١١

التربية لتحمل ملوثات البيئة

أولا : 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 قُدّر أن هناك ما يقرب من ١٢٥ مليون طن من ملوثات الهواء تنطلق سنويا فى أجواء الولايات المتحدة الأمريكية. وتشمل هذه الموثات: أول أكسيد الكربون بنسة ٥٢٪، وأكاسيد الكبريت بنسبة ١٨٪، والهيدروكربونات بنسبة ١٢٪، وجزيئات مكونة للدخان بنسبة ١٠٪، وأكاسيد نيتروجين بنسبة ٦٪، ويرجع نحو ٦٠٪ من هذه الملوثات إلى وسائل النقل، وخاصة السيارات، و١٩٪ للصناعة، و١٢٪ لمحطات توليد الطاقة، و٩٪ لأعمال التدفئة وحرق المخلفات (جانيك ١٩٨٥). ويكثر الإثيلين 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 ـ ١) هذا التباين بالنسبة لمحاصيل الخضر. يفيد التقسيم المبين فى الجدول فى اختيار الأنواع المحصولية المناسبة للزراعة فى المناطق التى يزيد فيها تركيز تلك الملوثات، كما يفيد المربى فى تعرف الأنواع الحساسة التى تحتاج إلى توجيه الجهود إليها؛ لإنتاج أصناف منها تكون أكثر قدرة على تحمل تلك الملوثات.

جدول (١١ ـ ١) : تقسيم محاصيل الخضر حسب حساسيتها للمركبات التى تلوث الهواء الجوى.

المركب	الخضروات		
	حساسة	متوسطة	قادرة على التحمل
الأوزون	الفاصوليا ـ البروكولى ـ البصل ـ البطاطس ـ الفجل ـ السبانخ ـ الذرة السكرية ـ الطماطم ـ القاون	الجزر ـ الهندباء ـ البقدونس ـ الجزر الأبيض ـ اللفت	البنجر ـ الخيار ـ الخس
ثانى أكسيد الكبريت	الفاصوليا ـ البنجر ـ البروكولى ـ كرنب بروكسل ـ الجزر ـ الهندباء ـ الخس ـ الباميه ـ الفلفل ـ القرع العسلى ـ الفجل ـ الروبارب ـ السبانخ ـ الكوسة ـ البطاطا ـ السلق السويسرى ـ اللفت	الكرنب ـ البسلة الطماطم	الخيار ـ البصل ـ الذرة السكرية ـ الكرفس
الفلور	الذرة السكرية		الأسبرجس ـ الكوسة ـ الطماطم
PAN	الفاصوليا ـ البنجر ـ الكرفس ـ الجزر الهندباء ـ الخس ـ المسترد ـ الفلفل ـ السبانخ ـ الذرة السكرية ـ السلق السويسرى ـ الطماطم	الجزر	البروكولى ـ الكرنب ـ القنبيط ـ الخيار ـ البصل ـ الفجل ـ الكوسة
الإيثيلين	الفاصوليا ـ الخيار ـ البسلة ـ اللوبيا ـ الجزر ـ الكوسة ـ البطاطا ـ الطماطم	الجزر ـ الكوسة	البنجر ـ الكرنب ـ الهندباء ـ البصل ـ الفجل
الكلور	المسترد ـ البصل ـ الفجل ـ الذرة السكرية	الفاصوليا ـ الخيار ـ اللوبيا ـ الكوسة ـ الطماطم	الباذنجان ـ الفلفل
الأمونيا	المسترد		الطماطم

الأضرار التى تسببها ملوثات الهواء للمحاصيل الزاعية

أضرار الأوزون

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

تُحْدِث تركيزات منخفضة من الأوزون - تتراوح من ٠,٠٥ - ٠,١٢ جزءاً حجماً فى المليون - لمدة ساعتين إلى أربع ساعات - أضراراً كبيرة لمعظم الأصناف الحساسة من بعض المحاصيل الزراعية. ويتواجد هذا التركيز - بالفعل - صيفاً فى أجواء بعض المناطق من العالم، وفى بعض أجزاء من الولايات المتحدة.

إن الأعراض العادية للإصابة بالأوزون Ozone (O_3) هى ظهور بقع صغيرة غير منتظمة الشكل، لونها بنى داكن يميل إلى السواد، أو رصاصى فاتح يميل إلى البياض على السطح العلوى للأوراق. وتعد الأوراق الصغيرة جدا والمسنة قادرتين على تحمل الأوزون، بينما تعد الأوراق التى أكملت نموها حديثًا شديدة الحساسية. وتظهر الإصابة غالبًا على قمة الورقة، وعلى امتداد حافتها. ومع اشتداد الإصابة قد تمتد الأعراض إلى السطح السفلى للورقة.

تعد الفاصوليا من أكثر المحاصيل حساسية وتضرراً من هذا الغاز؛ حيث قدر متوسط الانخفاض فى محصول الأصناف الحساسة من جراء التعرض لتركيز ٠,٠٤ - ٠,٠٦ جزءاً حجماً فى الميلون من الغاز لمدة ٧ ساعات يومياً بنحو ١٠ - ٢٦٪. كما يُحدث التعرض للغاز نقصاً فى معدل النمو النسبى للنباتات، ومعدل النمو المطلق، وإنتاج القرون، وتكوين العقد البكتيرية، ومحتوى النباتات من النيتروجين (عن Mersie وآخرين ١٩٩٠).

أضرار ثانى أكسيد الكبريت

يكثر غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2 فى المناطق الصناعية؛ حيث يتصاعد مع أبخرة المصانع، ويتحد الغاز مع بخار الماء فى الجو، مكونًا حامض الكبريتيك، الذى يتساقط بعد ذلك على صورة أمطار حامضية. وعندما يلامس الحامض أوراق النباتات، فإنه يعمل على أكسدتها، محدثًا فقدًا واضحًا فى الكلوروفيل.

هذا.. وتتأثر الأنواع الحساسة للغاز بتركيز ٠,٠٥ ـ ٠,٥ جزءاً فى المليون، ويحدث الضرر خلال ٨ ساعات من التعرض لهذا التركيز. وتقل الفترة التى يحدث خلالها الضرر مع زيادة التركيز؛ فيحدث الضرر فى خلال ٣ دقائق إذا كان تركيز الغاز ١ ـ ٤ أجزاء فى المليون. أما الأصناف والأنواع المقاومة، فلا يحدث أى ضرر بها إلا إذا تعرضت لتركيزات أكبر، مثل جزأين فى المليون لمدة ٨ ساعات، أو ١٠ أجزاء فى 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 فى تركيزات أقل فى حالة وجود ملوثات أخرى بالهواء الجوى؛ مثل ثانى أكسيد النيتروجين (Mudd ١٩٧٥).

يُحدث ثانى 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 النباتى والظروف الجوية. أما الإصابة المزمنة، فتتميز بظهور مناطق بلون بنى 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 أسيتليل

تنتج نترات البيروكسى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (اختصارا: PAN) ـ مثل الأوزون ـ 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 تركيزات منخفضة تصل إلى أجزاء فى البليون.

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 إلاّ إذا استمر تعرضها للمركب.

أضرار الكلور

تكون أعراض الإصابة بالكلور Chlorine ـ عادة ـ 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 والبنى بلون بنى 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 ـ تدريجيا ـ

داخل الورقة التى سرعان ما تجف، بينما يظهر لون برونزى بين العروق فى ورقة الطماطم.

ولمزيد من التفاصيل الخاصة بالمركبات التى تلوث الهواء الجوى وأضرارها على النباتات بوجه عام يراجع Heggestad & Heck (١٩٧١)، و Mudd & Kozlowski (١٩٧٥)، و Ormrod وآخرون (١٩٧٦).

دور الانتخاب الطبيعى فى تحمل النباتات لملوثات الهواء

نظراً لأن جميع ملوثات الهواء التى تعانى منها النباتات - حاليا - تعد حديثة نسبيا، ولم يسبق للنباتات أن تعرضت لها من قبل؛ لذا.. لم يكن للانتخاب الطبيعى 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 طبيعيا لغياب العامل الانتخابى. والأغلب أن معظم هذه الطفرات قد تعرضت للاندثار، إلا أن بعضها ربما استمر تواجده قَدَرَاً. وربما استفادت برامج التربية الحديثة - التى أجريت فى المناطق التى يزداد فيها تركيز ملوثات الهواء - دون وعى - من تلك الاختلافات الوارثية؛ فكانت الأصناف التى أفرزتها تلك البرامج - التى لم تهدف إلى تحمل ملوثات الهواء - أكثر تحملاً لتلك الملوثات من الأصناف التى أنتجت من قبل (قبل زيادة التلوث الجوى)، أو التى 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 التى تتحمل الأوزون من مختلف المحاصيل الزراعية، لمجرد أن برامج التربية التى 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

البطاطسKennebec ، و Pungo، و Katahdin، التى لم يتأثر محصولها عند زراعتها فى 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، وهى أصناف نتجت من برامج تربية أجريت فى مناطق ينخفض فيها تركيز الغاز.

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

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

٢ - اختبارات حجرات النمو :

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

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

أ ـ عمر النبات:

تتأثر حساسية النباتات للأوزون بمرحلة النمو النباتى ومعدله. فمثلا.. تكون الفاصوليا الجافة أكثر حساسية للغاز بعد وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار التام. ففى تلك الأثناء.. يتوقف تكوين أوراق جديدة، ويعاد توزيع المواد الكربوهيدراتية ـ من النموات الخضرية ـ 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.

وفى دراسة على ستة أصناف من الطماطم اختلفت حساسيتها للأوزون وهى بعمر ٢، و٤، و٦ أسابيع، ولكن الترتيب النسبى للأصناف ـ من حيث استجابتها للغاز ـ ظل ثابتًا.

ب ـ عمر الورقة:

وجد فى القطن ـ على سبيل المثال ـ أن حساسية الأوراق للأوزون تكون أعلى ما يمكن عندما تصل إلى نحو ٧٥٪ من نموها الطبيعى، ثم تقل حساسيتها للغاز تدريجيا بعد ذلك.

جـ ـ الوقت من اليوم:

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

جهود التربية لتحمل ملوثات الهواء

حظيت بعض النباتات المزروعة، وخاصة التبغ وبعض محاصيل الخضر ـ بكثير من الاهتمام لأجل إنتاج أصناف أكثر تحملا لمختلف ملوثات الهواء، وخاصة الأوزون الذى يعد من أهم تلك الملوثات. ونستعرض ـ فيما يلى ـ الجهود التى بذلك فى تربية بعض هذه المحاصيل:

١ ـ 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 هى 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 فى الصباح، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز فى المساء كان الضرر أكبر منه فى الصباح، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF و Red Cherry، وأقلها حساسية (أى أقلها تضرراً من الغاز) هى VF 145B، و Heinz 1439. كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هى ، P.I.109835 ، و P.I.247136 ، و P.I.285663 ، و P.I.303792 ، و New Yorker، و Heniz 1439.

٢ ـ الخيار:

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

٣ ـ الفاصوليا :

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

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 حجرات النمو؛ حيث عرضوا بادرات الفاصوليا الصغيرة لتركيز ٠,٦ حجما في المليون لمدة ساعتين، وقاموا بقياس الضرر الذي حدث للأوراق. ووجد الباحثون أن ١٧ صنفاً وسلالة منها كانت غير حساسه للغاز، و٣٧٠ كانت حساسة، و ٢٣ 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 Horticultural. وأكدت النتائج أن جيرمبلام الفاصوليا يحتوي 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 Heggestad & Heck ١٩٧١).

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

٥ ـ الذرة السكرية :

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

٦ ـ توضح الدراسات الوراثية ـ التى أجريت على التبغ ـ أن تحمل الأوزون صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى أساساً.

٧ ـ كانت صفة تحمل الأوزون فى البيتونيا كمية وسائدة جزئيا (عن Reinert ١٩٧٩).

ثانيا: تحمل ملوثات التربة

تتلوث التربة فى مختلف بقاع العالم بمركبات عديدة يصعب حصرها. ويهتم مربى النبات بأمر هذه الملوثات من ناحيتين: أولاهما تربية أصناف يمكنها تحمل التركيزات المرتفعة نسبيا من ملوثات التربة، وأخراهما إنتاج نباتات أقل كفاءة فى امتصاص تلك الملوثات من التربة، أو أكثر قدرة على تحويلها ـ بعد امتصاصها ـ إلى مركبات أخرى أقل ضرراً؛ وبذا.. يقلل ضررها على الإنسان أو الحيوانات الزراعية التى تستهلك تلك النباتات.

ولكن نظراً لحداثة موضوع ملوثات التربة.. فإن اهتمامات مربى النبات تجاهه كانت ـ وما زالت ـ محدودة. ويستثنى من ذلك مجال تربية النباتات لتحمل مبيدات الحشائش، الذى نفرد له الفصل الثانى عشر من هذا الكتاب. ويمكن تلخيص أهم الإنجازات فى مجال التربية لتحمل ملوثات التربة الأخرى فى النقاط التالية:

١ ـ وجد أن عشائر نباتات نجيل المرجية bent grass (Agrostis tenuis) النامية بالقرب من مختلف المناجم كانت أكثر تحملاً للتركيزات العالية من عناصر النحاس، والنيكل، والزنك، والرصاص التى تلوث التربة بتركيزات عالية فى 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 المتحمله لعنصر النيكل والزنك؛ حيث تميزت العشائر القادرة على تحمل التركيزات العالية من أحد العنصرين بتحملها للعنصر الآخر كذلك. وكان ذلك راجعا إلى تواجد تركيزات عالية من كلا العنصرين فى مناطق المناجم التى جمعت منها (عن Devine ١٩٨٢).

٢ ـ يؤدى 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 الخضرى والجذرى، 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 ـ 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 ١٩٨٧).

٣ ـ 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 ـ 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 ـ 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.

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

د ـ 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 فى غياب العنصر الذى يتحمل زيادة تركيزة، وكان امتصاص أى من العنصرين عاليا فى كل من سلالات الخلايا التى تتحمله والنباتات التى تميزت منها (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

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