Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme لتحضير أسمدة الأحماض الأمينية الذائبة في الماء

فريق الأبحاث في Enzymes.bio · ويلينغتون، نيوزيلندا · June 21, 2026

Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme هو توصيف وظيفي لإنزيم يُستخدم للمساعدة في تحويل المواد البروتينية إلى ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية أكثر قابلية للذوبان، بحيث تصلح للدخول في تركيبات الأسمدة الذائبة في الماء. قيمته التقنية لا تكمن في أنه سماد كامل بذاته، بل في كونه عاملًا حيويًا يدعم إنتاج أو تحسين مكوّنات عضوية ذائبة يمكن استخدامها ضمن برامج تغذية نباتية ومحفزات حيوية.

ما المقصود بهذا الإنزيم في تطبيقات الأسمدة؟

في سياق الأسمدة، لا يشير اسم **Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme** عادةً إلى إنزيم منفرد محدد برقم تصنيفي واحد، بل إلى تحضير إنزيمي موجّه لتطبيق محدد: دعم إنتاج سماد أحماض أمينية ذائب في الماء أو تحسين ذوبانية مستخلص بروتيني عضوي. الفكرة الأساسية هي استخدام التحلل الإنزيمي لتقليل حجم السلاسل البروتينية وتحويلها إلى أجزاء أصغر وأكثر توافقًا مع التركيبات المائية، وهو اتجاه يتقاطع مع الاهتمام المتزايد بالأحماض الأمينية كمدخلات زراعية وظيفية في المحاصيل الحقلية والبستانية [1].

البروتينات الخام أو المخلفات العضوية الغنية بالنيتروجين قد تحتوي على قيمة غذائية كامنة، لكنها ليست دائمًا مناسبة مباشرة لصناعة منتج ذائب ومتجانس. السلاسل البروتينية الكبيرة تميل إلى تكوين عكارة أو رواسب أو لزوجة غير مرغوبة، خصوصًا عند مزجها مع أملاح معدنية أو مكونات عضوية أخرى. عندما يعمل الإنزيم على هذه السلاسل، تتكسر الروابط الببتيدية تدريجيًا، وينتج خليط من الببتيدات القصيرة والأحماض الأمينية الحرة؛ وهذا هو الأساس الكيميائي الحيوي الذي يجعل التحضير أكثر ملاءمة للتسميد عبر الماء أو للاستخدام في منتجات قابلة للذوبان [2].

من المهم أيضًا التمييز بين **الإنزيم** و**السماد النهائي**. الإنزيم مادة مساعدة في التحويل الحيوي، بينما المنتج النهائي قد يكون سماد أحماض أمينية، أو مكوّنًا عضويًا قابلًا للذوبان، أو جزءًا من تركيبة تحتوي على عناصر كبرى وصغرى ومركبات محفزة. لذلك، لا ينبغي تقييم الإنزيم كما لو كان بديلًا مباشرًا للنيتروجين أو الفوسفور أو البوتاسيوم، بل كأداة لتحسين قابلية معالجة المادة العضوية وتحويلها إلى صورة أكثر انتظامًا وقابلية للدمج في الأسمدة الذائبة.

لماذا تحتاج أسمدة الأحماض الأمينية إلى خطوة إنزيمية؟

تستند أسمدة الأحماض الأمينية إلى فكرة أن بعض المركبات العضوية الصغيرة يمكن أن تؤدي أكثر من وظيفة: فهي قد تساهم في التغذية النيتروجينية، وتدخل في تفاعلات أيضية داخل النبات، وتؤثر في علاقة الجذور بالبيئة المحيطة بها. مراجعة حديثة تناولت الأحماض الأمينية كسماد للمحاصيل الزراعية وطرحتها ضمن موجة جديدة من المدخلات الزراعية التي تهدف إلى رفع كفاءة التغذية وتقليل الهدر وتحسين الاستجابة النباتية في ظروف مختلفة [1].

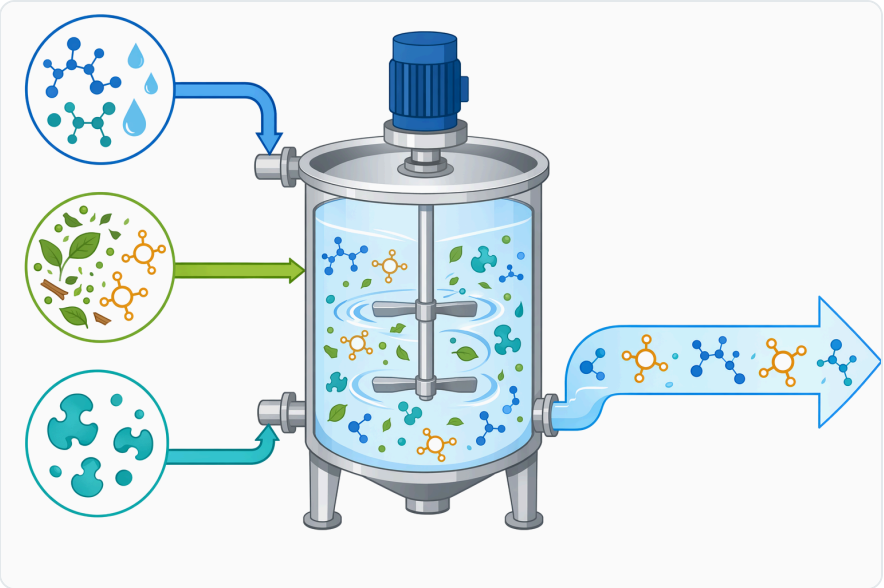

Figure 1. 효소는 아미노산계 수용성 영양분과 유기 인 전환이 만나는 지점에서 촉매적 가공 성분으로 작용한다.

لكن الحصول على خليط مناسب من الأحماض الأمينية لا يحدث بمجرد إضافة مادة بروتينية إلى الماء. البروتينات في البذور، الطحالب، مخلفات الأسماك، أو مصادر عضوية أخرى تكون غالبًا مطوية أو متشابكة أو مرتبطة بمكونات غير بروتينية. التحلل الإنزيمي يفتح هذه البنية تدريجيًا؛ فالإنزيمات البروتينية تكسر الروابط الببتيدية، وتخفض الوزن الجزيئي المتوسط، وتزيد عدد النهايات الأمينية والكربوكسيلية المكشوفة، وهي مجموعات قطبية تساعد على التفاعل مع الماء وتحسين الذوبان.

هذا لا يعني أن كل تحلل إنزيمي ينتج نفس السماد. درجة التحلل، نوع المادة الخام، وجود الدهون أو الكربوهيدرات أو الأملاح، وترتيب إضافة المكونات كلها عوامل تؤثر في النتيجة. أظهرت أعمال على بروتين الصويا أن ظروف التحلل الإنزيمي المختلفة يمكن أن تغير بنية البروتين ووظائفه وخصائص المساحيق الناتجة، ما يوضح أن الإنزيم ليس مجرد "مفتاح تشغيل"، بل أداة تضبط طبيعة النواتج الجزيئية [3].

آلية العمل: من بروتين غير ذائب إلى مكونات قابلة للتركيب

1. الوصول إلى الركيزة البروتينية

تبدأ العملية عندما يتلامس الإنزيم مع ركيزة تحتوي على بروتينات أو ببتيدات طويلة. في البداية، قد تكون بعض الروابط الببتيدية مخفية داخل بنية البروتين أو محمية بتكتلات فيزيائية. لذلك يساعد الترطيب والخلط المناسبان على جعل مناطق أكبر من السلاسل البروتينية متاحة للإنزيم دون الحاجة إلى ظروف كيميائية قاسية. وقد استُخدم التحلل الإنزيمي لإنتاج مركزات غنية بالأحماض الأمينية من الطحالب الدقيقة، ما يوضح قابلية هذا المبدأ للتطبيق على مصادر بروتينية غير تقليدية [2].

2. كسر الروابط الببتيدية

بعد الوصول إلى الركيزة، يقوم الإنزيم بكسر الروابط التي تصل الأحماض الأمينية بعضها ببعض. النتيجة ليست دائمًا أحماضًا أمينية منفردة فقط؛ في كثير من التطبيقات يكون الناتج مزيجًا من أحماض أمينية حرة وببتيدات قصيرة ذات أطوال مختلفة. هذا الخليط قد يكون مرغوبًا زراعيًا لأن الببتيدات القصيرة يمكن أن تساهم في الذوبانية، والتوافق التركيبي، وربما في الاستجابة الحيوية للنبات حسب نوع المحصول وطريقة الاستخدام [4].

3. تحسين الذوبانية وتقليل العكارة

عند تقليل طول السلاسل البروتينية، تنخفض قدرة الجزيئات الكبيرة على التكتل أو تكوين شبكات غروية كثيفة. في الوقت نفسه، تزيد النهايات القطبية المكشوفة، فيتحسن تفاعل المادة مع الماء. هذه النقطة مهمة جدًا في الأسمدة الذائبة في الماء، لأن أي عكارة أو ترسيب قد يؤثر في التجانس، وفي مرور المنتج داخل أنظمة الري، وفي انتظام التوزيع عند الاستخدام الزراعي.

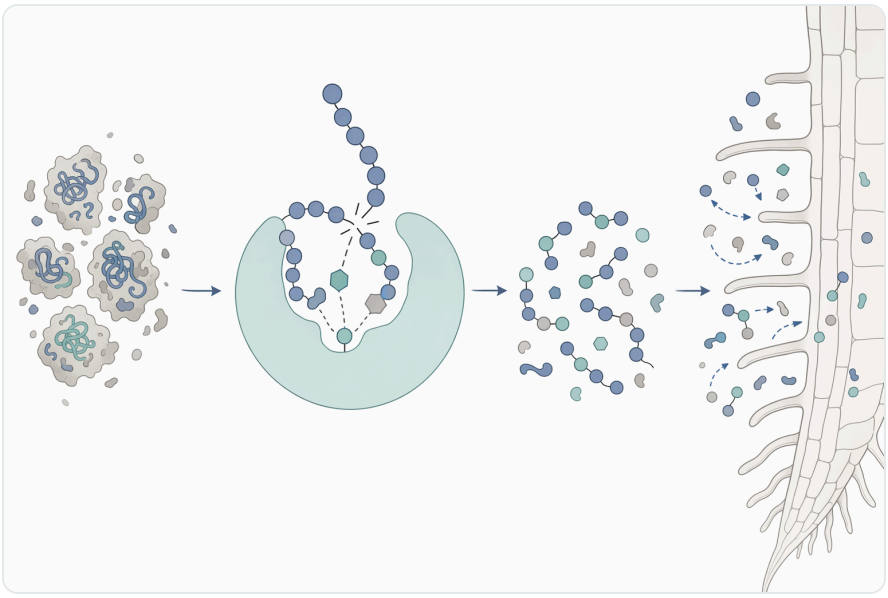

Figure 2. 가수분해는 기존의 염을 단순히 녹이는 것이 아니라, 피틴산 계열 .기질에서 인산기를 단계적으로 제거한다

4. إنتاج خليط وظيفي لا مجرد "محلول بروتيني"

التحلل الإنزيمي يغير هوية المادة الخام. فبدل أن تكون كتلة بروتينية كبيرة، تصبح خليطًا من مركبات نيتروجينية صغيرة نسبيًا. في دراسات على مواد بحرية، استُخدم التحلل الإنزيمي لإنتاج أحماض أمينية حرة من مصادر سمكية، بينما درست أعمال أخرى مقارنة إطلاق الأحماض الأمينية بين التحلل الإنزيمي ومسارات غير إنزيمية، ما يدعم فكرة أن طريقة التحلل تؤثر في نمط النواتج وليس فقط في كمية المادة المتحللة [5].

مقارنة تقنية بين مسارات إنتاج مكونات الأحماض الأمينية

لا يعمل الإنزيم في فراغ؛ فهو أحد الخيارات المستخدمة لتحويل مصادر البروتين إلى مكونات أصغر. الجدول التالي يوضح موقع التحلل الإنزيمي مقارنةً بمسارات أخرى تُذكر في الأدبيات الخاصة بإنتاج الببتيدات والأحماض الأمينية من مواد عضوية.

المسار	المبدأ العام	طبيعة النواتج المتوقعة	ملاءمته لأسمدة أحماض أمينية ذائبة في الماء	ملاحظة تقنية
التحلل الإنزيمي	إنزيمات تكسر الروابط الببتيدية في البروتينات	ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية حرة بدرجات مختلفة	مرتفعة عندما تكون المادة الخام مناسبة والتحلل مضبوطًا	يوفر انتقائية حيوية نسبيًا، وقد استُخدم لإنتاج مركزات أحماض أمينية من الطحالب الدقيقة [2]
التحلل الذاتي أو الحمضي	تفكيك البروتينات عبر ظروف كيميائية أو نشاط داخلي للمادة	خليط قد يحتوي على أحماض أمينية ونواتج جانبية متفاوتة	ممكن، لكن الانتقائية والتحكم في النواتج قد يكونان مختلفين	مقارنات على أحشاء أسماك السلمون المرقط درست اختلاف إطلاق الأحماض الأمينية بين المسارات الإنزيمية وغير الإنزيمية [6]
الماء تحت الحرج أو المعالجات الحرارية المائية	استخدام ماء في حالة تفاعلية خاصة لتفكيك المواد العضوية	ببتيدات صغيرة وأحماض أمينية منخفضة الوزن الجزيئي مع مكونات أخرى	مفيد بحثيًا وصناعيًا في بعض المخلفات، لكنه يختلف عن مسار الإنزيم من حيث طبيعة التشغيل	أظهرت دراسة على مسحوق السمك إنتاج ببتيدات صغيرة وأحماض أمينية منخفضة الوزن الجزيئي بهذه الطريقة [7]
التخمر والمعالجة الحيوية المختلطة	كائنات دقيقة وإنزيمات داخلية وخارجية تعمل على المادة	أحماض أمينية، ببتيدات، أحماض عضوية ومركبات ثانوية	قد يكون مناسبًا لمنتجات حيوية معقدة، لكنه أقل بساطة في ضبط النواتج	التخمر الهوائي الحراري للأسمدة العضوية ارتبط بتكوين الدبال ونشاط إنزيمات التربة في دراسة حديثة [8]

توضح المقارنة أن التحلل الإنزيمي مناسب عندما يكون الهدف إنتاج مادة أكثر ذوبانية مع درجة من التحكم في تفكيك البروتين. أما المسارات الأخرى فقد تكون مفيدة في تدوير المخلفات أو إنتاج مواد عضوية معقدة، لكنها لا تمنح بالضرورة نفس درجة التوجيه الجزيئي نحو ببتيدات وأحماض أمينية قابلة للدمج في تركيبة سماد مائي.

ما الذي تضيفه الأحماض الأمينية زراعيًا؟

الأحماض الأمينية في الأسمدة ليست مجرد مصدر عضوي للنيتروجين. هي جزيئات صغيرة تحتوي على مجموعات أمينية وكربوكسيلية، ويمكن أن تدخل في مسارات بناء البروتينات والإنزيمات النباتية والمركبات الدفاعية. كما يمكن لبعضها أن يرتبط بإشارات الإجهاد أو تنظيم الأيض، وإن كان تأثير ذلك في الحقل يعتمد بشدة على المحصول، ومرحلة النمو، وطريقة الإضافة، والتربة، وباقي برنامج التسميد [1].

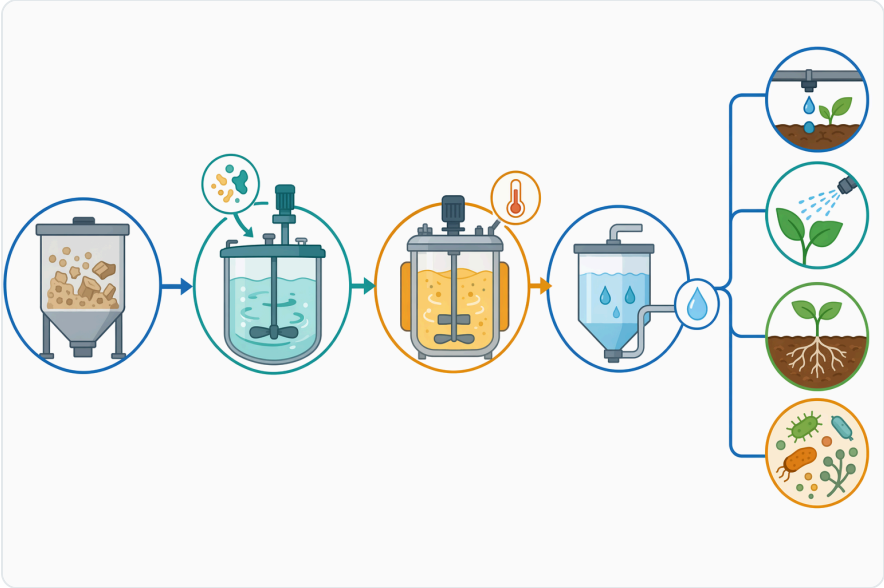

Figure 3. 수용액 효소 처리는 미네랄 및 아미노산 성분이 수용성 비료 배합물로 최종 조정되기 전에 특정 유기 영양분 분획을 전환할 수 있다.

في الفلفل الحار من صنف "Hangjiao No.2"، درست تجربة تأثير إضافة تراكيز مختلفة من سماد أحماض أمينية ذائب في الماء إلى التربة على الخصائص الفسيولوجية والإنتاجية والجودة. أهمية هذه الدراسة أنها تتعامل مع سماد أحماض أمينية ذائب في الماء ضمن محصول بستاني فعلي، وليس مع مركب كيميائي معزول في المختبر، ما يجعلها أقرب إلى الأسئلة التطبيقية التي يهتم بها مستخدمو هذه الفئة من المنتجات [9].

كما درست أعمال على الكرنب كفاءة سماد حيوي ذائب في الماء يحتوي على أحماض أمينية، وهو مثال آخر على استخدام هذه الفئة ضمن الخضروات الورقية. مثل هذه الدراسات لا تعني أن كل تركيبة ستنتج النتيجة نفسها، لكنها تدعم وجود اهتمام تجريبي بزراعة الخضروات باستخدام أسمدة أحماض أمينية ذائبة في الماء باعتبارها جزءًا من برامج تغذية أوسع [10].

في المحاصيل الحقلية، تُستخدم الأسمدة الذائبة في الماء عمومًا لتحسين انتظام وصول العناصر إلى النبات، خصوصًا عندما تُدار التغذية عبر الري أو التطبيقات المتكررة. دراسة على الدخن الإصبعي تناولت أثر سماد NPK ذائب في الماء على النمو والإنتاج وامتصاص المغذيات، وهي لا تخص الأحماض الأمينية مباشرة، لكنها توضح لماذا تكون الذوبانية وسهولة الإمداد عاملين مهمين في تصميم الأسمدة الحديثة [11].

العلاقة بين الإنزيم، الرايزوسفير، وكفاءة المغذيات

عندما تُستخدم أسمدة أحماض أمينية ذائبة في الماء في التربة، فإن تأثيرها لا يقتصر على الورقة أو الجذر كعضو نباتي منفرد. منطقة الرايزوسفير — وهي النطاق المحيط بالجذور — تحتوي على مجتمع ميكروبي يتأثر بالإفرازات الجذرية والمواد العضوية القابلة للذوبان. الأحماض الأمينية والببتيدات القصيرة قد تصبح جزءًا من هذا النظام الغذائي الميكروبي، ما يربط المنتج النهائي بوظائف التربة وليس بتغذية النبات فقط.

تؤكد مراجعات إدارة المغذيات أن ذوبان العناصر، وخصوصًا الفوسفور، يتأثر بقوة بالنشاط الميكروبي وبقدرة الكائنات الدقيقة على تحويل الصور غير المتاحة إلى صور يمكن للنبات الاستفادة منها. لذلك فإن تطوير أسمدة عضوية ذائبة أو مكونات محفزة للنشاط الحيوي في التربة يجب أن يُفهم ضمن شبكة أوسع تشمل النبات، الميكروبات، المادة العضوية، ومخزون العناصر في التربة [12].

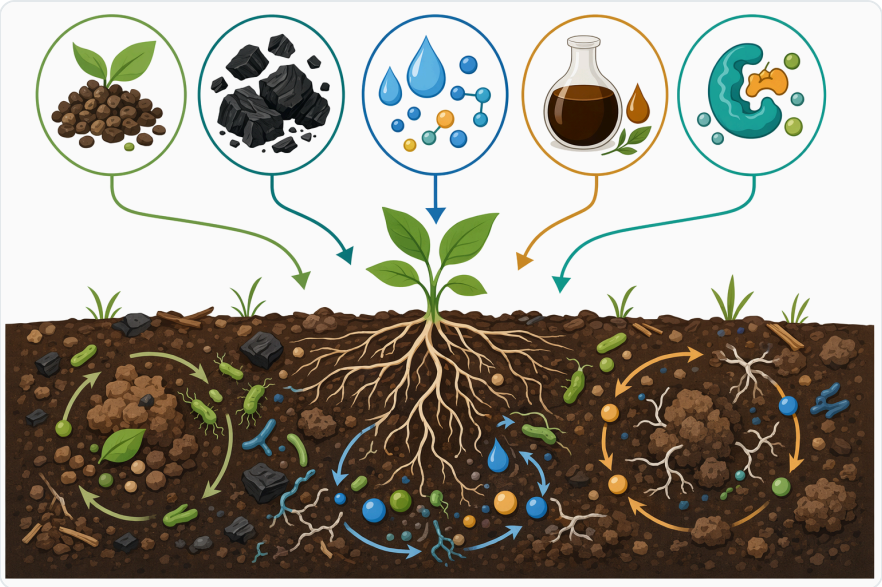

Figure 4. 비료의 성능은 토양 효소, 유기 탄소, 미생물, 뿌리, 영양소 형태가 관여하는 생화학적 순환과 관련되어 있다.

في الأراضي المتأثرة بالملوحة أو القلوية، تناولت دراسات حديثة استخدام محسّنات للتربة مع أسمدة ذائبة في الماء لتحسين نمو المراعي أو الأعلاف في ظروف إجهاد ملحي. هذه الدراسات لا تثبت أن إنزيم أحماض أمينية وحده يعالج الملوحة، لكنها تبرز أهمية التركيبات القابلة للذوبان والمدخلات العضوية/المعدلة في نظم إدارة التربة الصعبة [13].

تطبيقات المنتج في سلسلة تحضير الأسمدة

تحضير مستخلصات بروتينية أكثر ذوبانية

التطبيق الأكثر مباشرة هو استخدام الإنزيم لمعالجة مواد بروتينية نباتية أو ميكروبية أو بحرية بهدف إنتاج مستخلص غني بالببتيدات والأحماض الأمينية. في هذا السياق، يعمل الإنزيم كأداة تحويل، حيث يساعد على نقل المادة من حالة خام ذات ذوبان محدود إلى مكوّن يمكن مزجه بصورة أسهل في الماء أو في تركيبات سمادية سائلة.

يمكن أن تكون هذه الخطوة مفيدة عند التعامل مع مصادر عضوية متفاوتة، لأن الإنزيم يقلل جزءًا من التباين المرتبط بحجم البروتينات وتجمعها. ومع ذلك، تبقى المادة الخام عاملًا حاسمًا؛ فمصدر غني بالدهون أو الأملاح أو الألياف سيعطي تحديات مختلفة عن مصدر بروتيني أنظف. الأدبيات على التحلل الإنزيمي لبروتينات الصويا توضح أن البنية الأصلية للمادة تؤثر في الوظائف النهائية للمنتج المتحلل [3].

دعم تركيبات الرش الورقي

في الرش الورقي، تكون الذوبانية والتجانس مهمين جدًا لأن المنتج يحتاج إلى الانتشار على سطح الورقة دون ترسيب أو انسداد. الأحماض الأمينية والببتيدات القصيرة قد تكون مناسبة لهذا النوع من التركيبات عندما تُصمم ضمن نظام تغذية متوازن. لا يعني ذلك أن الإنزيم يُرش بالضرورة على النبات؛ غالبًا ما تكون قيمته في تحضير المكوّن العضوي الذي يدخل لاحقًا في المنتج النهائي.

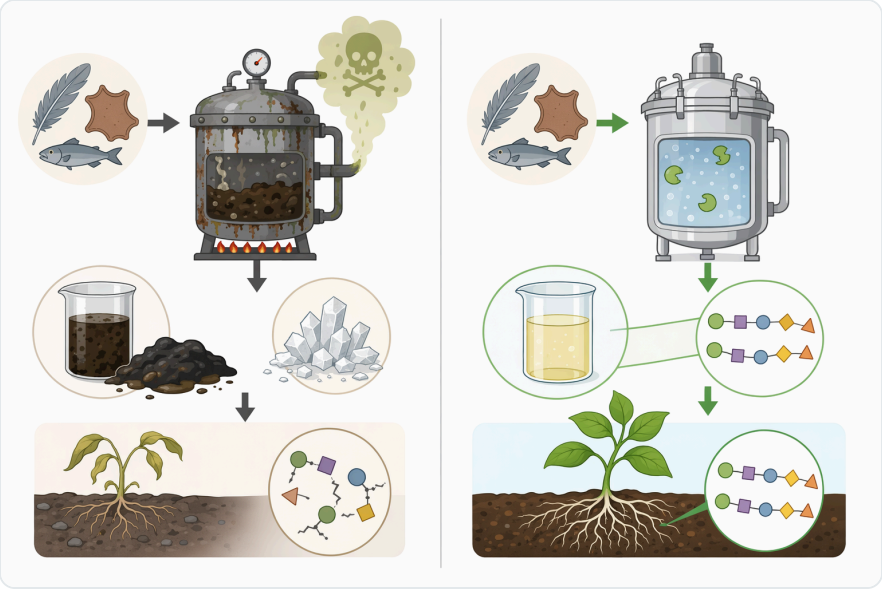

Figure 5. 무기염, 아미노산 원료, 촉매 효소, 휴믹 물질, 바이오차 개량제는 각 .각의 주요 기능과 작용 메커니즘이 다르다

دعم التسميد عبر الماء

في أنظمة الري والتسميد مع الماء، تصبح قابلية الذوبان شرطًا عمليًا لا مجرد ميزة تسويقية. المادة غير المتجانسة قد تتوزع بشكل غير منتظم، بينما يسمح المكوّن المتحلل إنزيميًا بتصميم محلول أكثر استقرارًا. ويأتي ذلك ضمن اهتمام أوسع بالأسمدة الذائبة في الماء في محاصيل متعددة، بما في ذلك دراسات تناولت تحسين النمو وامتصاص المغذيات باستخدام أسمدة ذائبة في الماء [11].

الدمج مع مواد عضوية وظيفية

قد تُدمج مكونات الأحماض الأمينية مع أحماض دبالية أو مستخلصات عضوية أو عناصر صغرى بحسب هدف التركيبة. المواد الدبالية الناتجة من معالجة المخلفات العضوية، مثل الهيدروشار أو الأسمدة العضوية المعالجة، درست لارتباطها بتحسين خصائص التربة وتكوين مواد دبال أكثر استقرارًا، ما يجعلها جزءًا مهمًا من التفكير في الأسمدة الحيوية والعضوية الحديثة [14].

حدود الأداء وما ينبغي عدم افتراضه

أول حد مهم هو أن الإنزيم ليس ضمانًا لجودة السماد النهائي. جودة المنتج النهائي تعتمد على مصدر البروتين، نقاوة المادة، مستوى التحلل، المكونات المضافة، الاستقرار أثناء التخزين، وطريقة التطبيق الزراعي. لذلك، يمكن القول إن الإنزيم يدعم عملية التحويل، لكنه لا يلغي الحاجة إلى تصميم تركيبة مناسبة ولا يحول أي مادة عضوية عشوائية إلى سماد عالي الأداء.

الحد الثاني أن الأدلة الزراعية المتاحة تركز غالبًا على **أسمدة الأحماض الأمينية النهائية** أو **المحفزات الحيوية**، وليس دائمًا على الإنزيم التجاري المستخدم في إنتاجها. مراجعة الأحماض الأمينية كسماد تشير إلى إمكانات واسعة، لكنها في الوقت نفسه تضع هذا المجال ضمن بحث متطور يحتاج إلى ربط أوضح بين التركيب الكيميائي، طريقة التطبيق، واستجابة المحصول [1].

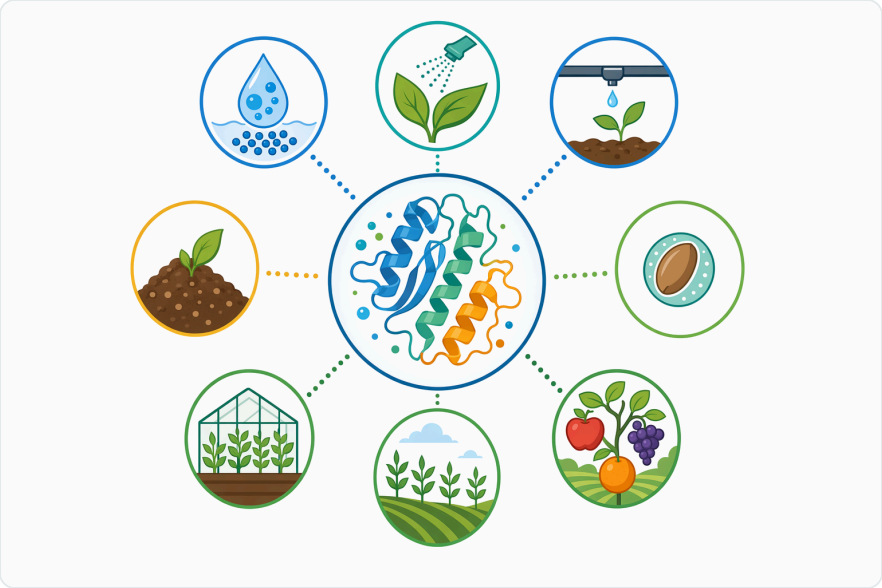

Figure 6. 이 효소는 수용성 가공, 아미노산 배합, 유기 원료의 고도화, 또는 시설 재배 영양 관리에서 유기 인 전환이 필요한 경우에 가장 적합하다.

الحد الثالث أن تأثير الأحماض الأمينية قد يختلف بين الرش الورقي والتسميد الأرضي. في الرش، يكون الامتصاص السطحي والانتقال داخل النبات عاملين مهمين؛ وفي التربة، تتدخل الميكروبات، المادة العضوية، pH التربة، الملوحة، والمنافسة بين الجذور والكائنات الدقيقة على المركبات العضوية الصغيرة. لذلك لا يصح نقل نتيجة من محصول أو بيئة إلى أخرى دون تحفظ.

الحد الرابع يتعلق بالمبالغة في وصف "الطبيعية". التحلل الإنزيمي مسار حيوي ولطيف نسبيًا مقارنة ببعض المسارات القاسية، لكنه يظل عملية تقنية تحتاج إلى ضبط. كما أن كون المنتج مشتقًا من مادة عضوية لا يعني تلقائيًا أنه مناسب لكل محصول أو كل توقيت أو كل نظام زراعي. المعنى العملي هو أن الإنزيم يساعد على إنتاج مكون عضوي قابل للاستخدام، لا أنه يختصر كل قرارات الإدارة الزراعية.

اعتبارات السلامة والتداول الفني

ينبغي التعامل مع الإنزيم كمادة فعالة حيويًا، وليس كمسحوق خامل. الإنزيمات بطبيعتها بروتينات قادرة على التفاعل مع ركائز محددة، وقد تتأثر بظروف التخزين والتداول والرطوبة والمواد المؤكسدة أو المثبطة. لذلك تكون وثائق السلامة والتعريف بالدفعة جزءًا أساسيًا من الاستخدام المهني، خصوصًا عند إدخال المنتج في بيئة تحضير أو تركيب.

لا توجد حاجة إلى افتراض مواصفات تشغيل عامة تصلح لكل حالة؛ فكل مادة خام وكل تركيبة لها سلوك مختلف. ما يمكن قوله بثقة هو أن التحلل الإنزيمي يتطلب تلامسًا كافيًا بين الإنزيم والركيزة، وسطًا يسمح بالحركة الجزيئية، وتجنب ظروف قد تعطل البروتين الإنزيمي. وتدعم الدراسات التي تقارن مسارات التحلل المختلفة فكرة أن طريقة المعالجة تؤثر في نواتج الأحماض الأمينية والببتيدات، وليس فقط في سرعة التفكيك [6].

دور Enzymes.bio وتوفر المنتج

تعمل **Enzymes.bio** كمورّد عبر الإنترنت للإنزيمات، وليست جهة مصنّعة ولا مختبر تطوير. المنتج متاح للشراء المباشر بوحدة **1 kg**، وتُرفق مع الطلب وثائق مثل **CoA** و**SDS** لدعم التعرف على الدفعة ومراجعة معلومات السلامة والتداول. وجود هذه الوثائق يساعد المستخدم المهني على ربط المنتج المستلم ببياناته الأساسية دون أن يعني ذلك أن Enzymes.bio تقدم خدمات تصنيع أو تطوير مخبري مخصصة .

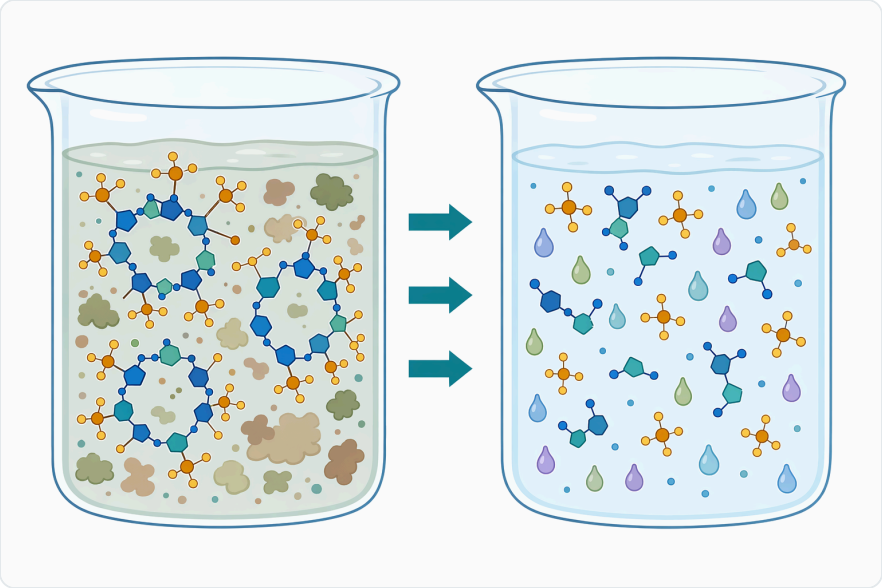

Figure 7. 효소 처리는 피틴산을 함유한 혼합물을 더 작은 인 중간체와 방출된 .인산염 쪽으로 전환시킨다

يندرج هذا النوع من المنتجات ضمن فئة إنزيمات التربة والمحاصيل أو التحضيرات الحيوية المرتبطة بالتطبيقات الزراعية. عند استخدامه في سلسلة تصنيع أو تحضير سماد أحماض أمينية ذائب في الماء، ينبغي النظر إليه كمكوّن مساعد في المعالجة الحيوية، بينما تبقى مسؤولية تصميم السماد النهائي وتوافقه التنظيمي والزراعي مرتبطة بالتركيبة الكاملة وطريقة استخدامها في السوق المستهدف .

خلاصة تقنية

Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme هو أداة إنزيمية موجهة لتحويل المواد البروتينية إلى ببتيدات وأحماض أمينية أكثر ذوبانية، بما يدعم تحضير أسمدة أحماض أمينية ذائبة في الماء أو تحسين مكونات عضوية قابلة للدمج في التركيبات الزراعية. آليته الأساسية هي كسر الروابط الببتيدية وتقليل حجم الجزيئات، مما يحسن الذوبان والتجانس ويجعل المادة الخام أقرب إلى متطلبات الرش الورقي أو التسميد عبر الماء.

الدليل العلمي الأقوى يدعم مبدأين مترابطين: أولًا، التحلل الإنزيمي قادر على إنتاج أحماض أمينية وببتيدات من مصادر بروتينية متنوعة؛ وثانيًا، أسمدة الأحماض الأمينية الذائبة في الماء تُدرس بصورة متزايدة في المحاصيل بسبب آثارها المحتملة في النمو والجودة وكفاءة التغذية [2]. ومع ذلك، يبقى الأداء النهائي مشروطًا بالمادة الخام،

تصميم التركيبة، نظام التطبيق، والمحصول، ولذلك يجب تقديم الإنزيم كعامل تحويل تقني موثوق لا كوعد مطلق بنتيجة زراعية ثابتة في كل الظروف.

اطلب Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme عبر الإنترنت

يُباع بوحدة 1 kg، وهو متوفر في المخزون وجاهز للشحن. اطلب مباشرة من متجرنا — ادفع عبر الإنترنت وسنعالج طلبك. تُرفق شهادة التحليل ونشرة بيانات السلامة مع كل طلب.

اشترِ Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme →

المراجع

مرقّمة حسب ترتيب أول اقتباس. مصادر مفتوحة الوصول، تم التحقق من إتاحتها عند النشر؛ وترتبط أرقام الاستشهاد في النص هنا.

1. Bryant, R. B. (2025). Amino acids as fertilizer for agronomic crops: The next green revolution?. *Agronomy Journal*.
2. García, J. M. R., Fernández, F. G. A., & Sevilla, J. M. F. (2012). Development of a process for the production of L-amino-acids concentrates from microalgae by enzymatic hydrolysis.. *Bioresource Technology*, 112, 164-70.
3. Li, Q., Chang, B., Huang, G., Wang, D., Gao, Y., Fan, Z., Sun, H., ... et al. (2025). Differential Enzymatic Hydrolysis: A Study on Its Impact on Soy Protein Structure, Function, and Soy Milk Powder Properties. *Foods*, 14.
4. Ren, Y., & Li, L. (2022). The influence of protease hydrolysis of lactic acid bacteria on the fermentation induced soybean protein gel: Protein molecule, peptides and amino acids.. *Food Research International*, 156, 111284.
5. Ojha, K. S., Álvarez, C., Kumar, P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. (2016). Effect of enzymatic hydrolysis on the production of free amino acids from boarfish (Capros aper) using second order polynomial regression models. *Lwt - Food Science and Technology*, 68, 470-476.
6. Domínguez, H., Iñarra, B., Labidi, J., Mendiola, D., & Bald, C. (2024). Comparison of amino acid release between enzymatic hydrolysis and acid autolysis of rainbow trout viscera. *Heliyon*, 10.
7. Barea, P., Melgosa, R., Illera, A. E., Alonso-Riaño, P., Cerio, E. D., Benito-Román, Ó., Beltrán, S., ... et al. (2023). Production of small peptides and low molecular weight amino acids by subcritical water from fish meal: Effect of pressurization agent.. *Food Chemistry*, 418, 135925.
8. Xu, H., Wang, S., Jiang, N., Xie, H., Chen, Z., Zhang, Y., & Li, S. (2024). Organic fertilizer prepared by thermophilic aerobic fermentation technology enhanced soil humus and related soil enzyme activities. *Soil use and management*, 40.
9. Bakpa, E. P., Xie, J., Zhang, J., Han, K., Ma, Y., & Liu, T. (2021). Influence of soil amendment of different concentrations of amino acid water-soluble fertilizer on physiological characteristics, yield and quality of

."Hangjiao No.2" Chili Pepper. *PeerJ*, 9

10. Sheng, C. (2013). Study of Fertilizer Efficiency about AOJIE Biological Water-soluble Fertilizer Containing Amino Acid on Cabbage.

11. Senthilkumar, N., & Gokul, G. (2020). Effect of NPK Water-soluble Fertilizer on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Finger Millet. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*.

12. García-Berumen, J. A., Torre, J. A. F., Santos-Villalobos, S., Espinoza-Canales, A., Echavarría-Cháirez, F., & Gutiérrez-Bañuelos, H. (2024). Phosphorus dynamics and sustainable agriculture: The role of microbial solubilization and innovations in nutrient management. *Current Research in Microbial Sciences*, 8.

13. Zhao, S., Liu, G., Xiong, J., Chang, D., Li, Y., Wang, W., Chang, H., ... et al. (2024). Evaluation of hydrochar-derived modifier and water-soluble fertilizer on saline soil improvement and pasture growth. *Scientific Reports*, 14.

14. Wang, L., Chi, Y., Du, K., Zhou, Z., Wang, F., & Qun-Huang (2022). Hydrothermal treatment of food waste for bio-fertilizer production: Formation and regulation of humus substances in hydrochar.. *Science of the Total Environment*, 155900 .

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

البريد الإلكتروني **wholesale@enzymes.bio** الهاتف (الولايات المتحدة) **+1 (507) 428-6057**

تواصل معنا →

+400 عملاء B2B **+60** شركاء بحثيون جامعيون **54** نخدم العملاء حول العالم

© 2026 Enzymes.bio · توريد إنزيمات صناعية & لمعالجة الأغذية · غير مخصص للاستهلاك البشري أو البيع بالتجزئة.