وللتفاصيل المتعلقة بالمكافحة الحيوية لأمراض مختلف المحاصيل الزراعية كلٍ على حدة.. يُراجع Gnanamanickam (٢٠٠٢). وفى ذلك المرجع (الكتاب) يتناول: Gnanamanickam وآخرون (٢٠٠٢) بالشرح الأسس العامة للمكافحة الحيوية، و Jacobsen (٢٠٠٢) المكافحة الحيوية لأمراض البطاطس، و Kokalis-Burelle (٢٠٠٢) المكافحة الحيوية لأمراض الطماطم. كما تناول Navi & Bandyopadhyay (٢٠٠٢) – بالتفصيل – موضوع المكافحة الحيوية للأمراض النباتية.

نوعيات المقاومة المستحثة بيولوجيًّا

إن المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يمكن أن تحدث بفعل عوامل حيوية أو غير حيوية، ومن أهم المستحثات الحيوية: المسببات المرضية المحدثة للتحلل necrotizing pathogens؛ والكائنات الدقيقة غير المرضة non-pathogens، وبكتيريا المحيط الجذرى التى تستعمر الجذور.

فعند الإصابة بالفطريات التى تؤدى إلى موت وتحلل الخلايا فى موضع الإصابة (الإصابة بالـ necrotizing pathogens) تطور كثير من النباتات مقاومة ضد مجال واسع من المسببات المرضية فى أجزاء أخرى منها لم تتعرض أصلاً للإصابة. يعتمد هذا النوع من المقاومة على تراكم حامض السلسيلك، ويعرف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة systemic acquired resitance.

ويعرف نوع آخر من المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يحدث عند عدواها بسلالات معينة من بكتيريا المحيط الجذرى غير المرضة والمحفزة للنمو النباتى nonpathogenic rhizobacteria، يعرف باسم المقاومة الجهازية المستحثة induced systemic resistance. وهذا النوع الأخير من المقاومة الجهازية لا يتطلب لحدوثه حامض السلسيلك، ولكنه يعتمد على استجابات لكل من الهرمونين النباتيين: حامض الجاسمونك والإثيلين.

وتختلف المقاومة المستحثة المحلية localized induced resistance عن تلك

المستحثة الجهازية systemic induced resistance فى أن الأولى تبقى فيها المقاومة المستحثة محدودة فى موقع الإصابة كما فى حالة فرط الحساسية ضد فيرس موزايك التبغ فى التبغ، حيث يُعبَّر عن المقاومة المحلية المكتسبة فى حلقة من الخلايا تحيط بالبقعة التى يحدث فيها تفاعل فرط الحساسية. ويعد حامض السلسيلك ضروريًّا لحث المقاومة المحلية، كما هو ضرورى لحث المقاومة الجهازية (Hammerschmidt وآخرون ٢٠٠١).

وتستحث بعض سلالات بكتيريا المحيط الجذرى تطوير مقاومة جهازية فى النباتات تعرف باسم rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (اختصارًا: ISR) مماثلة لتلك التى تستحثها المسببات المرضية والتى تعرف باسم pathogen-induced systemic acquired resistance (اختصارًا: SAR).

وقد وجد أن كلاً من الـ ISR والـ SAR يعملان مستقلين عن بعضهما البعض؛ الأمر الذى يمكن الاستفادة منه فى زيادة مستوى المقاومة النباتية ومداها (Pieterse وآخرون ٢٠٠١).

إن المقاومة الجهازية المستحثة لا تُخلق من العدم، فالنباتات تكون لديها القدرة على تطوير تلك المقاومة، ولكنها لا تظهر إلا عندما تُستحث على ذلك بمركب كيميائى، أو بكائن دقيق غير ممرض، أو بسلالة غير ممرضة من مسبب مرضى، أو بسلالة ممرضة من مسبب مرضى ولكن فى وجود تفاعل غير متوافق مع العائل، أو حتى بسلالة ممرضة من مسبب مرضى وفى وجود تفاعل متوافق مع العائل ولكن عند توفر ظروف بيئية غير مناسبة لتطور المرض.

لكن لا يشترط أن تكون المقاومة المستحثة جهازية، فهى قد تكون كذلك موضعية، والفرق بينهما أن الأخيرة تنقصها إشارة نقل المقاومة فى صورة جهازية (Van Loon وآخرون ١٩٩٨).

وقد توصل الباحثون فى الـ Boyce Thompson Institute إلى الآلية التى تحدث بها المقاومة الجهازية فى النباتات. إن حقيقة المقاومة الجهازية (والتى بمقتضاها يصبح النبات – الذى يُصاب فى موضع منه بأحد المسببات المرضية – مقاومًا لمسببات مرضية أخرى فى مواضع أخرى منه) كانت معروفة لفترة، لكن لم يكن يُعرف كيفية حدوث الإشارات التى تقود إلى المقاومة الجهازية. كذلك كان يُعرف منذ سنوات قليلة أن النبات بعد إصابته بأحد المسببات المرضية يُنتج هرمونًا يحارب به الأمراض هو حامض السلسيلك salicylic acid (اختصارًا SA) فى موقع الإصابة، الذى يُنشِّط جزءًا منه الدفاعات المحلية فى موضع الإصابة، بينما يتحول جزءًا آخر منه إلى methyl salicylate (اختصارًا MeSA)، الذى لا يعد نشطًا بيولوجيا؛ نظرًا لأنه لا يستحث الاستجابات المناعية.

والجديد فى الأمر توصل الباحثين إلى خطوات محددة تحدث بها المقاومة الجهازية، كما يلى:

١–بعد إصابة النبات بأحد مسببات الأمراض يُنتَج حامض السلسيلك فى موقع الإصابة. يتحول جزء من الحامض إلى MeSA بواسطة إنزيم يعرف باسم SA methyl transferase (اختصارًا: SAMT)، وفى الوقت ذاته يتحد جزء من حامض السلسيلك المتكون عند موقع الإصابة مع الـ salicylic acid-binding protein 2 (اختصارًا: SABP2). ولأن هذا الارتباط يوقف نشاط الـ SABP2، فإن الـ SABP2 لا يحول الـ MeSA المتراكم ثانية إلى SA كما يفعل فى الأجزاء الأخرى من النبات؛ وبالتالى .. يتراكم MeSA فى موقع الإصابة.

٢–يتحرك الـ MeSA المتراكم من موقع الإصابة بعيدًا إلى الأوراق غير المصابة خلال نسيج اللحاء.

٣–لدى وصول MeSA إلى مواقعه الجديدة فإنه يتحول بواسطة الـ SABP2 النشط إلى SA الذى يعطى إشارة البدء فى التفاعلات الدفاعية (National Sciene Foundation ٢٠٠٧ – الإنترنت).