٢ ـ حدوث طفرات فى بروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد، تقلل من ارتباط المبيد بها، ومن أمثلتها حالات المقاومة للمبيدات:

glyphosate	asulam
atrazine	sulfonylurea
chlorsulfuron	

٣ ـ نقل جينات قادرة على إلغاء سمية المبيد (detoxification genes) من البكتيريا إلى النبات بطرق الهندسة الوراثية، مثل حالات المقاومة لكل من:

bilanafos	bromoxynil
phenoxyactic acid	

وفى هذا الصدد.. درس على نطاق واسع نظام الـ glutathione -S- transferase System فيما يتعلق بإنتاج نباتات ذرة ـ بطريق الهندسة الوراثية ـ قادرة على تحمل مبيدات الأترازين atrazine ، والميتولاكلور metolachlor والألاكلور alachlor (عن Mullineaux ١٩٩٢).

جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش

بذلت جهود كبيرة لزيادة القدرة على تحمل مبيدات الحشائش فى عدد من المحاصيل الزراعية، نذكر من أمثلتها (عن Machado وآخرين ١٩٨٢، و Faulkner ١٩٨٢) ما يلى:

المحصول	مبيد الحشائش	طريقة التربية
الذرة	الأترازين Atrazine	ـ
الكتان	الأترازين	ـ
السورجم	البروبازين Propaz	ـ
فول الصويا	المتريبوزين Metribuzin	ـ

لفت الزيت Brassica napus	السيمازين Simazine	-
	الترايازين Triazine	الانتخاب المتكرر وكذلك نقل المقاومة من B. campestris
Agrostis tenuis	الأميترول Amitrole	الانتخاب المتكرر
A. stolonifera	الأميترول	الانتخاب المتكرر
Ferstuca ruba	الأميترول	الانتخاب المتكرر
F. arundinacea	الترايازين	الانتخاب
الزوان المعمر Ryegrass	الأميترول	الانتخاب المتكرر
	الباراكوات Paraquat	الانتخاب المتكرر
	الجلايفوسيت Glyphosate	الانتخاب المتكرر
الطماطم	الدايفناميد Diphenamide	إحداث الطفرات
Trifolium repens	الباراكوات	الانتخاب
القمح	الباراكوات	التقييم
	الترايازين	التقييم
	الترايازين	إحداث الطفرات
الكرنب	الترايازين	الانتخاب
المسترد الأبيض White Mustard	الترايازين	الانتخاب المتكرر
قرن الغزال Bird's - foot trefoil	2, 4 - D	الانتخاب المتكرر

ونلقى - فيما يلى - مزيدا من الضوء على بعض حالات التربية لمقاومة مبيدات الحشائش:

١ - فول الصويا:

أمكن نقل صفة القدرة على تحمل مبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin التى يتحكم فيها جين واحد سائد - إلى صنفى فول الصويا Semmes ، و Tracy M.

٢ ـ الزون المعمر :

نقلت صفة القدرة على تحمل الباراكوات Paraquat من عشيرة برية من الزوان المعمر Perenial Ryegrass (Lolium perenne). وكان الباراكوات قد استعمل كثيراً إلى أن فقد فاعليته فى مكافحة حشائش جنس الـ Lolium ، وغيرها، قبل بذار النجيليات. وأمكن بالاعتماد على هذا المصدر البرى المتحمل للمبيد إنتاج صنف تجارى من الزوان على قدر كافٍ من تحمل الباراكوات، بما يسمح برش مراعيه بتركيزات منخفضة من المبيد؛ الأمر الذى يفيد فى إضعاف الأنواع النباتية الأخرى وزيادة القدرة التنافسية للزوان.

وقد أرجعت صفة تحمل الزوان إلى حدوث تضاعف فى نشاط إنزيم Superoxide dismutase وزيادة نشاط إنزيمى الكاتاليز والبيروكسيديز.

٣ ـ الطماطم :

قيمّ Coyne & Burnside (١٩٦٨) ٥٠٨ من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ لمقاومة مبيد الحشائش 2, 4 - D، ووجدا ما يلى

أ ـ كانت أكثر السلالات قدرة على تحمل المبيد هى: P. I.. 129131 ، و P. I. .190858 ، و P. I. .203229 . استعادت هذه السلالات نموها ـ بشكل جيد ـ بعد فترة من تعرضها للمبيد.

ب ـ كان أكثر الأصناف قدرة على تحمل المبيد الصنف Roma، الذى لم يتأثر محصوله إلا قليلاً نتيجة للمعاملة به.

كذلك أجريت دراسات استهدفت التربية لمقاومة مبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin، الذى يستخدم فى حقول الطماطم؛ إما قبل الزراعة، وإما بعد الإنبات، ولكن المعاملة الأخيرة تُحدث ـ أحيانا ـ أضراراً كبيرة بالطماطم، خاصة فى الجو الملبد بالغيوم. وقد قيمّ Phatak & Jaworski (١٩٨٥) ٢٩٣ صنفا من الطماطم، و١٩٨٦ سلالة من سبعة أنواع من

الجنس Lycopersicon، ووجدا أن أكثرها قدرة على تحمل المبيد كانت هى سلالتى الطماطم UG 113 MT، و UGA 1160 MT اللتين تحملتا تركيزات بلغت ١٦ ضعف التركيز الموصى به (وهو ١,١٢ كجم/ هكتار) حتى فى الجو الملبد بالغيوم.

وكان Machado وآخرون (١٩٨٢) قد ذكروا أن صنفى الطماطم Vision، و Fireball يتحملان مبيد المتريبوزين، واستخدماهما فى دراسة وراثية مع الصنف الحساسHeinz 1706، استدلا منها على أن القدرة على تحمل المبيد (معبرا عنها بغياب أعراض التسمم، وطول البادرات، ووزنها الجاف) صفة بسيطة سائدة، تتأثر بجينات أخرى محورة، ذات درجة توريث عالية، قدرت على النطاق العريض بنحو ٥٨٪ إلى ٧٢٪.

٤ ـ البطاطس:

وجد De Jong (١٩٨٣) أن الحساسية لمبيد الحشائش مترىبوزين Metribuzin ـ فى الطرز الثنائية ـ يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز me. وقد أوضح الباحث أهمية استخدام هذا الجين كجين معلم Marker gene فى الدراسات الوارثية.

٥ ـ الفلفل :

يتوفر مدى واسع من القدرة على تحمل مبيد الحشائش بنتازون bentazon بين أصناف الفلفل. وكان قد اكتُشِفَ مستوى عالٍ من القدرة على تحمل المبيد فى الصنفBohemian Chili، الذى صُنِّف على أساس أنه يتبع النوع C. chinense ، ولكن يعتقد أنه يتبع النوع C. annuum، ثم اكتشف مستوى مماثل من القدرة على تحمل المبيد فى صنف الفلفل Santaka، وفى ثلاث سلالات؛ هى: P. I.. 127445 ، و P. I. 163187 ، و P. I.. 246123.

وقد أوضحت الدراسات الوارثية أن مقاومة الصنف الأخير يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Bzt؛ نسبة إلى صفة تحمل البنتازون Bentazon tolerance (Fery & Harri-son ١٩٩٠)، مع وجود بعض الجينات المحورة (Wolff وآخرون ١٩٩٢).

٦ ـ الخيار:

اكتشفت القدرة على تحمل مبيد الحشائش كلورامبين Chloramben فى بعض سلالات الخيار. وأوضح Miller وآخرون (١٩٧٣) أن جينات المقاومة للمبيد ـ فى سلالتين من الخيار ـ تراوحت من ١ ـ ٥ جينات؛ تبعاً لطريقة التقييم التى اتبعها، وطريقة تقدير عدد الجينات. وكان تفاعل الجينات إضافياً أساساً، مع سيادة جزئية للقدرة على تحمل المبيد، وظهر واضحا أن الجينات المسئولة عن تحمل المبيد تختلف فى السلالتين، ويدل على ذلك اختلاف درجة توريث الصفة فى السلالتين، وظهور انعزال فائق الحدود عند تهجينهما معاً. وقد تراوحت درجة التوريث على النطاق العريض من ٠,٤٩ ـ ٠,٩٣، وعلى النطاق الضيق فى ٠,٣٦ ـ ٠,٨٧.

وفى دراسة تالية.. قيم Staub & Crubaugh (١٩٨٩) ٧٥٣ سلالة من الخيار للقدرة على تحمل نفس المبيد، ووجدا أن تسع سلالات منها كانت أكثر من غيرها تحملاً للمبيد.

٧ ـ الكوسة:

توصل Adenniji & Coyne (١٩٨١) ـ من دراستهما على تحمل مبيد الحشائش ترفلورالين Trifluralin ـ إلى أن الصفة المقاومة يتحكم فها جين واحد سائد أعطياه الرمز T، وأن فعل هذا الجين يثبط بفعل جين آخر هو I - T.

٨ ـ الصليبيات:

نقلت صفة تحمل الترايازين Triazine من حشيشة تابعة للنوع Brassica campestris إلى B. napus الذى يتبعه كل من لفت الزيت والروتاباجا. وكانت صفة تحمل المبيد قد وجدت ـ فى B. campestris ـ فى حقل من الذرة سبقت معاملته كثيراً بالأترازين. تورّث هذه الصفة سيتوبلازميا، وقد تم نقلها إلى B. napus بطريق التهجين الرجعى مع الانتخاب فى وجود الترايازين (عن Gressel وآخرين ١٩٨٢).

كما وجدت اختلافات فى تحمل السيمازين بين أصناف B. napus، وتبين أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات تحمل على الكروموسومات، ولكن أكثر السلالات تحملاً لهذا المبيد كانت أكثر حساسية من الأصناف الكندية Triton، و Triumph التى تحمل جينات سيتوبلازمية لصفة التحمل. وترجع خاصية تحمل المبيد فى الصنفين الأخيرين إلى وجود تغيرات فى أغشية البلاستيدات الخضراء التى يرتبط بها - طبيعيا - الترايازين؛ ومن ثم يؤثر فى عملية البناء الضوئى.

ولا تنتشر زراعة الأصناف التى تتحمل السيمازين - كثيراً - بسبب انخفاض محصولها؛ ربما لتسبب تغيرات أغشية البلاستيدات الخضراء فى نقص معدل البناء الضوئى.

وقد وجد McGuire & Thurling (١٩٩٢) اختلافات كبيرة فى تحمل السيمازين فى عشيرة لتلقيح مركب من B. campestris. وأمكن انتخاب سلالات ذات قدرة أكبر على تحمل السيمازين عن عشائر B. campestris التى تحمل المقاومة السيتوبلازمية للمبيد.

٩ - البنجر:

يستعمل مبيد بيرازون Pyrazon (وهو:- 5 - amino - 4 chloro - 2 - phenyl - 3 (2H) Pyridazione) فى حقول بنجر المائدة. تمتص النباتات هذا المبيد، ولكنه يتحد مع الجلوكوز - فى الجنور الحمراء - ليتحول إلى مركب آخر غير سام للنبات؛ هو: N- glucosyl pyrazon. وقد أوضحت دراسات Stephenson وآخرين (١٩٧١) أن هذا التحول الكيميائى لا يتم فى ثمانية أنواع نباتية حساسة للمبيد. كما تبين - لدى دراسة تسعة أصناف من البنجر - أن التحول يتم بمعدل ٤٤ - ٧٦٪ خلال ظرف ١٠ ساعات من معاملة أجزاء ورقية بالمبيد، وأن العلاقة كانت مباشرة بين معدل التحسن الكيميائى للمبيد وحساسية الصنف له.

١٠ - البصل:

وجد Hiller & Weigle (١٩٧٠) اختلافات بين سلالات البصل فى قدرتها على تحمل مبيد الحشائش isopropyl N (3-chlorophenyl) carbamate (اختصاراً:CIPC)، وكانت أكثر السلالات مقاومة هى المتحصل عليها من صنف البصل Iowa Yellow Globe.