التوالى، إلا أن معامل التكاثر لم ينخفض جوهريًّا إلاّ عندما كانت المعاملة بالـ BTH (Vieira dos Santos & Curtis ٢٠١٣).

البى أى بى أى BABA

مدى التأثير

أظهر الحامض الأمينى غير البروتينى β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) قدرة على إكساب النباتات مقاومة ضد عديد من مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية، بالإضافة إلى عديد من الأنواع النيماتودية والحشرية، والظروف البيئية القاسية، مثل الجفاف والملوحة.

ولقد كانت بداية اكتشاف تأثيره فى عام ١٩٦٣ عندما عرف دوره فى حماية البسلة من الإصابة بالفطر *Aphanomyces euteuches* لدى معاملتها به بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون قبل تعرضها للإصابة بالفطر (Jakab وآخرون ٢٠٠١).

وبتتابع دراسة تأثير رش النموات الخضرية بالـ BABA وجد أنه يؤدى إلى حماية نباتات العنب – بكفاءة – من الإصابة بالفطر *Plasmopara viticola* مسبب مرض البياض الزغبى. كما ثبطت المعاملة بالـ BABA أعراض الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس والطماطم، وأدت المعاملة إلى حماية نباتات الكنتالوب من الإصابة بالفطر *Monosprascus cannonballus* مسبب مرض الذبول الفجائى (Beckers & Conrath ٢٠٠٧).

هذا.. ولم يعرف أبدًا أن للـ BABA تأثير ضار مباشر على أى من المسببات المرضية، إلاّ أنه من المؤكد أن ينشط المقاومة الجهازية فى النباتات لدى معاملتها به (Jakab وآخرون ٢٠٠١).

على الرغم من ندرة تواجد الحامض الأمينى غير البروتينى BABA فى النباتات، فإنه يستحث مقاومة جهازية قوية فى عدد كبير من النباتات ضد عديد من المسببات المرضية (جدول ٧–١).

جدول (٧–١): أمثلة لحالات مقاومة جهازية أحدثتها المعاملة بالـ DL-β-aminobutyric acid (عن Jakab وآخرين ٢٠٠١، و Cohen ٢٠٠٢).

النبات	المسبب المرضى
البطاطس	*Phytophthora infestans*
	Alternaria solani
	Fusarium sambucinum
الطماطم	*Phytophthora infestans*
	Botrytis cinerea
	Xanthomonas vesicatoria
	Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*
	Clavibacter michiganesis
	Meloidogyne javanica
الفلفل	*Colletorichum coccodes*
	Phytophthora capsici
الخيار	*Pseudoperonospora cubensis*
	Sphaerotheca fuliginea
	Colletorichum lagenarium
	Pseudomonas lachrymans
	Meloidogyne javanica
	Botrytis cinerea
الكنتالوب	*Pseudoperonospora cubensis*
	Fusarium oxysporum f. sp. *melonis*
	Monosporascus cannonballus
البطيخ	*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*
القنبيط	*Peronospora parasitica*
	Pseudomonas marginalis
	Pseudomonas flurescens
	Erwinia carotovora subsp. *carotovora*
البروكولى وكرنب أبو ركبة	*Alternaria brassicicola*
الخس	*Bremia lactucae*

طريقة المعاملة

يمكن المعاملة بالـ β-aminobutyric acid (الـ BABA) عن طريق رش النموات الخضرية، و"سقيًا" للجذور، وبنقع البذور فى محلول منه، كما يمكن إضافته كمسحوق للتربة، وحقنًا فى السيقان، وسكبًا لمحلولة على الجذور المكشوفة، والسيقان المقطوعة.

يتوقف التركيز الفعال للـ BABA – الذى يعطى حوالى ٩٠٪ مقاومة – على كل من العائل والمسبب المرضى وطريقة المعاملة. وعمومًا تلزم تركيزات عالية (٢٥٠–١٠٠٠ ميكروجرام/مل) عند رش الأوراق عما فى حالة سقى التربة (حيث يكفى تركيز ٢٠–١٠٠ ميكروجرام/مل)؛ ربما بسبب الكفاءة العالية للجذور فى امتصاص المركب. هذا بينما يلزم استعمال تركيزات تتراوح بين ٠,٥٪، و١٪ عند نقع البذور.

ويتوقف طول مدة فاعلية المركب فى حث المقاومة الجهازية على كل من العائل والمسبب المرضى، وهى تتراوح – عادة – بين نحو ١٠ أيام إلى ٣٠ يومًا.

وعلى خلاف منشطات النبات الأخرى (مثل حامض السلسيلك، والـ INA، والـ BTH) التى لا تكسب النباتات المقاومة إلاّ إذا كانت المعاملة بها قبل التعرض للإصابة، فإن الـ BABA يكون فعالاً إذا أجريت المعاملة قبل أو بعد التعرض للإصابة.

ينتقل الـ BABA فى النبات عن طريق الجهاز الوعائى؛ فهو ينتقل مع تيار ماء النتح إذا ما عوملت به الجذور، وعبر اللحاء مع الغذاء المجهز إذا ما عُوملت به الأوراق (Cohen ٢٠٠٢).

مزيد من الأمثلة

نقدم – فيما يلى – مزيدًا من الأمثلة عن الدراسات التى استخدم فيها الـ BABA فى مكافحة أمراض الخضر:

• تبين من دراسات Cohen (١٩٩٤) على الطماطم أن رش النباتات مرة واحدة بالحامض الأمينى غير البروتينى DL-3-amino-n-butanoic acid يكسبها مقاومة

جهازية ضد الفطر *Phytophthora infestans* – مسبب مرض الندوة المتأخرة – بدرجة مكافحة تزيد على ٩٥٪. وقد جرب الحامض مع ٧ عزلات من الفطر و٧ أصناف من الطماطم تتباين فى درجة قابليتها للإصابة بالفطر وأعطى معها نفس النتيجة. كما جُرب استعمال أحماض أمينية أخرى غير بروتينية، ولكنها كانت إما أقل كفاءة من هذا الحامض الأمينى، وإما عديمة الكفاءة فى مكافحة الفطر.

• وقد أظهرت دراسة لاحقة (Cohen & Gisi ١٩٩٤) أن DL-3-amino-n-butanoic acid, β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABa) ينبغى أن يكون متواجدًا فى النسيج النباتى لكى يكون هذا النسيج مقاومًا للفطر *P. infestans*، وتبين أن المركب يتحرك فى النبات من أسفل إلى أعلى نحو القمة Acropetally، فهو ينتقل من الورقة المعاملة إلى الأوراق التى تعلوها، وليس إلى الأوراق المجاورة لها، كما ينتقل – عند إضافته عن طريق الجذور – إلى أعلى نحو الأوراق، وهى التى تكتسب – بدورها – أعلى درجات المقاومة.

• أدت معاملة نباتات الفلفل بالمركب DL-β-amino-butyric acid بتركيز ١٠٠٠ ميكروجرام/مل إلى حمايتها بصورة شبه كاملة من الإصابة بالفطر *Colletorichum coccodes* مسبب مرض الأنثراكنوز، سواء أكانت المعاملة عن طريق التربة، أم رشًّا على الأوراق. وعندما أجريت المعاملة عن طريق التربة لزم مرور خمسة أيام قبل اكتساب النباتات للمقاومة ضد الفطر، واستمرت مقاومة النباتات لمدة ١٥ يومًا. أما عندما عوملت النباتات بالمركب عن طريق رش الأوراق السفلى فإن ذلك أدى إلى حماية الأوراق الأعلى منها من الإصابة بالفطر؛ مما يدل على أن المعاملة أدت إلى إكساب النباتات مقاومة جهازية ضد الفطر (Hong وآخرون ١٩٩٩).

• أدت معاملة الخس بالرش بأى من K_2HPO_3 (فى صورة التحضير التجارى Phytogard) بتركيز ٤٠,٦ جزءًا فى المليون، أو بالـ BABA بتركيز ١٠ مللى مول إلى مكافحة البياض الزغبى بصورة تامة وجهازية لمدة ١٥ يومًا (Pajot وآخرون ٢٠٠١).

• أدى رش الفلفل بالـ DL-β-amino-n-butyric acid بتركيز جزء واحد فى المليون إلى حث تكوين مقاومة تامة ضد الإصابة بالفطر *Phytophthora capsici*، وذلك فى خلال ثلاثة أيام من المعاملة بالمركب، وقد استمرت فاعلية المقاومة المستحثة لمدة تزيد عن ٢٠ يومًا (Xie وآخرون ٢٠٠٢).

• أدى رش بادرات القنبيط وهى بعمر ٧ أيام مرة واحدة بالمركب DL-β-amino-n-butanoic acid (اختصارًا: BABA) إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Peronospora parasitica* – مسبب مرض البياض الزغبى – لمدة لا تقل عن ١٥ يومًا. وقد كانت المقاومة المستحثة مصاحبة بتكوين بقع متحللة مماثلة لما يحدث فى حالة فرط الحساسية (Silué وآخرون ٢٠٠٢).

• يعد الـ BABA شديد الفاعلية فى إكساب كل من الطماطم والبطاطس مقاومة ضد الفطر *Phytopthora infestans*؛ ففى الطماطم أعطت رشتان بينهما ١٤ يومًا مكافحة بلغت ٨٣٪، بينما أعطت نفس المعاملة فى البطاطس مكافحة بلغت ٦٠٪، وحُصل على أعلى مكافحة فى البطاطس (٦٤,٥٪–٧٧,٧٪) بعد أربع رشات بين الرشة والأخرى سبعة أيام وبمعدل ٤٨٥ جم للفدان.

• كما أعطت المعاملة بالـ BABA بتركيز ١ مجم/مل مع ماء الرى بالتنقيط كل أسبوعين مكافحة جيدة للفطر *Monosporascus cannonballus* مسبب مرض الذبول الفجائى فى الكنتالوب (Cohen ٢٠٠٢).

• يتفاعل الشدِّ الملحى مع المعاملة بتركيز منخفض – نسبيًّا – (١٢٥ ميكروجرام/لتر) من الـ DL-β-amino-butyric acid فى زيادة مقاومة الطماطم للبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية، وكان ذلك التفاعل مصاحبًا بزيادة فى كل من إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 ونشاط الـ guaiacol peroxidase (Baysal وآخرون ٢٠٠٧).