

施氮时期对干旱荒漠区‘蛇龙珠’葡萄叶片 糖代谢及果实品质的影响

马宗桓,陈佰鸿,胡紫璟,李文芳,姜雪峰,毛娟

(甘肃农业大学园艺学院,甘肃兰州730070)

摘要:为探索不同生育期施入定量氮肥对葡萄叶片糖代谢及采收期果实品质的影响,以酿酒葡萄‘蛇龙珠’为材料,在萌芽期(A)、新梢生长期(B)、开花期(C)、果实第一次膨大期(D)、副梢生长旺期(E)和果实第二次膨大期(F)分别施入尿素 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,不施氮肥(G)为对照,测定不同时期叶片糖水平、糖代谢酶活性和采收期果实的品质指标。结果表明:各时期施入氮肥对叶片比叶重无影响,显著增加了 DBF5(花前5 d)和 DAF85(花后85 d)叶绿素相对含量。F不利于叶片葡萄糖和果糖的积累,C在 DAF116(花后116 d)时叶片(干重)蔗糖含量最高,达到 $3.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;与 DAF85相比,A和B在 DAF116时叶片果糖含量增加约13.0%,C、D、E和F分别下降了33.1%、36.3%、48.5%和27.5%;A、B、C、D和E之间淀粉含量在 DAF85和 DAF116均无显著差异,但均高于相应时期对照。E在 DAF85和 DAF116时叶片SS显著高于其它处理;C在 DAF25、DAF55、DAF85和 DAF116时,NI活性(葡萄糖浓度·鲜重 $^{-1}$)最高,分别为 0.22 、 0.25 、 $0.33 \text{ mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $0.30 \text{ mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。C在采收期果实可溶性固形物和Vc含量较高,可滴定酸含量最低,B葡萄产量最高,达到 $17\ 178.66 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,较对照提高了31.74%。

关键词:葡萄;施氮时期;糖含量;酶活性;果实品质

中图分类号:S663.1;S143.1 **文献标志码:**A

Effects of nitrogen application on leaf sugar metabolism and fruit quality of ‘Cabernet Gernischt’ grape in arid desert region

MA Zong-huan, CHEN Bai-hong, HU Zi-jing, LI Wen-fang, JIANG Xue-feng, MAO Juan

(College of horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to explore the effects of nitrogen fertilizer application at various growth stages on leaf sugar metabolism and fruit quality of grape, Cabernet Gernischt, a kind of nice grape, was used as the study crop with $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of urea applied at stages of bud break (A), new shoot development (B), flowering (C), the first fruit expansion (D), lateral shoot development (E), and the second fruit expansion (F), respectively. Non-nitrogen fertilizer (G) was the control. The sugar levels and several metabolic enzyme activities in leaves at different stages as well as the quality indexes of fruit in the harvest stage were determined. The results showed that the application of nitrogen fertilizer in all stages had no significant effect on the specific leaf weight, however, significantly increased the relative content of chlorophyll at DBF5 (5 days before flowering) and DAF85 (85 days after flowering). Treatment F was not good for the accumulation of glucose and fructose in leaves. The sucrose content in leaves (dry weight) of treatment C reached maximum of $3.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ at DAF116 (116 days after flowering). Compared with DAF85, fructose content in leaves of treatments A and B increased by 13.0% at DAF16 but decreased by 33.1%, 36.3%, 48.5%, and 27.5% in treatments C, D, E, and F, respectively. There were no significance difference among treatments A, B, C, D, and E in leaf starch contents at DAF85 and DAF116 respectively, but they were higher than the corresponding G. In the treatment E, sucrose synthase (SS) activity of the leaves was significantly higher at DAF85 and DAF116 than that in other treatments. In treatment C, the neutral invertase (NI)

activity (glucose concentration/fresh weight) was at the highest levels of 0.22, 0.25, 0.33 $\text{mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, and 0.30 $\text{mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ at DAF25, DAF55, DAF85 and DAF115, respectively. Treatment C resulted in higher soluble sugar and Vc contents but the lowest titratable acid content in fruits at the harvest. The treatment B had the highest grape yield, 17 178.66 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, which was 31.74% higher than that of control.

Keywords: grape; nitrogen application stage; sugar content; enzyme activity; fruit quality

目前,在农业生产中面临着一些生态环境问题,如水资源短缺,氮肥施用量较大造成的地下水污染等。因此,在生产过程中如何节约用水、提高植物氮素的利用率日益被人们重视。对常规沟灌施肥和滴灌施肥比较研究发现,滴灌施肥不仅能够增加水分的利用率,而且对肥料的利用效率有显著的提高^[1],能够达到节水节肥的目的。氮是植物中叶绿素、蛋白质及核酸的重要组成成分,被称为“生命元素”,参与植物各项重要的生理过程。氮素是果树生命中不可或缺的大量元素之一,不同时期施氮肥与果树的生长发育、果树器官的氮素分配有显著的关系,研究发现,氮肥在春季施入能够在较短的时间内增加叶片中叶绿素的含量^[2],梨树春季施入¹⁵N 标记的氮肥,发现当年叶片、新梢及果实从肥料中吸收的氮比例(Ndff)最高^[3]。以‘巨峰’葡萄为研究材料,研究其氮素的利用及分配规律发现,不同生育期葡萄组织器官的 Ndff 差异明显。在萌芽期施入氮肥,Ndff 最高的器官为新梢和果实,Ndff 较低的主要为葡萄多年生器官和根;在果实膨大期施入氮肥,葡萄各个器官 Ndff 均有所提高^[4]。欧洲最近的研究结果表明,在生育后期,葡萄叶面喷施氮肥可增加采收期果实中氮的含量,葡萄的施肥时期可以根据葡萄转色期^[5]、氮素的使用率和氮素化学形态^[6]、葡萄本身的水分状况及葡萄品种的不同^[7]进行调整。另有研究表明,在葡萄叶面喷施氮肥会引起果实酸度和糖度的不良变化^[5]。葡萄生产中氮肥的施用应该在葡萄吸收氮素的最佳时期,在该时期葡萄能够高效地将氮肥存储和转化,同时避免或者减少土壤中氮素的流失^[8]。分别在葡萄开花期和转色期叶面喷施同位素标记的尿素,二者比较发现,在葡萄转色期叶面喷施尿素对树体生长发育和果实品质的改善比开花期喷施更有效^[9]。在葡萄中研究发现,不同生育期施氮肥对树体氮素的分配有显著影响^[10-11],而对葡萄叶片糖代谢及果实品质的影响尚不明确。

甘肃河西走廊是酿酒葡萄的优势产区,现阶段该区葡萄的主要灌溉方式为沟灌,水分利用率不高,水资源浪费严重。研究表明,在葡萄栽培中,采用滴灌方式进行灌溉,很大程度上避免了水资源的

浪费,提高了水分的利用效率,并且在节水的基础上,优化土壤结构,为葡萄根系的生长提供了有利环境,促进根系向土层深处延伸,增强树势,从而提高果实品质,增加产量^[12]。本研究采用滴灌节水模式,探索不同生育期施入定量氮肥对葡萄叶片糖代谢及采收期果实品质的影响,以确定在滴灌模式下河西走廊地区‘蛇龙珠’葡萄施用氮肥的适宜时期,为该区葡萄节水节肥、高产优质、环保生产提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

田间试验于 2013–2015 年在甘肃省武威市黄羊镇莫高葡萄酒原料基地进行,连续 3 年在试验区按照试验设计进行水肥管理,于 2015 年田间取样,在甘肃农业大学园艺学院果树生理与生物技术实验室完成各项指标测定。原料基地土壤为中性到弱碱性的砾质沙壤土,土层深厚,透气性好,年降雨量 191 mm,蒸发量 2 130.8 mm,年平均日照时数为 2 724.8 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温在 2 800 $^{\circ}\text{C}$ ~ 3 200 $^{\circ}\text{C}$,年平均气温 6.9 $^{\circ}\text{C}$,气候凉爽,无霜期 160 余天,生产期光照充足,昼夜温差大。土壤有机质为 0.62%,pH 值为 7.8,速效氮含量为 0.9 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量为 22 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量为 123 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验材料与设计

试验所用材料为 10 年生‘蛇龙珠’葡萄,单篱架,株行距为 1 m $\times$ 3 m。采用滴管灌溉,尿素随水施入,葡萄植株两侧开沟,分别施入过磷酸钙 750 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,硫酸钾 825 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,过磷酸钙在出土后第 1 次灌水前施入,硫酸钾在果实转色期施入。滴灌带为大禹节水有限公司生产,壁厚 0.2 mm,滴孔间距 30 cm,单孔出水量 3 L $\cdot$ h $^{-1}$,灌水量及时间参照“武威莫高酿造葡萄滴灌配水定额表”进行,在试验中根据实际情况有所调整。

试验共设置 7 个处理,即在萌芽期(A,4 月 25 日)、新梢生长期(B,5 月 15 日)、开花期(C,6 月 5 日)、果实第一次膨大期(D,6 月 25 日)、副梢生长旺期(E,7 月 20 日)和果实第二次膨大期(F,8 月 25 日)分别一次性施入氮素 300 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$,对照为

整个生育期均不施氮肥(G)。每个处理 3 个生物学重复,各处理随机分布。分别于 5 月 31 日(花前 5 d,DBF5)、6 月 30 日(花后 25 d,DAF25)、7 月 31 日(花后 55 d,DAF55)、8 月 31 日(花后 85 d,DAF85)和 10 月 1 日(花后 116 d,DAF116)取样,测定相关指标。为提高试验的可信度,小区面积设置为 240 m²,每个小区定植 40 株葡萄,取样时在同一棵葡萄树上不重复取样。‘蛇龙珠’葡萄在该地区的主要物候期见表 1。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积、干鲜重及叶绿素相对含量 叶面积用 YMJ-C 型叶面积测定仪测定,叶绿素相对含量用 SPAD-502 Plus 型叶绿素计测定。取新梢第二节位功能叶片,葡萄架两侧各选取 10 个叶片。取样后立即用电子天平称量鲜重,然后置于 80℃ 条件下烘 48 h,烘干后用电子天平称量叶片干重。比叶重、干鲜比计算公式为:

$$\text{比叶重}(\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}) = \text{叶鲜重}(\text{g}) / \text{叶面积}(\text{cm}^2)$$
$$\text{干鲜比} = \text{干重}(\text{g}) / \text{鲜重}(\text{g})$$

1.3.2 叶片中碳水化物含量及酶活性 叶片蔗糖、葡萄糖、果糖和淀粉含量测定参照蒽酮比色法^[13-14]测定,将植物样品烘干,在小型粉碎机中粉碎后准确称取 1 g 样品置入 10 mL 离心管中,加入 5 mL 蒸馏水混匀,3 000 rpm 离心 5 min,将上清液转入新的离心管,在沉淀中加入 5 mL 蒸馏水,离心后合并上清液,定容于 50 mL 容量瓶中,测定蔗糖、葡萄糖和果糖含量。将离心管中的残渣用 10 mL 3 mol · L⁻¹ 的盐酸洗入刻度试管中,在沸水浴中煮沸 40 min,冷却至室温,加入 10 mL 3 mol · L⁻¹ 的氢氧化钠溶液,以蒸馏水定容至 25 mL,吸取 1 mL 在 50 mL 容量瓶中用蒸馏水定容,用于淀粉含量测定。叶片蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性采用试剂盒测定,试剂盒购自南京建成生物研究所。准确称取 0.1 g 新鲜植物组织,加入 1 mL 的提取液,在冰浴条件下研磨成匀浆,10 000 rpm 4℃ 离心 10 min,取上清液置于冰上,按照试剂盒说明书依次加入反应液,反应混合液均在 290 nm 处测定吸光值。蔗糖合成酶活力(U · mg⁻¹) = [(测定 OD 值-对照 OD 值) ÷ (标准 OD 值-空白 OD 值)] × 标准品浓度(5 μmol · mL⁻¹) ÷ 反应时间(30 min) ÷ 待测样品蛋白浓度(mg · mL⁻¹);蔗糖磷酸合成酶活力(U · mg⁻¹) = [(测定 OD 值-对照 OD 值) ÷ (标准 OD 值-空白 OD 值)] × 标准品浓度(5 μmol · mL⁻¹) ÷ 反应时间(30 min) ÷ 待测样品蛋白浓度(mg · mL⁻¹)。用 G-250 考马斯亮蓝溶液测定酶中蛋白质含量。酸性转化酶

表 1 ‘蛇龙珠’在武威地区的主要物候期

Table 1 The main phenological period of ‘cabernet gernischet’ in Wuwei

萌芽期	盛花期	转色期	采收期
Bud break stage	Full-bloom stage	Color-change stage	Harvest stage
04-25	06-05	08-17	10-01

(AI)和中性转化酶(NI)活性的测定参考宿越^[15]和邓榆川^[14]等方法,称取 1 g 植物鲜样,在预冷的研钵中加入蒸馏水研磨至匀浆,定容至 100 mL,4℃ 下浸提 3 h,4 000 rpm 离心 10 min,上清液即为粗酶液,吸取 2 mL 粗酶液用于转化酶测定。

1.3.3 采收期果实品质指标与产量 可溶性固形物用 TD-35 手持式数字折光糖度计测定^[16];可溶性糖利用蒽酮比色法测定^[13];可滴定酸用 NaOH 中和滴定法测定^[17];Vc 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定^[18],果实花青苷含量使用 Pirie 和 Mullins 的方法测定^[19];每个施肥处理果实采收时分类归置,分别对不同处理的三个小区的葡萄过秤,计算每个处理每个小区葡萄的平均产量,在已知小区面积的情况下,计算不同施氮处理每公顷的葡萄产量。

1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 软件进行数据整理,用 SPSS 19.0 对数据进行统计分析,采用 Duncan 法进行方差分析,Origin8.5 作图。

2 结果分析

2.1 不同施氮时期对葡萄叶片生理特性的影响

由表 2 可以看出,各施氮处理间叶片比叶重无显著差异。在 DAF116 时,B 和 E 叶面积显著高于对照,DAF55 时,C 显著高于对照,其它各处理叶面积与对照无差异。干鲜比在 DAF55 前各处理与对照差异不显著,DAF85 时,D 显著高于对照,DAF116 时,C 显著高于对照。不同时期施入氮素显著增加了 DBF5、DAF25 和 DAF85 时叶绿素含量,B 处理在 DAF25、DAF55 和 DAF85 时叶绿素相对含量最高,在 DAF116 时,C 和 E 叶绿素相对含量最高,与对照差异显著。A、C、D 和 E 处理在 DAF55 时叶绿素相对含量无显著差异,A、B、C、D 和 E 在 DAF85 时叶片叶绿素相对含量无差异。

2.2 不同施氮时期对葡萄叶片糖代谢的影响

由图 1 可知,叶片蔗糖含量(干重)总体呈升高趋势。DBF5 时,A 与对照蔗糖含量无显著差异;A、B 和 C 在 DAF25 时,叶片蔗糖含量迅速升高,且 C 显著高于 A 和 B;A、C、D 和 E 在 DAF55 时叶片蔗

表 2 施氮时期对葡萄叶片生理特性的影响

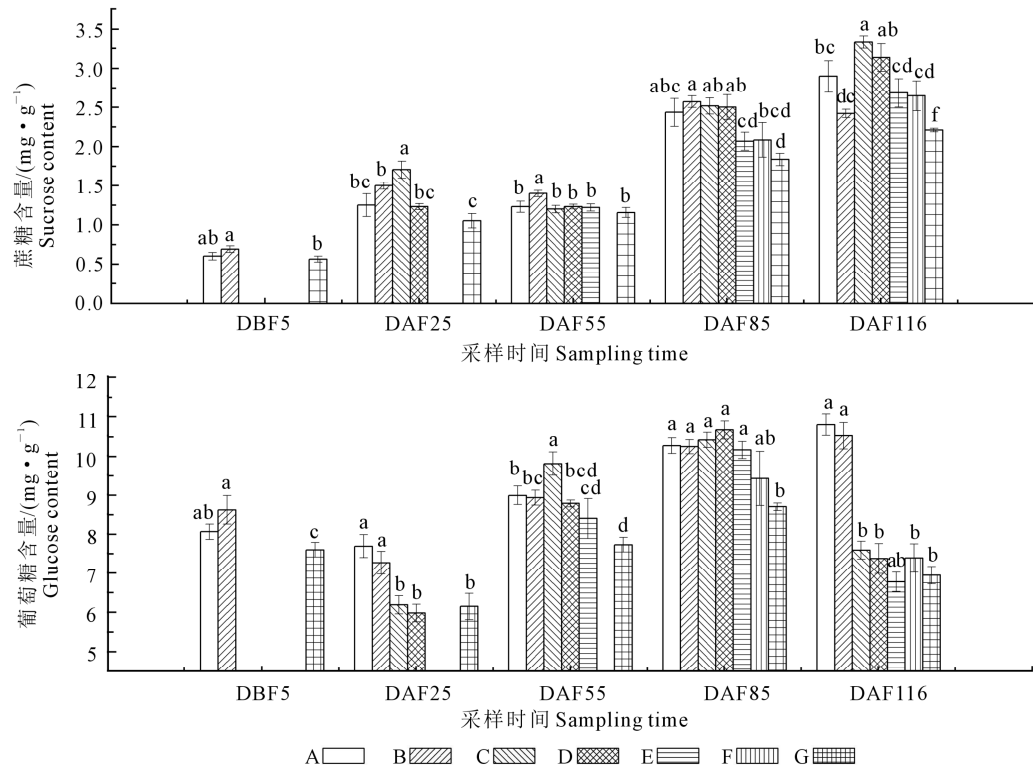
Table 3 Effects of nitrogen application stages on physiological characteristics of grape leaves

采样日期 Sampling time	处理 Treatment	叶面积/cm ² Leaf area	比叶重/(g·cm ⁻²) Specific leaf weight	干鲜比 The ratio of dry to fresh weights	叶绿素相对含量 SPAD
DBF5 5 d before flowering	A	139.48±6.06a	0.017±0.00a	0.24±0.02a	31.34±0.31a
	B	146.91±8.71a	0.017±0.00a	0.23±0.02a	28.08±0.67b
	G	130.16±4.31a	0.018±0.00a	0.23±0.02a	26.81±0.33c
DAF25 25 d after flowering	A	183.48±25.02a	0.018±0.00a	0.27±0.01a	38.36±0.60b
	B	195.23±21.92a	0.018±0.00a	0.26±0.02a	38.80±1.11a
	C	173.67±10.70a	0.019±0.00a	0.25±0.02a	38.10±0.38b
	D	166.79±13.13a	0.020±0.00a	0.26±0.02a	37.54±0.45b
	G	169.90±21.92a	0.019±0.00a	0.26±0.02a	34.89±0.40c
DAF55 55 d after flowering	A	166.57±26.80ab	0.017±0.00b	0.30±0.04a	38.89±1.47bc
	B	195.92±4.37ab	0.020±0.00ab	0.28±0.01a	42.23±1.74a
	C	213.96±5.57a	0.020±0.00ab	0.28±0.00a	40.24±2.12ab
	D	180.09±18.80ab	0.020±0.00ab	0.30±0.01a	39.48±0.87abc
	E	178.61±26.71ab	0.018±0.00ab	0.29±0.02a	37.88±1.23bc
	G	161.67±23.66b	0.022±0.00a	0.27±0.03a	36.63±0.67b
DAF85 85 d after flowering	A	202.30±11.57a	0.020±0.00a	0.31±0.01abc	43.14±2.30a
	B	209.81±13.02a	0.020±0.00a	0.30±0.01bc	43.34±1.89a
	C	197.08±9.96a	0.020±0.00a	0.33±0.02abc	42.07±0.46a
	D	178.99±10.68a	0.020±0.00a	0.34±0.02a	42.52±0.80a
	E	197.37±15.34a	0.019±0.00a	0.32±0.02abc	43.69±0.87a
	F	190.85±21.22a	0.019±0.00a	0.32±0.01abc	38.56±1.05b
	G	190.17±18.73a	0.020±0.00a	0.29±0.03c	36.81±0.98c
DAF116 116 d after flowering	A	200.46±23.87bc	0.018±0.00a	0.30±0.01ab	44.29±1.32b
	B	232.15±20.59ab	0.019±0.00a	0.29±0.00ab	43.90±0.59bc
	C	215.95±7.08abc	0.021±0.00a	0.31±0.01a	46.07±2.71ab
	D	192.10±14.14c	0.019±0.00a	0.29±0.01ab	44.30±0.62b
	E	235.91±7.15a	0.020±0.00a	0.29±0.01ab	48.31±0.58a
	F	194.77±17.31c	0.020±0.00a	0.30±0.01ab	43.33±0.59bc
	G	198.50±30.28c	0.025±0.00a	0.26±0.04b	41.37±0.21c

注;同列数据后不同小写字母表示处理间有显著差异。
Note: Values followed by different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ significance level.

糖含量与对照无差异,B 显著高于对照,为对照的 1.2 倍;A、B、C 及 D 在 DAF85 时叶片蔗糖含量无显著差异,显著高于对照,为对照的 1.4 倍,C 和 D 与对照无显著差异;在 DAF116 时,C 和 D 叶片中蔗糖含量最高,分别达到 $3.33\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $3.14\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,B 叶片蔗糖含量明显下降,仅高于对照,为 $2.43\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。不同时期施氮肥,叶片葡萄糖含量总体呈上升趋势。A 和 B 叶片葡萄糖含量在 DBF5 和 DAF25 时均显著高于对照;DAF55 时,各处理叶片葡萄糖含量开始显著增加,C 显著高于其它处理,达到 $9.79\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,A 与 B 之间无差异,D 和 E 与对照差异不显著;DAF85 时各时期施肥处理叶片葡萄糖含量基本相同,各处理间无差异,F 略低于其它处理,与对照无显著差异;C、D、E 和 F 在 DAF116 时叶片葡萄糖含量与对照无显著差异,A 和 B 显著高于对照及其它施肥处理,为对照的 1.6 倍。

由图 2 可知,葡萄叶片中果糖含量(干重)在 DAF25 时最低,其它各时期较为稳定。施氮肥后叶片中果糖含量升高。A 和 B 在 DBF5 时果糖含量与对照无差异;在 DAF25 时果糖含量显著高于对照,均为 $1.79\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$;施氮处理在 DAF85 时果糖含量显著高于对照;在 DAF55 时,A 处理果糖含量最高,为 $3.36\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。DAF116 与 DAF85 相比,A 和 B 叶片果糖含量升高约 13.0%,而 C、D、E 及 F 分别下降了 33.1%、36.3%、48.5% 和 27.5 %。叶片淀粉含量在 DAF25 时含量最低,后期逐渐升高。不同时期施氮肥叶片淀粉含量增加,A、B、C、D 和 E 淀粉含量在 DAF85 时无显著差异,A、B、C、D、E 和 F 叶片淀粉含量在 DAF116 时无显著差异,但均显著高于对照。A 在 DBF5 时,淀粉含量较对照高 36.3%,A、B 与 C 在 DAF25 时无差异,三者均显著高于对照。A 在 DAF55 时淀粉含量最高,为对照的 1.5 倍。



注:CBF5:花前 5 天;DAF25:花后 25 天;DAF55:花后 55 天;DAF85:花后 85 天;DAF116:花后 116 天。同一时期不同字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$).下同。
Note: CBF5:5 days before flowering;DAF25:25 days after flowering;DAF55:55 days after flowering;DAF85:85 days after flowering;DAF116:116 days after flowering. Different letters significant differences in processing at the same time ($P<0.05$). The same below.

图 1 不同施氮时期对葡萄叶片蔗糖及葡萄糖含量的影响

Fig.1 Effects of nitrogen fertilizer application on sucrose and glucose contents in grape leaves at different growth stages

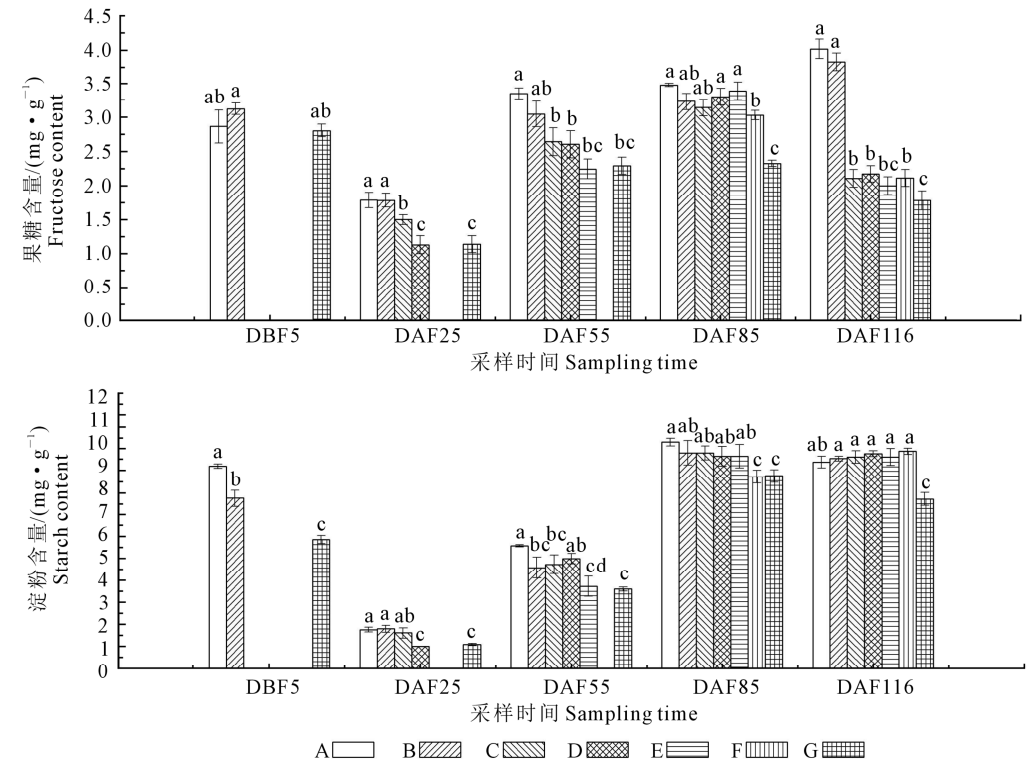


图 2 不同施氮时期对葡萄叶片果糖及淀粉含量的影响

Fig.2 Effects of nitrogen fertilizer application on fructose and starch contents in grape leaves at different growth stages

2.3 不同施氮时期对葡萄叶片糖代谢关键酶活性的影响

由图 3 知,叶片 SS 活性在葡萄生长过程中逐渐升高。A 和 B 在 DBF5 时 SS 活性与对照相同;A、

B、C 和 D 在 DAF25 叶片 SS 活性与对照无显著差异;A 在 DAF55 时 SS 活性显著高于其它处理,B、C、D 和 E,与对照无显著差异;E 在 DAF85 和 DAF116 时 SS 显著高于其它处理,B、C 和 D 之间无显著差

异。各处理 SPS 活性在 DAF25 时最高,之后又逐渐下降;DBF5 和 DAF55 时,施氮处理 SPS 活性均与对照无显著差异;DAF85 时,施氮处理间 SPS 活性差异不显著,但均显著高于对照;DAF25 时,B 处理 SPS 活性显著高于对照;DAF116 时,A、B、D 和 F 显著高于对照,C 和 E 与对照差异不显著。

由图 4 可知,叶片 AI 活性随葡萄生长逐渐升高,在 DAF85 时最大,随后有所下降。A 和 B 在 DBF5 时 AI 活性高于对照,且 A 显著大于 B;C 在 DAF25、DAF55、DAF85 和 DAF116 时 AI 活性均最高,A、B、D 和 E 在 DAF55 时,AI 活性与对照差异不大,B 在 DAF25、DAF85 和 DAF116 时叶片 AI 活性

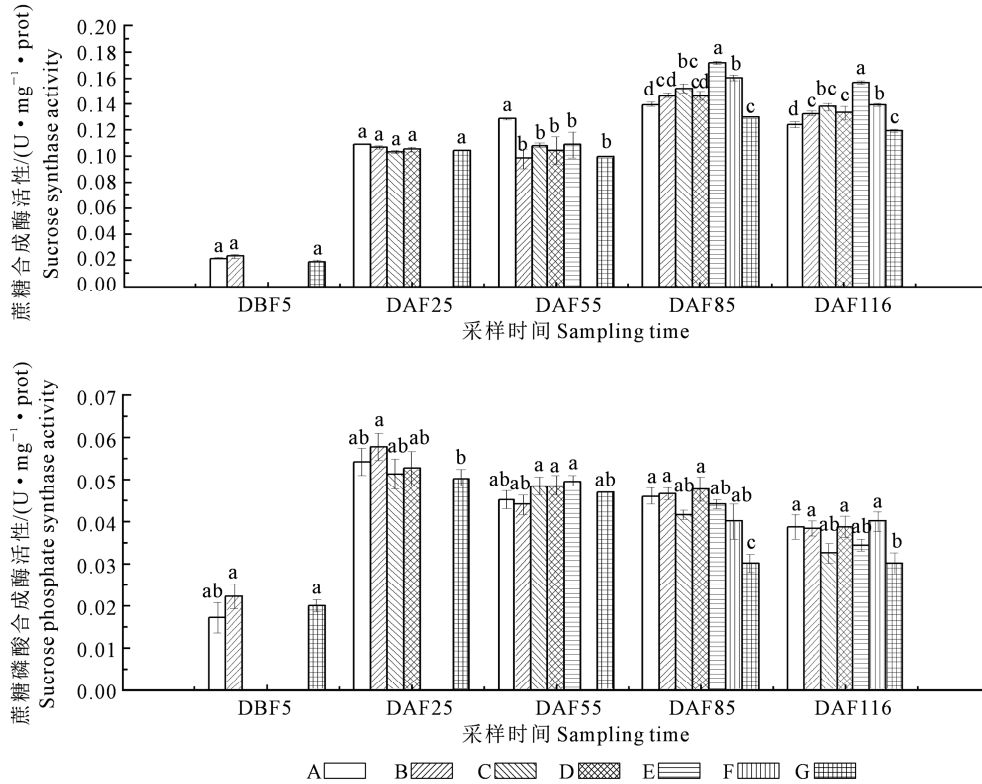


图 3 不同施氮时期对葡萄叶片 SS 及 SPS 酶活性的影响

Fig.3 Effects of nitrogen fertilizer application on SS and SPS activities in grape leaves at different stages

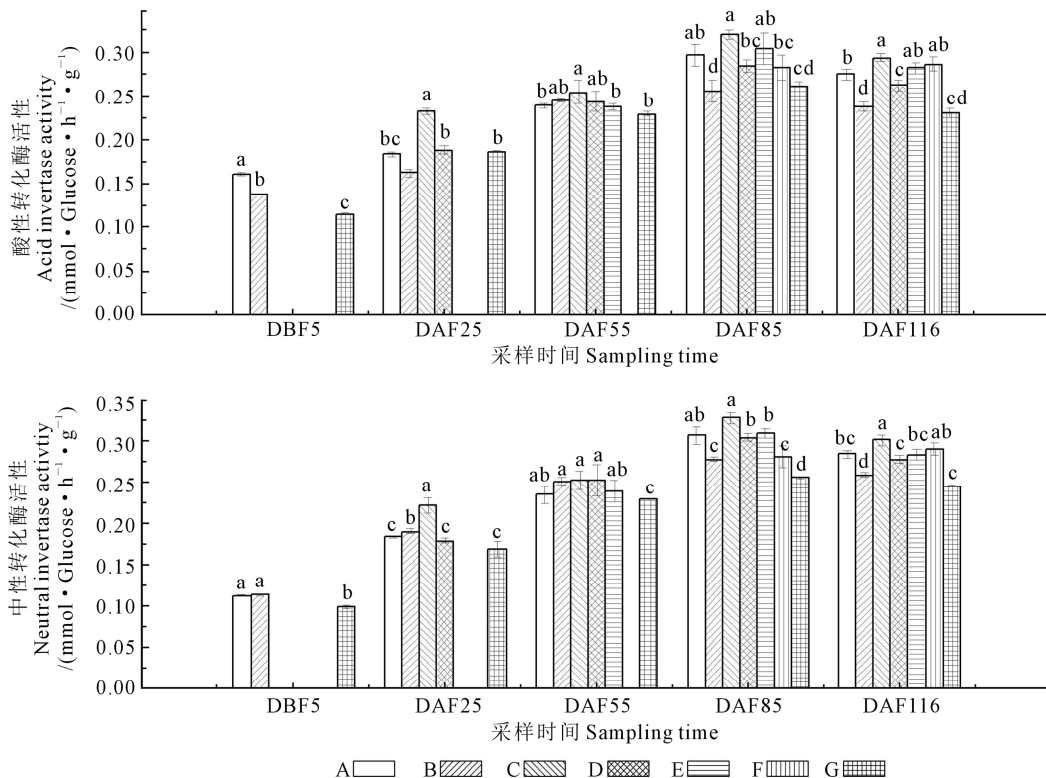


图 4 不同施氮时期对葡萄叶片 AI 及 NI 酶活性的影响

Fig.4 Effects of nitrogen fertilizer application on AI and NI activities in grape leaves at different stages

表 3 不同施氮时期对采收期果实品质与产量的影响

Table 3 Effect of nitrogen fertilization stages on grape fruit quality and yield

处理 Treatment	可溶性固形物/% Soluble solid	可滴定酸/(mg·mL ⁻¹) Titratable acid	还原性 Vc 含量/(μg·g ⁻¹) Reducibility Vc	花青苷/(mg·g ⁻¹) Anthocyanin	产量/(kg·hm ⁻²) Yield
A	16.13±0.26e	7.34±0.58ab	122.15±2.43b	9.14±0.15c	16304.30±192.45b
B	17.87±0.09d	6.91±0.15bc	110.62±1.08c	10.11±0.16ab	17178.66±404.98a
C	19.00±0.08ab	6.34±0.09c	131.06±1.08a	9.98±0.65ab	15687.10±72.74bc
D	19.20±0.28a	7.37±0.47ab	99.79±3.46d	10.62±0.06a	16252.86±384.89b
E	18.57±0.31bc	7.33±0.09ab	89.65±2.36e	10.63±0.13a	15018.47±384.89c
F	18.20±0.22cd	7.20±0.21ab	75.50±2.58f	10.66±0.12a	13424.04±333.32d
G	17.90±0.2d	7.85±0.12a	71.31±3.15 f	9.74±0.68bc	11726.75±454.24e

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Note: Different lowercase letters within the same column indicate significant difference at $p=0.05$ level.

最低,与对照无显著差异。NI 活性在葡萄生长发育中变化趋势与 AI 活性基本相同,不同时期施氮肥对各生育期叶片 NI 和 AI 活性的影响也基本相近。A 和 B 在 DBF5 时 NI 活性相同,高于对照, C 在 DAF25、DAF55、DAF85 和 DAF116 时 NI 活性均最高,分别为 0.22、0.25、0.33 mmol·h⁻¹·g⁻¹和 0.30 mmol·h⁻¹·g⁻¹,各施肥处理中,B 在 DAF25、DAF85 和 DAF116 时叶片 NI 活性最低。

2.4 不同施氮时期对采收期葡萄品质及产量的影响

由表 3 知,采收期果实中可溶性固形物含量依次为:D>C>E>F>G>B>A,可见,不同时期施氮肥对成熟期果实中可溶性固形物含量有一定影响。C 和 D 可溶性固形物含量最高,两者无显著差异,对照 (G)可溶性固形物含量显著高于 A,而与 B、F 无显著差异。不同处理对采收期可滴定酸含量的影响较小,A、D、E、F 和 G 间无显著差异,B 和 C 间差异不显著,其中,C 可滴定酸含量为 6.34 mg·mL⁻¹,为各处理中最低。还原性 Vc 含量依次为:C>A>B>D>E>F>G,C 含量最多,F 对 Vc 含量无显著影响,采收期果实中花青苷含量依次为:D=F=E>C=B>G=A,D、E 和 F 显著高于其它处理,A 与对照无显著差异。果实采收时,对不同施氮处理每个小区的葡萄产量称重后,计算每公顷的葡萄产量。结果为:B>A>D>C>E>F>G。不同时期施氮肥均显著提高了葡萄产量,B 葡萄产量最高,达到 17 178.66 kg·hm⁻²,A、C、D 产量无显著差异,对照产量显著低于各施氮处理。

3 讨 论

研究表明,在所有必需营养元素中,氮素是限制葡萄生长和产量形成的首要因素,适量供氮有利于幼树枝条生长及叶面积的增加^[20]。在‘巨峰’葡

萄上研究发现,随着氮肥施用量的增加,葡萄叶片的长和宽及其叶面积都呈现增大趋势,叶绿素含量也显著增加^[21]。在桃和苹果中研究发现,随着氮肥施用量的增加叶片中叶绿素含量增加,叶面积增大,新梢生长旺盛^[22]。本研究发现,新梢生长期和副梢生长旺期施氮肥花后 116 d 时叶面积最大,不同时期施入氮素促进了叶片叶绿素的积累,这与宋阳等^[21]的研究结果基本相似。不同时期施氮肥对叶片干鲜比和比叶重影响不显著。

植物叶片中合成的糖进入果实内的过程比较复杂,要经过筛管长距离运输,该过程中糖代谢相关的关键酶活性扮演着重要的角色^[22]。氮素同化和蔗糖代谢在植物体内相互作用和影响,其关键酶活力及相伴产物也会随之协同变化。蔗糖的合成、积累与转化也可通过氮素影响下的蔗糖合成和降解的酶来调控^[23]。彭福田^[24]研究得出,不同施氮水平对苹果果实 SS 活性高峰出现早晚有影响,中氮处理比不施氮处理晚,但其活性值一直高于不施氮处理。适量施用氮肥能使葡萄果实 SS 活性增强,蔗糖含量增加。葡萄在花期缺氮导致花序坏死,减少坐果率^[25]。本研究发现,与对照相比,不同时期施入氮素,葡萄叶片中蔗糖、葡萄糖、果糖和淀粉含量,SS、SPS、AI 和 NI 活性增加。葡萄叶片中碳水化合物的含量随其生长周期的推进呈现不同的变化趋势。蔗糖是光合产物从叶片向各器官运输的主要形式,所以叶片中蔗糖的累积与分解情况可能对叶片光合产物积累及运输具有调节作用^[26],本研究表明,花后 55 d,叶片中蔗糖含量增加不显著,果糖和葡萄糖含量升高,可能与该时期叶片中不同糖种类之间的转化有关,同时,SS 活性持续升高,SPS 活性开始下降,推测这两种酶参与了该时期叶片中糖之间的分解与转化。新梢生长期和开花期施氮肥,显著促进了花后 25 d 叶片中蔗糖的积累,萌芽期和

新梢生长期施氮肥,葡萄叶片中葡萄糖含量在整个生育期均显著高于对照,果糖含量在花后 25 d 和花后 116 d 显著高于对照。在果实第二次膨大期施氮肥,叶片葡萄糖含量与对照无差异,果糖的积累显著高于对照,可能与该时期副梢生长旺盛消耗较多的养分有关。花后 85 d 开始,副梢生长旺期施氮,SS 活性最高,SS 可能在该时期参与蔗糖分解,从而为该时期副梢快速生长提供能量。

在果实生长过程中,适时适量地施肥对树体生长及果实品质具有非常重要的作用^[27]。适量供氮有利于幼树枝条生长及叶面的生长,使成年树提早萌芽,提高坐果率,从而增加产量。在葡萄生长后期过多的氮素会使浆果着色差,香气成分少,含糖量低,含酸量高,导致果实品质变差^[28]。张志勇等^[29]实验结果表明,N 肥应重点施于葡萄花期之前,浆果膨大期至着色期可再适当补施。而冯国明^[30]认为在葡萄生长周期中,花期至幼果膨大期对氮素的需求量最大,从果实着色期开始逐渐减少,成熟期吸收最少,待收获后再次生根时进一步吸收氮素。本试验发现,与不施氮肥相比,不同生育期施氮提高了果实中可溶性固形物和 Vc 含量,氮肥施用时期后移可增加果实中可溶性固形物和花青苷的含量,这与任立民等^[31]的研究结果相近。开花期和果实第一次膨大期施氮肥,果实中可溶性固形物含量较高,萌芽期、果实第一次膨大期、副梢生长旺期和果实第二次膨大期施氮肥,果实可滴定酸含量无差异。不同生育期施入了氮素,对果树的生长发育进程会产生一定的影响^[32],本研究在同一时期采收葡萄果实,可能会因为成熟度不同影响到品质指标。

氮素是限制植物生长和产量形成的首要因素,本试验研究发现,不同生育期施氮肥,采收期葡萄产量显著增加,新梢生长期施氮肥 300 kg · hm⁻²,葡萄产量最高,达到 17 178.66 kg · hm⁻²,比对照提高了 31.74%。王连君等^[33]通过对‘寒香蜜’葡萄的研究发现,施氮量为 225 kg · hm⁻²时,产量达到了 30 110 kg · hm⁻²。果实第一次膨大期后各生育期施氮与该时期之前相比,葡萄产量增加较小,但显著高于对照。

4 结 论

1) 与对照相比,各时期施氮肥,叶绿素相对含量增加,叶片中蔗糖、葡萄糖、果糖和淀粉含量以及 SS、SPS、AI 和 NI 活性增强。开花期和果实第一次膨大期施氮肥,有利于采收期叶片蔗糖含量的积累。

2) 开花期施氮,果实中可溶性固形物和 Vc 含

量增加,可滴定酸含量降低。新梢生长期施氮肥葡萄产量达到 17 178.66 kg · hm⁻²,较对照提高了 31.74%,该时期施氮可显著提高葡萄产量。

参 考 文 献:

- [1] 刘虎成,徐坤,张永征,等. 滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(s1):106-111.
- [2] 彭勇,田福忠,张小燕,等. 冬枣果实膨大期追施尿素对叶片氮代谢的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(5):163-166.
- [3] Sanchez E E, Righetti T L, Sugar D, et al. Effects of timing of nitrogen application on nitrogen partitioning between vegetative, reproductive, and structural components of mature ‘comice’ pears [J]. Journal of Horticultural Science, 2015, 67(1):51-58.
- [4] 史祥宾,杨阳,崔衡,等. 不同时期施用氮肥对巨峰葡萄氮素吸收、分配及利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6):1444-1450.
- [5] Lasa B, Menendez S, Sagastizabal K, et al. Foliar application of urea to ‘Sauvignon blanc’ and ‘Merlot’ vines: Doses and time of application[J]. Plant Growth Regulation, 2012, 67: 73-81.
- [6] Ancín-Azpilicueta C, Nieto-Rojo R, Gómez-Cordón J. Influence of fertilization with foliar urea on the content of amines in wine [J]. Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance, 2011, 28(7):877-84.
- [7] Porro D, Dorigatti C, Stefanini M, et al. Foliar nitrogen composition and application timing influence nitrogen uptake by, as well as partitioning within, two grapevine cultivars [C]//V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721. 2005: 245-250.
- [8] Peacock W L, Christensen L P, Broadbent F E. Uptake, storage, and utilization of soil-applied nitrogen by Thompson seedless as affected by time of application[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1989, 40(1): 16-20.
- [9] Verdenal T, Spangenberg J E, Zufferey V, et al. Effect of fertilization timing on the partitioning of foliar-applied nitrogen in Vitis vinifera cv. Chasselas: a 15N labelling approach [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2013, 61(10):E326.
- [10] Pérez-Álvarez E P, Garde-Cerdán T, García-Escudero E, et al. Effect of two doses of urea foliar application on leaves and grape nitrogen composition during two vintages [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2016, 97(8):2524-2532.
- [11] Brunetto G, Ceretta C A, Melo G W, et al. Contribution of nitrogen from urea applied at different rates and times on grapevine nutrition [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 207:1-6.
- [12] 张振文,李华,宋长冰. 节水灌溉对葡萄及葡萄酒质量的影响. 园艺学报, 2002, 29(6): 515-518.
- [13] 陈克明,陈伟,杨震峰. 桃果实采后可溶性糖和果胶类物质的变化与低温冷害的关系 [J]. 核农学报, 2013, 27(5): 647-652.
- [14] 邓榆川,刘卫国,袁小琴,等. 套作大豆苗期茎秆纤维素合成代谢与抗倒性的关系 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(2): 469-476.

(下转第 167 页)