

不同形态氮素配比对“赤霞珠”幼苗叶片光合色素与碳水化合物含量的影响

王添民¹, 惠竹梅^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省葡萄与葡萄酒工程研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以欧亚种酿酒葡萄“赤霞珠”(Vitis vinifera L. cv. 'Cabernet Sauvignon')扦插苗为试材,对葡萄幼苗分别按 100:0(T1)、75:25(T2)、50:50(T3)、25:75(T4)及 0:100(T5)5 种比例施用 NO_3^- -N 与 NH_4^+ -N 氮肥,以不施肥作为对照(CK),研究不同形态氮素比对葡萄叶片光合色素和碳水化合物含量的影响。结果表明:混合氮素处理 T2、T3 和 T4 幼苗在各时期叶片中光合色素与碳水化合物含量均高于 CK 和全铵处理 T5(硝铵比 0:100);同时,处理 T2 各项指标均高于其它处理组,且处理 T2 与 CK 具有显著差异($P<0.05$);全硝态氮处理 T1(硝铵比 100:0)各项指标与处理 T3 相近,且皆低于处理 T2 而高于处理 T4,含硝态氮处理间各指标总体上无显著性差异。

关键词:氮素配比;“赤霞珠”;葡萄;光合色素;碳水化合物

中图分类号:S 663.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0018-06

氮素是影响果树生长的重要元素,它不仅影响果树的营养生长,促进果树器官建成,保证树体内代谢过程的正常进行,而且影响果树的生殖生长^[1]。植物能够吸收利用的氮素形态包括硝态氮(NO_3^- -N)、铵态氮(NH_4^+ -N)、亚硝态氮(NO_2^- -N)、单质态氮(N_2)及一些可溶性有机含氮化合物^[2]。硝态氮和铵态氮是高等植物吸收的主要氮素形态。铵态氮使用过量时,可使根际 pH 值严重降低而影响根系正常生理代谢^[3],破坏叶绿体结构,造成叶片萎蔫,光合强度下降等,并进一步影响作物生长和品质^[4-8]。单一施用硝态氮肥料,生产成本较高,且会使植株中硝酸盐含量增加,降低农产品品质。研究发现,对大多数作物配合施用铵态氮与硝态氮较二者单独施用效果更好^[6]。硝态氮和铵态氮混合配施能使土豆产量增产 15%~30%^[7];硝态氮和铵态氮比例为 70:30 时,“霞多丽”葡萄幼苗的生长量最大^[8]; NO_3^- -N/ NH_4^+ -N 为 4:2 处理时越橘植株延长枝净生长量、基生枝长度、基生枝数量及叶面积均增加,且产量最

高^[9];当硝态氮和铵态氮配比为 2:1 时,脐橙地上部和地下部生长量的促进作用最显著^[10];五味子主要以吸收和同化 NH_4^+ -N 为主, NO_3^- -N/ NH_4^+ -N 为 25:75 处理的地上部生物量积累较多^[11]。大量的研究表明,大多数作物配合施用硝态氮和铵态氮肥不仅能够获得较高的干物质积累量,而且也使经济学产量和品质显著提高^[12-15]。另外,适当的硝铵配比也不会导致植株中硝酸盐的大量积累^[16]。

该试验通过研究不同配比硝态氮和铵态氮对“赤霞珠”葡萄('Cabernet Sauvignon')幼苗叶片碳代谢的影响,以期探明“赤霞珠”葡萄幼苗所适宜的不同形态氮素配比,为氮肥的合理施用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为欧亚种(Vitis vinifera)酿酒葡萄品种“赤霞珠”(‘Cabernet Sauvignon’)扦插盆栽苗,试验于 2011—2012 年在西北农林科技大学葡萄酒学院日光温室中进行。葡萄枝条于 2011 年 3 月扦插于高 17 cm、盆口直径 27 cm、盆地直径 15 cm 的塑料花盆中,盆中土样配比为原土:珍珠岩:腐殖质=2:1:1(体积比),每盆装土 2.5 kg。

NO_3^- -N 为硝酸钠(NaNO_3), NH_4^+ -N 为硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$,均由天津博迪化工股份有限公司生产;硝化抑制剂为二氰二胺(DCD),由成都市科龙化工试剂厂

第一作者简介:王添民(1987-),男,河北秦皇岛人,硕士研究生,研究方向为葡萄生理。E-mail:evaghine@163.com.

责任作者:惠竹梅(1969-),女,陕西耀县人,博士,副教授,现主要从事葡萄生理生态及葡萄与葡萄酒品质等研究工作。E-mail:xizhumei@nwsuaf.edu.cn.

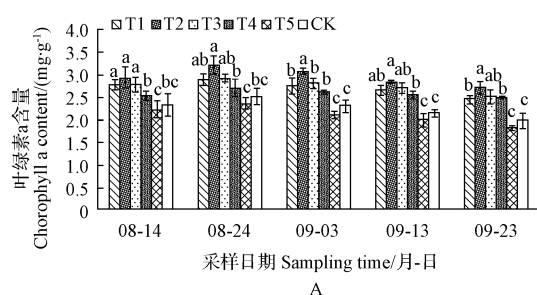
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资助项目(CARS-30-zp-09)。

收稿日期:2014-06-24

生产。

1.2 试验方法

试验共设 5 个处理: $\text{NO}_3^- - \text{N}/\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 分别为 100:0(T1)、75:25(T2)、50:50(T3)、25:75(T4)、0:100(T5), 以不施肥作为对照(CK), 每处理 3 次重复, 每重复 8 盆植株。2011 年待“赤霞珠”幼苗长到 7 片完全展开叶时, 选取生长势基本一致的植株进行施肥处理, 施用量为每株 300 mg(以纯氮计), 硝化抑制剂用量为施氮量的 3%, 与氮肥同溶于 300 mL 蒸馏水中一次性施用, 处理后每隔 2~3 d 每盆浇水 300 mL, 且采样前 24 h 内不浇水。待“赤霞珠”幼苗长至 13 片完全展开叶时(2011 年 8 月 14 日)开始采样, 之后每隔 10 d(8 月 24 日、9 月 3 日、9 月 13 日、9 月 23 日)采样 1 次, 每次采样在每盆植株 8~13 节分别取 1 枚叶片, 用液氮冻存, 带回实验室在 -80°C 冰箱保存。采样结束后, 对盆中土壤多次充分灌水, 排除其中剩余氮肥。冬季对“赤霞珠”盆栽苗进行短梢修剪, 并疏松盆中土壤。2012 年 2 月在葡萄萌芽前将葡萄盆栽苗重新分组, 待葡萄苗长至 3 枚完全展开叶片时施肥处理, 每株施氮量 500 mg(以纯氮计), 施肥处理和其它管理与 2011 年相同, 当葡萄长至 9 枚完全展开叶片时(2012 年 4 月 21 日)开始采样, 在每盆植株 4~9 节分别取 1 枚叶片, 以后每隔 15 d(5 月 6 日、5 月 21 日、6 月 5 日、6 月 20 日)采 1 次样, 共采 5 次样, 采样方法和采样期间管理与 2011 年相同。



1.3 项目测定

叶绿素含量用直接浸提法测定; 还原糖含量用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定; 可溶性糖含量及淀粉含量用蒽酮比色法测定, 具体方法参照文献[17]。

1.4 数据分析

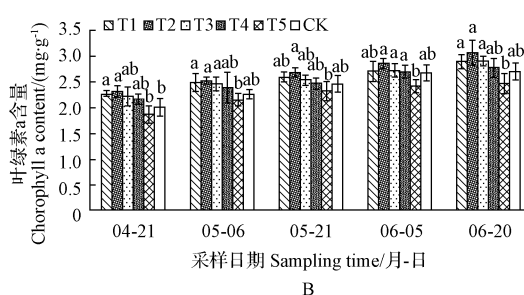
试验数据采用 Excel 2010 及 DPS 数据处理软件进行分析处理, 差异显著性分析采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同形态氮素配比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中叶绿素 a 含量的影响

由图 1-A 可知, 2011 年试验中各处理“赤霞珠”叶片中叶绿素 a 含量变化趋势基本一致, 均表现为先升高后降低。除硝铵比为 0:100 的处理 T5 外, 其余施氮处理“赤霞珠”幼苗叶片中的叶绿素 a 含量均高于 CK; 在各混合氮素施氮处理中, 叶绿素 a 含量总体由高到低依次为 $\text{T2} > \text{T3} > \text{T4}$, 三者分别高出 CK 25.7%~36.8%、16.1%~26.4% 和 7.7%~25.4%, 其中处理 T2 在整体上与 CK 差异显著 ($P < 0.05$)。

2012 年试验中, 各处理叶片中叶绿素 a 含量均逐渐升高(图 1-B)。全铵态氮处理 T5 的叶绿素 a 含量总体低于 CK, 与上年试验结果一致。各混合氮素处理的叶绿素 a 含量总体由高到低仍为 $\text{T2} > \text{T3} > \text{T4}$, 总体上与 CK 差异均不显著; 全硝态氮处理 T1 叶绿素 a 含量前期高于 T3 而后期与 T3 相当, 总体上与 CK 无显著性差异。



注: 图中各数据点上的垂直线表示标准偏差。下同。

Note: Vertical line on every data point means standard deviation. The same below.

图 1 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素配比对“赤霞珠”幼苗叶片中叶绿素 a 含量的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen forms on chlorophyll a content of 'Cabernet Sauvignon' leaf in 2011(A) and 2012(B)

2.2 不同形态氮素配比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中叶绿素 b 含量的影响

2011 年各处理“赤霞珠”叶片中叶绿素 b 含量均表现为先小幅升高后逐渐降低的趋势(图 2-A)。各施氮处理中, 全铵态氮处理 T5 叶片叶绿素 b 含量总体最低, 且低于 CK; 全硝态氮处理 T1 与处理 T3 叶片中叶绿素 b

含量在各时期均较为接近, 且均低于处理 T2 而高于处理 T4, 以上 4 个处理间总体差异不显著, 与对照也无显著性差异。

2012 年各处理“赤霞珠”叶片中叶绿素 b 含量总体呈现持续上升的趋势(图 2-B)。各混合氮素处理的叶绿素 b 含量总体均高于 CK, 各时期 3 个处理叶绿素 b 含

量由高到低均为 $T2 > T3 > T4$, 且总体上与 CK 差异均不显著; 全硝态氮处理 T1 叶绿素 b 含量在采样前期略低于处理 T3, 后期快速升高并在最后一次采样时高出

T3 约 6%。全铵态氮处理 T5 叶绿素 b 含量总体低于 CK, 且与 CK 无显著性差异。

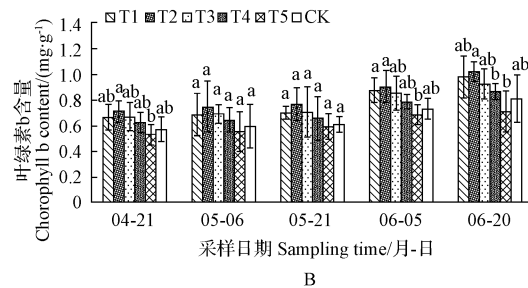
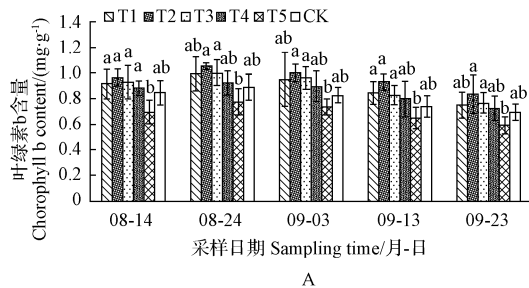


图 2 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素对比对“赤霞珠”幼苗叶片中叶绿素 b 含量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen forms on chlorophyll b content of ‘Cabernet Sauvignon’ leaf in 2011(A) and 2012(B)

2.3 不同形态氮素对比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中总叶绿素含量的影响

2011 年各处理“赤霞珠”幼苗叶片总叶绿素含量呈现先升高后降低的变化趋势(图 3-A)。各施氮处理中, 全铵态氮处理 T5 各时期总叶绿素含量均低于 CK, 其它处理各时期的总叶绿素含量均高于对照, 其中处理 T2 与 CK 间差异达到显著水平 ($P < 0.05$); 全硝态氮处理

T1 与处理 T3 的总叶绿素含量基本处于同一水平, 均高于处理 T4, 这 3 个处理间无显著性差异。

由图 3-B 可知, 2012 年各处理“赤霞珠”幼苗叶片总叶绿素含量总体由高到低排列为: 处理 T2 > 全硝态氮处理 T1 > 处理 T3 > 处理 T4 > CK > 处理 T5, 其中处理 T2 与全铵态氮处理 T5 间差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 其它处理间无显著差异。

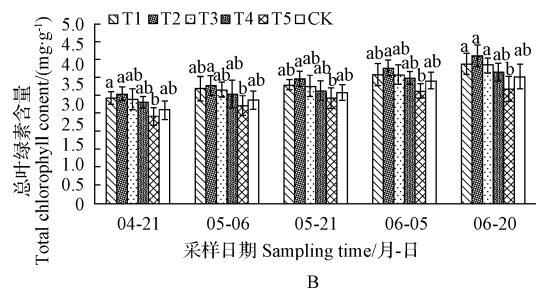
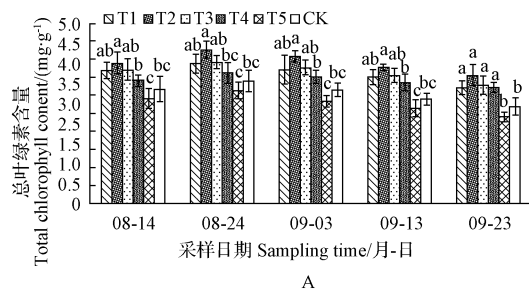


图 3 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素对比对“赤霞珠”幼苗叶片中总叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen forms on total chlorophyll content of ‘Cabernet Sauvignon’ leaf in 2011(A) and 2012(B)

2.4 不同硝铵对比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中还原糖含量的影响

2011 年试验中, 各处理“赤霞珠”扦插苗叶片中还原

糖含量变化趋势基本一致, 均为少量升高后持续下降(图 4-A)。施氮处理后的扦插苗叶片中还原糖含量均高于未施氮的 CK 处理, 且除全铵态氮处理 T5 外, 其余

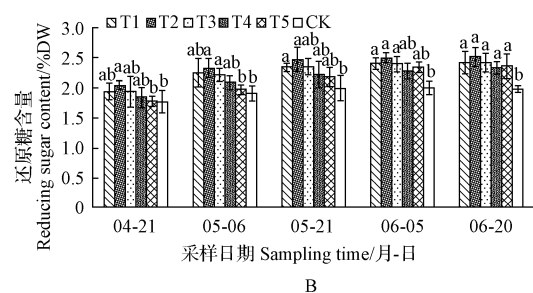
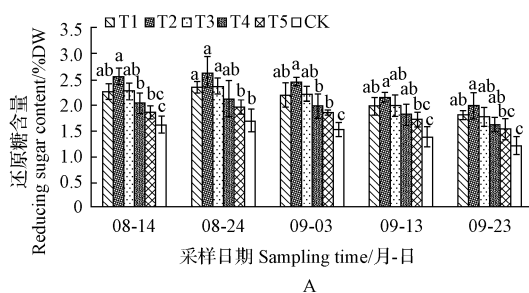


图 4 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素对比对“赤霞珠”幼苗叶片中还原糖含量的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen forms on reducing sugar content of ‘Cabernet Sauvignon’ leaf in 2011 (A) and 2012 (B)

处理(T1、T2、T3 和 T4)与 CK 间有显著差异($P < 0.05$)。前 4 次采样中,叶片还原糖含量由高到低依次为 $T2 > T3 > T1 > T4 > T5 > CK$,最后一次采样中处理 T1 高于处理 T3 但仍均低于处理 T2。

由图 4-B 可知,2012 年试验中各处理叶片还原糖含量变化趋势基本一致,前 3 次采样时快速上升,后 2 次采样时趋于平稳。与 CK 相比,施氮处理能够提高葡萄叶片中还原糖含量,且随葡萄幼苗生长这种差异愈发显著,但各施氮处理间没有显著差异($P < 0.05$)。混合氮素处理 T2、T3 和 T4 在各次采样测定中叶片还原糖含量由高到低排列均为 $T2 > T3 > T4$;全硝态氮处理 T1 在试验中叶片还原糖含量基本与处理 T3 处于同一水平;全铵态氮处理 T5 在采样早期的还原糖含量低于 T4 而略高于 CK。随着扦插苗生长,全硝态氮处理 T5 的还原糖含量快速升高,在后期含量接近处理 T3 的水平。

2.5 不同硝铵比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中可溶性总糖含量的影响

由图 5-A 所示,施氮处理能显著提高“赤霞珠”幼苗

叶片中可溶性总糖的含量。2011 年试验中,随着光照时间逐渐变短气温开始下降,各处理叶片可溶性糖含量的变化趋势为先小幅升高后逐步降低,混合氮素处理 T2、T3 和 T4 叶片可溶性糖含量在各次采样中均为 $T2 > T3 > T4$,且与对照间差异显著($P < 0.05$);全硝态氮处理 T1 幼苗叶片还原糖含量介于处理 T3 和 T4 之间,后期下降幅度大于各混合氮素处理;全铵态氮处理 T5 叶片还原糖含量前期低于混合氮素各处理,但在后期还原糖含量下降幅度为各施氮处理最小。

2012 年试验中,各处理幼苗叶片中还原糖含量整体呈现缓慢升高的趋势,且随着幼苗生长,施氮处理使叶片还原糖含量加速提高(图 5-B)。各次采样中,处理 T2 叶片还原糖含量均最高,为 CK 含量的 1.25 倍(4 月 21 日)到 1.36 倍(6 月 20 日),且二者差异显著($P < 0.05$);其余各施氮处理叶片还原糖含量均高于 CK 处理,且由高到低排列为处理 $T3 > \text{全硝态氮处理 T1} > \text{处理 T4} > \text{全铵态氮处理 T5}$ (硝铵比 0 : 100),但以上 4 个处理间没有显著性差异。

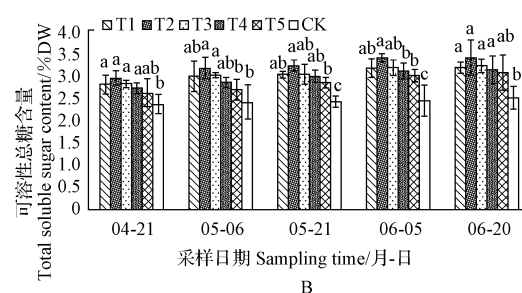
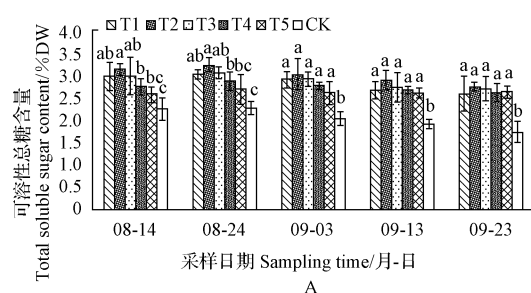


图 5 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素对比对“赤霞珠”幼苗叶片中可溶性总糖含量的影响

Fig. 5 Effect of different nitrogen forms on total soluble sugar content of 'Cabernet Sauvignon' leaf in 2011(A) and 2012(B)

2.6 不同硝铵对比对“赤霞珠”葡萄幼苗叶片中可溶性淀粉含量的影响

由图 6-A 可知,2011 年试验中各处理“赤霞珠”幼苗叶片中可溶性淀粉含量变化趋势基本相同,均小幅上升

后逐渐下降,其中全铵态氮处理 T5 上升趋势最缓,且出现峰值的时间(9 月 13 日)较其它处理晚,下降趋势不明显,这使得全铵态氮处理 T5 的叶片可溶性淀粉含量在试验早期仅高于 CK,而在后期与处理 T3 接近。全硝态

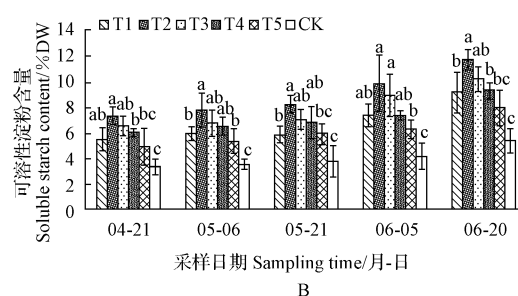
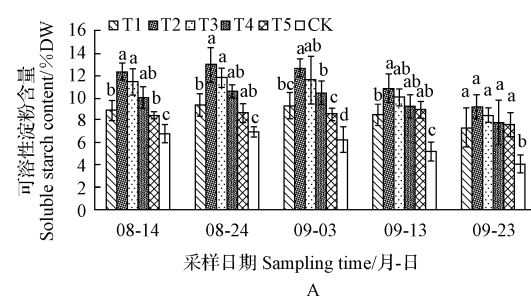


图 6 2011 年(A)和 2012 年(B)不同形态氮素对比对“赤霞珠”幼苗叶片中可溶性淀粉含量的影响

Fig. 6 Effect of different nitrogen forms on soluble starch content of 'Cabernet Sauvignon' leaf in 2011(A) and 2012(B)

氮处理 T1 叶片可溶性淀粉含量均低于混合氮素处理而高于 CK, 且与 CK 间有显著差异。在各混合氮素处理中, 叶片可溶性淀粉含量均显著 ($P < 0.05$) 高于 CK, 且随混合氮素中硝态氮比例升高而增加, 但各处理间总体差异不显著。

2012 年试验中, 各处理“赤霞珠”扦插苗叶片中可溶性淀粉含量整体呈现持续上升的趋势且后期(5 月 21 日至 6 月 20 日)上升速度明显加快(图 6-B)。各施氮处理叶片中可溶性淀粉含量均高于 CK, 且除全铵态氮处理 T5 外的其它施氮处理与 CK 间有显著差异 ($P < 0.05$)。混合氮素处理 T2、T3 和 T4 中, 处理 T2 的叶片可溶性淀粉含量最高, 处理 T3 次之, 处理 T4 最低, 且三者均整体高于全硝态氮处理 T1 和全铵态氮处理 T5, 其中处理 T2 与全铵处理 T5 间差异显著 ($P < 0.05$), 其它处理间无显著性差异。

3 讨论与结论

在该研究中, 由于 2 年采样过程中“赤霞珠”幼苗所处生长期不同, 其叶片中叶绿素 a、b 及总叶绿素含量的变化趋势有所差异, 但同年中各处理的变化趋势基本一致。2011 年的试验中, “赤霞珠”葡萄幼苗处于生长的中后期, 采样初期光照和温度较为适宜“赤霞珠”幼苗的生长。采样后期随着秋季到来, 日照时间缩短, 早晚温度降低, 叶片开始衰老^[18], 各处理叶片中叶绿素 a、b 及总叶绿素含量均呈现先升高后降低的趋势。在 2012 年的试验中, “赤霞珠”葡萄幼苗处于生长的旺盛期, 各处理叶绿素 a、b 及总叶绿素含量均逐渐升高。

先前研究显示, 单一铵态氮营养下, 植物体内过多的 NH_4^+ 容易诱发氧化磷酸化和光合磷酸化与电子传递的偶联, 降低光合效率^[19]。该研究的各次采样中, 全铵态氮处理 T5 的叶绿素 a、b 及总叶绿素含量均为各施氮处理最低, 且低于 CK, 这进一步验证了之前的研究结果。

还有研究表明, 将硝态氮和铵态氮按一定比例混合施用, 能更好促进作物的生长^[20]和叶绿素含量的提高^[21]。该试验结果表明, 施用混合氮素的处理 T2、T3 和 T4 中叶绿素 a、b 及总叶绿素含量均高于 CK, 且随着硝态氮在混合氮素中比例的升高而升高, 这与先前对“霞多丽”葡萄的研究结果一致^[22]。

氮元素不仅是叶绿素的重要组成部分, 同时也是构成 RuBP 羧化酶和 PEP 羧化酶等碳代谢关键酶的重要成分^[23], 缺乏氮素会导致植株叶面积减小, 叶绿素含量降低, 以及光合速率下降^[24]。施用氮肥能够促进植物光

合作用^[25], 增加叶片中碳水化合物和各种元素的含量^[26]。

与光合色素含量类似, “赤霞珠”葡萄幼苗叶片中碳水化合物的含量随其生长周期的不同呈现不同的变化趋势。2011 年采样期间, “赤霞珠”幼苗处于生长的中后期, 其叶片中还原性糖、可溶性总糖和可溶性淀粉含量的变化趋势都是前期基本不变, 后期随着枝条进一步成熟和开始贮存养分, 叶片中的碳水化合物大量运出叶片^[1], 其含量明显下降; 而 2012 年的试验中, “赤霞珠”幼苗处在快速生长期, 叶片中光合作用产生的碳水化合物大量用于植株生长而被消耗^[18], 其含量在前期较低, 至采样后期植株生长减缓, 叶片中的碳水化合物含量明显升高。

植物体内氮代谢为碳代谢提供光合色素和酶, 而碳代谢为氮代谢提供能量和碳源。有研究表明, NO_3^- 在叶片中可能作为信号物质^[27], 对碳水化合物的代谢进行调节; 另外, 植物为了缓解 NH_4^+ 毒害, 需要大量碳水化合物与 NH_4^+ 形成氨基酸^[28]。该研究中, 各时期全硝处理 T1 植株叶片的还原糖和可溶性总糖含量均高于 CK 和全铵态氮处理 T5, 且总体上与 CK 有显著差异 ($P < 0.05$), 这与前人研究结果一致。同时, 该试验中施用混合氮素的处理 T2、T3 和 T4 各时期中叶片还原糖、可溶性总糖和可溶性淀粉含量随硝态氮占总氮量比例的增加而增加, 这与在黄瓜^[23]和银杏^[29]上的研究结果一致。

在该研究中, 混合氮素处理 T2、T3 和 T4 在各时期植株叶片中光和色素与碳水化合物含量均高于 CK 和全铵态氮处理 T5; 处理 T2 各项指标均高于其它处理, 且处理 T2 在整体上与 CK 差异显著 ($P < 0.05$); 全硝态氮处理 T1 各项指标与处理 T3 相近, 且皆低于处理 T2 而高于处理 T4; 4 个处理间各指标测定结果总体上无显著性差异。对于“赤霞珠”扦插苗, 在施氮量相同的条件下, 施用硝铵比为 75 : 25 的混合氮肥最有利于植株生长。

参考文献

- [1] 李文庆, 张民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用[J]. 山东农业大学学报, 2002, 33(1): 96-100.
- [2] 安慧, 上官周平. 植物氮素循环过程及其根域调控机制[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 83-86.
- [3] 隋方功, 王运华, 姚源喜, 等. 彩椒始花期吸收的氮素在体内各器官间分配动态的研究[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 238-242.
- [4] Britto D T, Kronzucker J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review [J]. Plant Physiol, 2002, 159: 567-584.
- [5] Puritch C S. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during

ammonium toxicity[J]. Plant Physiol, 1967, 42:1229-1238.

[6] Reddy K S, Mills H A, Jones J B. Corn responses to post-tassing nitrogen deprivation and to various ammonium/nitrate ratios[J]. Agronomy Journal, 1991, 83:201-203.

[7] Siddiqi M Y, Malhotra B, Min X, et al. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2002, 165:191-197.

[8] 杨阳, 郑秋玲, 裴成国, 等. 不同硝铵比对霞多丽葡萄幼苗生长和氮素营养的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010(2):370-375.

[9] 李亚东, 赵爽, 张志东, 等. 不同氮素形态对比对越橘生长、产量及叶片元素含量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(4):477-480.

[10] 李先信, 黄国林, 陈宏英, 等. 不同形态氮素及其对比对脐橙生长和叶片矿质元素含量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007, 33(5):622-625.

[11] 徐海军, 孙广玉, 张悦, 等. 不同氮素形态比例对五味子幼苗生长特性的影响[J]. 植物研究, 2010, 30(1):51-56.

[12] 罗金葵, 陈巍, 沈其荣. 不同小白菜器官对氮素形态响应的生理差异[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(3):50-53.

[13] Dong C X, Shen Q R, Wang G. Tomato growth acid changes in response to partial replacement of NO_3^- -N by NH_4^+ -N[J]. Pedosphere, 2004, 14(2):159-164.

[14] Hewitt E J. Essential and functional metals in plants[M]. New York: Academic Press, 1983:277-323.

[15] Winter K, Usuda H, Tsuzuki M, et al. Influence of nitrate and ammonia on photosynthetic characteristics and leaf anatomy of *Morinda arvensis*[J]. Plant Physiol, 1982, 70:616-625.

[16] 肖青亮, 郑诗樟, 牛德奎. 施肥对蔬菜累积硝酸盐影响的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6):1732-1734.

[17] 高俊凤, 孙群, 曹翠玲, 等. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.

[18] Poni S, Intrieri C, Silverstroni O. Interactions of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions, I. Gas exchange[J]. Enol Vitic, 1994, 45:71-78.

[19] 张福锁, 樊小林, 李晓林. 土壤与植物营养研究新动态[M]. 2卷. 北京:中国农业出版社, 1995:42-75.

[20] 樊明寿, 孙亚卿, 邵金旺, 等. 不同形态氮素对燕麦营养生长和磷素利用的影响[J]. 作物学报, 2005(1):114-118.

[21] 黄长兵, 房伟民, 杨勇, 等. 不同水平和形态氮素供应对盆栽小菊外观品质和光合特性的影响[J]. 浙江农业学报, 2010(1):45-50.

[22] 杨阳, 陈迎春, 史祥斌, 等. 氮素形态对霞多丽幼苗光合特性及碳水化合物积累的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014(1):26-28, 32.

[23] 师进霖, 姜跃丽, 陈恩波. 氮素形态对黄瓜幼苗光合特性及碳水化合物代谢的影响[J]. 江西农业学报, 2009(10):57-58, 62.

[24] 伍松鹏, 张秀娟, 吴楚, 等. 不同氮素形态比例对黄瓜幼苗生长和光合特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2006(12):2697-2707.

[25] 何会流. 不同氮素形态对凤仙花叶绿素含量及光合荧光参数的影响[J]. 北方园艺, 2013(16):79-82.

[26] 樊卫国, 葛慧敏, 吴素芳, 等. 不同形态氮素及其对比对铁核桃实生苗叶片光合特性和养分含量的影响[J]. 果树学报, 2013, 30(3):437-443.

[27] Wang Y Q, Zhang J J, Zhu G H, et al. Differential expression of proteins in rice leaves cultivated with different forms of nitrogen nutrients[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2006, 32(4):403-410.

[28] 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):5344-5346.

[29] 郑军, 曹福亮, 郁万文. 不同氮素形态及对比对生育后期银杏叶品质的影响[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(5):564-568.

Effect of Different Nitrogen Form on Photosynthetic Pigment and Carbohydrate Content in *Vitis vinifera* cv. 'Cabernet Sauvignon' Leaves

WANG Tian-min¹, XI Zhu-mei^{1,2}

(1. College of Enology, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Shaanxi Engineering Research Center of Viti-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera* L.) cutting-seedlings were used, to evaluated the effect of different nitrogen forms on photosynthetic pigment and carbohydrate content. Five treatments were conducted according to NO_3^- -N/ NH_4^+ -N ratios, including 100 : 0 (T1), 75 : 25 (T2), 50 : 50 (T3), 25 : 75 (T4), 0 : 100 (T5) with total nitrogen being equal amount, and no fertilizer treatment was used as control (CK). The results showed that the content of photosynthetic pigment and carbohydrate were higher in three mixed nitrogen treatment (T2, T3 and T4) in each period of vine grown compared with the treatment T5 and CK. Meanwhile, every indicator in treatment T2 were the highest among all treatment group and were significantly different with CK ($P < 0.05$). In addition, every indicator in the nitrate treatment T1 were similar to T3, lower than treatment T2 but higher than T4. There were no obvious difference among these treatments containing NO_3^- -N (T1, T2, T3 and T4).

Keywords: nitrogen form; 'Cabernet Sauvignon'; grape; photosynthetic pigment; carbohydrate