٧- التبغ:

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

٨- البيتونيا:

كانت صفة تحمل الأوزون فى البيتونيا كمية وسائدة جزئيًا (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

الهندسة الوراثية لتحمل ثانى أكسيد الكبريت

أدى تحويل الكرنب الصينى وراثيًا بجينى superoxide dismutase (المحتوى على المنجنيز)، و catalase من *Escherichia coli* إلى جعله شديد التحمل لثانى أكسيد الكبريت SO_2. كذلك ازداد فى تلك النباتات نشاط إنزيمات مؤكسدة أخرى، مثل ascorbate peroxidase، و glutathione reductase لدى معاملتها بثانى أكسيد الكبريت، بينما لم تحدث تلك الزيادة فى نظيراتها من النباتات غير المحولة وراثيًا؛ بما يعنى أن القدرة على التخلص من العناصر النشطة فى الأكسدة (ROS) فى النباتات المحولة وراثيًا ازدادت جوهريًا (Tseng وآخرون ٢٠٠٧).

ثانيًا: 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 نسبيًا من ملوثات التربة، وأخراهما إنتاج نباتات أقل كفاءة فى امتصاص تلك الملوثات من التربة، أو أكثر قدرة على تحويلها — بعد امتصاصها — إلى مركبات أخرى أقل ضررًا؛ وبذا يقل ضررها على الإنسان أو الحيوانات الزراعية التى تستهلك تلك النباتات. ولكن نظرًا لحداثة موضوع ملوثات التربة .. فإن اهتمامات مربى النبات تجاهه كانت — ومازالت — محدودة.

ويمكن تلخيص أهم الإنجازات فى مجال التربية لتحمل ملوثات التربة الأخرى فى النقاط التالية:

١- 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 مقصورًا 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 راجعًا إلى تواجد تركيزات عالية من كلا العنصرين فى مناطق المناجم التى جمعت منها (عن Devine ١٩٨٢).

٢- 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: ضَعْف النمو الخضرى والجذرى، والاصفرار العام. وفى الكرنب .. تظهر نقط سوداء black specks على الأوراق.

وبتقييم ٨٤ صنفًا 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 متحملاً 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- 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 بيتونيا *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.

جـ- 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 بطيئًا فى غياب العنصر الذى يتحمل زيادة تركيزه، وكان امتصاص العنصرين عاليًا فى كل من سلالات الخلايا التى تتحمله والنباتات التى تميزت منها (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

٤- درس تراكم العنصر المشع استرونشيم Strontium (الذى يتساقط على سطح الأرض — مع ماء المطر — بعد حالات التلوث النووى، وتمتصه النباتات، ليصل بعد ذلك إلى الإنسان — أو إلى الحيوانات الزراعية، ثم إلى الإنسان المستهلك لها — 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 الاسترونشيم فى النباتات (عن Epstein ١٩٧٢).

٥- تباينت أصناف البطاطس فى محتوى درناتها من الكادميم لدى اختبارها فى ١٢ موقعًا فى أستراليا، وكان محتوى بعض الأصناف التجارية الرئيسية نصف ما تحتويه أصناف أخرى. ولقد كان متوسط محتوى درنات أهم ١٤ صنفًا منها من

الكادميوم – عبر كل المواقع – يتراوح بين ٣٠، و ٥٠ ميكوجرام/كجم وزن طازج، علمًا بأن الحد الأقصى المسموح به هو ٥٠ ميكروجرام كادميوم/كجم وزن طازج من الدرنات. هذا .. إلا! أن بعض الأصناف تجاوز محتواها من الكادميوم الحد الأقصى المسموح به فى بعض المواقع. وقد لوحظ أن الأصناف لم تكن ثابتة فى كونها منخفضة أو عالية المحتوى من الكادميم فى كل المواقع، وواقع الأمر أن التباينات بين المواقع – فيما يتعلق بمحتوى الدرنات من الكادميم – كان أعلى من التباينات بين الأصناف فى الموقع الواحد؛ بما يعنى أن التربة وعوامل أخرى خاصة بالموقع (مثل نوعية مياه الرى والمناخ) تلعب دورًا رئيسيًّا فى التحكم فى تراكم الكادميوم بدرنات الأصناف التجارية من البطاطس. لذا .. فمن الضرورى عند التربية لإنتاج أصناف لا يتراكم فيها الكادميوم أن يكون ذلك تحت مدى واسع من الظروف البيئية (McLaughlin وآخرون ١٩٩٤).