

不同氮素形态配施氨基酸对翠冠梨生长及品质的影响研究^①

雷锡琼, 申长卫, 梅新兰, 姜海波, 徐阳春, 董彩霞*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要:为探讨不同氮素配施氨基酸对梨树生长、产量及品质的影响,连续两年在8年生翠冠梨上开展了等氮条件下单施硝铵和尿素及配施氨基酸的研究。结果表明,单施硝铵处理较单施尿素处理显著增加了SPAD值、叶面积和百叶重,分别比尿素处理增加了2.8%、5.9%和7.2%。硝铵配施氨基酸处理显著增加了单果重。单施硝铵处理较单施尿素处理显著增加了单株产量、硬度和可溶性糖,有增加可溶性固形物和可滴定酸含量的趋势。花后110天硝铵配施氨基酸处理比单施硝铵处理显著增加了果糖、葡萄糖和蔗糖含量。各种糖在不同生育期所占比例不同,花后46天果实中山梨醇所占比例最高,约占总糖含量的69%~73%,葡萄糖和果糖比例相当;随着果实的发育,果糖和蔗糖比例逐渐增加,山梨醇比例降低。总体看来,硝铵配施氨基酸处理更有利于梨树生长和果实品质的提高。

关键词:翠冠梨;氮素形态;氨基酸;品质;可溶性糖

中图分类号:S661.2

NO_3^- -N、 NH_4^+ -N 是土壤中能被植物根系直接吸收、利用的无机氮形态;尿素(酰胺态)施入土壤后,大部分在土壤脲酶作用下水解成 NH_4^+ , NH_4^+ 在硝化作用下氧化为 NO_3^- 被植物吸收,一部分以尿素的形式直接被植物吸收。Dutilleul 等^[1]认为不同形态氮素吸收、代谢对植物体内生理代谢过程产生不同的影响,从而对植物产生不同的生理效应。已有研究结果表明,适当的铵硝配比有利于氮素吸收^[2]、促进番茄幼苗生长^[3];增加 NH_4^+ -N 比例有利于水稻叶片^[4]、菠菜^[5]中可溶性糖含量的增加,金松南等^[6]在新高梨上研究结果表明,新高梨的新梢长度、叶面积、叶绿素含量、单果重和可溶性固形物随培养液中 NO_3^- -N 浓度的提高而增加。当前生产上普遍存在着氮素化肥用量大、利用率低、种类单一等问题。果园常用的尿素、硫酸铵、磷酸二铵均为生理酸性肥料,长期施用会引起土壤酸化,对植株生长不利。研究表明,氨基酸肥具有促进植株生长发育、增强抗逆性、改善土壤状况和提高作物产量的作用^[7-9]。Kinnersley 等^[10]用加入谷氨酸、L-氨基丁酸的复合肥料,发现肥效增强,对植株生长、营养吸收、单产等均有促进作用。目前,大量有关不同形态氮肥的研究主要集中在大田作物、

烟草和蔬菜上,而对于多年生果树的研究较少,在梨树上更为少见。研究不同形态氮肥对梨树生长发育的影响,探讨适宜梨树生长的氮素形态,对合理调节梨树生长发育,保证梨果丰产、优质,协调施肥与环境之间的矛盾,生产上指导梨树氮肥的合理施用等均有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2011—2013年在四川省成都市金堂县国家梨产业技术体系成都综合试验站种植基地进行。以8年生翠冠梨为试材,株行距3 m×4 m。供试土壤为黏土,0~30 cm土壤含有机质8.6 g/kg,碱解氮65.9 mg/kg,速效磷10.4 mg/kg,速效钾97 mg/kg, pH 5.4。

选择长势基本一致的梨树,2株为一个小区,3次重复。在等氮条件下,设置硝铵、硝铵+氨基酸、尿素、尿素+氨基酸4个处理,4个处理均施等量的磷酸一铵和硫酸钾。供试氨基酸购自江苏新沂汉菱生物工程有限公司,是复合氨基酸粉,产品有效成分如下:氨基酸含量45%,N 20.5%, P_2O_5 0.000 94%。

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-29-15)资助。

* 通讯作者(cxdong@njau.edu.cn)

作者简介:雷锡琼(1988—),女,甘肃靖远人,硕士研究生,主要从事氮素营养提高梨产量和改善梨品质机理研究。E-mail: 2011103126@njau.edu.cn

采用液体施肥枪施肥，以每株树基干为圆心，在树冠投影形成的圆上均匀注射 6 个注射孔，每个注射孔施用肥液体积为 1.1 L，注射深度为 15 cm，根据果树需肥规律，将钾肥后移，各生育期施肥量如表 1。

表 1 各生育期的施肥量
Table 1 Fertilization timing and amount during the growth of pear trees

| 物侯期 | 施肥日期 (月-日) | 肥料 (g/植株) | | | |
|--------|---------------|-----------|-------------------------------|------------------|-----------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 氨基酸中 N 含量 |
| 萌动期 | 3-8 | 70.7 | 50.8 | 38.5 | 15.8 |
| 幼果期 | 4-23 | 106.2 | 50.8 | 76.9 | 31.5 |
| 第一次膨大期 | 5-13 | 106.2 | 50.8 | 115.5 | 31.5 |
| 第二次膨大期 | 5-28 | 35.4 | 50.8 | 115.5 | 15.8 |

1.2 样品采集

梨树新梢长度、叶面积、SPAD、百叶重于膨大期测定，每株树选取树冠外围东西南北 4 个不同方位的新梢 8 枝，同时在每枝新梢中部选取 2 片叶片，测叶面积、SPAD、百叶重。

试验梨果于盛花期后 46 天(幼果期)、66 天(第一次膨大期)、80 天(第二次膨大期)和 110 天(成熟期)时采集，每个处理按东、南、西、北 4 个方位共采集 24 个果实，带回实验室，依次用自来水和去离子水冲洗 2 遍，其中幼果期跟膨大一期梨果去核，膨大期跟成熟期梨果削皮去核，切碎，采用四分法对角取样后，存于-20℃ 冰箱，以待测定。

1.3 测定方法

用钢尺测量新梢长度；SPAD-502 仪测定 SPAD；YMJ-B 叶面积测量仪测定叶面积；百分之一天平测百叶重、单果重；在梨果阴阳两面，用小刀薄薄地削去直径为 1 cm 左右的 2 mm 皮，FT-327 型硬度计测定硬度；日本 ATAGO 公司生产的 PAL-1 型电子折光仪测定可溶性固形物；蒽酮比色法测定可溶性糖；标准酸碱滴定法测定可滴定酸。

采用高效液相色谱方法(HPLC)检测梨果各可溶性糖含量^[11]。称取混合果样 2 g，加入 20 ml 超纯水研磨，转移置离心管中，于 4℃、20 000 g 离心 15 min，取上清液，用 0.45 μm 微孔滤膜过滤后上机，重复 3 次。

高效液相色谱条件为：CAPCELL PAK NH₂ (4.6 mm × 250 mm，5 μm)色谱柱，柱温 50℃，流动相为乙腈：水(体积比为 80：20)的溶液，流速为 1.0 ml/min，蒸发光散射检测器(ELSD)，漂移管温度为 80℃，N₂ 流速为 2.0 ml/min，进样量为 20 μl。

1.4 数据分析

所得结果为第二年各处理平均值，多重比较采用 SPSS16.0 软件，图表采用 Excel 2003 完成。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨树体生长的影响

对梨树地上部生长状况(表 2)分析可知，单施硝铵处理较单施尿素处理显著增加了 SPAD 值、叶面积和百叶重，分别比尿素处理增加了 2.8%、5.9% 和 7.2%；与单施尿素处理比，单施硝铵有增加新梢长度的趋势。配施氨基酸较单施氮肥有增加梨树 SPAD 值、叶面积和百叶重的趋势。硝铵+氨基酸处理较尿素和尿素+氨基酸处理显著增加了 SPAD 值和叶面积，SPAD 值和叶面积分别比两个处理增加了 3.4%、3.0% 和 6.8%、5.7%；硝铵+氨基酸处理和硝铵处理的 SPAD 值和叶面积大小相近。硝铵+氨基酸处理较硝铵、尿素和尿素+氨基酸处理显著增加了百叶重，依次比各处理增加了 6.3%、13.9% 和 11.5%。各处理梨树新梢长度范围在 38.2 ~ 39.6 cm 之间，处理间差异不显著。

表 2 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨生长的影响
Table 2 Effects of different nitrogen combined amino acids on cuiguan pear growth

| 处理 | SPAD 值 | 叶面积 (cm ²) | 百叶重 (g) | 新梢长度 (cm) |
|--------|--------------|------------------------|---------------|--------------|
| 硝铵 | 51.9 ± 0.4 a | 64.7 ± 0.90 a | 160.1 ± 3.7 b | 39.6 ± 1.6 a |
| 尿素 | 50.5 ± 0.4 b | 61.13 ± 1.81 b | 149.4 ± 1.3 c | 38.2 ± 1.0 a |
| 硝铵+氨基酸 | 52.2 ± 0.5 a | 65.26 ± 2.17 a | 170.2 ± 2.6 a | 39.2 ± 1.2 a |
| 尿素+氨基酸 | 50.7 ± 0.9 b | 61.73 ± 1.30 b | 152.7 ± 4.1 c | 38.7 ± 0.9 a |

注：同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下表同。

2.2 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨单果重的影响

由表 3 可知,在梨果生长发育期,单施硝铵较单施尿素处理有增加梨果单果重的趋势,配施氨基酸较单施氮肥有增加单果重的趋势。花后 46 天时,单施硝铵处理比单施尿素处理单果重增加 11.1%,且差异显著;硝铵+氨基酸处理较尿素和尿素+氨基酸处理显著增加了单果重,分别增加 15.6% 和 17.3%;硝铵

和硝铵+氨基酸单果重较接近。花后 66 天时硝铵+氨基酸处理较其他处理显著增加了梨果单果重,比硝铵、尿素和尿素+氨基酸处理分别增加了 7.9%、9.9% 和 4.3%。花后 80 天时单施硝铵处理较单施尿素处理显著增加了梨果单果重,比尿素单果重增加了 5.0%。花后 110 天时不同氮素形态对单果重影响不显著,硝铵+氨基酸处理较其他处理显著增加了梨果单果重。

表 3 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨单果重的影响(g)
Table 3 Effects of different nitrogen combined amino acids on fruit weight of cuiguan pear

| 处理 | 单果重 | | | |
|--------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| | 46 d | 66 d | 80 d | 110 d |
| 硝铵 | 15.0 ± 0.7 a | 50.2 ± 3.4 b | 124.8 ± 7.2 a | 316.8 ± 5.8 b |
| 尿素 | 13.5 ± 1.0 b | 49.2 ± 1.6 b | 118.9 ± 6.0 b | 315.0 ± 11.3 b |
| 硝铵+氨基酸 | 15.6 ± 1.1 a | 54.1 ± 6.4 a | 125.8 ± 6.8 a | 337.7 ± 8.9 a |
| 尿素+氨基酸 | 13.3 ± 0.6 b | 51.9 ± 1.6 b | 125.0 ± 7.0 a | 318.0 ± 2.7 b |

2.3 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨产量及品质的影响

由表 4 可看出,从不同氮肥处理看,硝铵及配施处理较尿素及配施处理有提高单株产量的趋势;硝铵+氨基酸处理单株产量最大,与单施尿素处理比显著提高了单株产量,提高了 14.6%,但与硝铵和尿素+氨基酸处理较接近,无显著差异。不同处理梨果可溶性固形物含量范围是 13.30%~13.56%,处理间无差异。单施硝铵处理较单施尿素处理显著提

高了果实硬度,比尿素提高了 10.7%,配施氨基酸较单施氮肥有降低果实硬度和可滴定酸含量的趋势。硝铵+氨基酸处理较其他处理显著增加了梨果可溶性糖含量,分别比硝铵、尿素和尿素+氨基酸增加了 3.9%、5.0% 和 3.4%。尿素+氨基酸处理糖酸比最高,达 30,与其他处理差异显著;硝铵+氨基酸次之,糖酸比是 26;尿素+氨基酸糖酸比分别比硝铵、尿素和硝铵+氨基酸处理增加了 25.8%、21.4% 和 16.9%。

表 4 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨产量及品质的影响
Table 4 Effects of different nitrogen combined amino acids on yield and quality of cuiguan pear

| 处理 | 单株产量 (kg) | 可溶性固形物 (%) | 硬度 (lb/cm ²) | 可溶性糖 (%) | 可滴定酸 (%) | 糖/酸 |
|--------|---------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| 硝铵 | 35.7 ± 1.6 a | 13.36 ± 0.44 a | 6.70 ± 0.11 a | 13.93 ± 0.24 b | 0.59 ± 0.04 a | 24 ± 1.3 c |
| 尿素 | 31.8 ± 1.3 b | 13.30 ± 0.45 a | 6.05 ± 0.23 b | 13.78 ± 0.63 c | 0.56 ± 0.04 ab | 25 ± 1.9 c |
| 硝铵+氨基酸 | 36.5 ± 3.1 a | 13.56 ± 0.22 a | 6.55 ± 0.49 ab | 14.47 ± 0.24 a | 0.57 ± 0.07 ab | 26 ± 3.4 b |
| 尿素+氨基酸 | 34.6 ± 1.2 ab | 13.51 ± 0.40 a | 6.03 ± 0.35 b | 13.99 ± 0.34 b | 0.48 ± 0.07 b | 30 ± 5.5 a |

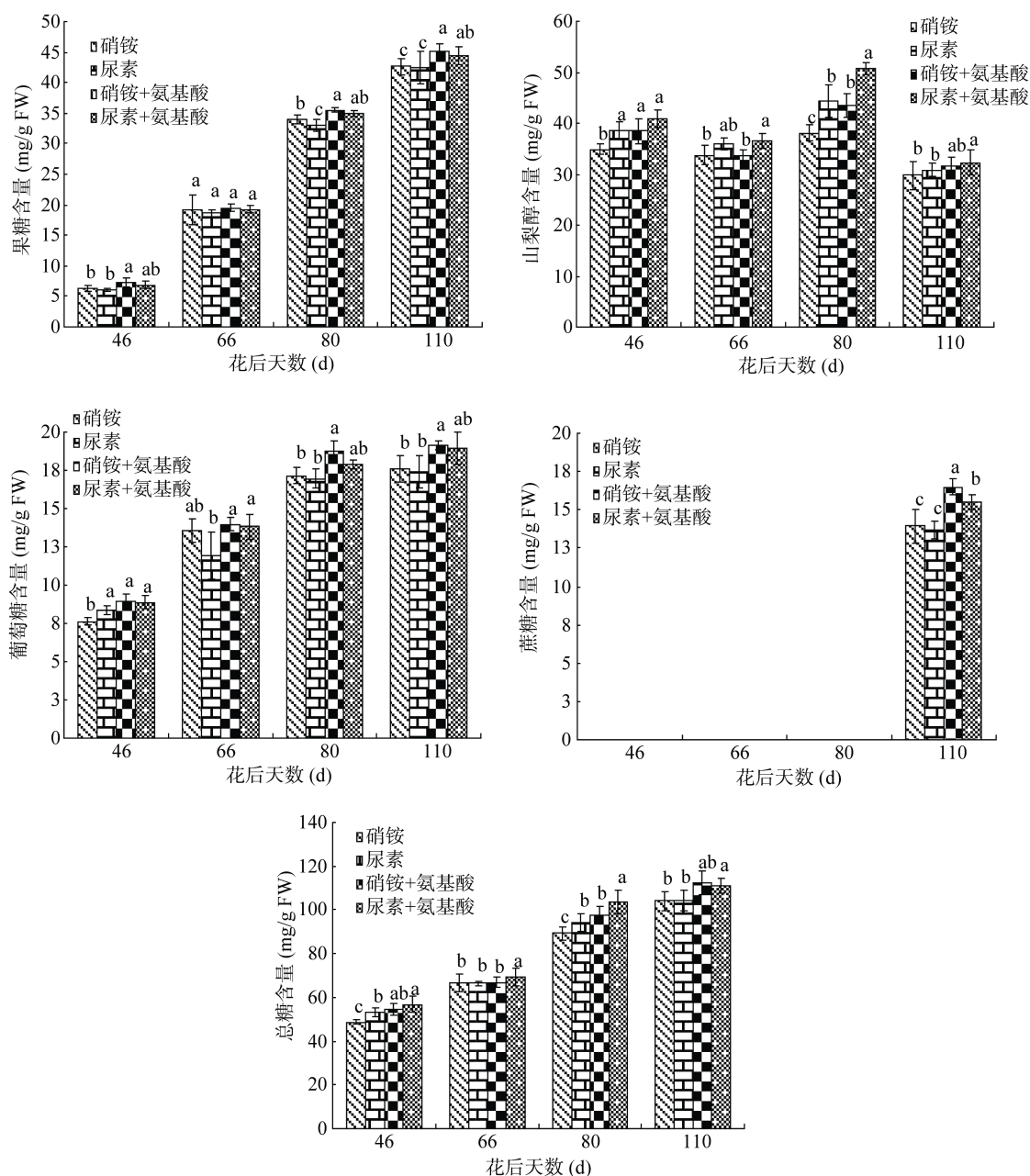
从不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨产量及品质的影响可知,单施硝铵处理较单施尿素处理显著增加了单株产量、硬度和可溶性糖,有增加可溶性固形物和可滴定酸含量的趋势;配施氨基酸较单施氮肥处理有增加单株产量、可溶性固形物、可溶性糖和糖酸比,降低硬度和可滴定酸含量的趋势。

2.4 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨发育过程中各种糖含量和比例的影响

从图 1 可看出,4 个处理的梨果实糖含量在生育期具有相似的变化动态,果糖、葡萄糖、总糖变化趋势一致,其含量一直呈逐渐上升趋势,直至成熟期(花后 110 天)达到最大值,而山梨醇则在花后 80 天达到

峰值,成熟时含量略有下降。单施硝铵处理较单施尿素处理有增加果实果糖、葡萄糖和蔗糖含量,降低山梨醇含量的趋势,配施氨基酸较单施氮肥有增加梨果各糖含量的趋势。

在果实发育过程中,花后 46、80 和 110 天果糖含量变化较一致,均是配施氨基酸较单施氮肥显著增加了梨果实中果糖含量(花后 46 天,尿素+氨基酸除外),花后 66 天各处理间果糖含量无差异,花后 110 天,硝铵+氨基酸较硝铵处理果糖含量提高了 6%。配施氨基酸较单施氮肥增加了果实山梨醇含量,单施尿素较单施硝铵有增加果实山梨醇含量的趋势,花后 46 天时,硝铵+氨基酸处理较单施硝铵处理山梨醇含



(图中小写字母不同表示处理间差异达 $P < 0.05$ 显著水平)

图1 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨发育过程中各种糖含量的影响

Fig. 1 Effects of different nitrogen combined amino acids on sugar concentrations of cuiguan pear fruits

量提高了 10.5%，且差异显著，与尿素和尿素+氨基酸处理山梨醇含量较接近；花后 66 天时与尿素处理比，尿素+氨基酸显著增加了梨果中山梨醇含量；花后 80 天时，尿素+氨基酸处理较硝铵、尿素和硝铵+氨基酸处理显著增加了梨果山梨醇含量，比各处理依次增加了 33.6%、14.7% 和 17%；花后 110 天时，尿素+氨基酸处理较单施尿素处理果实山梨醇含量增加了 4.9%。各生育期硝铵+氨基酸处理葡萄糖含量最大，硝铵+氨基酸处理较单施硝铵处理显著增加了果实中葡萄糖含量(花后 66 天除外)。花后 46、66

和 80 天均未检测到蔗糖含量，花后 110 天硝铵+氨基酸处理较其他处理显著增加了梨果蔗糖含量。因硝铵及配施处理能提高果糖、葡萄糖、蔗糖含量，尿素能提高山梨醇含量，山梨醇占总糖含量比例较大，导致各时期总糖含量变化不一致，但成熟期硝铵+氨基酸处理总糖含量最高，这与本试验之前的结果硝铵+氨基酸处理可溶性固形物、可溶性糖含量最高一致。

由图 2 可看出，幼果期果实中山梨醇比例最高，约占总糖含量的 69% ~ 73%，葡萄糖和果糖比例相

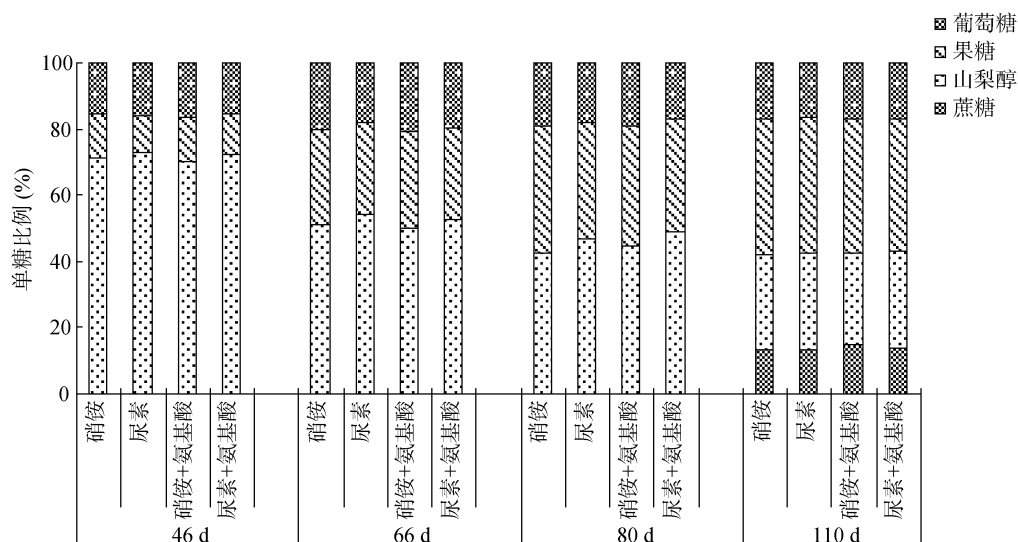


图 2 不同氮肥配施氨基酸对翠冠梨发育过程中各种糖比例的影响

Fig. 2 Effects of different nitrogen combined amino acids on sugar ratios of cuiguan pear fruits

当；随着果实的发育，果糖和葡萄糖比例逐渐增加，山梨醇比例降低，在膨大期(花后 66 ~ 80 天)果糖、葡萄糖和山梨醇比例分别为 32% ~ 35%、18% ~ 21% 和 44% ~ 50%；果实采前一个月左右，山梨醇比例继续降低，蔗糖含量增加，成熟期果糖、山梨醇、葡萄糖和蔗糖比例分别为 39% ~ 42%、27% ~ 31%、16% ~ 18% 和 14% ~ 15%。

3 讨论

本研究结果表明，连续两年使用施肥枪技术施用硝酸铵肥料并配施氨基酸处理对提高梨树的 SPAD、叶面积、新梢长度及百叶重有显著的促进作用，果实单果重和产量也有所增加，与杨阳等^[12]在巨峰葡萄、周天华^[14]在凤红桃上的研究结果较为一致。这可能与同时供给植物 NO_3^- 和 NH_4^+ 时，既能减缓 NH_4^+ 造成的抑制作用，也能充分利用 NO_3^- 的诱导作用使根尖产生足够的 CTK 并运送到地上部，更好地调节干物质在根部和地上部的分配有关^[13]；也可能与适当的 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 配比能有效提高根系和叶片氮素代谢关键酶硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的活性，使根系吸收的氮素能够较快地被植株同化利用有关^[5,15]。氮素形态对作物的生长发育有着重要影响，尤其是影响作物的根系，而土壤微生物的活动与根系分泌物、脱落物等有密切的关系^[16]。土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分，在有机质分解、养分循环和植物养分利用过程中起着很重要的作用，单施硝铵及配施氨基酸处理较单施尿素及配施氨基酸处理提高了土壤微生物活性，显著增加了土壤中细菌和放线菌的数量(结果未列出)，不同氮素形态对土

壤微生物数量的影响也可能是引起翠冠梨生长差异的原因之一。

Hino 等^[17]在富士苹果上研究指出供给 NO_3^- 营养能增加果实可溶性糖和可滴定酸含量，这与本研究硝铵处理增加梨果可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸一致。本文是开展了两年施肥试验的结果，根据果树具有贮藏营养这一特性，我们可以推断，如果该试验连续进行下去，硝铵营养对果实可溶性糖和可滴定酸度提高的影响将更加明显。姚改芳等^[18]指出成熟期梨果实中主要的可溶性糖包括果糖、葡萄糖、山梨醇和蔗糖，其中果糖含量最高，葡萄糖和山梨醇含量较低，蔗糖含量最低。本研究中花后 110 天(成熟期)果糖、山梨醇、葡萄糖和蔗糖比例分别为 39% ~ 42%、27% ~ 31%、16% ~ 18% 和 14% ~ 15%，与其报道一致。从图 1 可看出，硝铵及配施处理增加了果实中果糖、葡萄糖和总糖的含量，而尿素及配施处理增加了果实中山梨醇的含量。Yamaguchi 等^[19]、Oura 等^[20]研究指出参与山梨醇分解及合成的酶主要有：6-磷酸山梨醇脱氢酶(S6PDH)、依赖于 NAD 的山梨醇脱氢酶(NAD-SDH)、依赖于 NADP 的山梨醇脱氢酶(NADP-SDH)、山梨醇氧化酶(SOX)等。Yamaguchi 等^[21]研究指出，NAD-SDH 的作用主要是将山梨醇氧化为果糖，SOX 的作用则是将山梨醇氧化为葡萄糖，前者的活性比后者高 10 倍左右。Yamaguchi 等^[19]在“Orin”苹果果实发育中后期观察到果糖的积累与 NAD-SDH 酶的活性呈正相关。尿素处理下山梨醇含量较高可能与参与山梨醇代谢的 NADP-SDH 酶有关。通常情况下 NO_3^- 促进 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收，而 NH_4^+ 抑制 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收。Yamaki^[22]研究指出

Mg²⁺、Ca²⁺、Ba²⁺等能够提高该酶的活性(幅度在40%~80%)。尿素处理抑制Mg²⁺吸收,可能抑制了NADP-SDH酶活性,降低了山梨醇向葡萄糖转化,致使山梨醇积累增加。花后46、66、80天均未检测到蔗糖,这可能与果实发育早期以分解酶类为主,输入到果实中的蔗糖迅速分解为葡萄糖和果糖,因此未检测到蔗糖。这与赵智中等^[23]、陈俊伟等^[24]在温州蜜柑中报道一致,文中提到温州蜜柑果实的发育过程中,幼果期和膨大期温州蜜柑果实中转化酶对蔗糖积累的影响较大,随着转化酶活性降低,蔗糖逐渐积累。

梨是我国继苹果、柑橘之后的第三大栽培果树,近年来由于不合理施肥带来了诸多果园土壤养分问题,如部分果园长期偏施尿素及铵态氮肥等生理酸性肥料,造成土壤养分不平衡,土壤酸化现象严重,导致单位面积产量低、品质差、生理病害多、耐贮性低、抗逆性差等直接影响梨农的经济效益^[25-26]。我国化肥当季利用率低,氮挥发是氮肥损失的主要途径之一,硝酸铵为高浓度铵态硝态氮肥,硝铵较尿素能有效降低氮挥发^[27],本文研究结果显示,硝铵配施氨基酸能促进梨树生长、提高果品品质。

综上所述,相较于单施尿素,应用施肥枪施用硝酸铵肥料,可以有效促进梨树树体生长和提高梨果品质,可能是不同氮素形态在果实生长发育过程中影响了糖代谢关键酶活性从而影响果实糖含量的积累,因此有必要进一步研究不同形态氮素对果实糖代谢关键酶活性和相关基因表达的影响,为梨树合理施用氮肥提供理论依据。

参考文献:

- [1] Dutilleul C, Lelarge C, Prioul J L, Paepe RD, Foyer CH, Noctor G. Mitochondria-Driven changes in leaf NAD status exert a crucial influence on the control of nitrate assimilation and the integration of carbon and nitrogen metabolism[J]. Plant Physiology, 2005, 139(1): 64-78
- [2] Benton J, Jones JB. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower[M]. Britain: Lucie Press, 1997: 10-13
- [3] Dong CX, Shen QR, Wang G. Tomato growth and organic acid changes in response to partial replacement of NO₃-N by NH₄⁺-N[J]. Pedosphere, 2004, 14(2): 159-164
- [4] 孙新, 施卫明. 氮素形态对水稻蔗糖分配的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(13): 5 344-5 346
- [5] 汪建飞, 董彩霞, 沈其荣. 不同铵硝比对菠菜生长、安全和营养品质的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 683-688
- [6] 金松南, 艾呈祥, 姚峰君, 张力思, 刘庆忠. 氮素形态对新高梨生长和果实品质的影响[J]. 落叶果树, 2007(4): 1-3
- [7] 许玉兰, 刘庆城. 用 N¹⁵ 示踪方法研究氨基酸的肥效作用[J]. 氨基酸和生物资源, 1998, 20(2): 20-23
- [8] 王莹, 史振声, 王志斌, 李凤海. 植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用[J]. 中国土壤与肥料, 2008(1): 6-11
- [9] 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[J]. 种子, 2006, 25(4): 73-75
- [10] Kinnersley AM, Robert CD, Kinnersley CY, John ML. Method for Increasing Fertilizer Efficiency: USA, 5, 840, 656[P]. 1998-12-24
- [11] 宋晓晖, 谢凯, 李艳丽, 赵化兵, 徐阳春, 董彩霞. HPLC-ELSD 法测定梨果实中不同种类可溶性糖含量[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(2): 87-91
- [12] 杨阳, 钟晓敏, 闫志刚, 瞿衡. 氮素形态对巨峰葡萄果实品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 1 037-1 040
- [13] Fetene M, Beck E. Reversal of the direction of Photosynthate allocation in *Urtica dioica* L. Plants by increasing cytokinin import into the shoot[J]. Botanica Acta, 1993, 106: 235-240
- [14] 周天华. 氮素形态对凤红桃植株生长、产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(9): 108-112
- [15] 李彩凤, 马凤鸣, 赵越, 李文华. 氮素形态对甜菜氮糖代谢关键酶活性及相关产物的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(1): 128-132
- [16] He YH, Shen DS, Fang CR, He R, Zhu YM. Effects of metsulfuron-methy on the microbial population and enzyme activities in wheat rhizosphere soil[J]. Journal of Environmental Science and Health Part B, 2006, 41(3): 269-284
- [17] Hino M, Gao YP, Akira S. Rootstock effects on fruit quality of 'Fuji' apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture[J]. Scientia Horticulturae, 1995, 61: 205-214
- [18] 姚改芳, 张绍铃, 吴俊, 曹玉芬, 刘军, 韩凯, 杨志军. 10 个不同系统梨品种的可溶性糖与有机酸组分含量分析[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(5): 25-31
- [19] Yamaguchi H, Kanayama Y, Yamaki S. Purification and properties of NAD⁺-dependent sorbitol dehydrogenase from apple fruit[J]. Plant Cell Physiol., 1994, 35(6): 887-892
- [20] Oura Y, Yamada K, Shiratake K, Yamaki S. Purification and characterization of a NAD⁺-dependent sorbitol dehydrogenase from Japanese pear fruit[J]. Phytochemistry, 2000, 54(6): 567-572
- [21] Yamaguchi H, Kanayama Y, Soejima J. Changes in the amounts of the NAD⁺-dependent sorbitol dehydrogenase and its involvement in the development of apple fruit[J]. Amer Soc HortSci, 1996, 121(5): 848-852
- [22] Yamaki S. NADP-dependent sorbitol dehydrogenases found in apple leaves[J]. Plant & Cell Physiology, 1984, 25(7): 1 323-1 327
- [23] 赵智中, 张上隆, 徐昌杰, 陈昆松, 刘拴桃. 蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实糖积累中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 112-118
- [24] 陈俊伟, 张上隆, 张良诚, 徐昌杰, 陈昆松. 温州蜜柑果

- 实发育进程中光合产物运输、分配及糖积累特性[J]. 植物生理学报, 2001, 27(2): 186–192
- [25] 王见月, 刘庆花, 李俊良, 金圣爱, 原永兵. 胶东果园土壤酸度特征及酸化原因分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 164–169
- [26] 董彩霞, 姜海波, 赵静文, 徐阳春. 我国主要梨园施肥现状分析[J]. 土壤, 2012, 44(5): 754–761
- [27] 苏芳, 黄彬香, 丁新泉, 高志岭, 陈新平, 张福锁, Martin K, Volker R. 不同氮肥形态的氮挥发损失比较[J]. 土壤, 2006, 38(6): 682–686

Effects of Different Nitrogen Forms Combined with Amino Acids on Growth and Quality of Cuiguan Pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai)

LEI Xi-qiong, SHEN Chang-wei, MEI Xin-lan, JIANG Hai-bo, XU Yang-chun, DONG Cai-xia*

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: A two-year continuous experiment was conducted to evaluate the effects of different forms of nitrogen fertilizers on tree growth, yield, and quality of pear. Eight-year-old Cuiguan pear trees were treated with a single application of ammonium nitrate or urea and combined amino acids under equal nitrogen conditions. The results showed that compared with single application of urea, single application of ammonium nitrate treatment significantly increased SPAD value, the leaf area and weight of 100 leaves increased by 2.8%, 5.9% and 7.2%, respectively. Ammonium nitrate combined amino acids treatment significantly increased the fruit weight. Compared with single application of urea, single ammonium nitrate treatment significantly increased yield per plant, firmness of fruit and soluble sugar, an increasing trend was found on the content of soluble solids and titratable acidity. At 110 days after flowering, ammonium nitrate combined amino acids treatment significantly increased the growth of fructose, glucose and sucrose than single ammonium nitrate. Various sugars had different proportion in each period. Sorbitol was the most abundant sugar during 46 days after flowering, accounting for 69%–73% of the total sugar content, glucose and fructose had a quite proportion; with the fruit developed, fructose and sucrose content increased, but the proportion of sorbitol declined. Overall, Ammonium nitrate combined amino acids is most beneficial for improving pear growth and fruit quality.

Key words: Cuiguan pear; Nitrogen forms; Amino acids; Quality; Soluble sugars