

# 植物氨基酸多元素肥料生物效应的研究进展<sup>①</sup>

袁伟<sup>1,2,3</sup>, 董元华<sup>1,2\*</sup>, 王辉<sup>1</sup>

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 中国科学院南京土壤研究所-香港浸会大学土壤与环境联合开放实验室, 南京 210008; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 本文重点对氨基酸多元素肥料的生物效应作了综述, 并对其研究和发展方向及其在未来生态农业和绿色食品生产中的重要性和应用前景作了展望。

**关键词:** 植物; 氨基酸多元素肥料; 生物效应

**中图分类号:** S141

农业是国民经济的基础, 土壤和肥料又是农业的基础。21 世纪的主导农业是生态农业, 21 世纪的主导食品是绿色食品。绿色食品是无污染的安全、优质、营养类食品, 因此绿色食品对生长的土壤、施用的化肥及农药都有严格的限制。这就要求开发高效、无公害的优质绿色肥料, 以满足不断增长的高效农业的需求。氨基酸多元素肥料正是符合这一要求且具有高质量植物生理作用的优质绿色肥料。

氨基酸多元素肥料是兼有氨基酸肥料与微量元素肥料二者优势的, 具优质、高效、无公害的绿色肥料。由于氨基酸原料紧缺, 生产成本低<sup>[1]</sup>, 严重制约了氨基酸多元素肥料的生产和推广应用。但近年来, 随着化学工业的发展, 可以利用植物和动物毛发提取各种氨基酸和制造氨基酸肥料, 使氨基酸和氨基酸肥料的价格大大降低<sup>[1-5]</sup>。此外, 利用无菌条件和同位素示踪技术, 证明了植物能够吸收分子态的氨基酸<sup>[6-9]</sup>。自 20 世纪 90 年代, 用氨基酸制成的肥料已在国内外开始投入生产使用, 并证明具有使植物分蘖增加、叶色转绿、根系健壮和增加产量等效应<sup>[10-13]</sup>。

本文主要综述了近年来氨基酸多元素肥料生物效应的研究进展, 并提出了进一步研究和发展的方向。

## 1 氨基酸多元素肥料的生产及对土壤的作用

### 1.1 氨基酸多元素肥料的生产

20 世纪末, 为了满足有机食品的要求, 氨基酸多元素肥料的研究应运而生。氨基酸多元素肥料是兼有氨基酸肥料与微量元素肥料二者优势的、高效、无公

害优质绿色肥料。其生产工艺核心步骤: ①蛋白质水解为氨基酸; ②氨基酸与微量元素螯合。而作为螯合剂氨基酸的性能好坏和成本高低是氨基酸多元素肥料能否广泛应用的关键<sup>[1]</sup>。氨基酸多元素肥料主要是利用废弃蛋白质水解制备复合氨基酸多元素肥料, 如利用毛发水解提取胱氨酸后的废液研制的或利用动物毛来提取氨基酸<sup>[14]</sup>。蛋白质水解制取氨基酸的方法有酸水解法、碱水解法、酶水解法、高温高压水解法, 其中用酸水解法的生产最广泛<sup>[15]</sup>。作为肥料用的氨基酸, 工艺上研究的主要目标是降低成本。目前受到关注的是利用蛋白质废液提取氨基酸。废液中含有 17 ~ 18 种氨基酸, 且含量很高; 利用废液研制氨基酸肥料, 既可以实现废物再利用, 同时还可降低环境污染<sup>[2-3]</sup>。利用废液提取氨基酸, 研制氨基酸肥料的方法主要有: 膜分离法、电化学法和离子交换法<sup>[4-5]</sup>。

### 1.2 氨基酸多元素肥料对土壤的作用

氨基酸是合成蛋白质的前体物质, 而蛋白质是生活细胞内含量最丰富、功能最复杂的生物大分子, 它们在生物界无处不在。中微量元素尽管其需要量很小, 但它们起到元素间相互协调、依赖和制约的作用, 它们大多数是酶或辅酶的组成部分, 在植物内非常活跃。缺乏它们, 作物不能正常发育, 严重的还会产生生理病害甚至死亡。因此, 氨基酸多元素肥料及其降解物不会对土壤和环境造成污染<sup>[2, 14]</sup>。

## 2 氨基酸多元素肥料的生物效应

### 2.1 氨基酸多元素肥料的增产效应

①基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD10B05)、中国科学院知识创新工程方向项目(KZCX3-SW-435, KSCX2-YW-N-51-02)资助。

\* 通讯作者(yhdong@issas.ac.cn)

作者简介: 袁伟(1979—), 女, 江苏徐州人, 博士研究生, 主要从事环境污染与生态修复的研究。E-mail: wyuan@issas.ac.cn

氨基酸多元肥料,本身都含有C、N等营养元素,因此它们可以促进不同作物的生长发育,提高作物的产量。不同氨基酸以及氨基酸的混合物对植物生长的影响不同。许玉兰等<sup>[10]</sup>研究了不同氨基酸在单一和混合状态下的肥效作用,证明混合氨基酸的肥效大于单个氨基酸的作用,也大于等N量的无机N肥,即甘氨酸使稻苗生物量增加 23.7%,亮氨酸增加 30.0%,甘氨酸与亮氨酸混合处理增加 41.2%。吴良欢等<sup>[7]</sup>在无菌条件下的研究表明,等N量下甘氨酸单施或与  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  配施处理稻苗的干物质重量均显著大于  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  单施处理,说明甘氨酸对水稻生长有较好的促进作用。他们还发现在无菌培养条件下,在等N量有机、无机N的情况下,水稻干物质重量依次为甘氨酸>谷氨酸> $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,差异达到极显著水平,这反映了氨基酸对水稻干物质积累有较大的促进作用。霍光华等<sup>[12]</sup>发现氨基酸微素络合物能明显提高水稻根系活力,促进植株生长,改善库源关系,增加千粒重,从而有效提高产量。俞建瑛等<sup>[16]</sup>研究也表明,单季晚稻叶面喷施氨基酸营养液,能提高水稻产量,尤其喷施“绿青”能提高分蘖成穗率 2.5%,总粒数 6.2%,实粒数 9.6%,降低空皮率 17.86%,提高产量 9.7%,并且在高浓度和高剂量的喷施条件下也未见有药害发生。

莫良玉<sup>[17]</sup>研究无机、有机N源对绿豆植株生长的影响,结果表明以氨基酸态N作唯一N源时绿豆的生长状况比以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 作N源时生长得更好,且以甘氨酸、谷氨酸作N源时绿豆形成的生物量分别比以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 作N源时形成的高 9.3%、7.9%。Frankenberger等<sup>[18]</sup>将L-色氨酸于西瓜和甜瓜移植前 2 周施入土壤,能使西瓜和甜瓜产量分别提高 69% 和 42%,平均单瓜产量分别提高 43% 和 36%。Arshad等<sup>[19]</sup>应用L-硫氨酸和蛋氨酸处理玉米和蕃茄也取得了类似的结果。Kinnersley等<sup>[13]</sup>在肥料中加入 $\gamma$ -氨基丁酸、谷氨酸或它们的混合物制成复合肥料,发现增加了肥料的有效性,能促进植物生长和对养分的吸收,增加植物的产量。

李潮海等<sup>[20]</sup>4 年的大田试验示范结果表明,在棉花初花期喷施氨基酸螯合多元微肥,可显著地提高棉花座桃率,从而提高棉花产量。覃正芬等<sup>[21]</sup>发现,氨基酸螯合稀土微肥可以明显增加水稻有效穗数、每穗总粒数、结实率以及千粒重等,提高了水稻产量,增产显著。林秀华等<sup>[22]</sup>研究认为,氨基酸复合微肥能促进春油菜生长发育,提高菜籽产量。

## 2.2 氨基酸多元肥料对作物品质的影响

氨基酸多元肥料由于有特殊的生理功能,可以提高作物的品质。尹宝君等<sup>[23]</sup>发现氨基酸混合物可促进烟株生长,增加产值;并且喷施后,大田前期烟株

长势旺,成熟期叶片成熟度较好,叶色鲜亮,鲜烟品质好于对照;同时,采收时发现成熟期烟叶腺毛分泌物明显增多,腺毛分泌物是重要的香味物质组成的前体物质,含有多种香味物质的组分,这种物质的增多对增加香气是非常有利的,证明氨基酸对增进烟叶品质是有益的。刘德辉等<sup>[24]</sup>研究发现,氨基酸螯合微肥能显著提高小麦蛋白质含量及淀粉含量以及后作水稻的淀粉含量。栾桂林等<sup>[25]</sup>研究表明,氨基酸液肥可提高小麦蛋白质和脂肪的含量;能够提高番茄的含糖量,降低果实的酸度,增加果实维生素C含量。杨晓红等<sup>[26]</sup>发现,与对照相比,氨基酸液肥对小白菜、生菜和莴苣有显著的增产效果,幅度均在 20% 以上;氨基酸液肥可显著增加它们的蛋白质、碳水化合物、Ca、P、Fe 和 Vc 的含量,降低粗纤维的含量,品质改善明显。杨丽雪等<sup>[27]</sup>用高效绿色氨基酸螯合叶面肥在白菜上的研究表明,高效绿色氨基酸螯合叶面肥既能促进小白菜的生长发育,又能提高小白菜的产量,而且可增加叶片的N素和叶绿素含量,提高叶片的光合速率,对植物干物质的积累有积极的影响。陈贵林等<sup>[28]</sup>在水培不结球白菜和生菜采收前 12 天,分别用甘氨酸以及甘氨酸、异亮氨酸、脯氨酸组成的混合氨基酸替代 20% 的硝酸盐,研究发现氨基酸替代硝酸盐提高了两种蔬菜叶片可溶性糖和蛋白质含量。胡志辉等<sup>[29]</sup>研究表明,复合氨基酸营养粉喷施芹菜比氯化铵处理的叶绿素含量高、类胡萝卜素含量低、叶柄长且粗、蛋白质含量高、可溶性糖含量高,而粗纤维含量稍低。张政<sup>[30]</sup>研究表明,低浓度氨基酸态N营养液可提高黄瓜 Vc、可溶性糖和有机酸含量;高浓度氨基酸态N显著降低了Vc和可溶性糖含量。据李西文等<sup>[31]</sup>报道,施用氨基酸液态肥的半夏总生物碱的效果最好,与对照存在显著性差异。钟晓红等<sup>[32]</sup>发现,色氨酸使草莓的果实长得较大,果实可溶性固形物、总糖及 Vc 含量提高,糖酸比增大,品质提高。

## 2.3 氨基酸对植物体内硝酸盐含量的影响

氨基酸部分取代硝酸盐,可以降低植物体内的硝酸盐含量。Gunes等<sup>[33]</sup>的试验表明,生长在N浓度为 20.25 mmol/L (93.8%  $\text{NO}_3^-$ , 6.2%  $\text{NH}_4^+$ ) 中的冬季洋葱,当  $\text{NO}_3^-$ -N 的 20% 被甘氨酸或混合氨基酸取代后,体内硝酸盐的含量显著降低,总N量显著增加,但干重和鲜重无影响;他还发现生长在N浓度 13.4 mmol/L (94%  $\text{NO}_3^-$ , 6%  $\text{NH}_4^+$ ) 的冬季莴苣,当  $\text{NO}_3^-$ -N 的 20% 被氨基酸取代后,莴苣的硝酸盐含量也会显著下降,但总N量、生物量(鲜重和干重)基本没有变化。陈贵林等<sup>[28]</sup>也得出相似的结论,在采收前 12 天,

分别用甘氨酸以及甘氨酸、异亮氨酸、脯氨酸组成的混合氨基酸替代 20% 的硝酸盐, 无论是单一氨基酸还是混合氨基酸都显著降低了水培不结球白菜和生菜体内硝酸盐含量, 并且显著增加了叶片全N量, 也提高了两种蔬菜叶片可溶性糖和蛋白质含量。张政<sup>[30]</sup>研究也发现氨基酸态N能显著降低硝酸盐的含量。

#### 2.4 氨基酸肥料促进作物对养分的吸收

多年来的研究表明, 氨基酸肥料能促进作物对养分的吸收, 增加作物中养分的含量。Zahir等<sup>[34]</sup>发现一定浓度的色氨酸会显著提高马铃薯对 N 的吸收和块茎中 N、P、K 的浓度, 但对马铃薯块茎和秸秆的产量以及 P、K 的吸收无影响。Arshad 等<sup>[19]</sup>的试验表明, 土施一定浓度的色氨酸会显著提高棉花的株高、茎和根的干物质量以及生物量, 增加单株分枝数、花数和棉铃数, 增加棉花组织中的 N、P、K 的浓度。陈振德等<sup>[35]</sup>就土施 L-色氨酸对盆栽甘蓝产量和养分吸收的影响进行了研究, 结果表明在移植前 1 周土施 L-色氨酸, 能明显提高甘蓝产量和干物质积累, 并明显促进甘蓝植株对 N、P、K 的吸收, 提高 N、P 在球叶中的分配, 降低K 在球叶中的积累。Frankenberger等<sup>[18]</sup>的研究结果也表明, 土施L-色氨酸后, 萝卜、西瓜、甜瓜的N素吸收量明显增加。陈明昌等<sup>[36]</sup>研究表明, 土施L-色氨酸和L-蛋氨酸后, 玉米对各种养分的吸收量明显增加, 其中L-色氨酸的效果尤其突出; 同时P、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn的吸收量也有提高。氨基酸多元素肥料促进作物高效利用养分的原因可能如下: ①增加作物体内激素的合成, 进而促进作物吸收养分; ②促进作物根系的生长, 提高吸收养分的能力; ③增加作物根系氨基酸转运蛋白的表达, 使之更易吸收养分。

#### 2.5 氨基酸多元素肥料对作物生理生化指标的影响

氨基酸多元素肥料可以影响作物许多酶的活性, 以及叶绿素的含量。张政<sup>[30]</sup>研究表明, 与对照相比赖氨酸和亮氨酸培养的黄瓜植株的GOT (根谷草转氨酶) 和GPT (谷丙转氨酶) 活性显著升高, 亮氨酸培养的黄瓜植株的茎GOT和GPT活性均显著升高。吴良欢等<sup>[7]</sup>采用 3 种N源培养水稻, 发现GOT、GPT 和GDH (谷氨酸脱氢酶) 活性以谷氨酸处理 > 甘氨酸处理 >  $\text{NH}_4^+$ -N处理, 这一结果表明氨基酸态N可促进水稻体内氨基酸转氨酶和脱氢酶的活性。莫良玉<sup>[17]</sup>研究表明, 供给低浓度谷氨酸 (N 10 mg/L) 后大白菜植株根的 GOT 活性比缺N及等N量 $\text{NH}_4^+$ -N 处理的分别高出 31.8% 和 33.4%, 而叶片的GOT活性比 $\text{NH}_4^+$ -N处理的分别高出 89.3% 和 10.7%; 供给高浓度谷氨酸 (N 500 mg/L) 时, 植株根GOT活性虽比缺N的及等N量

$\text{NH}_4^+$ -N处理的高, 但不显著, 而叶的则达显著水平; 这说明谷氨酸在低浓度时能通过根、叶GOT催化同化, 高浓度时则可能主要运往叶中同化。张定等<sup>[37]</sup>研究表明, 茶树叶面喷施谷氨酸、天冬氨酸、谷氨酰胺、苯丙氨酸、丙氨酸及甘氨酸 6 种氨基酸后经真空 8 h 厌氧处理均能有效提高茶叶中 $\gamma$ -氨基丁酸含量。据吴玉群<sup>[38]</sup>等报道, 植物氨基酸液肥可促进爆裂玉米生理活性, 提高叶绿素的含量, 降低叶绿素的降解速度, 提高了光合速率, 使叶片浓绿, 持绿时间长; 氨基酸可使过氧化物酶活性增强, 降低植株内丙二醛的含量, 有防止细胞膜氧化和细胞衰老的作用。

#### 2.6 氨基酸多元素肥料与作物的抗逆性

氨基酸多元素肥料具有特殊的官能团, 从而能提高作物的抗逆性。朱晓华等<sup>[39]</sup>的田间调查表明, 施用氨基酸有机肥的番茄叶色浓绿, 根系发达且粗长, 生长健壮, 功能叶片增加 1~3 片, 有利于养分吸收, 增强了植株的抗病性能。栾桂林等<sup>[25]</sup>研究表明, 氨基酸液肥也可以提高果实的抗病能力。此外, 莫良玉等<sup>[40]</sup>研究报告, 高温胁迫下氨基酸态N促进水稻生长, 而 $\text{NH}_4^+$ -N处理的水稻生长受抑制, 说明氨基酸除具营养作用外, 还可能提高作物抗逆性。

### 3 研究展望

氨基酸有机肥料可以改善土壤的理化性质, 促进作物增产, 改善作物的品质, 提高作物的抗逆性, 并且对人畜无害, 不会污染环境。氨基酸生物效应研究已取得了一定的进展, 氨基酸能抑制硝酸盐的吸收, 促进植物生长, 提高作物的产量和品质。但是, 由于目前生产上所用的氨基酸多元素肥料成分一般比较复杂, 迄今人们对氨基酸多元素肥料的生物效应研究还相当肤浅, 研究方法和手段也比较落后。目前的主要任务是对不同蔬菜品种在不同的生长条件下进行大量试验, 进一步研究氨基酸多元素肥料促进蔬菜生长发育、提高产量和改善品质的生理生化基础。

另外, N素是作物从土壤中吸收量最多的元素, 在其生长发育过程中扮演重要角色<sup>[41-42]</sup>。氨基酸多元素肥料含有丰富的氨基酸态N, 因此也能使作物产量提高和改善其品质<sup>[43]</sup>。但是, 氨基酸态N促进植物生长发育的机理研究较少, 因此也需要开展这方面的研究, 主要分为以下几点: ①氨基酸态N是否能促进植物根系的生长发育; ②氨基酸态N能否改变体内的N代谢; ③氨基酸态N能否改变体内的激素的合成与分配; ④氨基酸态N是否能促进植物地上部的光合作用和功能叶的生长; ⑤植物体内氨基酸转运蛋白是否对吸收氨基酸态N起作用。

总之,随着人们对农业可持续发展的重视,特别是植物有机营养研究的不断深入,它们在生态农业和绿色食品的生产中必将发挥重要的不可替代的作用。相信在不久的将来,随着植物有机营养研究水平不断改进,人们对氨基酸生物效应及其机理深入研究必将推动植物氨基酸肥料的快速开发。

#### 参考文献:

- [1] 刘小平,乐学义.利用废弃蛋白质制备氨基酸螯合微肥的研究进展.再生资源研究,2001,5:27-29
- [2] 刘庆城,许玉兰,张玉洁.利用毛发水解废液制作氨基酸肥料的研究.农业环境保护,1994,13(3):115-120
- [3] 吴国强,余斌,韩峰.利用水解提取胱氨酸后的废液研制氨基酸复合肥料.氨基酸和生物资源,1995,17(2):10-15
- [4] 黄玉秀,林伦民.电化学法制取动物毛中系列氨基酸新工艺.精细化工,1996,13(3):58-61
- [5] 张莉,李文,肖正华,张世德.毛发水解液中混合氨基酸的分离富集方法研究.第二军医大学学报,1999,21(11):849-851
- [6] Chapin FS, Moilanen L, Kielland K. Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. Nature, 1993, 361: 150-153
- [7] 吴良欢,陶勤南.水稻氨基酸态氮营养效应及其机理研究.土壤学报,2000,37(4):464-473
- [8] 张夫道,孙羲.氨基酸对水稻营养作用的研究.中国农业科学,1984(5):61-66
- [9] 许玉兰,刘庆城.用<sup>15</sup>N示踪方法研究氨基酸的肥效作用.氨基酸和生物资源,1998,20(2):20-23
- [10] 许玉兰,刘庆城.氨基酸肥效研究.氨基酸和生物资源,1997,19(2):1-6
- [11] 刘庆城,许玉兰,张玉洁.氨基酸肥效作用的研究.氨基酸杂志,1992,19(4):1-4
- [12] 霍光华,郭成志,郭晶东.氨基酸微素络合物对水稻的生物效应初探.氨基酸和生物资源,1998,20(3):40-43
- [13] Kinneisley AM, Robert CD, Kinnersley CY, John ML. Method for increasing fertilizer efficiency. USA, United States Patent, 1998, 5840656
- [14] 王华静,吴良欢,陶勤南.有机营养肥料研究进展.生态环境,2003,12(1):110-114
- [15] 邵建华,陆腾甲.氨基酸微肥的生产和应用进展.磷肥与复肥,2000,15(4):48-51
- [16] 俞建瑛,翁清清,黄德崇,刘宗镇.氨基酸营养液对水稻增产效果的试验.华东理工大学学报(自然科学版),1999,25(5):531-533
- [17] 莫良玉.高等植物氨基酸态氮营养效应研究(博士学位论文).杭州:浙江大学,2001:28-35
- [18] Frankenberger WT, Arshad M. Yield response of watermelon and muskmelon to L-tryptophan applied to soil. Hort. Science, 1991, 26(1): 35-37
- [19] Arshad M. Response of *Zea Mays* and *Lycopersicon esculentum* to the ethylene precursors, L-methioine and L-ethionine applied to soil. Plant and Soil, 1990, 122: 219-227
- [20] 李潮海,徐春喜,程丕华.氨基酸螯合多元微肥在棉花地上增产效果研究.中国棉花,1996,23(9):12-13
- [21] 覃正芬,覃大学,汤申成.氨基酸螯合稀土微肥对水稻生长发育及产量的影响.湖南农业科学,2006(3):61-65
- [22] 林秀华,卡青英,李徙远,董俊卿,余世铭.氨基酸复合微肥在春油菜上的应用效果.现代化农业,1996(6):39
- [23] 尹宝君,高保昌.氨基酸混合物对烤烟产质影响的研究初报.中国烟草科学,1999(4):34-36
- [24] 刘德辉,田蕾,邵建华,赵慧渊,高芝祥.氨基酸螯合微量元素肥料在小麦和后作水稻上的效果.土壤通报,2005,36(6):917-920
- [25] 奕桂林,邹德乙,崔玉珍,韩晓日,马冬菊,周淑清,周崇俊.高效液体肥对作物产量和品质的影响.沈阳农业大学学报,1996,27(4):328-333
- [26] 杨晓红,王菊香,李贤良.氨基酸液肥在几种叶菜上的应用效果.长江蔬菜,1998(9):26-27
- [27] 杨丽雪,赵仕林,廖洋.高效绿色氨基酸螯合叶面肥在白菜上的应用研究.西南民族大学学报(自然科学版),2006,32(3):555-558
- [28] 陈贵林,高绣瑞.氨基酸和尿素替代硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量的影响.中国农业科学,2002,35(2):187-191
- [29] 胡志辉,陈禅友,雷刚.复合氨基酸营养粉肥效作用研究.北方园艺,2001(6):55
- [30] 张政.氨基酸态氮对黄瓜的营养效应(硕士学位论文).重庆:西南农业大学,2005:28-36
- [31] 李西文,张超,马小军,陈士林.施用氨基酸矿质等几种有机肥料对半夏总生物碱含量影响的比较研究.现代中药研究与实践,2006,20(1):19-21
- [32] 钟晓红,石雪晖,肖浪涛.色氨酸提高草莓果实品质和产量试验.中国果树,2001(2):4-7
- [33] Gunes A, Post WNK, Kirkby EA, Aktas M. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. Journal of Plant Nutrition, 1994, 17(11): 1929-1938
- [34] Zahir ZA, Arshad M, Azam M, Hussain A. Effect of an auxin precursor tryptophan and *Azotobacter* inoculation on yield and chemical composition of potato under fertilized conditions. Journal of Plant Nutrition, 1997, 20(6): 745-752

- [35] 陈振德, 黄俊杰. 土施 L-色氨酸对甘蓝产量和养分吸收的影响. 土壤学报, 1997, 34 (2): 200-204
- [36] 陈明昌, 程滨, 张强, 丁玉川, 杨治平, 刘平. 土施 L-蛋氨酸、L-苯基丙氨酸、L-色氨酸对玉米生长和养分吸收的影响. 应用生态学报, 2005, 16(6): 1033-1037
- [37] 张定, 汤茶琴, 陈暄, 徐德良, 肖润林, 黎星辉. 叶面喷施氨基酸对茶叶中  $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响. 茶叶科学, 2006, 26(4): 237-242
- [38] 吴玉群, 史振声, 李荣华, 陈凤玉, 王超男. 植物氨基酸液肥对爆裂玉米产量及生理指标的影响. 种子, 2006, 25(4): 73-75
- [39] 朱晓华, 艾玉梅. 番茄施用纪高氨基酸有机肥试验效果分析. 辽宁农业职业技术学院学报, 2006, 8(1): 17-18
- [40] 莫良玉, 吴良欢, 陶勤南. 高温胁迫下水稻氨基酸态氮与铵态氮营养效应研究. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 157-161
- [41] 高新昊, 张志斌, 郭世荣. 氮钾肥不同比例分段追施对日光温室番茄越冬长季节栽培产量与品质的影响. 土壤, 2007, 39(3): 465-468
- [42] 赵首萍, 赵学强, 施卫明. 高等植物氮素吸收分子机理研究进展. 土壤, 2007, 39(2): 173-180
- [43] Wang HJ, Wu LH, Wang MY, Zhu YH, Tao QN, Zhang FS. Effects of amino acids replacing nitrate on growth, nitrate accumulation and macroelement concentration in Pak-choi (*Brassica chinensis* L.). Pedosphere, 2007, 17(5): 595-600

## A Review: Biological Effect of Plant Amino Acids Trace-Element Fertilizers

YUAN Wei<sup>1,2,3</sup>, DONG Yuan-hua<sup>1,2</sup>, WANG Hui<sup>1</sup>

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;

2 ISSAS-HKBU Joint Laboratory on Soil and Environment, Nanjing 210008, China;

3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** This paper reviewed the biological effects of amino acids trace-element fertilizers and its effects on soil systems, and also prospected the future study of amino acids trace-element fertilizers in the construction of eco-agriculture and production of green food.

**Key words:** Plant, Amino acids trace-element fertilizers, Biological effects