. ومع ذلك.. فقد نصح باختبار -

سلالات الفاصوليا الجديدة في تلك المنطقتين قبل إكثارها للإنتاج التجاري (عن Lewis & Christiansen ١٩٨١).

وفي دراسة أخرى.. قيم Mersie وآخرون (١٩٩٠) ٤١٠ أصناف وسلالة من الفاصوليا تحت ظروف حجات النمو؛ حيث عرضوا بادرات الفاصوليا الصغيرة لتركيز ٦،٠ حجما في المليون لمدة ساعتين، وقاموا بقياس الضرر الذي حدث للأوراق. ووجد الباحثون أن ١٧ صنفاً وسلالة منها كانت غير حساسه للغاز، و٢٧٠ كانت حساسة، و ٢٢ عالية الحساسية.

وفي دراسة قدر فيها ارتداد المحصول مقابل تركيز غاز الأوزون.. وجد Heck وآخرون أن BBL - 290، و BBL - 254 كانا أكثر حساسية من BBL - 274، و Dwarf Hor- و ticultural. وأكدت النتائج أن جيرمبلام الفاصوليا يحتوى على صفة المقاومة للتركيزات الحالية من الأوزون، ولكن المقاومة تفقد مع زيادة تركيز الغاز.

وتوضح دراسة وراثية شملت صنفين حساسين للغاز (هما: Spurt، و Blue Lake Stringless) وصنفين متحملين (هما: Black Turtle Soup، و French's Horticultural) أن الحساسية للغاز صفة سائدة ويتحكم فيها أكثر من جين. كما تبين أن الأصناف التي تتحمل الغاز يقل فيها عدد الثغور - في وحدة المساحة من الورقة - بمقدار ٢٥٪ عما في الأصناف الحساسة، كما تغلق ثغورها عقب تعرضها للغاز، بينما تظل ثغور الأصناف الحساسة مفتوحة (عن Reinert ١٩٧٩).

كذلك تتوفر في الفاصوليا صفة تحمل تلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكبريت، وهي صفة متنحية (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

#### ٤ - البصل :

وجد أن مقاومة الأوزون في البصل يتحكم فيها جين واحد سائد، يجعل الخلايا الحارسة حساسة للغاز؛ مما يؤدي إلى إغلاق الثغور - تلقائياً - لدى تعرضها له، فلا تُضار النباتات من جراء ذلك (عن Heggstad & Heck ١٩٧١).

كما وجد أن مقاومة غاز ثاني أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد كذلك (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

#### ٥ - الذرة السكرية :

وجدت اختلافات بين سلالات الذرة السكرية في تحملها للأوزون، وتبين أن هذه الصفة ثابتة، وسائدة جزئياً تحت ظروف الحقل.

٦ - توضح الدراسات الوراثية - التي أجريت على التبغ - أن تحمل الأوزون صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافي أساساً.

٧ - كانت صفة تحمل الأوزون في البيتونيا كمية وسائدة جزئياً (عن Reinert ١٩٧٩).

## ثانياً : تحمل ملوثات التربة

تلوث التربة في مختلف بقاع العالم بمركبات عديدة يصعب حصرها. ويهتم مربي النبات بأمر هذه الملوثات من ناحيتين: أولاهما تربية أصناف يمكنها تحمل التركيزات المرتفعة نسبياً من ملوثات التربة، وأخرهما إنتاج نباتات أقل كفاءة في امتصاص تلك الملوثات من التربة، أو أكثر قدرة على تحويلها - بعد امتصاصها - إلى مركبات أخرى أقل ضرراً؛ وبذا.. يقلل ضررها على الإنسان أو الحيوانات الزراعية التي تستهلك تلك النباتات.

ولكن نظراً لحدائثة موضوع ملوثات التربة.. فإن اهتمامات مربي النبات تجاهه كانت - وما زالت - محدودة. ويستثنى من ذلك مجال تربية النباتات لتحمل مبيدات الحشائش، الذي نفرد له الفصل الثاني عشر من هذا الكتاب. ويمكن تلخيص أهم الإنجازات في مجال التربية لتحمل ملوثات التربة الأخرى في النقاط التالية:

١ - وجد أن عشائر نباتات نجيل المرجية (*Agrostis tenuis*) bent grass النامية بالقرب من مختلف المناجم كانت أكثر تحملاً للتركيزات العالية من عناصر النحاس، والنيكل، والزنك، والرصاص التي تلوث التربة بتركيزات عالية في البقاع المحيطة بالمناجم. وقد كان تحمل كل

عشيرة منها مقصوراً على العنصر المعين الذى يلوث البيئة بالقرب من المنطقة المحيطة بالمنجم الذى جمعت منها نباتات العشيرة. ويستثنى من ذلك العشائر المتحملة لعنصر النيكل والزنك؛ حيث تميزت العشائر القادرة على تحمل التركيزات العالية من أحد العنصرين بتحملها للعنصر الآخر كذلك. وكان ذلك راجعاً إلى تواجد تركيزات عالية من كلا العنصرين فى مناطق المناجم التى جمعت منها (عن Devine 1982).

٢ - يؤدي تلوث التربة بالنحاس (بفعل نشاط المناجم، أو التلوث بمياه الصرف الصحى، أو الإفراط فى استعمال المبيدات الفطرية المحتوية على النحاس) إلى ظهور أعراض التسمم بهذا العنصر على النباتات، وهى: ضعف النمو الخضري والجذري، والاصفرار العام. وفى الكرنب.. تظهر نقط سوداء black specks على الأوراق.

وبتقييم ٨٤ صنفاً من الكرنب لتحمل التركيزات العالية من النحاس فى المزارع المائية (١,٥ - ٢,٠ مجم لتر، مقارنة بتركيز ٠,٠٣ مجم/ لتر لمعاملة الشاهد).. وجد أن الصنف Wisconsin All Seasons كان محتملاً للتركيزات العالية من العنصر مقارنة بالصنف الحساس Globe King، الذى تبين أن نمواته الخضرية تحتوى على تركيزات أعلى من عنصر النحاس (Rousos & Harrison 1987).

٣ - استخدمت مزارع الأنسجة فى انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من بعض العناصر (بعد معاملة المزارع بالعوامل المطفرة)، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ - انتخبت سلالات خلايا بتيونيا *Petunia hybrida* مقاومة للتركيزات العالية من الزئبق، لكن لم يمكن تمييز نباتات منها، كما لم تختلف السلالات المقاومة عن غير المقاومة فى امتصاصها للزئبق من البيئة المغذية.

ب - انتخبت سلالات خلايا تبغ قادرة على تحمل تركيزات عالية من عنصرى الزئبق والنحاس، ولكن النباتات التى تميزت منها لم تتحمل نفس تركيزات العناصر التى تحملتها سلالات الخلايا.

ج - انتخبت سلالات خلايا أرز قادرة على تحمل تركيزات عالية من النحاس، لكن لم تميز منها نباتات كاملة.

د - انتخبت سلالات خلايا من *Agrostis stolonifera* قادرة على تحمل تركيزات عالية من الزنك والنحاس، وتميزت نباتات منها لها نفس القدرة على التحمل. كان نمو سلالات الخلايا بطيئاً في غياب العنصر الذي يتحمل زيادة تركيزه، وكان امتصاص أى من العنصرين عالياً في كل من سلالات الخلايا التي تتحملة والنباتات التي تميزت منها (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

٤ - درس تراكم العنصر المشع استرونيوم Strontium (الذى يتساقط على سطح الأرض - مع ماء المطر - بعد حالات التلوث النووي، وتمتصه النباتات ، ليصل بعد ذلك إلى الإنسان - أو إلى الحيوانات الزراعية، ثم إلى الإنسان المستهلك لها - حيث يثبت في العظام مثل الكالسيوم).. وقد درس تراكم هذا العنصر في الشعير والقمح وبعض الأنواع الأخرى، ووجدت اختلافات وراثية بين الأصناف في مدى تراكم العنصر المشع فيها. وقد أوضحت دراسات التطعيم التي أجريت على فول الصويا أن النموات الخضرية هي التي تتحكم في خفض تراكم عنصر الاسترونيوم في النباتات (عن Epstein ١٩٧٢).