

doi:10.11937/bfyy.20184685

施氮量对葡萄幼苗叶片蔗糖和淀粉代谢的影响

杨 湘¹, 郁松林¹, 孙慧敏², 何秀峰¹, 孙琳琳³, 赵丰云¹

(1. 石河子大学 农学院, 特色果蔬栽培生理与种质资源利用兵团重点实验室, 新疆 石河子 832003;

2. 新疆生产建设兵团第八师 林业工作管理站, 新疆 石河子 832000;

3. 新疆石河子农业科学研究院, 新疆 石河子 832000)

摘 要:以 1 年生“维多利亚”葡萄(*Vitis vinifera* L. cv. Victoria)幼苗为试材, 采用温室盆栽试验, 设置 4 个不同施氮量(按每盆纯氮计)处理(0 mg(CK)、150 mg(T1)、300 mg(T2)和 450 mg(T3)), 研究了氮肥施用量对葡萄幼苗叶片蔗糖和淀粉含量及其代谢相关酶活性的影响, 以期揭示氮肥施用量对主要光合产物积累和代谢的影响。结果表明:施用氮肥能显著提高叶片蔗糖和淀粉含量, 显著提高叶片蔗糖磷酸合成酶(PPS)和蔗糖合成酶合成方向(SSs)活性, 各处理 PPS 活性大小为 T2>T3>T1>CK, 其中 T2、T3 处理显著高于 CK、T1 处理, 施氮量对 SSs 活性影响不大;蔗糖合成酶降解方向(SSd)活性明显高于 SSs 活性, 蔗糖合成酶净活力表现为降解蔗糖方向。酸性转化酶(AI)、中性转化酶(NI)活性随时间均呈上升趋势, 施氮能显著提高 AI 活性。不同量氮处理能显著提高淀粉磷酸化酶(SP)活性, 施氮减缓 α -淀粉酶(α -amy)活性的上升, T2 处理增加 β -淀粉酶(β -amy)和总淀粉酶活性。综上所述, 施氮能增加葡萄叶片蔗糖和淀粉含量, 提高蔗糖和淀粉代谢相关酶活性, 促进葡萄幼苗碳水化合物的积累和代谢, 其中 T2 处理效果较优。

关键词:“维多利亚”葡萄(*Vitis vinifera* L. cv. Victoria); 氮肥施用量; 蔗糖; 淀粉; 酶活性

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2019)14-0053-07

氮是植物需求最高的矿质养分, 通常是最限制生长的养分^[1]。它不仅是核酸、氨基酸和蛋白质等生命物质的组成成分, 而且还作为叶绿素的组分参与到光合作用的碳同化中^[2], 提高光合效能, 促进营养生长^[3]。这就使得它在光合碳同化中也发挥着重要作用。

近年来, 国内许多学者研究了施用氮肥对果树光合产物及其代谢的影响。鱼欢等^[4]研究发现, 适量施氮肥可以增加胡椒叶片 AI、SS 和 PPS 活性, 施氮不足或过量均会使其活性降低。N0

处理叶片淀粉含量均显著高于 N100 和 N200 处理^[5]。尿素处理降低了杏幼树葡萄糖、果糖和蔗糖的浓度, 但对山梨醇和淀粉的浓度影响不大^[6]。开花期和果实第一次膨大期施氮肥显著增加葡萄花后 20 d 后叶片蔗糖含量^[7]。胡紫璟^[8]发现, 随施氮量增加, 叶片蔗糖含量和 SS 活性呈升高的趋势, 叶片 PPS 活性没有规律; AI 活性、NI 活性先增加后降低, N(2) 处理下达到最大值; 与克热木·伊力等^[9]研究结果相同, 葡萄叶片淀粉含量随氮素施用量的增加而降低。氮素对光合产物影响的研究主要集中在成龄树上, 对幼苗期葡萄光合产物的积累和代谢研究较少, 但幼苗期光合产物的积累对植物树体的营养生长和生殖生长都非常关键。

该试验以 1 年生“维多利亚”葡萄幼苗为材料, 研究施氮量对温室葡萄幼苗叶片蔗糖和淀粉

第一作者简介:杨湘(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为果树栽培生理与调控。E-mail:2446497816@qq.com.

责任作者:郁松林(1961-), 男, 博士, 教授, 研究方向为果树栽培生理及调控。E-mail:songlin8900@sina.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31360464)。

收稿日期:2019-03-05

含量及其代谢关键酶活性的影响,旨在揭示氮肥施用量对葡萄幼苗叶片光合产物积累和代谢的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2017年在石河子大学试验站日光温室(东经 $86^{\circ}03'$,北纬 $45^{\circ}19'$)中进行。采用1年生“维多利亚”(Vitis vinifera L. Victoria)葡萄营养袋扦插苗,试验苗购于石河子市北泉镇春野苗木繁育专业合作社。选择长势均匀一致的苗子于2017年6月1日移栽于 $18\text{ cm}\times 18\text{ cm}$ 的营养钵中,每盆栽一株,基质配比为草炭:蛭石:珍珠岩=4:1:1。

1.2 试验方法

以硫酸铵为氮源,按氮肥施用量(按纯氮计算)设置4个处理,分别为0 mg(CK),150 mg(T1),300 mg(T2),450 mg(T3),每个处理3个区组,每个区组2株。试验在2017年9月25日选取长势一致的植株进行处理,将硫酸铵和纯氮3%的硝化抑制剂二氰二胺(DCD)共溶于300 mL蒸馏水中一次性施用,处理后正常浇水管理,采前24 h不浇水。处理后当天11:00开始采样,之后每7 d同一时间采一次样(晴朗天气),即分别于9月25日(0 d),10月2日(7 d),10月9日(14 d),10月16日(21 d)采样。取功能叶片留一部分鲜样用于糖含量的测定,其余迅速投入液氮中带回实验室在 -80°C 冰箱保存,用于酶活性测定。

1.3 项目测定

1.3.1 蔗糖和淀粉的提取及含量测定

蔗糖和淀粉的提取参照高俊凤^[10]的方法;蔗糖含量测定采用间苯二酚比色法^[11];淀粉含量测定采用蒽酮- H_2SO_4 比色法^[12]。

1.3.2 蔗糖代谢酶的提取及活性测定

蔗糖代谢酶的提取参照薛应龙^[13]、周兰兰^[14]的方法,蔗糖合成酶合成方向(sucrose synthase synthesis direction,SSs)、蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase,SPS)和蔗糖合成酶降解方向(sucrose synthase decomposition

direction,SSd)活性测定参照赵越等^[15]的方法。酸性转化酶(acid invertase, AI)和中性转化酶(neutral invertase, NI)活性测定参照高俊凤^[10]的方法。

1.3.3 淀粉降解酶的提取及活性测定

淀粉酶(α-amylase)的提取和测定参照李合生等^[16]的方法,淀粉磷酸化酶(starch phosphorylase, SP)的提取参考高俊凤^[10]的方法。

1.4 数据分析

利用Excel 2007和SPSS 19软件整理和统计数据,采用Duncan新复极差法进行差异性分析,运用SigmaPlot 12.5软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对葡萄幼苗叶片蔗糖和淀粉含量的影响

由图1可知,叶片中蔗糖含量随时间均呈先上升后下降的趋势;14 d各处理蔗糖含量达到最高,随施氮量升高,分别比0 d高10.97%、31.40%、32.60%、25.00%,其中T2处理蔗糖含量最高,之后各处理蔗糖含量均开始下降,T1、T2处理下降较快,分别比14 d下降了10.57%、11.72%。不同施氮量处理后叶片蔗糖含量高低依次为 $T2>T3>T1>CK$,其中T1、T2和T3处理间差异不显著,均极显著高于CK($P<0.01$)。表明适量施用氮肥能显著提高叶片中蔗糖含量。

叶片淀粉含量随时间上升到14 d达到最高,之后开始下降,随施氮量增加分别降低16.19%、

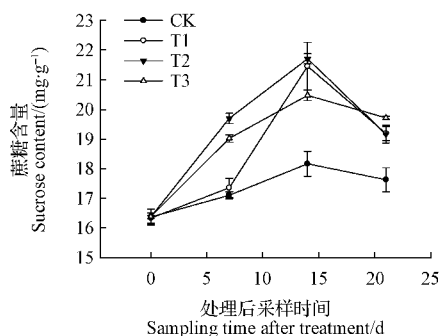


图1 不同施氮处理对葡萄叶片蔗糖含量的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen application treatments on sucrose content in grape leaves

19.55%、11.20%、27.45%；T2 处理淀粉含量极显著高于 T3 处理，二者均极显著高于 CK 和 T1 处理 ($P<0.01$)，T1 处理淀粉含量亦高于 CK，但没有显著差异 (图 2)。由此表明，施用一定量氮能显著提高葡萄叶片淀粉含量随施氮量升高，随施氮量增加，淀粉含量的增加也会受到抑制。

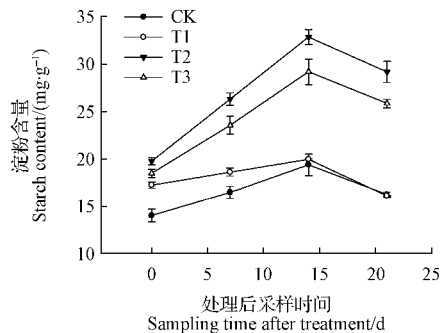


图 2 不同施氮处理对葡萄叶片淀粉含量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen application treatments on starch content in grape leaves

2.2 不同施氮量对葡萄幼苗叶片蔗糖合成相关酶 SPS、SSs 活性的影响

叶片蔗糖磷酸合成酶 (SPS) 活性随时间变化极显著上升 ($P<0.01$)。21 d，随施氮量增加，各处理 SPS 活性分别比 0 d 高了 26.84%、47.65%、57.95%、46.57%，其中 T2 处理 SPS 活性增加的最多。不同施氮量处理后，叶片 SPS 活性变化趋势依次为 T2>T3>T1>CK，随施氮量增加，各处理 SPS 活性分别比 CK 高 14.06%、

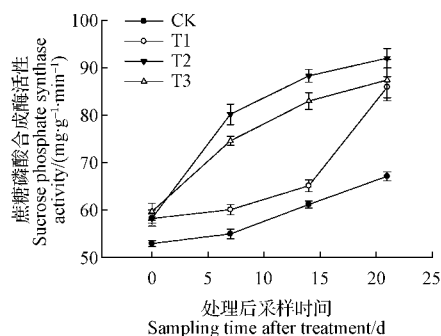


图 3 不同施氮处理对葡萄叶片蔗糖磷酸合成酶 (SPS) 活性的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen application treatments on sucrose phosphate synthase activity in grape leaves

35.24%、18.30%，均极显著高于 CK，T2 和 T3 处理间差异不显著，但均极显著高于 T1 处理 ($P<0.01$) (图 3)。由此可知，施用一定量氮肥能明显提高叶片 SPS 活性。

叶片蔗糖合成酶合成方向 (SSs) 活性随时间均先上升后下降 (CK 除外)，7、14、21 d 取样叶片 SSs 活性均极显著高于 0 d，14 d 平均酶活性达到最高，分别比 7、21 d 高 3.80%、1.54%，极显著高于 7 d，与 21 d 差异不明显 ($P<0.01$)。各施氮处理间酶活性差异不显著，但均显著高于 CK ($P<0.05$) (图 4)。说明在一定量氮能显著提高叶片 SSs 活性，但不同施氮量间 SSs 活性差异不大。

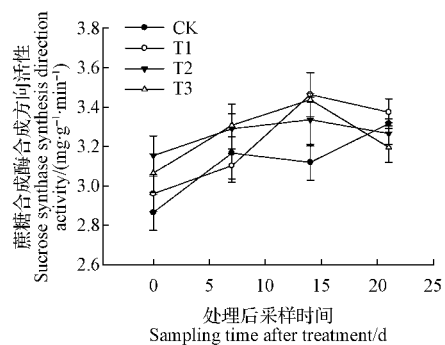


图 4 不同施氮处理对葡萄叶片蔗糖合成酶合成方向 (SSs) 活性的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen application treatments on sucrose synthase synthesis direction activity in grape leaves

2.3 不同施氮量对葡萄幼苗叶片蔗糖降解相关酶活性的影响

蔗糖降解酶主要有蔗糖合成酶降解方向酶 (SSd) 和转化酶 (Inv)，转化酶按 pH 可分为酸性转化酶 (AI) 和中性转化酶 (NI) 2 种。叶片 SSd 活性随时间变化极显著 ($P<0.01$)，0~7 d，各处理叶片 SSd 活性均上升，之后变化较复杂，CK 先下降后上升，T1 处理先明显上升后略微下降，T2 处理一直上升，T3 处理则继续上升，14 d 达到最大值后明显下降 (图 5)。与 SSs 活性比较可知，蔗糖合成酶净活力表现为降解方向。

叶片中酸性转化酶 (AI) 活性随时间变化呈极显著上升趋势 ($P<0.01$)，7、14、21 d 叶片 AI 活性分别比 0 d 上升了 11.14%、21.94%、77.18%，即 0~14 d，AI 活性上升缓慢，到 14 d 后上升速度加快。各处理叶片 AI 活性大小为 T2>T3>

T1>CK, T1、T2、T3 处理酶活性比 CK 分别高了 30.67%、35.99%、34.08%, 均极显著高于 CK, 但各施氮处理之间没有显著差异 ($P<0.01$) (图 6)。这说明施用氮肥能提高葡萄幼苗叶片 AI 活性, 不同施氮量对 AI 活性影响不大。

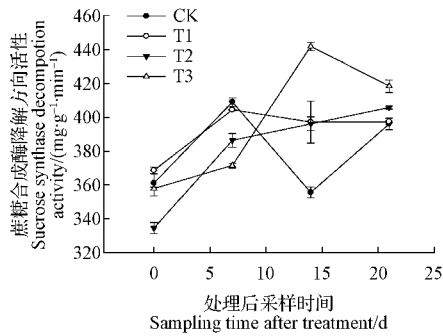


图 5 不同施氮处理对葡萄叶片蔗糖合成酶降解方向(SSd)活性的影响

Fig. 5 Effect of different nitrogen application treatments on sucrose synthase decomposition direction activity in grape leaves

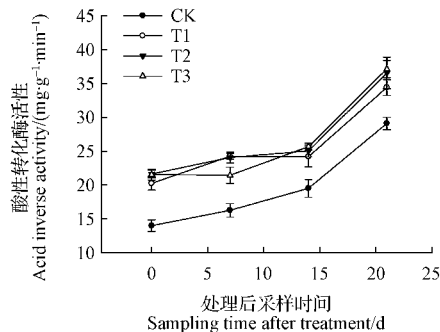


图 6 不同施氮处理对葡萄叶片酸性转化酶(AI)活性的影响

Fig. 6 Effect of different nitrogen application treatments on acid inverse activity in grape leaves

叶片中性 NI 活性随时间变化总体与 AI 活性类似呈上升趋势, 在 14 d 后上升速度极显著加快 ($P<0.01$)。各处理间 NI 活性没有明显差异 (图 7)。说明施氮对叶片 NI 活性没有显著影响。

2.4 不同施氮量对葡萄幼苗叶片淀粉降解酶相关活性的影响

叶片 α -淀粉酶(α -amy)活性随时间变化总体

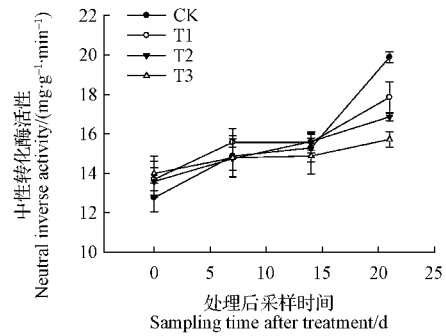


图 7 不同施氮处理对葡萄叶片中性转化酶(NI)活性的影响

Fig. 7 Effect of different nitrogen application treatments on neutral inverse activity in grape leaves

呈上升趋势, 其中 T1、T2 和 T3 处理在 0~7 d 叶片 α -amy 活性上升较快, 7 d 后趋于平缓, 而 CK 在 14 d 之前均上升较快, 到 14 d 后上升缓慢; 14、21 d 叶片 α -amy 活性分别比 0 d 和 7 d 高 37.71%、44.04% 和 8.47%、13.10%, 极显著高于 0 d 和 7 d 活性, 14 d 和 21 d 之间差异不显著 ($P<0.01$) (图 8)。表明施氮能减缓叶片 α -amy 活性的上升趋势。

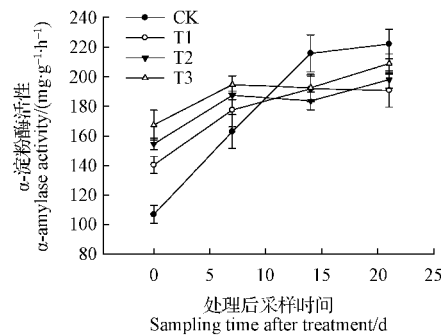


图 8 不同施氮处理对葡萄叶片 α -淀粉酶(α -amy)活性的影响

Fig. 8 Effect of different nitrogen application treatments on α -amylase activity in grape leaves

叶片 β -amy 活性与总淀粉酶活性(total amy)随时间变化趋势基本一致, 均先下降后上升, 14 d 2 种酶活性均极显著低于 0、7、21 d ($P<0.01$); 各处理中 T3 处理酶活性最低, 极显著低于其它处理, T1、T2 处理则极显著高于 CK ($P<0.01$)

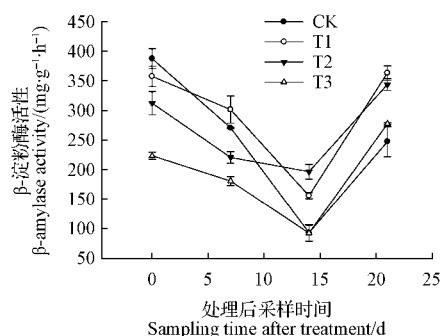


图 9 不同施氮处理对葡萄叶片 β -淀粉酶 (β -amy)活性的影响

Fig. 9 Effect of different nitrogen application treatments on β -amylase activity in grape leaves

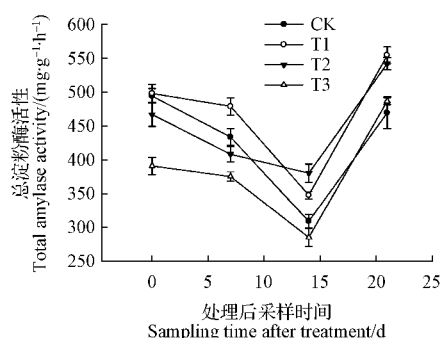


图 10 不同施氮处理对葡萄叶片总淀粉酶活性的影响

Fig. 10 Effect of different nitrogen application treatments on total amylase activity in grape leaves

(图 9、10)。说明施用适量氮肥增强 β -amy 和总淀粉酶活性,加快淀粉降解速率,施用氮肥过量则降低淀粉的降解。

叶片淀粉磷酸化酶(SP)活性先降低后上升,与淀粉含量变化基本呈相反趋势,表示其主要起分解淀粉的作用。各处理 SP 活性大小依次为 $T2 > T1 > T3 > CK$,其中 CK 酶活性极显著低于其它处理,T3 处理极显著低于 T2 处理,与 T1 处理差异不大($P < 0.01$)(图 11)。这表明施氮能显著提高叶片 SP 活性。

3 讨论与结论

碳水化合物作为光合作用的最终产物,其含

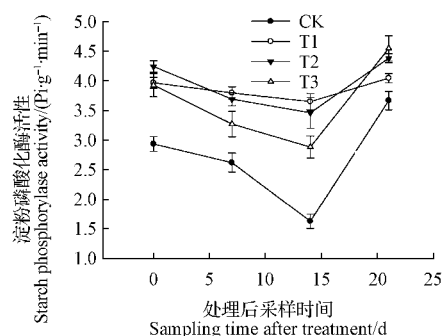


图 11 不同施氮处理对葡萄叶片淀粉磷酸化酶活性的影响

Fig. 11 Effect of different nitrogen application treatments on starch phosphorylase activity in grape leaves

量高低是光合作用效率的最终体现^[17]。绿色植物白天进行光合作用形成的同化产物在蔗糖和淀粉之间进行分配,蔗糖在白天起作用,对于高等植物而言,蔗糖是“源”和“库”最为主要的一种可溶性糖,也是光合产物的主要运输和贮存形式,运送至“库”中最终分解为己糖,为植物的生长发育提供能量^[18-19];淀粉是一种暂贮形式^[20],供植物夜晚呼吸消耗。该研究结果表明,施用氮肥可以提高叶片中蔗糖和淀粉含量,这可能是因为施氮能提高叶片中叶绿素含量^[21],也可能是施氮扩大“库”容量,增加光合产物的合成和转运。随施氮量的变化对蔗糖含量变化影响不大,但显著影响淀粉含量的变化,其中 T2 处理(300 mg N)淀粉含量最高,这表明氮素营养对叶片蔗糖和淀粉的合成积累有促进作用,300 mg N 作用较显著。

蔗糖代谢相关酶主要包括蔗糖磷酸合成酶(SPS)、蔗糖合成酶(SS)和转化酶(Ivr)3种。SPS 一般在含叶绿素组织,特别是向外输出蔗糖的功能叶中更活跃^[22],在植物叶片将光合作用合成的产物转化为蔗糖的过程中发挥着重要作用。光合产物在蔗糖与淀粉之间的分配受 SPS 活性的直接影响,SPS 活力越低,蔗糖积累越少^[23]。该研究中 SPS 活性变化依次为 $T2 > T3 > T1 > CK$,施氮各处理酶活性均极显著高于 CK,SSs 活性亦显著高于 CK,表明施氮能有效提高葡萄叶片中 SPS 和 SSs 活性,这与赵越等^[15]、胡紫璟^[8]、陈洋等^[24]的研究结果一致。SS 在植物生长发育中既能催化蔗糖合成又能催化蔗糖分解,一些研

究者则认为在光合器官中 SS 主要表现为催化合成蔗糖的能力^[8],而经过诸多研究,SS 分解蔗糖的作用得到多数学者的认可^[25-26]。该研究中 SSd 活性远高于 SSs,表明蔗糖合成酶在葡萄叶片中起分解蔗糖的作用。幼嫩的叶片、茎、花芽、根尖、等快速生长的分生组织和幼嫩器官是转化酶(Ivr)存在的主要场所,Ivr 主要包括酸性转化酶(AI)和中性转化酶(NI),在适宜 pH 条件下将蔗糖水解成葡萄糖和果糖的混合物,该反应不可逆^[8]。该试验的葡萄叶片 AI、NI 活性变化趋势基本同步,但 AI 活性随时间均随时间极显著上升,NI 活性在 7~14 d 变化不显著,14 d 后又极显著上升;施氮对 AI 和 NI 活性影响不同,施氮对 NI 活性没有显著影响,可以显著提高 AI 活性,但不同施氮量对 AI 活性没有显著影响。

淀粉积累代表合成和降解之间平衡的结果^[19]。淀粉的完全水解主要需要 α -amy、 β -amy SP、分支酶和麦芽糖酶等的协同作用。有研究表明,在植物的贮藏器官中 α -amy 是唯一能降解淀粉粒的酶^[27], β -amy 与其它淀粉降解相关酶一起将淀粉最终降解为麦芽糖,葡萄糖或葡糖-1-磷酸,进入到合成蔗糖的途径^[28]。也有研究指出,在暂时性贮藏淀粉代谢中, β -amy 起重要作用,其降解产物被转运蛋白转运到细胞质中,进而被细胞质中的葡萄糖基转移酶降解生成葡萄糖单元^[29-31]。该研究中施氮减缓 α -amy 活性的上升;适量施氮显著提高 β -amy 和总淀粉酶活性,促进蔗糖的降解,但施用 450 mg N(T3 处理)时, β -amy 和总淀粉酶活性显著降低,表明施用过量氮肥会抑制淀粉的降解。SP 能将葡萄糖多聚物分解为葡萄糖-1-磷酸,反应可逆,催化方向依据底物和产物的水平而定^[32]。该试验中,SP 活性变化与淀粉含量变化呈相反趋势,起分解淀粉的作用,各处理 SP 活性变化趋势 T2>T1>T3>CK,T2 处理酶活性最高,各施氮处理酶活性均显著高于 CK,表明施氮(300 mg N 最显著)显著提高叶片 SP 活性,加快淀粉的降解。

该试验结果表明,施氮对葡萄叶片蔗糖和淀粉代谢具有调节作用,适量施用氮肥(300 mg N 较优)有利于提高葡萄叶片 SPS、SSs、AI、SP、 β -amy 及总淀粉酶活性,促进碳水化合物的积累和代谢,为植株生长提供充足的营养物质。

参考文献

- [1] 王军,段长青,何非,等. 葡萄学:解剖学与生理学[M]. 北京:科学出版社,2016:152.
- [2] 徐晓鹏,傅向东,廖红. 植物铵态氮同化及其调控机制的研究进展[J]. 植物学报,2016,51(2):152-166.
- [3] 杨阳. 氮素形态对葡萄生长发育的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2010.
- [4] 鱼欢,王灿,李志刚,等. 不同施氮量对幼龄胡椒叶片碳代谢的影响[J]. 热带作物学报,2017,38(10):1784-1789.
- [5] 李晶,姜远茂,魏绍冲,等. 不同施氮水平苹果矮化中间砧幼树光合产物的周年分配利用[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(3):800-806.
- [6] BI G, SCAGEL C F, CHENG L, et al. Soil and foliar nitrogen supply affects the composition of nitrogen and carbohydrates in young almond trees[J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2004, 79(2):175-181.
- [7] 马宗恒. 滴灌条件下不同施氮时期对酿造葡萄碳氮代谢的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.
- [8] 胡紫璟. 不同氮素水平对酿酒葡萄‘蛇龙珠’植株碳氮代谢影响的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.
- [9] 克热木·伊力,新居直祐. 不同氮素施用量对葡萄叶、枝、根碳水化合物含量的影响[J]. 新疆农业大学学报,2001(1):64-68.
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [11] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2003.
- [12] 韩振海,陈昆松. 实验园艺学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [13] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985.
- [14] 周兰兰. 不同生长期酿酒葡萄枝条蔗糖代谢及相关酶活性的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2015.
- [15] 赵越,魏自民,马凤鸣. 铵态氮对甜菜蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶的影响[J]. 中国糖料,2003(3):3-7.
- [16] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [17] 谢鹏,赵方贵,侯丽霞,等. “贝达”和“赤霞珠”叶片中可溶性糖类对光合作用的调节作用[J]. 中国农学通报,2010,26(3):167-172.
- [18] LALONDE S, HELLMANN H, BARKER L, et al. The dual function of sugar carriers: Transport and sugar sensing[J]. The Plant Cell, 1999, 11(4):707-726.
- [19] 潘庆民,韩兴国,白永飞,等. 植物非结构性贮藏碳水化合物的生理生态学研究进展[J]. 植物学通报,2002,19(1):30-38.
- [20] 张振清. 光合碳在叶片淀粉和蔗糖间分配的调节[J]. 植物生理学通讯,1989(6):1-6.
- [21] 史宏志,韩锦峰. 烤烟碳氮代谢几个问题的探讨[J]. 烟草科技,1998(2):34-36.
- [22] LOWELL C A, TOMLINSON P T, KOCH K E. Sucrose-metabolizing enzymes in transport tissues and adjacent sink struc-

tures in developing citrus fruit[J]. *Physiologia Plantarum*, 1989, 90(4):1394-1402.

[23] 苏丽英,吴勇,放新建,等. 水稻叶片蔗糖磷酸合成酶的一些特性[J]. *植物生理学报*, 1989, 15(2):117-123.

[24] 陈洋,赵宏伟. 氮素用量对春玉米穗位叶蔗糖合成关键酶活性的影响[J]. *玉米科学*, 2008(1):115-118.

[25] 赵智中,张上隆,徐昌杰,等. 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.

[26] ELLING L. Effect of metal ions on sucrose synthase from rice grains—a study on enzyme inhibition and enzyme topography[J]. *Glycobiology*, 1995, 5(2):201-206.

[27] SCHINDLER I, RENZ A, SCHMID F X, et al. Activation of spinach pullulanase by reduction results in a decrease in the number of isomeric forms[J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2001,

1548(2):175-186.

[28] 陶然. 葡萄果实发育阶段淀粉代谢分子机理与香气相关基因表达分析[D]. 南京:南京农业大学, 2014.

[29] SCHEIDIG A. Down regulation of a chloroplast-targeted beta-amylase leads to a starch-excess phenotype in leaves[J]. *The Plant Journal*, 2002, 30:581-591.

[30] LU Y, THOMAS D, SHARKEY. The role of amylomaltase in maltose metabolism in the cytosol of photosynthetic cells[J]. *Planta*, 2004, 218(3):466-473.

[31] WEISE S E, WEBER A P M, SHARKEY T D. Maltose is the major form of carbon exported from the chloroplast at night[J]. *Planta*, 2004, 218(3):474-482.

[32] 房经贵,刘崇怀. 葡萄分子生物学[M]. 北京:科学出版社, 2014.

Effects of N Fertilizer Application on Sucrose and Starch Metabolism in *Vitis vinifera* L. Seedlings

YANG Xiang¹, YU Songlin¹, SUN Huimin², HE Xiufeng¹, SUN Linlin³, ZHAO Fengyun¹

(1. College of Agronomy, Shihezi University/The Key Laboratory of Characteristics of Fruit and Vegetable Cultivation and Utilization of Germplasm Resources of the Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi, Xinjiang 832003; 2. Forestry Work Management Station, The Eighth Division of The Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi, Xinjiang 832000; 3. Shihezi Academy of Agricultural Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000)

Abstract: The seedlings 1-year-old grape (*Vitis vinifera* L. cv. Victoria) were used as test materials, four different nitrogen application rates (based on pure nitrogen per pot) were used in the greenhouse pot experiment (0 mg (CK), 150 mg (T1), 300 mg (T2) and 450 mg (T3)), respectively, the effects of nitrogen application rate on sucrose and starch content and metabolism-related enzyme activities in grape seedling leaves were studied, in order to reveal the effect of N application rate on the accumulation and metabolism of main photosynthetic products. The results showed that the application of N fertilizer could significantly increase the content of sucrose and starch in leaves, and significantly increase the activities of sucrose phosphate synthase (SPS) and sucrose synthase synthesis (SSs). The activities of SPS decreased in the order T2>T3>T1>CK. T2 and T3 were significantly higher than CK and T1. Nitrogen application had little effect on SSs activity; sucrose synthase degradation direction (SSd) activity was significantly higher than SSs activity, and sucrose synthase net activity was degraded sucrose. The activities of acid invertase (AI) and neutral invertase (NI) showed an increasing trend with time. Applied N fertilizer could significantly increase AI activity. Different nitrogen rates could significantly increase the activity of starch phosphorylase (SP). Nitrogen application slowed down the increase the activity of α -amylase, and T2 increased β -amylase and total amylase activities. In conclusion, N application could increase the content of sucrose and starch in grape leaves, increase the activity of enzymes related to sucrose and starch metabolism, and promote the accumulation and metabolism of carbohydrates in grape seedlings, among them, T2 was better.

Keywords: Victoria grape (*Vitis vinifera* L. Victoria); N fertilizer application; sucrose; starch; enzymatic activity