

水分胁迫下肥料配比对葡萄生长发育的影响

郭修武¹, 王丛丛¹, 周兴本^{1,2}, 刘士冲¹, 李坤¹, 郭印山¹, 李成祥¹

(1. 沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学 高职学院 辽宁 沈阳 110866)

摘要:以无核白鸡心葡萄为试材,设置3个水平的水分处理和3个肥料配比,使用CARIS-1便携式光合仪和常规的试验方法研究水分胁迫下肥料配比对无核白鸡心葡萄光合速率、蒸腾速率、叶片脯氨酸含量以及丙二醛含量的影响。结果表明:生长前期,水分田间持水量的55%~60%、施肥配比为N:P:K=2:5:3的水肥处理能促进新梢生长,有效提高光合速率,降低蒸腾速率,从而提高水分利用效率。生长后期维持正常含水量和适当增施钾肥可提高光合速率。随着水分胁迫程度的加剧,脯氨酸和丙二醛含量呈梯度增加;中度胁迫水平下,磷钾肥的增加可导致脯氨酸和丙二醛含量的增加,从而提高植株对水分胁迫的抵抗能力。

关键词:无核白鸡心葡萄; 水肥配比; 光合速率; 蒸腾速率

中图分类号:S143 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)02-0140-06

Effects of Fertilizer Ratio to Grape Growth and Development under Water Stress

GUO Xiu-wu¹, WANG Cong-cong¹, ZHOU Xing-ben^{1,2}, LIU Shi-chong¹,
LI Kun¹, GUO Yin-shan¹, LI Cheng-xiang¹

(1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. Higher Vocational College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Centennial Seedless grape was used to study the photosynthetic rate, transpiration rate, proline content of leaves, as well as MDA content by the CARIS-1 portable photosynthetic instrument and normal test at three different water treatment levels and with three kinds of fertilizer ratio. The results showed that: early growth stage, the treatment of 55% - 60% of field capacity, fertilizer ratio of N:P:K = 2:5:3 can effectively improve shoot growth and photosynthetic rate, reduce transpiration rate, thus improving water use efficiency. Late growth stage maintaining normal water content and properly increasing potassium fertilizer can increase photosynthetic rate. With the aggravation of stress degree, Proline and MDA content increased by gradient; under moderate stress level, increasing phosphate and potassium fertilizer can lead to the increase of proline and MDA content, in order to improve the ability that plant resist to water stress.

Key words: Centennial Seedless grape; Water and fertilizer ratio; Photosynthetic rate; Transpiration rate

水和肥在葡萄生长发育过程中是2个相互影响、相互制约的因子。目前,全球范围内的缺水是露地生产的主要限制因素^[1],水分的有效性影响整个土壤的微生物作用以及整个植物体的生理生化过程,使得养分和水分密切而复杂地联系在一起,特别在旱地农业中,植物营养的基本问题是如何在水分胁迫下,合理地施用肥料,充分发挥肥和水的协同效

应,提高水分的利用效率和在不增加施肥量的情况下,获得最大的经济效益^[2]。水分和养分对葡萄光合作用、蒸腾作用的影响已有大量的研究,但二者的交互作用却少有报道。

本试验通过研究水分亏缺下,肥料配比对葡萄光合速率、蒸腾速率、抗旱性指标的影响,旨在为干旱地区葡萄栽培的水分管理提供依据。

收稿日期:2011-12-28

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-30-yz-6)

作者简介:郭修武(1959-),男,辽宁抚顺人,教授,博士生导师,主要从事果树栽培与生理生态研究。

通讯作者:周兴本(1977-),男,山东烟台人,博士,主要从事果树栽培生理研究。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年在沈阳农业大学葡萄园试验园进行,供试材料为无核白鸡心葡萄(Centennial Seedless) 贝达砧木嫁接苗。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 将 27 个直径为 23 cm、体积为 6 L 的盆分成 3 排,放入配好的基质土(土和草炭的体积比 3:1),然后定植生长发育一致的无核白鸡心嫁接苗,定植后盆表面用塑料膜覆盖防止水分蒸发对试验的影响。本试验共设定 3 个灌水量水平,即田

间持水量的 75% ~ 80% (正常灌水量)、田间持水量的 55% ~ 60% (轻度胁迫水平)、田间持水量的 40% ~ 45% (中度胁迫水平);根据 2010 年预备试验中表现较好的处理设定 3 个肥料配比,即 N: P: K = 2: 1: 3、N: P: K = 2: 1: 5、N: P: K = 2: 5: 3;其中,所施氮肥为硫酸铵(含 N 量为 21%)、磷肥为过磷酸钙(含 P₂O₅量为 18%)、硫酸钾(含 K₂O 量为 50%)。共设 9 个处理,每个处理 3 次重复。具体实施方案见表 1。对以上所建立的体系分萌芽期、坐果期、转色期和采收后 4 个时期进行不同的水肥处理,具体分期施肥方案见表 2。

表 1 不同水肥处理实施方案

Tab.1 Implementation of different water and fertilizer treatment				
处理 Treatment	灌水量水平 Irrigation	施 N 量/(g/株) N content	施 P 量/(g/株) P content	施 K 量/(g/株) K content
T1	田间持水量的 75% ~ 80%	3	1.5	4.5
T2	田间持水量的 55% ~ 60%	3	1.5	4.5
T3	田间持水量的 40% ~ 45%	3	1.5	4.5
T4	田间持水量的 75% ~ 80%	3	1.5	7.5
T5	田间持水量的 55% ~ 60%	3	1.5	7.5
T6	田间持水量的 40% ~ 45%	3	1.5	7.5
T7	田间持水量的 75% ~ 80%	3	7.5	4.5
T8	田间持水量的 55% ~ 60%	3	7.5	4.5
T9	田间持水量的 40% ~ 45%	3	7.5	4.5

表 2 盆栽无核白鸡心分期施肥方案

Tab.2 Stage fertilizing scheme of Centennial Seedless in pot %				
肥料 Fertilizer	萌芽期 Germination stage	坐果期 Fruit-set period	转色期 Colour-changed period	采收后 After harvesting
N	30	40	0	30
P	30	40	0	30
K	25	40	20	15

1.2.2 新梢生长量的测定 每个测定时期用直尺测量顶端新梢长度,新梢生长量为后一个时期的新梢长度减去前一个时期的新梢长度。

1.2.3 光合速率的测定 每个测定时期采用 CIR-AS-4 型便携式光合仪对叶片的光合速率(Pn) 以及蒸腾速率(E) 进行测量,所测叶片均选取从新梢顶端向下第 5 ~ 6 片叶。

1.2.4 抗旱性指标的测定 每个测定时期取新鲜功能叶,进行抗旱性指标的测定。采用磺基水杨酸法进行脯氨酸的测定^[3];采用比色法进行丙二醛(MDA) 的测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 水分亏缺下肥料配比对新梢生长量的影响

从表 3 可以看出,萌芽期 T8 处理新梢生长量为 69

cm,与生长量最高的 T1 处理无显著差异;坐果期 T8 处理新梢生长量最高,综合萌芽期和坐果期光合速率来看,水分田间持水量的 55% ~ 60%、施肥配比为 N: P: K = 2: 5: 3 的水肥处理能有效促进新梢生长。

表 3 不同处理生长期新梢生长量的比较

Tab.3 Comparison of shoot length in growth period of different treatment cm			
处理 Treatment	萌芽期生长量 Growth of germination stage	坐果期生长量 Growth of fruit-set period	转色期生长量 Growth of colour-changed period
T1	70aA	30aAB	29a
T2	64aABC	27abABC	25ab
T3	41cCD	26abABC	17b
T4	61abABCD	29aAB	25ab
T5	52abcABCD	34aA	22ab
T6	37cD	19bcBC	15b
T7	66aAB	29aAB	20ab
T8	69aA	34aA	22ab
T9	44bcBCD	16cC	16b

2.2 水分亏缺下肥料对比对光合速率的影响

从图 1-A 可以看出,萌芽期 T8 处理光合速率显著高于 T9 处理,可见,光合速率随着水分胁迫程度加剧而降低,这是由于胁迫初期,土壤含水量下降,叶片气孔关闭,主要是气孔因素限制了果树的光合

作用,使光合速率下降^[5]。T7 处理的光合速率显著高于 T4 处理,可见,在正常灌水情况下,适量提高磷肥的比例有利于光合产物的运转,并且能促进光合过程中相关酶的活性,从而使光合速率提高。

从图 1-B 可以看出,坐果期 T8 处理的光合速率相对较高,属于轻度水分胁迫水平,可见,坐果期内适当减少灌水量有利于促进无核白鸡心葡萄光合速率的提高。T8 处理的光合速率显著高于 T2 和 T5 处理,由此可见,在轻度水分胁迫下,适当提高磷钾肥的施用可促进氮肥的吸收利用,从而促进植株体内蛋白质的合成,有利于植株新细胞的形成,进而促进光合速率。

从图 1-C 可以看出,转色期 T4 处理光合速率最高,显著高于 T5 和 T6 处理,综合萌芽期和坐果期来看,短期快速水分胁迫下, Pn 并不立即下降,而是维持与原来相当的水平,随着水分胁迫处理时间的

延长, Pn 下降变快。T1 处理光合速率极显著高于 T2、T3 处理,进一步证明长时间水分胁迫使植株光合作用减弱。

从图 1-D 可以看出,采收后 T4 处理光合速率最高,显著高于 T5 和 T6 处理, T1 处理光合速率极显著高于 T2 和 T3 处理,可见,在相同肥料配比下,光合速率随着水分胁迫程度的增加而下降。

整个生长期结果表明,在生长前期,即萌芽期和坐果期, T8 处理光合速率较高,而转色期和采收后, T4 处理光合速率较高,说明在短期水分胁迫下,光合速率并不随着叶片水势的下降而立即下降,而是维持着与原来相当的水平,直到出现叶片水势阈值时光合速率才发生陡降,直至光合速率为负值^[6]; T4 处理的钾肥比例高于 T8 处理,生长后期光合速率较高。因此,生长后期维持正常含水量和适当增施钾肥,有利于提高光合速率。

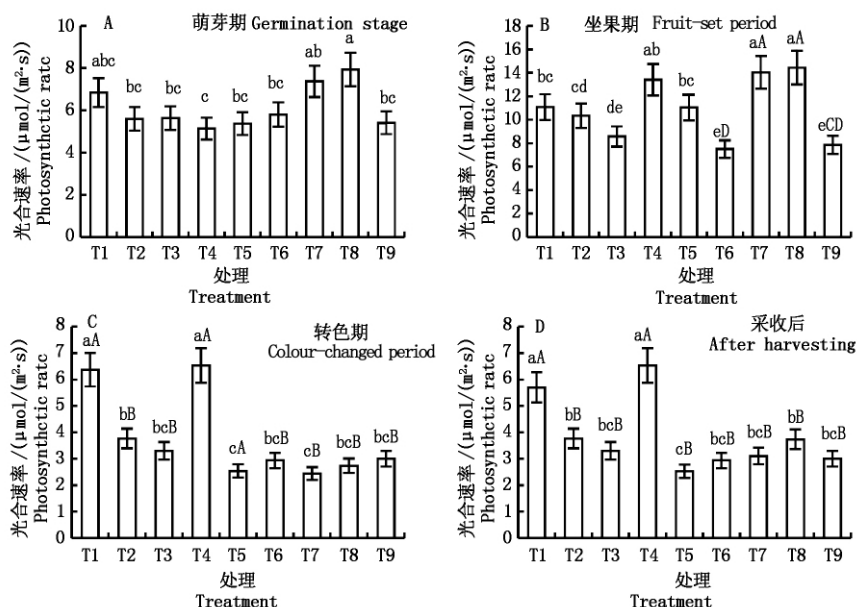


图 1 不同处理生长期光合速率的比较

Fig. 1 Comparison of Photosynthetic rate in growth period of different treatment

2.3 水分亏缺下肥料比对蒸腾速率的影响

从图 2-A 可以看出,萌芽期 T7 处理的蒸腾速率显著高于 T9 处理,说明水分胁迫导致葡萄叶片气孔关闭,降低植株的蒸腾速率。整体来看,萌芽期蒸腾速率普遍偏低,并且差异不显著,是因为萌芽期气温和光照强度都偏低造成的。

从图 2-B 可以看出, T7、T8 与 T9 3 个处理之间蒸腾速率差异达到极显著水平,这是由于植株前馈式调节减少蒸腾对植株的影响,气孔关闭以保持叶片水势,从而蒸腾速率下降。

从图 2-C 可以看出,转色期 T6 处理蒸腾速率最低,显著低于 T4 和 T5 处理,水分胁迫可降低植株的蒸腾速率,从而提高水分利用效率,增强对干旱的

适应能力。

从图 2-D 可以看出,采收后 T5 处理蒸腾速率显著低于 T2 处理,同转色期趋势一致,可见,在轻度水分胁迫下,随着施钾量的增加,蒸腾速率下降。T6、T9 处理与 T3 处理蒸腾速率无显著差异,这是由于长时间的水分胁迫导致大量气孔处于关闭状态,从而蒸腾速率较低。T1 处理蒸腾速率最高,显著高于 T2 和 T3 处理,进一步说明水分胁迫导致气孔关闭,可降低蒸腾速率。

整个生长期结果表明, T8 处理蒸腾速率相对较低,综合生长期光合速率来说, T8 处理光合速率较高,因此,水分为田间持水量的 55% ~ 60%、施肥配比为 N: P: K = 2: 5: 3 的水肥处理可降低蒸腾速率,

提高光合速率, 从而提高水分利用效率。

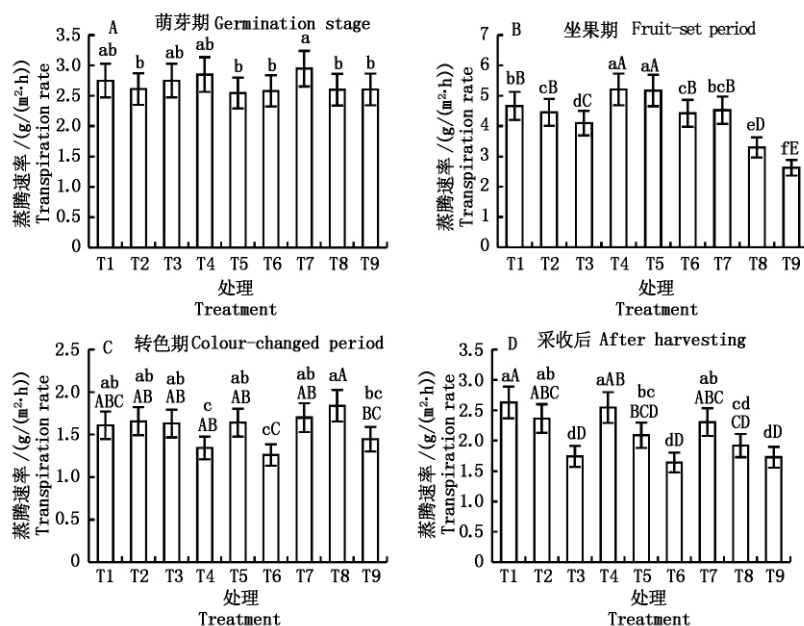


图2 不同处理生长期蒸腾速率的比较

Fig. 2 Comparison of transpiration rate in growth period of different treatment

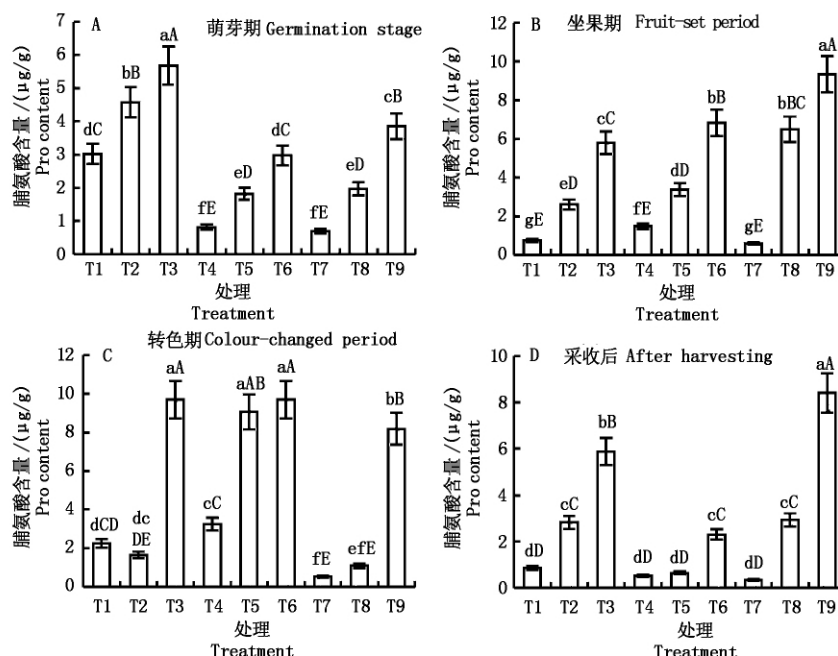


图3 不同处理生长期脯氨酸含量的比较

Fig. 3 Comparison of pro content in growth period of different treatment

2.4 水分亏缺下肥料配对抗旱性指标的影响

2.4.1 水分亏缺下肥料配对抗旱性指标的影响 从图3-A可以看出, 萌芽期 T3 处理脯氨酸含量最高, 极显著高于 T2 和 T1 处理, 可以看出, 植株在水分胁迫下进行脯氨酸 (Pro) 的积累, 其含量随胁迫程度的加剧而增加。T9 处理脯氨酸含量极显著高于 T6 处理, 可能是由于在中度水分胁迫下, 提高磷钾比例可促进氮元素的吸收, 脯氨酸含量积累较多。

从图3-B可以看出, 坐果期脯氨酸变化趋势与萌芽期脯氨酸变化趋势一致, T7、T8 处理以及 T9 处理脯氨酸含量呈梯度增加, 3 个处理之间有极显著差异。T6 处理脯氨酸含量极显著高于 T5 和 T4 处理, 脯氨酸含量随着水分胁迫程度的增加而增加, 脯氨酸大量积累的作用能够保持原生质与环境渗透平衡, 防止水分散失, 增强植株抗旱能力。

从图3-C可以看出, 转色期 T3 处理脯氨酸含量

最高,极显著高于 T2 和 T1 处理,脯氨酸含量随着水分胁迫程度的加剧而增加。

从图 3-D 可以看出,采收后 T9 处理脯氨酸积累量最大,极显著高于 T8 和 T7 处理,可见,随着胁迫时间的延长,脯氨酸含量差异明显。随着水分胁迫程度的增加,脯氨酸含量呈梯度增加,与前几个时期变化趋势一致,脯氨酸的增加能提高植株的抗旱性,并对蛋白质起到保护作用。

2.4.2 水分亏缺下肥料配比对丙二醛(MDA)的影响 从表 4 可以看出,萌芽期 T7、T8、T9 这 3 个处理之间丙二醛含量有极显著差异,在施肥量相同的条

件下,叶片 MDA 含量随着水分胁迫水平的加剧逐渐增加;坐果期 T3 处理与 T2 处理之间、T9 处理与 T8 处理之间差异不显著,说明坐果期轻度水分胁迫与中度水分胁迫水平下 MDA 积累量无显著差异;转色期 T9、T6、T3 这 3 个处理之间有极显著差异,均为中度胁迫水平,施肥量不同,说明提高磷钾肥的比例会增加 MDA 的积累量;采收后 T4、T5、T6 这 3 个处理之间 MDA 含量有极显著差异,MDA 含量随着胁迫水平的加剧逐渐增加。从整个生长期来看,水分胁迫条件下,叶片中 MDA 含量增加,且随着胁迫时间的延长,MDA 含量持续上升^[7]。

表 4 不同处理生长期丙二醛含量的比较

Tab. 4 Comparison of MDA content in growth period of different treatment

萌芽期 Germination stage		坐果期 Fruit-set period		转色期 Colour-changed period		采后期 After harvesting	
处理 Treatment	丙二醛含量 /(nmol/g) MDA content	处理 Treatment	丙二醛含量 /(nmol/g) MDA content	处理 Treatment	丙二醛含量 /(nmol/g) MDA content	处理 Treatment	丙二醛含量 /(nmol/g) MDA content
T1	59 892.472dE	T1	89 462.367deC	T1	158 064.516fE	T1	239 247.313cC
T2	61 612.902dDE	T2	92 043.008cdBC	T2	164 731.188eE	T2	208 602.141fF
T3	63 978.496cCD	T3	94 516.133bcB	T3	182 795.703dD	T3	221 075.266eE
T4	69 677.414aAB	T4	95 268.820bB	T4	131 182.797gF	T4	183 978.484gG
T5	66 559.140bBC	T5	77 419.359gE	T5	200 537.641bB	T5	219 139.781eE
T6	66 666.664bBC	T6	88 064.516eCD	T6	191 505.375cC	T6	264 301.094bB
T7	61 290.324dDE	T7	84 623.656fD	T7	135 161.297gF	T7	159 247.313hH
T8	65 161.289bcC	T8	12 6021.508aA	T8	164 838.703eE	T8	270 537.646aA
T9	71 827.958aA	T9	127 311.828aA	T9	253 548.385aA	T9	226 666.667dD

注:不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$);不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), $n = 3$ 。

Note: Different capital letters indicate very significant difference($P < 0.01$); different lowercase indicate significant difference($P < 0.01$), $n = 3$.

3 讨论

水和肥是制约葡萄生长的重要因素,研究水分亏缺下肥料配比对葡萄光合作用的影响,对如何在水分受限制的条件下合理施用水肥,提高水肥利用效率具有重要意义。本试验结果表明,无核白鸡心葡萄在萌芽期和坐果期,水分为田间持水量的 55%~60%、施肥配比为 N:P:K = 2:5:3 的水肥处理是一种高效水肥利用的模式,即生长前期时轻度水分胁迫下,适当提高磷钾肥的比例能促进新梢生长,有效提高光合速率;在转色期和采收后,水分为田间持水量的 75%~80%、施肥配比为 N:P:K = 2:1:5 的水肥处理光合速率较高,说明生长后期维持正常含水量和适当增施钾肥可提高光合速率。有研究表明,在土壤水分条件好时葡萄光合速率升高,在土壤水分条件差时,光合速率有所降低^[8]。郑炳松等^[9]研究表明,钾素的缺乏或过量导致叶绿素含量、ATP 含量的降低并使光合电子传递及光合磷酸化受阻,从而使光合速率、相关酶活性下降,钾离子能提高光

合作用中许多酶的活性,使植物能更有效地进行碳素同化作用^[10]。由此可以看出,本试验所得结论与郑炳松等^[10]在水稻上的研究结果一致。

通过对蒸腾速率的研究结果表明,水分为田间持水量的 55%~60%、施肥配比为 N:P:K = 2:5:3 的水肥处理蒸腾速率较低,综合生长期光合速率来看,此水肥处理下光合速率较高。因此,在轻度水分胁迫下,施肥配比为 N:P:K = 2:5:3 时能降低葡萄蒸腾速率,提高植株光合速率,从而能有效提高水分利用效率。气孔开闭是整个植株对水分胁迫最为敏感的指标^[11],土壤含水量下降时,当水分胁迫导致叶水势下降到一定的阈值后,叶片气孔迅速关闭,减少水分蒸腾,主动阻止叶水势下降,维持叶水势的稳定^[12]。果树通过这种调节机制来适应干旱环境,以维持在一定程度的水分胁迫下光合作用的进行^[13]。钾对水分胁迫下植物的光合特性有重要影响,施钾大豆植株气孔阻力为不施钾的 2 倍,有效地减少了水分散失^[14];本研究表明,在轻度水分胁迫下,增施钾肥可有效降低蒸腾速率。

水分胁迫能显著影响植物体内的氮代谢和碳代谢。葡萄氮代谢最明显的转变是体内脯氨酸发生大量的累积。脯氨酸大量积累的作用除保持原生质与环境渗透平衡,防止水分散失外,还可能直接影响蛋白质的稳定性^[15]。本试验结果表明,无核白鸡心葡萄随着水分胁迫程度的增加,脯氨酸含量呈梯度增加,增强植株抗旱性;在中度水分胁迫下,提高磷钾比例可促进氮元素的吸收利用,脯氨酸含量积累较多。试验所得结果与杨洪强等^[15]在苹果上的研究结果一致。

水分胁迫下,植株体内超氧自由基的产生与清除之间的平衡被打破,超氧自由基积累量增加,积累的活性氧可直接攻击膜系统中不饱和脂肪酸,导致膜脂过氧化发生,膜脂过氧化产物 MDA 又可与细胞膜上的蛋白质、酶等结合交联而使之变性失活^[1]。本试验得出,随着水分胁迫时间的延长,无核白鸡心葡萄植株受干旱胁迫程度加剧,从而导致植株体内 MDA 含量也随着增加;中度水分胁迫下,提高磷钾肥的比例会增加 MDA 的积累量。试验所得结果与潘东明等^[16]在龙眼上的研究结果一致。

本试验结果表明,综合光合速率与蒸腾速率来看,萌芽期和坐果期水分分别为田间持水量的 55% ~ 60%、施肥配比为 N:P:K = 2:5:3 的水肥处理能有效促进新梢生长,提高光合速率,降低蒸腾速率,从而提高水分利用效率,是最优水肥处理组合;转色期和采收后维持正常含水量和适当增施钾肥可提高光合速率。在轻度水分胁迫下,增施钾肥能增加气孔阻力,降低葡萄蒸腾速率,从而明显增强气孔的调节作用,增加植株保水能力。随着胁迫程度的加剧,脯氨酸和丙二醛含量呈梯度增加;中度胁迫水平下,增施磷钾肥可使脯氨酸和丙二醛含量的增加,从而提高植株对水分胁迫的抵抗能力。

参考文献:

[1] 曹 慧,兰彦平. 果树水分胁迫研究进展[J]. 果树学

报 2001,18(2):110-114.

- [2] 汪德水. 旱地农田肥水协调效应与耦合模式[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [3] 张云贵. 生物化学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [4] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 华南理工大学:科学出版社,2002.
- [5] 孙洪强,庞占荣,蒋春光. 水分胁迫对果树形态和生理生化指标的影响[J]. 北方果树,2008(1):1-3.
- [6] 滕元文,周湘红. 果树气孔反应及其对叶水势的调控[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(4):61-64.
- [7] 齐建波,荣新民,陈 虎,等. 不同水分胁迫水平对葡萄叶水势及生理指标的影响[J]. 石河子大学学报,2011,29(4):437-441.
- [8] 严巧娣,苏培玺. 不同土壤水分条件下葡萄叶片光合特性的比较[J]. 西北植物学报,2005,25(8):1601-1606.
- [9] 郑炳松,蒋德安,翁晓燕,等. 钾营养对水稻剑叶光合作用关键酶活性的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2001,27(5):489-494.
- [10] 沈其荣. 土壤肥科学通论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:169-226.
- [11] Fernandez R T, Perry R I, Flore J A. Drought response of young apple trees on three rootstocks II. Gas change chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1997, 122(6):841-848.
- [12] 宁婵娟,吴国良. 水分胁迫对果树生理的影响[J]. 山西农业科学,2009,37(2):78-81.
- [13] 刘国琴,樊卫国. 果树对水分胁迫的生理响应[J]. 西南农业学报,2000,13(1):101-106.
- [14] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. 黑龙江科学,2001(4):25-27.
- [15] 杨洪强,黄天栋. 水分胁迫对苹果新根多胺和脯氨酸含量的影响[J]. 园艺学报,1994,21(3):295-296.
- [16] 潘东明,潘良镇. 水分胁迫对龙眼幼苗多胺的生理生化指标的影响[J]. 福建农业大学学报,1997,26(3):48-55.