

补氮方式对酿酒葡萄转色期生理调节及品质的影响

陈贺婷¹, 王 晶¹, 马婷慧², 王 锐^{1*}

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750011)

摘要: 氮肥在促进酿酒葡萄营养生长的同时还能有效调节其生殖生长, 补氮时期和补氮方式对于协调葡萄营养生理和品质构成的关系尤为重要, 尤其在葡萄品质形成最为关键的转色期进行氮素调控对浆果品质组分的影响最为显著。以 8 年生酿酒葡萄品种“赤霞珠”为研究对象, 在葡萄转色期内以清水为对照, 设置叶面喷施、滴灌补氮、喷滴结合和减量补氮 4 种补氮方式, 研究补氮方式对葡萄生理、品质和酵母可同化氮的影响。结果表明: 与喷施清水相比, 4 种补氮方式均能提高葡萄果实的果形指数; 滴灌补氮能有效增加叶片叶面积、水分利用率和叶绿素 b 含量, 其中水分利用率显著提高 81.53%; 葡萄浆果的单宁、花色苷和总酚提升效果在叶面喷施氮素时分别显著提高 11.69%、99.19%、21.60%; 减量补氮可以显著促进叶绿素的合成与积累, 同时可溶性固形物显著增加 16.15%; 喷滴结合提升叶片净光合速率、类胡萝卜素和酵母可同化氮含量的效果最佳, 分别显著增加 35.15%、38.46% 和 53.04%, 同时百粒重显著提高 44.88%。综合评价发现, 在贺兰山东麓葡萄酒产区通过叶面喷施和滴灌追施的补氮方式是调节酿酒葡萄生理、改善葡萄浆果品质的有效途径。

关键词: 酿酒葡萄; 补氮方式; 果形指数; 果实品质; 酵母可同化氮

氮素是植物生长发育所必需的大量营养元素^[1], 被称为“生命元素”, 是构成蛋白质的主要成分, 同时也是植物体内叶绿素和许多酶的重要组成部分^[2]。施用氮肥能有效促进酿酒葡萄的生长发育, 改善光合特性、果实外观, 提高营养物质含量^[3], 同时也可以促进酵母对葡萄酒的发酵。在葡萄转色期施用氮肥有助于提高氮素利用率^[4], 减少土壤中氮素的流失^[5], 而叶面补氮可以防止葡萄缺氮, 有利于葡萄叶片对氮素的征调, 协调营养生长和生殖生长^[6], 从而增加酵母可同化氮含量, 改善葡萄酒风味^[7], 因此在酿酒葡萄转色期采用叶面补氮是必要的。

王亚钦等^[8]认为葡萄汁中酵母可同化氮的含量和组成不仅影响酵母生长和酒精发酵, 还对葡萄酒中高级醇、支链酸和酯类等香气物质的积累起决定性作用, 土壤施氮可以增加葡萄中氨基酸的含量, 满足葡萄汁中酵母对酵母可同化氮的需求^[9], 但转色期的土壤施氮易引起土壤中硝态氮的挥发淋

洗, 造成葡萄生长后期氮素不足, 影响作物吸收氮素并加速土壤中反硝化反应, 降低葡萄产量和品质, 导致葡萄汁中酵母可同化氮不足, 致使葡萄酒发酵中断^[10]。Li 等^[11]认为与常规施肥相比, 滴灌施肥可以有效提高作物产量, Hani^[12]认为滴施氮素可以提高葡萄产量和肥料利用效率, 促进植株生长, 改善果实品质。氮素滴施后可以将肥料直接作用于作物根系周围, 满足作物生长中后期的营养需求, 提高养分利用率和果实产量^[13]。叶面喷施氮素促进了葡萄的营养生长, 史祥宾等^[14]认为叶面喷氮可显著提高叶绿素和果实可溶性固形物含量, 通过改善叶片质量促进果实营养供应, 改善葡萄果树营养, 保证果实品质, 使葡萄浆果口感和风味显著提高^[15], 增加其商品价值。车俊峰等^[16]认为叶面喷肥能有效增加葡萄果实产量和净光合速率, 净光合速率是衡量植物光合作用的重要指标, 速率越大, 植物光合作用积累的有机物越多, 产量随之增加^[17]。

酿酒葡萄中所含的酚类物质和香味物质对葡萄酒的最终质量具有决定性作用, 前期补充氮素会导致葡萄成熟过快、酚类物质累积不足、香气类物质损失过快, 生长后期氮素不足导致葡萄汁中的酵母可同化氮缺乏、致使发酵不完全。因此本试验在酿酒葡萄转色期补施氮素以延缓酿酒葡萄的成熟时期, 促进酚类物质和香气物质的累积, 增加浆果中

收稿日期: 2021-12-31; 录用日期: 2022-02-28

基金项目: 宁夏自然科学基金(2020AAC03281); 宁夏农业科技创新专项(NKYZZ-J-19-04)。

作者简介: 陈贺婷(1998-), 硕士研究生, 主要从事植物营养与农业资源利用研究。E-mail: 2512046204@qq.com。

通讯作者: 王锐, E-mail: amwangrui@126.com。

的氮素,使发酵顺利完成,提升葡萄酒的品质。目前,酿酒葡萄补施氮素的方式有很多,但针对宁夏贺兰山东麓产区特殊的气候、土壤条件发现,叶面喷施和滴灌追施效果最显著,因而为生产优质葡萄酒原料,推动宁夏酿酒葡萄产业的可持续发展需迫切开展本研究。

1 材料与方

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄核心产区永宁县闽宁镇立兰酒庄(38° 28' N, 105° 97' E),属于温带干旱大陆性气候,积温高,降水少,光照充足,蒸发量大。该试验区土壤类型为砾质淡灰钙土,砾石较多,土质疏松,透气性好,昼夜温差大。0 ~ 60 cm 土层氮素含量见表 1。

表 1 葡萄园土壤氮素含量

土层 (cm)	全氮 (g · kg ⁻¹)	碱解氮 (mg · kg ⁻¹)	硝态氮 (mg · kg ⁻¹)	铵态氮 (mg · kg ⁻¹)
0 ~ 20	0.57	34.22	19.34	4.72
20 ~ 40	0.26	26.12	9.05	4.53
40 ~ 60	0.22	19.73	7.68	3.22

1.2 试验材料

1.2.1 供试葡萄与种植情况

田间试验选用 8 年生酿酒葡萄“赤霞珠”(Cabernet Sauvignon)品种(南北行向定植,架型为“厂”字型,株行距为 0.6 m × 3.0 m,种植密度为 5555 株 · hm⁻²)为试材。该葡萄园以 30 t · hm⁻²的羊粪为基肥,除了叶面施氮肥外,整个试验期间不施用化肥,滴灌灌溉定额为 2250 m³ · hm⁻²。

1.2.2 供试肥料

叶面施用的氮肥为粉末状尿素(N 46.0%),灌溉水量为 78.00 g · m⁻²,不同施氮方式的氮用量均以 1.5‰ 尿素的质量浓度来折算。

1.2.3 试验设计

试验通过叶面喷施和滴灌追施氮素进行,共设置 5 个不同的补氮方式,分别为滴施尿素(T1)、喷施尿素(T2)、滴施与喷施尿素用量上各减半相结合(T3)以及滴施与喷施尿素相结合(T4)的方式,同时以叶面等量喷施清水(CK)作为对照(表 2)。采用单因素随机区组设计,重复 3 次。叶面喷施、滴施在酿酒葡萄转色期中分 3 次(分别在 7 月 15 日、31 日及 8 月 13 日)施用,其中叶

面喷施选择晴朗无风天气,在 9:30 之前完成叶面喷施,对酿酒葡萄叶片正反面以及果实进行全方位喷施;滴施是通过距离葡萄树根部 30 ~ 40 cm 处,进行开小沟,将一定量的尿素均匀地撒施其中,由于葡萄园内滴灌带全覆盖,通过滴灌 12 h 将尿素带入土壤中,试验期间灌溉、修剪及病虫害防治等栽培管理方式一致。

表 2 施肥方式及尿素施用量

处理	补氮方式	施尿素浓度 (‰)	尿素施用量 (kg · hm ⁻²)
CK	等量喷滴清水	0.00	0.00
T1	滴施尿素	3.00	15.00
T2	喷施尿素	1.50	7.14
T3	滴施 1/2 尿素 + 喷施 1/2 尿素	3.00	11.07
T4	滴施尿素 + 喷施尿素	3.00	22.14

1.3 测定方法

1.3.1 酿酒葡萄叶片光合特性

对酿酒葡萄叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度、水分利用率的测定:采用美国 CI-340 手持光合测量系统在各标记树同一部位的叶片进行光合特性指标测定,对不同处理葡萄的同项指标采用定时测定:8 月 22 日 9:00,每个重复测定 3 次。同时,选择每棵标记树上相同高度的叶子使用手持叶绿素仪 SPAD-502 测定叶绿素的相对含量^[18]。用佳能 LiDE200 扫描仪器进行叶面积扫描并保存到电脑上,接着使用 ImageJ 对叶面积进行测定,最终得到叶面积。叶片叶绿素含量通过分光光度法测定。

1.3.2 酿酒葡萄果实果形指数

将每个小区标记树的葡萄全部采摘单独进行测产,得到酿酒葡萄单株产量。随机选取 100 粒酿酒葡萄,用电子天平称量,重复 3 次测得百粒重;随机选取 15 粒果实,用游标卡尺测定粒径,求其平均值;随机选取有代表性的 15 串酿酒葡萄,用卷尺测定其果实穗长并记录。

1.3.3 酿酒葡萄浆果品质

在酿酒葡萄收获后,随机挑取 15 串具有代表性的酿酒葡萄,每一穗随机选择上、中、下部位且大小接近的 30 粒果粒,用搅拌机打成匀浆后测定葡萄可溶性固形物、可滴定酸、单宁、总花色苷和总酚含量。可溶性固形物采用手持糖量计法测

定,可滴定酸采用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠标准溶液滴定法测定。部分指标如单宁、总酚和花色苷等需要用液氮保存葡萄粒 24 h 后测定:单宁采用福林-丹宁斯法测定(以单宁酸计),总酚采用福林-肖卡法测定(以没食子酸计),花色苷采用 pH 示差法测定^[19]。

1.3.4 酿酒葡萄酵母可同化氮测定

采用西班牙 BioSystems S.A 生产的伯胺氮测定方法(12807, 285 测试次数/盒)和氨氮测定方法(12809, 285 测试次数/盒),在 Y15 葡萄酒分析仪上进行测定。

1.4 分析与统计

试验数据采用 Excel 2010 进行整理,用 SPSS 25.0 进行方差分析,表中所有数据均表示 3 次重复的平均值 \pm 标准差,并采用最小显著差数法 ($P < 0.05$) 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 补氮方式对酿酒葡萄叶片光合特征的影响

由表 3 可知,叶面积在滴灌补氮后显著增大,较对照、T2、T3 和 T4 处理分别提高 26.78%、6.60%、18.86% 和 13.10%。4 种补氮方式的胞间二氧化碳浓度较对照均有所降低,其中滴灌补氮降幅最大,显

著降低 9.38%。叶片气孔导度在进行叶面喷施氮素处理时最高,较对照显著提高 53.42%。喷滴结合和叶面喷施氮素的净光合速率最大,较对照分别显著增加 35.15% 和 34.48%,较 T1、T3 处理分别显著提高 8.02%、7.12% 和 7.48%、7.12%。滴灌补氮和减量补氮的蒸腾速率较对照显著降低 32.94% 和 23.41%。4 种处理下的水分利用率较对照均显著提高,滴灌补氮、减量补氮、喷滴结合和叶面喷施氮素分别显著提高了 81.53%、62.11%、41.49% 和 35.97%,其中滴灌补氮最高,较 T1、T2 和 T3 处理分别显著增加 33.51%、11.98% 和 28.31%。

2.2 补氮方式对酿酒葡萄叶片叶绿素含量的影响

由表 4 可知,减量补氮处理后的叶绿素 a 较对照显著增加 7.19%。滴灌补氮的叶绿素 b 含量较对照显著提高 18.18%,叶面喷施氮素和喷滴结合较对照分别显著降低了 15.91% 和 22.73%。类胡萝卜素含量在喷滴结合和滴灌补氮处理下最高,较对照分别提高了 38.46% 和 34.62%。减量补氮和滴灌补氮的叶绿素含量较对照显著增加,分别增加了 7.10% 和 3.28%,叶面喷施氮素和喷滴结合较对照分别显著降低了 4.92% 和 6.56%,减量补氮处理下的叶绿素含量最高,较 T1、T2 和 T4 处理显著提高了 3.7%、12.64% 和 14.62%。

表 3 补氮方式对酿酒葡萄光合特征的影响

处理	叶面积 (cm^2)	胞间二氧化碳浓度 ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	气孔导度 ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	净光合速率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	水分利用率 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
CK	$136.57 \pm 1.34\text{d}$	$268.77 \pm 1.57\text{a}$	$125.07 \pm 9.54\text{b}$	$10.47 \pm 0.07\text{c}$	$2.52 \pm 0.07\text{a}$	$4.17 \pm 0.07\text{d}$
T1	$173.15 \pm 3.57\text{a}$	$243.55 \pm 3.98\text{c}$	$147.24 \pm 6.77\text{ab}$	$13.10 \pm 0.15\text{b}$	$1.69 \pm 0.00\text{b}$	$7.57 \pm 0.10\text{a}$
T2	$162.43 \pm 1.45\text{ab}$	$261.23 \pm 1.09\text{ab}$	$191.88 \pm 3.18\text{a}$	$14.08 \pm 0.29\text{a}$	$2.59 \pm 0.18\text{a}$	$5.67 \pm 0.39\text{c}$
T3	$145.68 \pm 5.56\text{cd}$	$249.83 \pm 7.89\text{bc}$	$161.21 \pm 32.92\text{ab}$	$13.21 \pm 0.18\text{b}$	$1.93 \pm 0.04\text{b}$	$6.76 \pm 0.12\text{b}$
T4	$153.09 \pm 5.27\text{bc}$	$256.68 \pm 4.56\text{abc}$	$178.13 \pm 12.91\text{ab}$	$14.15 \pm 0.24\text{a}$	$2.47 \pm 0.03\text{a}$	$5.90 \pm 0.06\text{c}$

注:不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

表 4 补氮方式对酿酒葡萄叶绿素含量的影响

处理	叶绿素 a ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	叶绿素 b ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	类胡萝卜素 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	叶绿素 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)
CK	$1.39 \pm 0.02\text{b}$	$0.44 \pm 0.02\text{b}$	$0.26 \pm 0.01\text{b}$	$1.83 \pm 0.01\text{c}$
T1	$1.41 \pm 0.01\text{b}$	$0.52 \pm 0.00\text{a}$	$0.35 \pm 0.01\text{a}$	$1.89 \pm 0.00\text{b}$
T2	$1.36 \pm 0.00\text{b}$	$0.37 \pm 0.01\text{c}$	$0.31 \pm 0.00\text{ab}$	$1.74 \pm 0.03\text{d}$
T3	$1.49 \pm 0.02\text{a}$	$0.47 \pm 0.02\text{ab}$	$0.31 \pm 0.01\text{ab}$	$1.96 \pm 0.01\text{a}$
T4	$1.36 \pm 0.01\text{b}$	$0.34 \pm 0.03\text{c}$	$0.36 \pm 0.02\text{a}$	$1.71 \pm 0.02\text{d}$

2.3 补氮方式对酿酒葡萄果形指数的影响

由表 5 可知, 补施氮肥后, 4 种补氮方式下的果实粒径、穗长、百粒重及单株产量较对照均显著提高。在补氮处理中, 喷滴结合的粒径最高, 较对照显著提高 28.54%, 叶面喷施氮素的粒径最低, 较对照显著提高 7.14%。T1、T2、T3 和 T4 补氮方式的穗长显著性一致, 分别较对照显著提

高 8.91%、11.43%、10.94% 和 18.07%。喷滴结合处理下的百粒重最高, 较对照和百粒重最低的滴灌补氮显著提高 44.88% 和 23.61%, 滴灌补氮较对照显著提高 17.20%, 叶面喷施氮素和减量补氮显著性一致。4 种补氮方式下单株产量的显著性一致, 喷滴结合较对照提升效果最好, 显著提高 12.66%。

表 5 补氮方式对酿酒葡萄果形指数的影响

处理	粒径 (mm)	穗长 (cm)	百粒重 (g)	单株产量 (kg)
CK	9.67 ± 0.35d	12.34 ± 0.27b	93.47 ± 0.15d	0.79 ± 0.01b
T1	11.45 ± 0.29b	13.44 ± 0.37a	109.55 ± 0.10c	0.87 ± 0.00a
T2	10.36 ± 0.21c	13.75 ± 0.09a	125.49 ± 0.32b	0.88 ± 0.02a
T3	11.89 ± 0.32b	13.69 ± 0.11a	125.63 ± 0.26b	0.87 ± 0.01a
T4	12.43 ± 0.33a	14.57 ± 0.38a	135.42 ± 0.07a	0.89 ± 0.02a

2.4 补氮方式对酿酒葡萄浆果品质及酵母可同化氮的影响

由表 6 可知, 喷滴结合肥料减半处理下可溶性固形物含量最高, 较对照、T1、T2 和 T4 处理分别提高 16.15%、23.62%、3.20% 和 4.64%, 滴灌补氮较对照显著降低 6.05%。4 种补氮处理下葡萄浆果可滴定酸含量和糖酸比均无明显差异。叶面喷施氮素和喷滴结合处理下单宁和总酚较对照均显著提高, 滴灌补氮处理下单宁含量较对照显著降低 5.43%, 叶面喷施氮素处理最高, 较对照和其他处理显著提高 6.12% ~ 18.10%, 在总酚含量中, 叶

面喷施氮素较对照、T1、T2 和 T3 补氮方式分别显著增加 21.60%、28.80%、15.98% 和 6.23%, 喷滴结合效果次之, 较对照显著增加 14.47%。在花色苷含量中, T1、T2、T3 和 T4 补氮方式较对照分别显著提高 13.01%、99.19%、20.33% 和 64.23%, 其中叶面喷施氮素效果最为显著, 喷滴结合效果次之。

酵母可同化氮含量在不同补氮方式处理中以喷滴结合效果最为显著, 较对照、T1、T2 和 T3 处理分别显著增加 53.04%、41.80%、8.06% 和 32.81%, 叶面喷施氮素效果次之, 较对照显著增加 41.62%。

表 6 补氮方式对酿酒葡萄品质和酵母可同化氮的影响

处理	可溶性固形物 (%)	可滴定酸 (%)	糖酸比	单宁 (mg · g ⁻¹)	花色苷 (mg · g ⁻¹)	总酚 (mg · g ⁻¹)	酵母可同化氮 (mg · L ⁻¹)
CK	24.46 ± 0.15b	0.59 ± 0.01a	41.62 ± 0.18a	15.83 ± 0.29b	1.23 ± 0.01d	14.86 ± 0.25c	189.94 ± 3.52e
T1	22.98 ± 0.09c	0.71 ± 0.09a	35.09 ± 5.37a	14.97 ± 0.08c	1.39 ± 0.10c	14.03 ± 0.45c	205.00 ± 2.08d
T2	27.53 ± 0.17a	0.64 ± 0.00a	41.58 ± 0.79a	17.68 ± 0.27a	2.45 ± 0.05a	18.07 ± 0.09a	269.00 ± 1.68b
T3	28.41 ± 0.20a	0.67 ± 0.02a	41.37 ± 0.16a	16.02 ± 0.73b	1.48 ± 0.04c	15.58 ± 0.24c	218.87 ± 2.90c
T4	27.15 ± 0.58a	0.68 ± 0.03a	38.89 ± 3.04a	16.66 ± 0.25a	2.02 ± 0.03b	17.01 ± 0.38b	290.69 ± 3.08a

3 讨论

转色期叶面补施氮素可以有效提高酿酒葡萄的光合代谢能力。聂松青等^[20]研究发现叶面喷施氮素有利于提高叶片净光合速率, 本试验研究表明, 叶面喷施氮素对气孔导度、水分利用率和净光合速率的增加效果最显著, 二者研究结果相符, 该结果可能是因为叶面喷施氮素能有效促进植株叶片生

长, 光合面积增加, 有助于叶片养分的积累。彭永彬^[21]研究得出喷施尿素对葡萄果实的生理性状和叶绿素含量等的作用最为显著, 本试验研究发现滴灌结合肥料减半能有效提高葡萄叶片叶绿素 a 和叶绿素含量, 这与前人研究结果相符, 结果可能与叶面喷氮结合滴施氮素可以增强硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶的活性, 提高叶绿素含量, 增加叶面积, 促进叶片光合作用有关^[22]。

氮肥的吸收和同化对于植物的发育和生长非常重要^[21]。Mina等^[23]研究发现叶面喷施氮素能有效改善葡萄形态生理特征,滴施氮素可以有效调控根层氮素,提高养分吸收量,本试验研究结果表明:滴喷结合对酿酒葡萄果形指数的提升效果最显著,这与前人研究相符。该结果与氮素供给葡萄转色期所需的碳水化合物有关,施用氮素会促进葡萄果树的生长,且果实也会随之增大,果实增大后从叶片输出的碳水化合物含量增多,叶片内积累贮藏的碳水化合物含量降低,从而提高酿酒葡萄的果形指数。

酿酒葡萄品质是叶面氮肥施用效果的重要指标之一。本试验结果表明:滴喷结合肥料减半对提高可溶性固形物含量的效果最好,滴灌补氮显著提高可滴定酸含量,这与陈一帆等^[24]研究发现滴施肥料可有效增加可溶性固形物,提高葡萄品质一致,结果可能是因为氮素的滴入能提高氮素利用率,改善葡萄品质;Lincon等^[25]认为所有的补氮方式均会降低葡萄花色苷浓度,本试验结果表明,喷施3‰尿素能有效提高花色苷浓度,这与前人研究不符,该结果可能是因为叶面喷施氮素可以促进根系的氮素吸收后向上运转,促进果实物质的累积,提高氮素利用率^[26]。

酵母可同化氮含量对葡萄酒的发酵起决定性作用^[27]。Hannam等^[28]研究发现施用氮肥可以通过提高葡萄的氮素含量,从而提高葡萄汁中酵母可同化氮含量。本试验研究结果与前人研究相符,滴喷结合对酵母可同化氮含量的提升效果最为显著,原因可能是转色期补施的氮素会更多地转移到浆果中,促使更多的氨基酸积累,保证发酵的顺利进行,从而提高葡萄酒的风味。

4 结论

转色期叶面补施氮素的不同方式对酿酒葡萄各项指标影响各不相同。综合评价发现:滴灌补氮可以有效增加酿酒葡萄的叶面积和水分利用率,喷施氮素对浆果品质形成最优,喷滴结合对酿酒葡萄果形指数最好且最适合酵母可同化氮的累积,减量补氮对叶片叶绿素含量和气孔导度提升效果最佳。

参考文献:

[1] 李姗,黄允智,刘学英,等.作物氮肥利用效率遗传改良研究进展[J].遗传,2021,43(7):629-640.

- [2] 王锐.贺兰山东麓土壤特征及其与酿酒葡萄生长品质关系研究[D].咸阳:西北农林科技大学,2016.
- [3] 孔德谦,何振嘉,刘全祖,等.施肥对贺兰山东麓滴灌条件下‘赤霞珠’葡萄产量和品质的影响[J].中国农业科技导报,2021,23(3):148-155.
- [4] 吴茂东,马宗桓,李彦彪,等.施氮时期对‘黑比诺’葡萄氮素吸收、分配及利用的影响[J].甘肃农业大学学报,2020,55(5):113-120.
- [5] 马宗桓,陈佰鸿,胡紫曦,等.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[J].干旱地区农业研究,2018,36(6):145-152,167.
- [6] 孙聪伟,陈展,赵艳卓,等.不同施肥方式下葡萄幼苗对¹⁵N-尿素的吸收、分配和利用[J].华北农学报,2017,32(S1):260-264.
- [7] Cheng X H, Liang Y Y, Zhang A, et al. Using foliar nitrogen application during veraison to improve the flavor components of grape and wine [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2021, 101 (4): 1288-1300.
- [8] 王亚钦,刘沛通,吴广枫,等.可同化氮对葡萄酒发酵香气物质积累及代谢调控的影响[J].中国食品学报,2017,17(12):164-171.
- [9] 丁燕.土壤或叶面施氮对葡萄中氨基酸组成的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2016(2):76.
- [10] Cheng P M, Hui Z, Xiao Y Y, et al. Effects of yeast assimilable nitrogen content on fermentation and aroma components of Cabernet Sauvignon wine [J]. China Brewing, 2015, 34 (1): 131-136.
- [11] Li H R, Mei X R, Wang J D, et al. Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: a meta-analysis in China [J]. Agricultural Water Management, 2021, 244: 106534.
- [12] Hani A M. The response of grapefruits to application of water and fertilizers under different localized irrigation systems [D]. Cairo: Ain Shams University, 2005.
- [13] 陶云彬,杨佳佳,章哲,等.配方全溶肥料滴灌施肥法对葡萄产量、品质和肥料养分产投率的影响[J].浙江农业科学,2019,60(8):1418-1419.
- [14] 史祥宾,王孝娣,王志强,等.不同叶面肥处理对日光温室“87-1”葡萄生长发育的影响[J].北方园艺,2021(3):57-65.
- [15] Li W P, Yao H, Chen K Q, et al. Effect of foliar application of fulvic acid antitranspirant on sugar accumulation, phenolic profiles and aroma qualities of cabernet sauvignon and riesling grapes and wines [J]. Food Chemistry, 2021, 351 (4): 129308.
- [16] 车俊峰,苏婷,张乐,等.不同叶面肥对无核白葡萄产量和品质的影响[J].北方园艺,2010(12):1-5.
- [17] 刘存宏,徐玉芳,贾志军,等.18个葡萄品种的光合特性比较[J].中国农学通报,2006,22(7):404-406.

- [18] 王忠. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] Lee J, Durst R, Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study [J]. *Journal of Aoac International*, 2005, 12 (36): 186–187.
- [20] 聂松青, 刘昆玉, 石雪晖, 等. 叶面喷施氮素对葡萄成熟后期叶片生理生化指标及果实品质的影响 [J]. *湖南农业科学*, 2013 (7): 104–107.
- [21] 彭永彬. 叶面喷施肥五种氮肥对葡萄生长发育及氮代谢相关基因表达的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [22] Marie-Odile J, Gilles V, Jacques L B, et al. Autumnal nitrogen nutrition affects the C and N storage and architecture of young peach trees [J]. *Trees*, 2011, 25 (2): 333–344.
- [23] Mina R, Bahram A, Ali T. A study on the effect of nitrogen spray at different times on color and yield parameters of grape cv. Pykany [J]. *Erwerbs-Obstbau*, 2018, 60 (2): 145–152.
- [24] 陈一帆, 沈建生, 刘健, 等. 控释肥和水溶性冲施肥对葡萄品质的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2011, 39 (5): 174–175.
- [25] Lincon O S, Raíssa S, Raí A S, et al. Nitrogen supply method affects growth, yield and must composition of young grape vines (*Vitis vinifera* L. cv Alicante Bouschet) in southern Brazil [J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 261: 108910.
- [26] Portu J, Gonzalez-Arenzana L, Hermosin-Gutierrez I, et al. Phenylalanine and urea foliar applications to grapevine: effect on wine phenolic content [J]. *Food Chemistry*, 2015, 180: 55–63.
- [27] Garde-Cerdán T, López R, Portu J, et al. Study of the effects of proline, phenylalanine, and urea foliar application to Tempranillo vineyards on grape amino acid content. Comparison with commercial nitrogen fertilisers [J]. *Food Chemistry*, 2014, 163: 136–141.
- [28] Hannam K D, Neilsen G H, Forge T, et al. The concentration of yeast assimilable nitrogen in Merlot grape juice is increased by N fertilization and reduced irrigation [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2013, 93 (1): 37–45.

Effects of nitrogen supplement methods on physiological regulation and quality of wine grape during color changing period

CHEN He-ting¹, WANG Jing¹, MA Ting-hui², WANG Rui^{1*} (1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021; 2. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry, Yinchuan Ningxia 750011)

Abstract: Nitrogen can not only promote the vegetative growth of wine grape, but also effectively regulate its reproductive growth. Nitrogen supplement period and nitrogen supplement methods are particularly important for coordinating the relationship between nutritional physiology and quality composition of grape, especially in the most critical color turning period of grape quality formation. Nitrogen regulation has the most significant effect on the composition of berries quality. Taking 8-year-old wine grape cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ as the research object and water as the control, four nitrogen supplement methods including foliar spraying, drip irrigation, spray-drop combination and reduced nitrogen supplement were set up to study the effects of nitrogen supplement methods on grape physiology, quality and yeast assimilation nitrogen. The results showed that compared with spraying water, the four nitrogen supplement methods improved the fruit shape index of grapes. Drip irrigation nitrogen supplement effectively improved the leaf area, water use efficiency and chlorophyll b content, water use efficiency significantly increased by 81.53%. The tannins, anthocyanins and total phenols of grape berries significantly increased by 11.69%, 99.19% and 21.60% with foliar spraying nitrogen. Reducing nitrogen supplement significantly promoted the synthesis and accumulation of chlorophyll, while soluble solids significantly increased by 16.15%. The combination of spraying and dripping had the best effect on improving net photosynthetic rate, carotenoid and assimilable nitrogen content in leaves, which increased by 35.15%, 38.46% and 53.04%, respectively, and 100-grain weight increased by 44.88%. Comprehensive evaluation showed that nitrogen supplement through foliar spraying and drip irrigation was an effective way to regulate grape physiology and improve grape berry quality in the eastern foot of Helan mountain.

Key words: wine grape; nitrogen supplement method; shape index of fruit; fruit quality; yeast assimilable nitrogen