

Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme：水溶性胺基酸肥料製程用酵素與蛋白水解應用

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme 是用於水溶性胺基酸肥料製程的酵素產品類型，主要目的在於協助將蛋白質性原料水解為較易溶解、較易被配方利用的短肽與游離胺基酸。這類酵素的核心應用不是直接「替代肥料」，而是作為蛋白水解與有機氮資源轉化的製程輔助材料，支援葉面肥、滴灌營養液、有機液肥與生物刺激素配方開發。

Enzymes.bio 供應此類土壤與作物應用酵素，產品以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是實驗室。

產品定位：不是單一肥料，而是胺基酸水溶肥的蛋白水解工具

「Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme」可理解為水溶性胺基酸肥料製程中使用的酵素型加工助劑。其主要功能是催化蛋白質原料的肽鍵水解，使大分子蛋白逐步轉為較小分子的胜肽、寡肽與游離胺基酸；這些水解產物再作為水溶性肥料、葉面營養配方、滴灌配方或有機質肥料配方中的含氮成分。植物蛋白的酵素水解已被廣泛討論為改善溶解性、分散性與功能特性的技術路徑，尤其適合把原本難以直接進入水溶性配方的蛋白來源轉為可調配物料。^[1]

從 B2B 應用角度看，此產品適合的是「需要把蛋白質原料轉成可溶性胺基酸 / 短肽原料」的企業，而不是單純尋找 NPK 肥料替代品的使用者。常見情境包括植物蛋白副產物、食品加工殘餘蛋白、發酵副產物流、藻類或其他含氮有機原料的再利用；其商業價值在於提高原料利用率、改善水溶性、降低配方沉澱風險，並支援較溫和的生物轉化流程。脈衝豆類、南瓜籽、浮萍與紅藻等蛋白來源的酵素水解研究都顯示，不同原料經蛋白水解後可形成具有不同溶解性與生物活性的水解物，這也是肥料與生物刺激素配方開發時關注的基礎。^[2]

主要應用：水溶性胺基酸肥料、葉面肥與循環有機氮原料

第一類應用是水溶性胺基酸肥料原料製備。蛋白質原料若未充分水解，常出現溶解度不足、懸浮不均、過濾困難、儲存中沉澱或滴灌設備相容性差等問題；透過酵素處理，可把部分不溶或難溶的蛋白質轉為短肽與胺基酸，使其更容易進入液體肥料、粉體即溶肥或濃縮液配方。食品蛋白水解研究指出，酵素水解能改變蛋白質結構並提升多項技術功能性，包括溶解性與界面性質，這些變化對水溶性肥料配方同樣具有製程意義。^[2]

第二類應用是葉面肥與滴灌配方的有機氮補充。胺基酸與短肽不是單純的氮含量來源，也可能影響作物在逆境下的滲透調節、抗氧化反應、氮同化與根際微生物互動。不過，這類效果高度依賴作物、施用時期、環境壓力與配方組成，不能把所有胺基酸水溶肥都視為具有相同效果。近年關於胺基酸型生物刺激素在花卉與花生等作物上的研究，顯示胺基酸基配方可與生長、產量或品質指標相關，但結果仍需放在特定作物與管理條件下解讀。^[3]

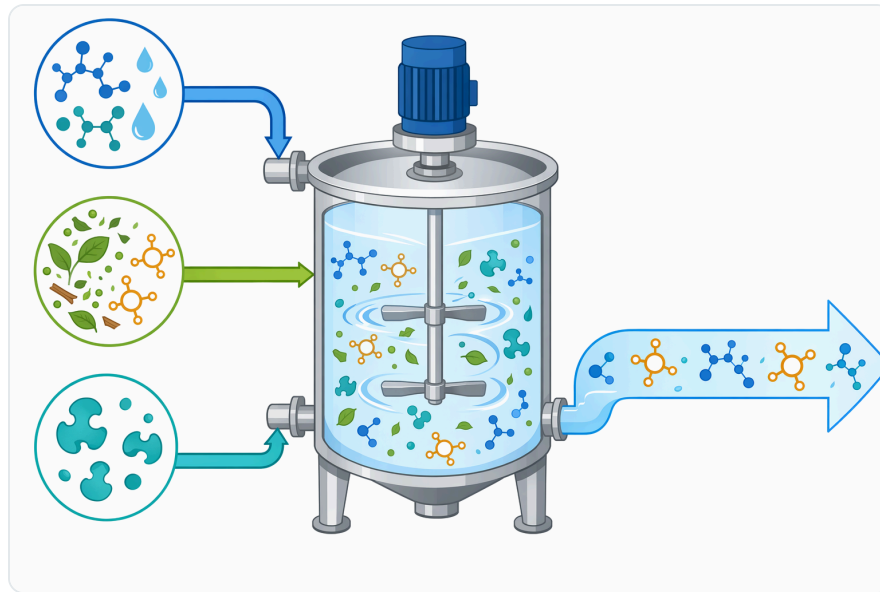


Figure 1. 該酵素位於胺基酸型水溶性養分與有機磷轉化的交會處，作為催化性加工成分。

第三類應用是有機副產物升值與循環經濟。蛋白質副產物若直接處置，可能造成高有機負荷、異味、腐敗或水處理壓力；若經適當前處理與酵素水解，則可被轉為含胺基酸與短肽的液態或粉態中間原料，用於下游肥料配方。這個方向與農業投入品市場對資源再利用、低廢棄物製程與有機質營養管理的需求相符；但原料來源、污染物、鹽分與法規限制仍是最終產品能否商業化的關鍵。^[4]

作用機制：蛋白酶水解肽鍵，形成短肽與游離胺基酸

此類產品的技術核心通常圍繞蛋白質水解。蛋白質由胺基酸以肽鍵連接而成，分子量大、結構複雜，常因摺疊、疏水區域、交聯或與脂質 / 纖維結合而不易溶解。蛋白酶與相關肽酶可選擇性切割肽鍵，使長鏈蛋白降解為較短片段，降低分子尺寸並暴露親水基團，因而改善分散與溶解表現。食品蛋白研究中，酵素水解常被用來調整蛋白質功能性與形成肽組成不同的水解物，這正是其可被移植到肥料原料加工的機理基礎。^[1]

水解程度會影響最終產品特性。水解不足時，配方可能仍有沉澱、混濁或過濾困難；水解過度時，游離胺基酸比例提高，但部分肽特性、風味氣味、吸濕性或配方穩定性也可能改變。酵素水解豆類蛋白的研究顯示，不同酵素與底物組合會改變水解物中聚集、氫鍵作用與不溶性組分形成的傾向，代表同一套流程套用到不同蛋白原料時，終端表現可能差異很大。^[5]

短肽與胺基酸進入肥料配方後，可能扮演三種角色：其一是可溶性有機氮來源；其二是與微量元素形成較穩定的配位或複合狀態，協助配方均勻性；其三是在特定條件下作為生物刺激素成分，影響植物代謝或逆境反應。植物氮吸收與同化並非單一步驟，而涉及硝酸鹽、銨態氮、有機氮運輸、酵素同化與碳氮平衡；相關研究顯示，植物的氮吸收效率與氮同化酵素活性密切相關，因此胺基酸型投入品的效果應放在整體營養管理框架中評估。^[6]

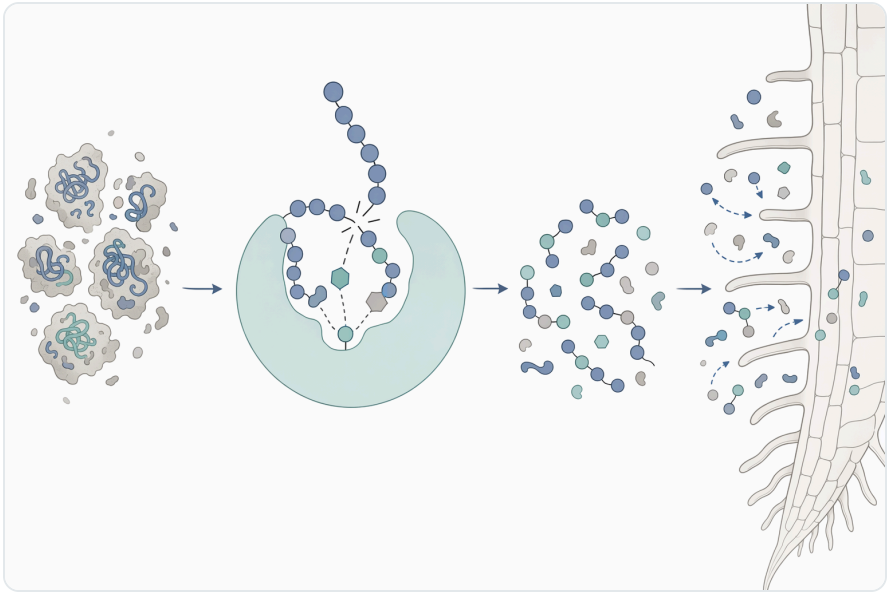


Figure 2. 水解作用會逐步從植酸類基質上移除磷酸基，而不只是溶解既有的鹽類。

酵素水解與其他蛋白轉化路徑比較

轉化路徑	主要原理	優勢	限制	適合情境
酵素水解	以蛋白酶 / 肽酶切割肽鍵，生成短肽與胺基酸	條件相對溫和、可降低過度降解風險、較利於保留部分胜肽結構	對原料組成、pH、溫度、鹽分與抑制物敏感；不同批次原料需調整流程	水溶性胺基酸肥料、葉面肥、滴灌配方原料
酸 / 鹼化學水解	以強酸或強鹼破壞蛋白結構與肽鍵	反應強、處理速度可控、對部分複雜原料穿透力高	可能造成胺基酸降解、鹽負荷增加、後處理壓力較高	對成本與快速分解優先、且可承擔後處理的製程
發酵或自然分解	微生物群分解蛋白與有機質	可結合有機質熟化與微生物代謝產物	反應時間長、組成波動大、氣味與衛生風險需管理	堆肥、有機液肥熟化、低速資源化處理

轉化路徑	主要原理	優勢	限制	適合情境
直接使用未水解蛋白	不經水解或僅簡單粉碎 / 萃取	流程簡單、成本低	溶解性與吸收效率受限，沉澱與堵塞風險較高	土壤長效有機質補充，較不適合高澄清度水溶肥

相較於強酸或強鹼水解，酵素水解的優勢在於反應較具選擇性，通常可在較溫和條件下進行，降低部分不必要副反應。這並不代表酵素法必然較便宜或在所有原料上都更有效；它的價值主要來自對水解物組成、配方穩定性與環境負荷的平衡。近年食品蛋白與生物活性胜肽領域的綜述指出，酵素水解搭配不同加工技術，可提高特定胜肽或抗氧化水解物的產製效率，顯示酵素法在保留功能性片段方面具有明確技術基礎。^[7]

原料因素：植物蛋白、動物副產物與高鹽有機液的差異

蛋白來源會強烈影響水解效率。植物蛋白常伴隨纖維、多酚、澱粉或脂質；動物性副產物可能含脂肪、膠原、礦物質或較高微生物負荷；發酵副產物流則可能帶有鹽分、代謝物或細胞壁碎片。這些成分會影響酵素接觸蛋白的機會，也會改變水解物的顏色、氣味、黏度與沉澱傾向。以南瓜籽蛋白水解物為例，研究顯示不同水解方式會造成物化性質與抗氧化表現差異，說明原料與處理條件共同決定最終水解物品質。^[8]

若目標是製成水溶性肥料，前端原料處理通常比單純增加酵素用量更重要。過多油脂可能形成乳化層或抑制蛋白接觸；過多不溶纖維會增加黏度與過濾負擔；高鹽或極端 pH 會影響酵素構形與催化效率。紅藻等非傳統蛋白資源的研究也顯示，鹼處理與酵素水解可用於萃取與轉化生物活性成分，但不同生物質需要不同條件組合，不能假設單一流程適用所有原料。^[9]

胺基酸水溶肥的農業意義：營養吸收、逆境調節與品質形成

胺基酸水溶肥受到關注，主要是因為它不只提供有機氮，也可能參與植物逆境反應。熱逆境、鹽分壓力、乾旱或重金屬壓力都會干擾植物對氮、磷、鉀、鈣、鎂與微量元素的吸收、運輸與同化；營養管理若能改善離子平衡、抗氧化狀態或根系活力，就可能間接提升作物表現。熱逆境下植物營養吸收與運輸會受到顯著影響，這使得可快速進入代謝或調節路徑的有機氮成分在逆境管理中具有研究價值。^[10]

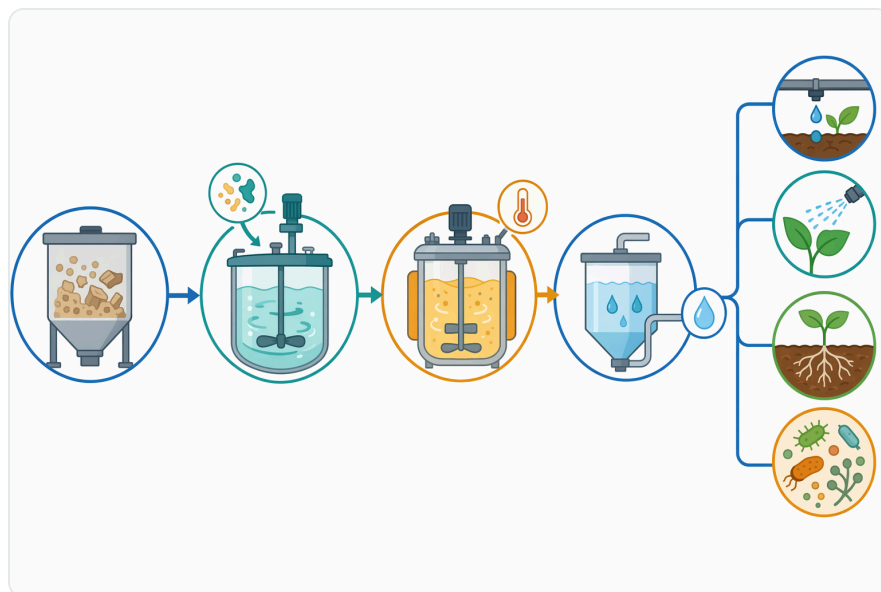


Figure 3. 水相酵素處理可在礦物質與胺基酸成分最終調配為水溶性肥料之前，先轉化特定的有機養分組分。

不過，胺基酸肥料不是「越多越好」。植物對外源胺基酸與短肽的反應取決於濃度、施用部位、作物生育期、環境壓力與其他肥料搭配；若配方鹽分高、pH 不適合或施用時機錯誤，可能無法得到預期效果。腐植酸基肥料在馬鈴薯上的葉面施用研究指出，這類非傳統營養配方可影響產量、品質與養分利用效率，但效果仍與施肥系統和作物狀態相關，這同樣適用於胺基酸基配方的解讀。^[11]

在根際層面，胺基酸與有機質水解物可能影響微生物活性與養分循環。土壤酵素活性、微生物群落與植物養分吸收之間存在互動；肥料材料若能改善土壤酵素活性或微生物氮循環，可能帶來間接效益。幾丁聚糖—尿素奈米複合材料在馬鈴薯肥料應用中的研究顯示，肥料材料可改變土壤酵素活性與氮循環微生物動態，提醒配方開發者應把「植物—土壤—微生物」視為整體系統，而非只看單一養分含量。^[4]

證據強度：哪些主張較穩固，哪些仍需保守表述

較穩固的證據包括：蛋白質可透過酵素水解轉為短肽與胺基酸；不同水解條件會改變溶解性、分子組成與功能性；胺基酸或肽型投入品在部分作物上可與生長、產量、品質或抗逆表現相關。這些結論在食品蛋白水解、生物活性肽與農業生物刺激素研究中都有基礎，因此把 Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme 定位為「蛋白原料轉化工具」是合理且可被文獻支持的。^[12]

較需要保守表述的是：某一款水解酵素對所有原料都能得到相同胺基酸組成、某一種胺基酸肥料對所有作物都能穩定增產、或酵素法必然優於所有化學水解與發酵流程。這些主張受原料、製程、配方與田間條件影響很大。浮萍蛋白酵素水解研究顯示，同一類蛋白資源可透過水解產生具特定生物活性的分餾物，但活性與分餾條件高度相關，不能將單一實驗結果直接外推到所有作物與配方。^[13]

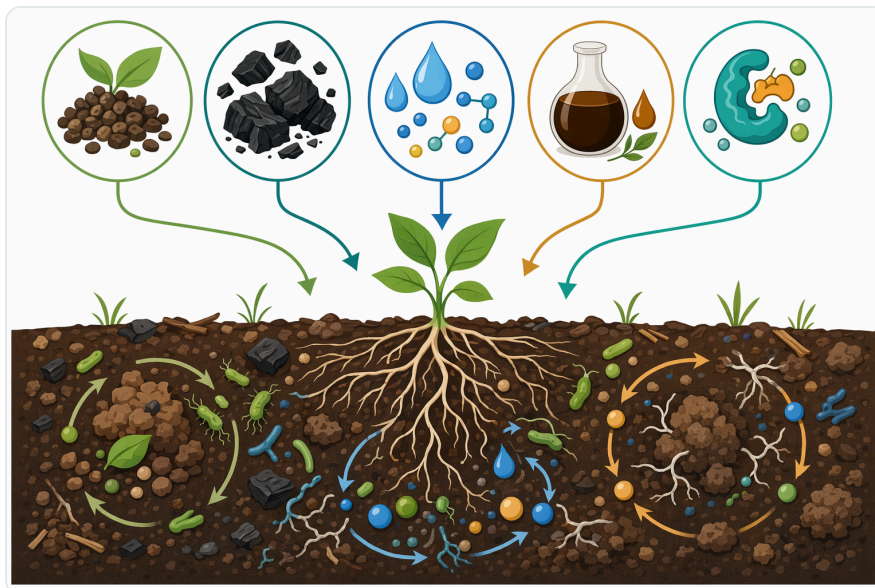


Figure 4. 肥料表現與土壤酵素、有機碳、微生物、根系及養分形態所參與的生化循環有關。

在農業效果方面，胺基酸與藻類基肥料在花卉上的應用研究反映了市場對非傳統營養與生物刺激配方的興趣，但這類研究常受到作物品種、環境與配方複合成分影響。對技術文件而言，較可靠的寫法是說明「胺基酸型配方具有改善養分管理與逆境反應的潛力」，而不是宣稱特定增產幅度或固定效果。

[14]

製程整合：從蛋白原料到水溶性肥料中間體

在實務導入上，酵素通常被放在蛋白原料轉化流程的中段：原料先經破碎、均質、去除過量油脂或粗顆粒，再進入水相懸浮或溶解階段；接著加入酵素，使蛋白質逐步分解為較小片段；反應後再依配方需求進行固液分離、濃縮、氣味調整、營養元素搭配或乾燥成粉。這是製程概念描述，不代表固定操作條件；實際條件需由使用端依原料、設備與目標產品規格建立。植物蛋白水解文獻反覆指出，底物型態與前處理會影響水解效率與功能性，因此流程設計不宜只聚焦在酵素本身。[1]

對液體水溶肥而言，後段配方穩定性尤其重要。水解液可能含有不同分子量胜肽、游離胺基酸、礦物質、鹽分、色素與殘餘不溶物；這些成分會影響澄清度、黏度、氣味、微生物穩定性與與其他肥料鹽類的相容性。酵素水解大豆與鷹嘴豆蛋白的研究指出，水解產物仍可能因氫鍵與聚集作用形成不溶性聚集體，代表水解後並不必然完全澄清，仍需依最終產品型態管理固形物與配方相容性。[5]

配方與應用場景：葉面、滴灌、有機液肥與複合型生物刺激素

葉面肥配方重視低沉澱、低堵塞、良好展著與對葉面安全的條件。胺基酸與短肽可作為有機氮與生物刺激組分，但葉面施用的安全性仍受濃度、滲透壓、pH、氣候與展著劑影響。地上部施用腐植酸基肥料於馬鈴薯的研究顯示，葉面型非傳統營養配方可能改善產量、塊莖品質與養分利用效率，這支持葉

面營養管理的研究方向，但不等於所有作物都會有一致反應。^[11]

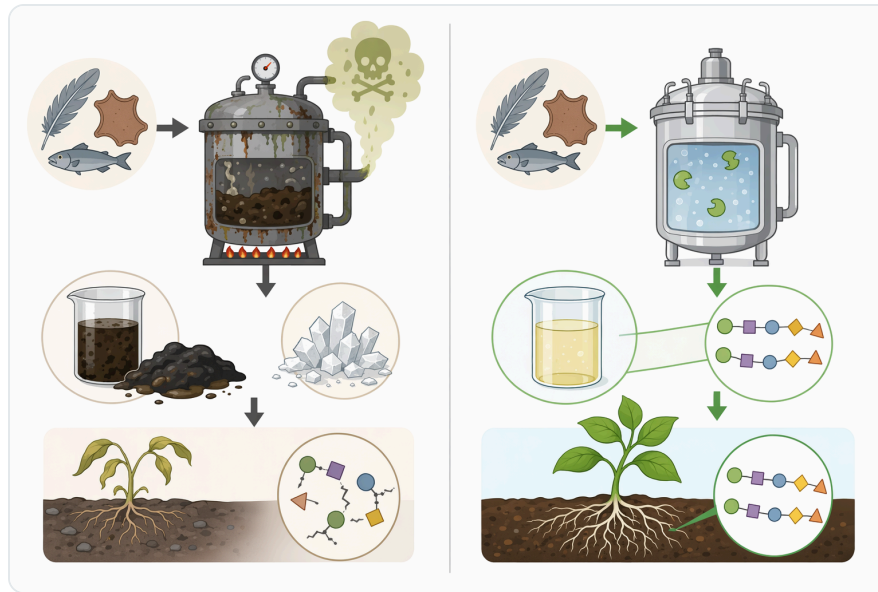


Figure 5. 礦物鹽、胺基酸原料、催化酵素、腐植質與生物炭改良材料，在主要功能與作用機制上各不相同。

滴灌與水肥一體化配方則重視溶解性、過濾性與系統相容性。若胺基酸水解物含有過多不溶物或膠體，可能造成滴頭堵塞；若與鈣、磷、鐵或其他微量元素配伍不當，也可能產生沉澱。乾旱壓力下，菌根真菌可改善植物水分狀態與養分吸收，顯示根系環境與養分可利用性對作物表現非常關鍵；胺基酸型水溶肥若要在滴灌系統中發揮價值，也必須與根際管理、灌溉制度與土壤條件整合。^[15]

複合型生物刺激素配方常把胺基酸水解物與海藻萃取物、腐植酸、微量元素或微生物代謝物搭配。這種策略的優點是可同時針對養分供應、逆境調節與根際活性；缺點是變因增加，較難判斷單一成分貢獻。鉀與腐植酸在小麥鹽分耐受上的研究顯示，離子恆定與抗氧化酵素活化可共同影響逆境表現，說明胺基酸配方若與其他營養或有機成分搭配，應以整體生理機制理解其效果。^[16]

產業效益：原料升值、溶解性改善與產品差異化

對肥料原料供應商而言，Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme 的價值在於把低價或難處理的蛋白副產物轉為較高附加價值的水溶性中間體。相較於直接出售粗蛋白粉或有機殘渣，經水解後的胺基酸 / 短肽原料更容易進入葉面肥、滴灌肥與生物刺激素市場，且可依不同作物與通路定位開發配方。近年胺基酸基化合物在多個生物技術與材料領域受到關注，反映胺基酸作為功能性分子平台的應用彈性，農業配方只是其中一個商業化方向。^[17]

對有機與循環經濟業者而言，酵素水解可作為降低廢棄物負荷與提升資源再利用率的工具。食品加工、農產加工與發酵產業常產生含蛋白副流，若能被安全、合規地轉為肥料原料，就能減少廢棄處理壓力並創造新的產品線。不過，最終肥料產品仍需符合當地肥料法規、污染物限制、原料來源規範與

標示要求；酵素處理本身不會自動消除重金屬、病原風險或禁用原料問題。^[18]

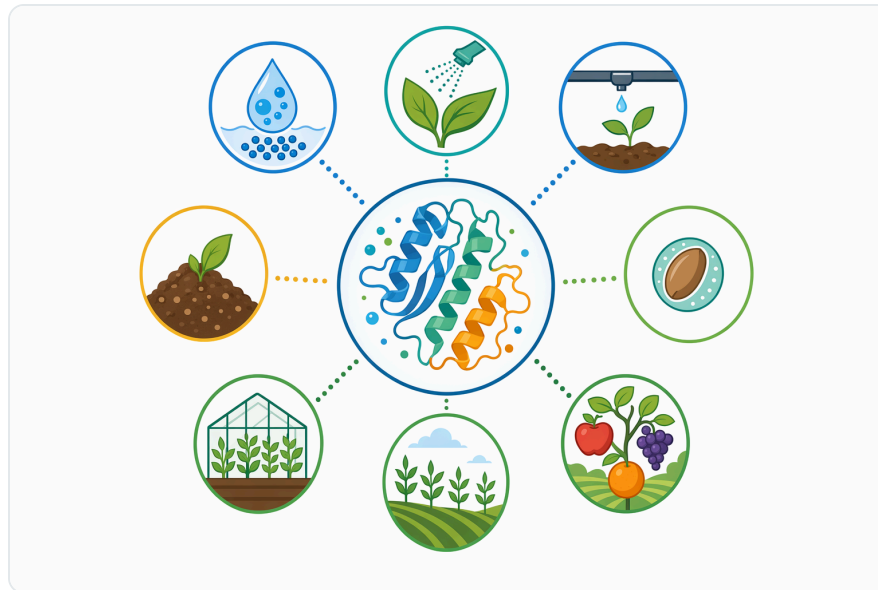


Figure 6. 在需要進行水溶性加工、胺基酸配方、有機原料升級，或受控環境營養管理中的有機磷轉化時，該酵素最具相關性。

對配方品牌而言，胺基酸水溶肥的差異化不應只建立在「含胺基酸」這個概念上，而應建立在原料來源、溶解性、穩定性、配伍性與作物應用資料上。市場上許多產品都會使用胺基酸、海藻、腐植酸或微量元素敘事，真正能支撐長期採用的，是穩定的製程控制與可重複的田間表現。關於植物營養吸收的研究已指出，光訊號、內源調控與營養利用效率之間存在複雜關係，因此任何外源營養配方都應避免過度簡化為單一因果。^[19]

使用與保存上的技術注意

此類酵素產品應被視為製程用生物催化材料，需避免長時間暴露於可能破壞蛋白質構形的極端環境，例如過高溫度、強酸強鹼、強氧化條件或不相容溶劑。由於酵素本身是蛋白質，其催化表現取決於結構是否維持；若在不適當條件下加入，可能尚未接觸底物就已失去有效作用。非催化蛋白在纖維素水解中可影響酵素與底物間的吸附與抑制作用，這提醒所有酵素製程都需重視蛋白質、底物與雜質之間的交互作用。^[20]

若水解產物後續要成為商業肥料，使用端通常會依產品設計決定是否保留或停止殘餘酵素活性。殘餘活性可能在儲存期間繼續改變肽分布、黏度或氣味；但完全失活與後處理也可能增加能耗或改變配方特性。這不是單純的好壞問題，而是取決於終端產品是否需要長期穩定、是否與微量元素或其他有機物共存，以及預期通路對外觀與氣味的要求。酵素水解技術在食品蛋白應用中的研究同樣指出，水解程度與後續加工會共同決定最終功能性。^[7]

Enzymes.bio 的供應範圍與採購情境

Enzymes.bio 提供的是酵素供應服務，適合已有原料、製程或配方開發能力的企業將其納入蛋白水解或水溶性肥料製程。產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，訂單隨附 CoA 與 SDS，以支援使用端進行內部品質、倉儲與安全管理。這裡需明確區分角色：Enzymes.bio 不是肥料成品製造商，不替客戶完成原料處理、配方登記、田間試驗或實驗室分析；最終肥料產品的合規、標示與應用資料仍由使用端依所在地法規與自身製程負責。

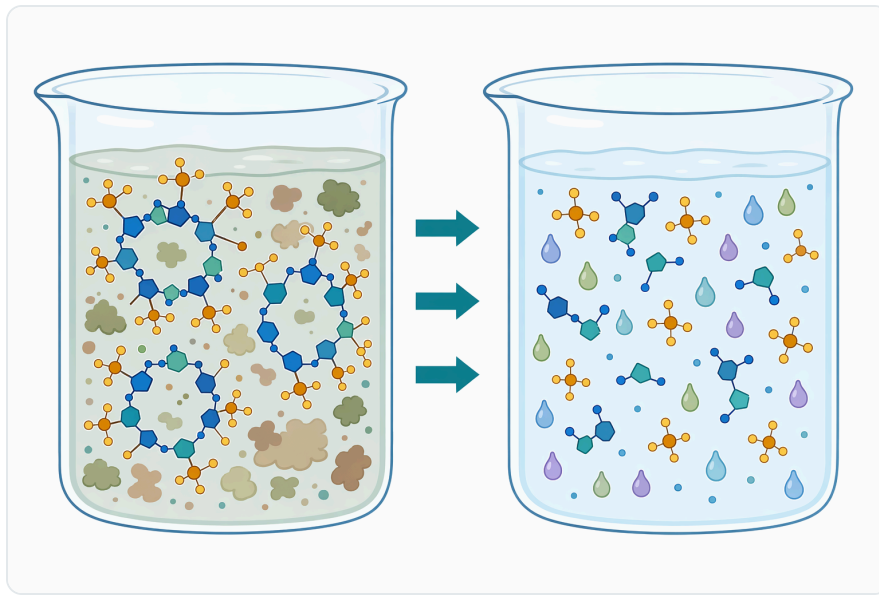


Figure 7. 酵素處理會使含植酸的混合物轉向較小的磷中間產物，並釋放出磷酸鹽。

對企業技術團隊而言，較務實的導入方式是把此產品放在「原料轉化」與「配方穩定性改善」兩個目標下評估，而不是期待單一酵素直接保證田間效果。酵素能改變蛋白原料的分子型態，但作物反應仍受到施肥制度、土壤條件、環境壓力與配方搭配影響。植物在重金屬等逆境下的養分調節研究顯示，營養元素、抗氧化系統與壓力緩解之間存在多層次機制，因此胺基酸型配方的價值也應以系統性農藝資料來支撐。^[18]

結論：適合用於把蛋白質原料轉化為水溶性胺基酸肥料中間體

Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme 的核心價值，是以酵素水解方式協助蛋白質性原料轉為可溶性短肽與胺基酸，進一步支援水溶性胺基酸肥料、葉面肥、滴灌營養液、有機液肥與複合型生物刺激素配方。其技術基礎來自蛋白質酵素水解與植物營養管理兩個領域：前者解釋如何把大分子蛋白轉為可調配物料，後者說明胺基酸與有機氮在作物營養與逆境反應中的潛在角色。^[1]

同時，這類產品的效益具有情境性。不同蛋白原料、前處理方式、製程條件、配方搭配與作物應用環境，都會影響最終溶解性、穩定性與農業表現。對 B2B 使用者而言，最合理的定位是：將其作為蛋白水解與水溶性肥料配方開發的工具，而非把它視為可單獨決定作物產量的投入品。只要在合規原料、合理製程與可驗證應用資料的框架下使用，Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme 可成為有機氮資源升值與胺基酸水溶肥產品差異化的重要製程選項。^[2]

線上訂購 Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme

以 1 kg 單位販售，現貨供應，可立即出貨。請直接於我們的線上商店下單並付款，我們將為您處理訂單。每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

[購買 Amino Acid Water-Soluble Fertilizer Enzyme →](#)

參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

1. Gasparre, N., Rosell, C. M., & Boukid, F. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Plant Proteins: Tailoring Characteristics, Enhancing Functionality, and Expanding Applications in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 3272 - 3287.
2. Vogelsang-O' Dwyer, M., Sahin, A., Arendt, E., & Zannini, E. (2022). Enzymatic Hydrolysis of Pulse Proteins as a Tool to Improve Techno-Functional Properties. *Foods*, 11.
3. N, M. B. Y., U, J., Lakshmi, P. V., D.S., S., & Sharma, R. K. (2025). Evaluation of Amino Acid Based Biostimulant with Surfactant on Groundnut Growth and Yield. *International Journal of Plant & Soil Science*.
4. Kondal, R., Kalia, A., Krejcar, O., Kuča, K., Sharma, S., Luthra, K., Dheri, G. S., ... et al. (2021). Chitosan-Urea Nanocomposite for Improved Fertilizer Applications: The Effect on the Soil Enzymatic Activities and Microflora Dynamics in N Cycle of Potatoes (Solanum tuberosum L.). *Polymers*, 13.
5. Dent, T., Campanella, O., & Maleky, F. (2023). Enzymatic hydrolysis of soy and chickpea protein with Alcalase and Flavourzyme and formation of hydrogen bond mediated insoluble aggregates. *Current Research in Food Science*, 6.
6. Hong, Y., Liu, R., Xiang, W., Lei, P., & Fang, X. (2025). Emergent Plants Improve Nitrogen Uptake Rates by Regulating the Activity of Nitrogen Assimilation Enzymes. *Plants*, 14.
7. Habinshuti, I., Nsengumuremyi, D., Muhoza, B., Ebenezer, F., Aregbe, A. Y., & Ndisanze, M. A. (2023). Recent and novel processing technologies coupled with enzymatic hydrolysis to enhance the production of antioxidant peptides from food proteins: A review. *Food Chemistry*, 423, 136313.

8. Pacheco, A. F. C., Pacheco, F. C., Cunha, J. S., Nalon, G. A., Gusmão, J. V. F., Santos, F. R., Andressa, I., ... et al. (2025). Physicochemical Properties and In Vitro Antioxidant Activity Characterization of Protein Hydrolysates Obtained from Pumpkin Seeds Using Conventional and Ultrasound-Assisted Enzymatic Hydrolysis. *Foods*, 14.
9. Pereira, D. T., García-García, P., Korbee, N., Vega, J., Señoráns, F. J., & Figueroa, F. L. (2024). Optimizing the Extraction of Bioactive Compounds from Porphyra linearis (Rhodophyta): Evaluating Alkaline and Enzymatic Hydrolysis for Nutraceutical Applications. *Marine Drugs*, 22.
10. Mishra, S., Spaccarotella, K., Gido, J., Samanta, I., & Chowdhary, G. (2023). Effects of Heat Stress on Plant-Nutrient Relations: An Update on Nutrient Uptake, Transport, and Assimilation. *International Journal of Molecular Sciences*, 24.
11. Abitova, B., Maxotova, A., Yeleuova, E., Tastanbekova, G., Bayadilova, G., Ibadullayeva, S., Zhussupova, L., ... et al. (2025). Effect of foliar-applied humic acid-based fertilizers on potato (Solanum tuberosum L.) yield, tuber quality, and nutrient uptake efficiency, with implications for sustainable fertilization. *Eurasian Journal of Soil Science*.
12. Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z., Zhang, T., Liu, J., Ding, Y., ... et al. (2024). Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238, 113929 .
13. Bernier, M., Thibodeau, J., & Bazinet, L. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Water Lentil (Duckweed): An Emerging Source of Proteins for the Production of Antihypertensive Fractions. *Foods*, 13.
14. Beksheneva, L. (2025). Application of amino acids and algae-based fertilizers in floriculture. *Izvestiâ Timirâzevskoj sel'skhozâjstvennoj akademii*.
15. Xiao, X., Xiao-Liao, Yan, Q., Xie, Y., Chen, J., Liang, G., Chen, M., ... et al. (2023). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improve the Growth, Water Status, and Nutrient Uptake of Cinnamomum migao and the Soil Nutrient Stoichiometry under Drought Stress and Recovery. *Journal of Fungi*, 9.
16. Abbas, G., Rehman, S., Siddiqui, M. H., Ali, H., Farooq, M., & Chen, Y. (2022). Potassium and Humic Acid Synergistically Increase Salt Tolerance and Nutrient Uptake in Contrasting Wheat Genotypes through Ionic Homeostasis and Activation of Antioxidant Enzymes. *Plants*, 11.
17. Guncheva, M., & Yakimova, B. (2025). Diversity of Potential (Bio)technological Applications of Amino Acid-Based Ionic Liquids. *Applied Sciences*.
18. Sun, X., Zhang, L., Gu, Y., Wang, P., Liu, H., Qiang, L., & Huang, Q. (2025). Nutrient-Element-Mediated Alleviation of Cadmium Stress in Plants: Mechanistic Insights and Practical Implications. *Plants*, 14.
19. Mankotia, S., Jakhar, P., & Satbhai, S. (2024). HY5: a key regulator for light-mediated nutrient uptake and utilization by plants. *New Phytologist*.
20. Madadi, M., Song, G., Sun, F., Sun, C., Xia, C., Zhang, E., Karimi, K., ... et al. (2022). Positive role of non-catalytic proteins on mitigating inhibitory effects of lignin and enhancing cellulase activity in enzymatic hydrolysis: Application, mechanism, and prospective. *Environmental Research*, 114291 .

聯絡 Enzymes.bio

對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。

電子郵件 wholesale@enzymes.bio

電話 (美國) **+1 (507) 428-6057**

聯絡我們 →

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。