

两个不同葡萄种对高湿弱光气候的表现

吴月燕

(浙江万里学院生命科学系, 宁波 315100)

摘要:在高湿弱光条件下,对欧亚种葡萄无核白鸡心、京玉、汤姆逊无核、火红无核、深红无核、红地球、里查马特和美人指与欧美杂交种葡萄巨峰、藤稔、醉金香和金星无核进行了研究。与欧美杂交种比较,欧亚种葡萄普遍表现徒长,花芽形成困难,产量低下。高湿弱光使大部分欧亚种葡萄 PS II 光化学效率 F_v/F_m 、光化学猝灭系数 qP 、最大荧光 F_m 和 PS II 非环式电子流的量子效率 $\phi PS II$ 下降,而初始荧光 F_o 与非光化学猝灭系数 qN 上升,净光合作用与初始荧光 F_o 、最大荧光 F_m 、PS II 光化学效率 F_v/F_m 、PS II 非环式电子流的量子效率 $\phi PS II$ 、光化学猝灭系数 qP 和荧光非化学猝灭系数 qN 之间存在着显著或极显著的相关性 ($r = -0.7821^*$, $r = 0.9384^{**}$, $r = 0.8176^*$, $r = 0.9011^{**}$, $r = 0.8801^{**}$, $r = -0.8625^{**}$),表明光合结构受到一定的破坏。大部分欧亚种葡萄叶片叶绿素 a 与叶绿素 b 显著或极显著低于欧美杂交种葡萄,表明吸收光的能力较差;部分欧亚种葡萄叶片叶绿素 a/b 与欧美杂交种无明显差异,表明利用散射光的能力较强;叶绿素 a/b 与乙醇酸氧化酶活性存在着显著的负相关 ($r = -0.7800^*$),叶绿素 a/b 高的品种光呼吸也高。大部分欧亚种葡萄乙醇酸氧化酶活性低于欧美杂交种,乙醇酸氧化酶活性与产量和净光合速率呈正相关 ($r = 0.9221^{**}$, $r = 0.9854^{**}$)。欧亚种群葡萄叶片净光合速率、蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度显著或极显著低于欧美杂交种葡萄,而气孔阻力较高。

关键词:葡萄,高湿弱光;光合作用;叶绿素;叶绿素荧光;乙醇酸氧化酶

Response of grapes to low light intensity and high humidity

WU Yue-Yan (Department of Life Science, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 156~161.

Abstract: The present study was carried out under field environmental conditions. Eight European grapes including Centennial Seedless, Red Globe, Rechimart, Thompson Seedless, Jingyu, Crimson Seedless, Flame Seedless, Manicure Finger, (*V. vinifera* L.) and four hybrids of European and Fox grapes including Jinxing Seedless, Zuijinxiang, Kyobo, Fujiminori (*V. vinifera* L. × *V. labrusca* L.) were used. The results showed that eight European varieties grew stronger than four hybrids. However, the former group developed few flower buds and resulted in low yields. Furthermore, the potential efficiency of primary conversion of light energy of PS II (F_v/F_m), quantum yield of PS II electron transport ($\phi PS II$), and maximal fluorescence yield (F_m) and photochemical quenching coefficient (qP) were lower in European varieties than the others, but minimal fluorescence yield (F_o) and non-photochemical quenching coefficient (qN) were higher. These parameters were significantly correlated with net photosynthetic rate (P_n) ($r = -0.7821^*$, $r = 0.9384^{**}$, $r = 0.8176^*$, $r = 0.9011^{**}$, $r = 0.8801^{**}$, $r = -0.8625^{**}$). This indicated that the photosynthetic organ in European varieties was damaged due to the field environmental stress arisen from high humidity and low light intensity. In addition, there was no significant difference in chl. a/chl. b among some grape varieties of *V. vinifera* L. in contrast to *V. labrusca* L.. This indicated that the former varieties of grape could absorb more indirect light. The glycolic acid oxidase activity was significantly positively correlated with the yield and net photosynthetic rate (P_n) of leaves ($r = 0.9612^{**}$, $r = 0.9854^{**}$), but negatively correlated with the chl a/b ($r = -0.7800^*$). Finally, glycolic acid oxidase activity, net photosynthetic rate (P_n) and other parameters such as

基金项目:宁波市青年(博士)基金资助项目(02J20102-16)

收稿日期:2002-10-06; **修订日期:**2003-03-10

作者简介:吴月燕(1963~),女,浙江省义乌人,副教授。主要从事果树生理生化、生态学方面研究。E-mail: wuyzeoo@zww.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Youth (doctor) Natural Science Foundation of Ningbo(02J20102-16)

Received date: 2002-10-06; **Accepted date:** 2003-03-10

Biography: WU Yue-Yan, Associate professor, mainly engaged in the research of fruit tree physiology and ecology. E-mail: wuyzeoo@zww.edu.cn

intracellular CO₂ concentration were also discussed.

Key words: Grape; low light intensity and high humidity; photosynthesis; chlorophyll; chlorophyll fluorescence; glycolic acid oxidase activity

文章编号:1000-0933(2004)01-0156-06 中图分类号:Q143,Q948,S663.1 文献标识码:A

欧亚种葡萄(*V. vinifera* L.)起源于黑海和地中海沿岸,耐湿性差,适应于夏秋气候干燥地区栽培,世界上大部分优良鲜食品种属于此类;美洲葡萄(*V. labrusca* L.)原产于加拿大东南部,适应于夏湿地带,该种品质较差,而与欧亚种的杂交种中有一些优良品种,其耐湿性较强。我国南方大部分地区属于典型的夏湿地带,由于绝大部分欧亚种葡萄品种不适应高湿弱光的气候条件,目前栽培的主要品种为巨峰和藤稔,属于欧美杂交种。随着葡萄生产的发展,部分欧亚种葡萄品种开始在我国南方栽培。但不同葡萄品种对高湿弱光气候条件的适应性差异很大,虽然国内外对葡萄的水分胁迫方面研究很多,但主要侧重于干旱和水涝胁迫对葡萄生长发育及产量的影响,对不同种类葡萄在夏湿自然条件下对高湿与弱光的适应性研究甚少。为此,自1990年开始从国内外陆续引进近100余个品种,本试验从中选择有代表性的8个欧亚种品种及4个欧美杂交种品种,比较高湿条件下不同种类葡萄品种叶片的光合作用和花芽形成的异同,为欧亚种葡萄在高湿气候条件下栽培技术的改良提供理论依据。

1 材料与方法

试验与1999~2002年在浙江万里学院葡萄试验园进行。该试验园处于浙江省沿海地区,年平均温度16.2℃;年极端最高温度39.2℃,年极端最低温度-8.8℃;全年大于10℃的积温5071.9℃;年均降水量1374.7mm,其中75%的降水量集中在上半年,上半年空气相对湿度为84.6%;年均日照时数2057.9h。土层深度102cm,地下水位55~60cm,土壤为粘质土,有机质26g/kg,碱性氮210mg/kg,速效P33mg/kg,速效K120mg/kg,土壤容重1.13g/cm³,pH6.6。试材为从引种的葡萄中选择8个具有代表性的欧亚种品种及4个欧美杂交种品种,其中无核白鸡心、京玉、汤姆逊无核、火红无核、深红无核、红地球、里查马特和美人指葡萄属于欧亚种群,巨峰、藤稔、醉金香和金星无核葡萄属于欧美杂交种。所有品种皆于1999年3月初定植于试验园。试验地各个品种栽培面积分别为1333.2m²,互比法排列,即每个品种种一个小区,按顺序排列,互相比较,小区面积444.4m²,3次重复。支架双十字“V”形,行株距为2.8m×1.5m。除第一年冬季修剪留3根结果母枝,每根留11芽短截外,以后每年冬季修剪留5根结果母蔓,每根留11芽短截。其余按常规方法进行。

2002年5~7月的月降雨量分别为228.1mm、216.7mm和235.4mm,日照时数分别为122.6h、142.3h和101.8h。5~7月份每天6:00、9:00、12:00、14:00和18:00用照度计测定光照强度,3个月平均日光照强度为468μmol/(m²·s)、580μmol/(m²·s)和610μmol/(m²·s),在6:00、12:00和18:00观测空气相对湿度,并分别在5~7月中旬选择晴天上午9:30~10:30选取葡萄枝条中部的叶片。用压力室法测定叶水势(Ψ_w)。叶绿素含量的测定参照文献^[1];采用盐酸苯肼-铁氰化钾比色法测定乙醇酸氧化酶(GO)活性^[1];用BAU便携式光合仪测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔阻力(S_r)和胞间CO₂浓度。用便携式荧光仪(Portable chlorophyll fluorometer PAM-2000, Waltz, Germany)测定葡萄中上位健康成熟叶PSⅡ光化学效率F_v/F_m、初始荧光F_o、最大荧光F_m、非光化学猝灭系数q_N、光化学猝灭系数q_P和PSⅡ非环式电子流的量子效率φPSⅡ。测定前先使叶片暗适应45min,测定F_o、F_m和F_v/F_m时,先照检测光(0.05μmol/(m²·s)),

然后打开测定光源5~8min,直至可变荧光F_t稳定;再照射饱和脉冲光(12000μmol/(m²·s)),测定q_P、q_N和量子效率yield(即PSⅡ非环式电子流的量子效率φPSⅡ)。每次测定10片叶。所有指标均重复3次。

另外每年萌芽期、果实坐果期、果实成熟期和落叶期分别调查坐果率、单株产量和单株花芽数,所有数据为2000~2002年的加权平均值。

2 结果与分析

2.1 不同葡萄品种的生长与结果

不同品种在自然高湿条件下生长结果差异很大。无核白鸡心、京玉、汤姆逊无核、火红无核、深红无核、红地球、里查马特和

表1 葡萄在高湿弱光条件下叶水势(Ψ_w)的变化

Table 1 Variations of leaf water potential (Ψ_w) in leaves of different grape varieties under low light intensity and high humidity conditions

品 种 Variety		叶水势 Ψ _w (-MPa)		
		A	B	C
欧亚种 (<i>V. vinifera</i> L.)	无核白鸡心 Centennial Seedless	0.54	0.67	0.52
	红地球 Red Globe	0.55	0.66	0.54
	里查马特 Rechimart	0.53	0.64	0.52
	汤姆逊无核 Thompson Seedless	0.54	0.66	0.53
	京玉 Jingyu	0.55	0.65	0.53
	火红无核 Flame Seedless	0.54	0.66	0.54
	深红无核 Crimson Seedless	0.55	0.66	0.55
	美人指 Manicure finger	0.53	0.62	0.52
欧美杂交种 (<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i> L.)	金星无核 Jinxing Seedless	0.57	0.68	0.55
	醉金香 Zuijinxiang	0.58	0.69	0.57
	巨峰 Kyobo	0.58	0.68	0.56
	藤稔 Fujiminori	0.59	0.69	0.58

美人指新梢粗度与节间长度显著大于巨峰、藤稔、醉金香和金星无核,而花芽数却显著或极显著少于巨峰、藤稔、醉金香和金星无核,产量与新梢粗度、长度呈极显著和显著负相关($r = -0.9319^{**}$, $r = -0.8861^{*}$),与花芽数呈极显著正相关($r = 0.9615^{**}$),表明大部分欧亚种品种的营养生长势旺盛,花芽形成较困难;产量与坐果率无明显的线性关系(图 1)。试验中发现欧亚种葡萄无核白鸡心、京玉和深红无核虽然花芽数量较少,但坐果率高,单株相对产量较高,而汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特、美人指和醉金香坐果率较低,单株产量低;欧美杂交种葡萄虽然坐果率不高,但由于花芽容易形成,所以产量高。

2.2 不同品种葡萄树叶水势的变化

试验地 5、6、7 月份空气平均相对湿度分别为 84.7%、84.1% 和 88.9%,不同品种葡萄水势变化差异不明显,都保持较高的水势(表 1)。但在较高的叶片水势下不同葡萄品种表现出不同光合作用能力,表明与叶片的气孔和非气孔特性关系明显。

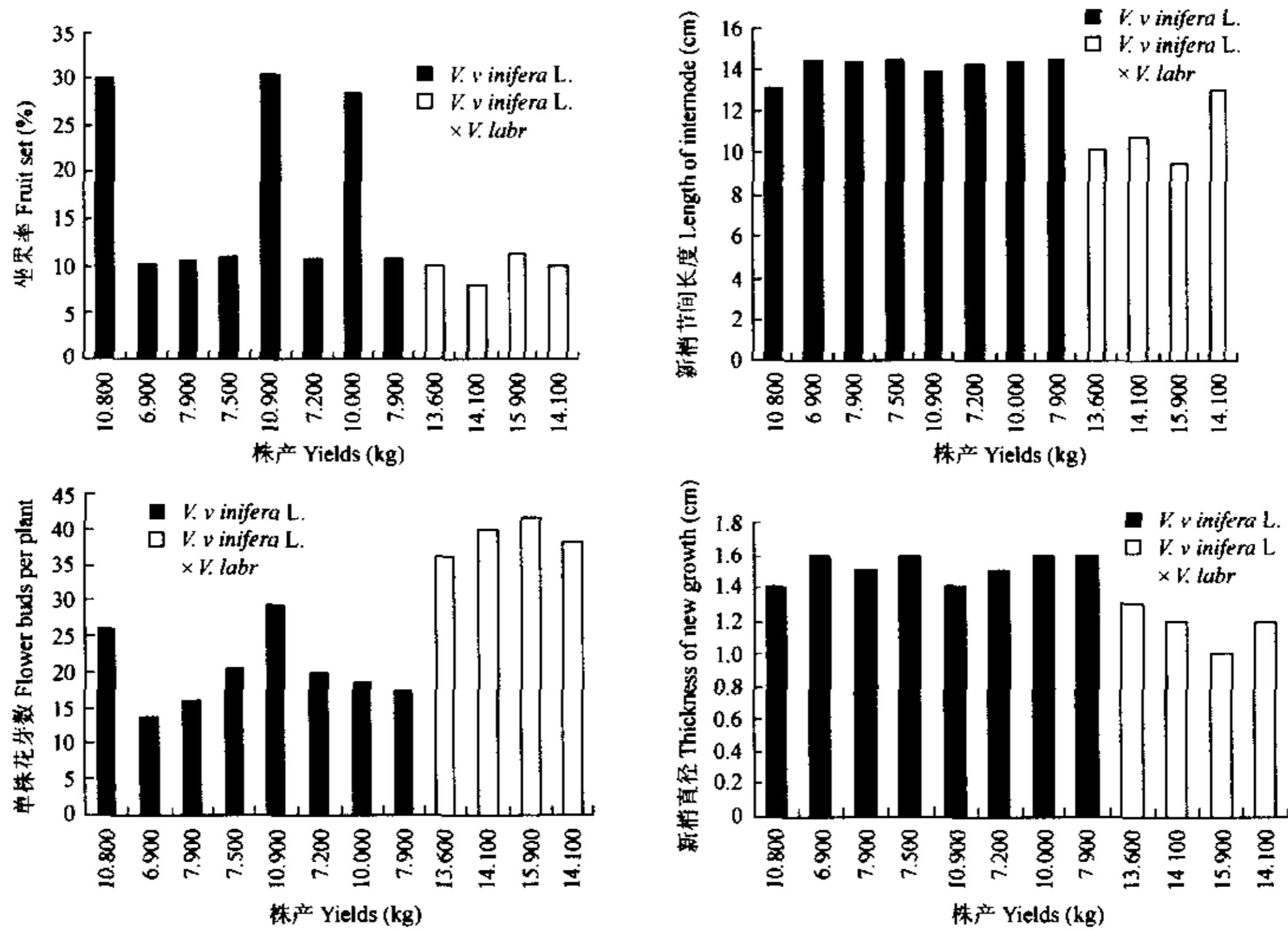


图 1 弱光高湿条件下不同品种葡萄新梢粗度、新梢长度、花芽数、坐果率与产量的关系 (2000~2002 年)

Fig. 1 The relationship between the thickness of new growth, length of internode, flower buds per plant and fruit set and yields of different grape varieties under low light intensity and high humidity conditions (2000~2002)

2.3 不同品种葡萄光合作用的变化

两个种类不同品种的葡萄叶片总蛋白的含量差异不明显;但欧亚种葡萄汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特和美人指叶绿素 a 与叶绿素 b 极显著低于欧美杂交种葡萄巨峰、藤稔、醉金香和金星无核,而叶绿素 a/b 也差异显著;欧亚种葡萄无核白鸡心、京玉、深红无核叶绿素 a 与叶绿素 b 显著低于欧美杂交种葡萄巨峰、藤稔、醉金香和金星无核葡萄,但叶绿素 a/b 差异不明显(表 2)。据分析,叶绿素 a 和叶绿素 b 与净光合速率之间呈极显著和显著的正相关($r = 0.8643^{**}$, $r = 0.8306^{*}$)。

试验中所采用的欧亚种品种净光合速率显著或极显著低于属于欧美杂交种品种,其中汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特和美人指净光合速率最低;欧美杂交种葡萄醉金香、巨峰、藤稔和金星无核的蒸腾速率显著高于欧亚种葡萄无核白鸡心、京玉、汤姆逊无核、火红无核、深红无核、红地球、里查马特和美人指,而气孔阻力较低;欧亚种葡萄无核白鸡心、京玉和深红无核及汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特和美人指胞间 CO_2 浓度与欧美杂交种葡萄巨峰、藤稔、醉金香和金星无核呈显著和极显著差异(表 3)。

2.4 葡萄不同品种叶片乙醇酸氧化酶活性与光合产量的关系

葡萄叶片乙醇酸氧化酶活性与光合产量的关系密切。欧亚种葡萄叶片乙醇酸氧化酶的活性低于欧美杂交种,乙醇酸氧化酶活性与净光合作用和产量之间呈线性函数类型,它们之间存在着极显著的正相关($r = 0.9854^{**}$, $r = 0.9221^{**}$)(图 2)。表明欧亚种葡萄在弱光高湿条件下叶片光合作用能力差、产量低与乙醇酸氧化酶活性下降有关。另据相关性分析,乙醇酸氧化酶活性

与叶绿素 a 和叶绿素 b 存在着正相关($r=0.9012^{**}$, $r=0.9509^{**}$), 表明叶片捕获光能力下降影响乙醇酸氧化酶活性; 但与叶绿素 a/b 存在负相关($r=-0.7800^{*}$)。

表 2 不同品种葡萄叶绿素含量变化

Table 2 Variations of chlorophyll contents in grape leaves under low light intensity and high humidity conditions

品种 Variety	总蛋白 Total protein (mg/g FW)			叶绿素 a Chl. a ($\mu\text{g/g FW}$)			叶绿素 b Chl. b ($\mu\text{g/g FW}$)			叶绿素 a/b Chl. a/ Chl. b			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
<i>V. vinifera</i> L.	Red Globe	3.22a	3.99a	4.11a	53b	62b	74b	15b	19b	22b	3.53b	3.26b	3.89b
	Manicule Finger	3.25a	3.99a	4.61a	56b	66b	80b	16b	19b	23b	3.50b	3.47b	3.47b
	Rechimart	2.98a	4.19a	4.62a	63b	70b	80a	18b	21b	24b	3.50b	3.33b	3.58b
	Thompson Seedless	3.11a	4.21a	4.64a	62b	81b	83b	19b	25b	23b	3.26b	3.24b	3.60b
	Flame Seedless	3.35a	4.23a	4.62a	59b	66b	86b	16b	18b	25b	3.68b	3.67b	3.44b
	Crimson Seedless	3.51a	4.08a	4.20a	75a	89a	99a	34a	39a	42a	2.20a	2.28a	2.36a
	Jingyu	3.11a	4.23a	4.67a	81a	96a	101a	39a	39a	42a	2.07a	2.46a	2.40a
	Centennial Seedless	3.12a	4.12a	4.64a	76a	93a	109a	36a	41a	49a	2.11a	2.27a	2.66a
	Zuijinxiang	3.88a	4.32a	4.68a	110ac	121ac	131ac	38ac	57ac	63ac	2.29a	2.12a	2.08a
<i>V. vinifera</i> L. ×	Kyobo	3.98a	4.33a	4.67a	112ac	125ac	137ac	51ac	62ac	67ac	2.19a	2.01a	2.04a
<i>V. labrusca</i> L.	Jinxing Seedless	3.21a	4.34a	4.77a	113ac	127ac	130c	51ac	63ac	68ac	2.21a	2.02a	2.06a
	Fujiminori	4.22a	4.61a	4.72a	118ac	132ac	145ac	56ac	66ac	69ac	2.10a	2.00a	2.23a

* A 5月中旬 Mid-May; B 6月中旬 Mid-June; C 7月中旬 Mid-July; 邓肯氏新复极差检验, 同列中有相同字母的表示品种间未达到 $P=0.05$ 水平差异显著水平; 下同 The same letters within one column mean no significant difference among different grape varieties by Duncan's new multiple range test; the same below

表 3 葡萄在自然高湿弱光条件下光合的变化

Table 3 Variations of leaf net photosynthesis (P_n) in grapes under low light intensity and high humidity conditions

品种 Variety	净光合速率 P_n ($\text{CO}_2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)			蒸腾速率 T_r ($\text{H}_2\text{O mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$)			气孔阻力 r_s (cm/m)			胞间 CO_2 浓度 C_i ($\mu\text{L}/\text{L}$)			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
<i>V. vinifera</i> L.	Red Globe	8.8b	11.5b	15.1b	122a	139a	148a	0.19b	0.28b	0.32b	298b	325b	335b
	Manicule Finger	8.4b	12.9b	15.1b	125a	149a	141a	0.20b	0.31b	0.39b	257b	291b	308b
	Rechimart	8.6b	11.9b	15.6b	124a	138a	144a	0.21b	0.30b	0.33b	285b	309b	321b
	Thompson Seedless	9.1b	11.6b	15.4b	119a	141a	147a	0.22b	0.31b	0.34b	292b	311b	332b
	Flame Seedless	8.3b	11.2b	15.0b	112a	141a	148a	0.17b	0.32b	0.37b	288b	311b	328b
	Crimson Seedless	11.5a	16.2a	19.9a	121a	148a	145a	0.19a	0.28b	0.35b	312a	367a	389a
	Jingyu	10.9a	15.5a	21.2a	129a	145a	150a	0.08a	0.11a	0.12a	331a	354a	388a
	Centennial Seedless	11.1a	16.1a	22.4a	124a	144a	153a	0.08a	0.10a	0.11a	331a	364a	391a
	Jinxing seedless	13.1ac	20.6ac	28.9ac	148b	169b	178b	0.07a	0.09a	0.10a	336ac	418ac	421ac
<i>V. vinifera</i> L. ×	Kyobo	14.1ac	20.4ac	30.2ac	151b	166b	170b	0.08a	0.12a	0.14a	371ac	429ac	431ac
<i>V. labrusca</i> L.	Zuijinxiang	13.2ac	22.1ac	29.9ac	146b	165b	175b	0.07a	0.13a	0.13a	377ac	421ac	429ac
	Fujiminori	14.5ac	22.9ac	31.8ac	150b	170b	179b	0.07a	0.10a	0.11a	388ac	431ac	442ac

2.5 葡萄不同品种叶片叶绿素荧光的变化与净光合作用的关系

葡萄叶片的初始荧光 F_0 、最大荧光 F_m 、PS I 光化学效率 F_v/F_m 、PS I 非环式电子流的量子效率 $\phi_{\text{PS I}}$ 、光化学猝灭系数 qP 、荧光非化学猝灭系数 qN 与净光合作用之间也呈线性函数类型。从图 3 可以看出, 初始荧光 F_0 与净光合作用呈负相关($r=-0.7821^{*}$), 欧美杂交种葡萄叶片初始荧光 F_0 普遍比欧亚种葡萄低, 而净光合速率高, 表明欧亚种葡萄叶片初始荧光 F_0 低是高湿弱光条件下影响产量的主要因素之一; 最大荧光 F_m 与净光合速率呈极显著正相关($r=0.9384^{**}$), 尽管欧亚种葡萄叶片最大荧光 F_m 相对比欧美杂交种低, 但在 5~7 月份之间, 部分欧亚种葡萄叶片能保持较高的最大荧光 F_m , 并具有较高的净光合速率, 而部分欧美杂交种葡萄正相反, 表明对部分欧亚种葡萄品种而言, 其叶片能保持较高的最大荧光 F_m 是维持一定光合速率的条件之一; PS I 光化学效率 F_v/F_m 与净光合速率之间呈显著的正相关($r=0.8176^{*}$), 5~7 月份期间, 大部分欧亚种葡萄叶片 PS I 光化学效率 F_v/F_m 偏低, 影响光合作用; PS I 非环式电子流的量子效率 $\phi_{\text{PS I}}$ 与净光合速率之间呈显著的正相关($r=0.9011^{**}$), 尽管欧美杂交种葡萄叶片在 5~7 月份期间某个时期 PS I 非环式电子流的量子效率 $\phi_{\text{PS I}}$ 与净光合速率较低, 但与欧亚种葡萄相比还是表现较高; 光化学猝灭系数 qP 、荧光非化学猝灭系数 qN 与净光合作用之间存在着极显著的正相关和负相关($r=0.8801^{**}$, $r=-0.8625^{**}$), 欧亚种葡萄叶片表现光化学猝灭系数 qP 较低而荧光非化学猝灭系数 qN 较高, 尤其荧光非化学猝灭系数 qN 在 5~7 月份都保持较高的数值, 表明欧亚种葡萄在高湿弱光条件下光能无效消耗明显高于欧美杂交种。葡萄叶片的叶绿素荧光变化与叶片的生长程度有关。如试验中的 12 个葡萄品种 5~7 月期间叶片叶绿素荧光都呈下降

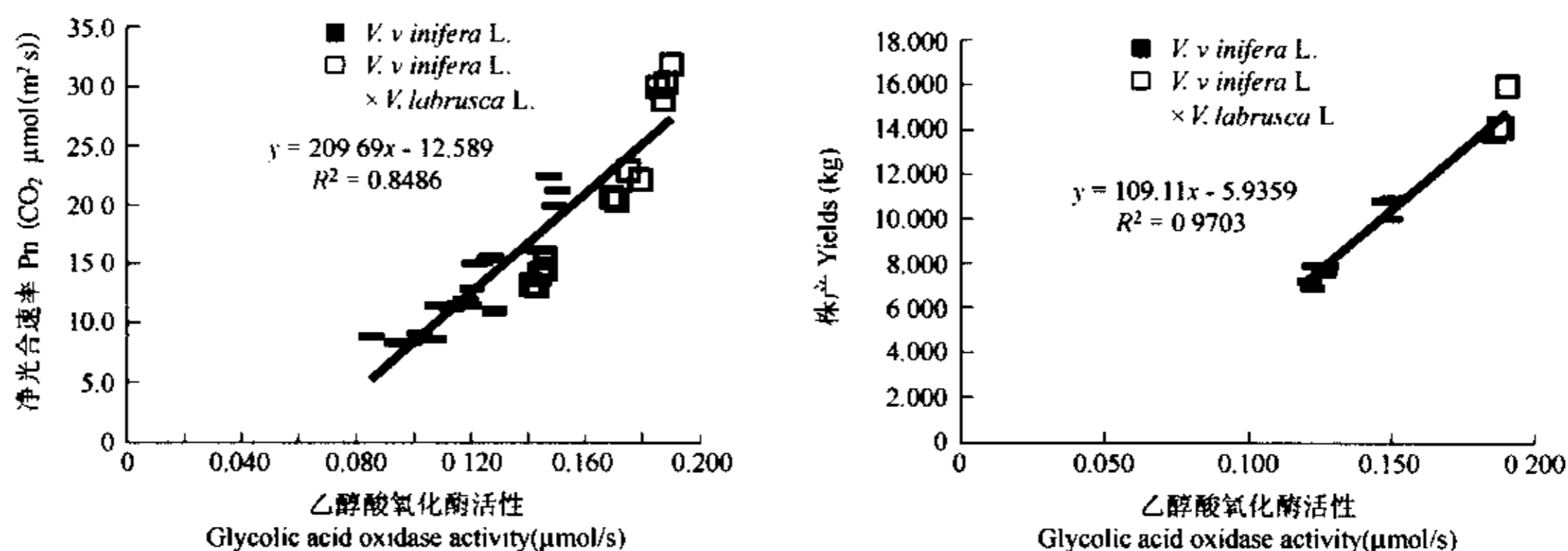


图 2 在弱光高湿条件下不同品种葡萄叶片产量、净光合速率与乙醇酸氧化酶活性的关系

Fig. 2 The relationship between the net photosynthesis (P_n) and the yields, and the glycolic acid oxidase activity in grape leaves under low light intensity and high humidity conditions

或上升的趋势,至7月份叶片成熟,各个指标基本稳定。在同一时期各个指标比较,欧亚种葡萄与欧美杂交种葡萄各个指标差异更为显著,表明两个葡萄种类之间对高湿弱光气候的适应差异较大。

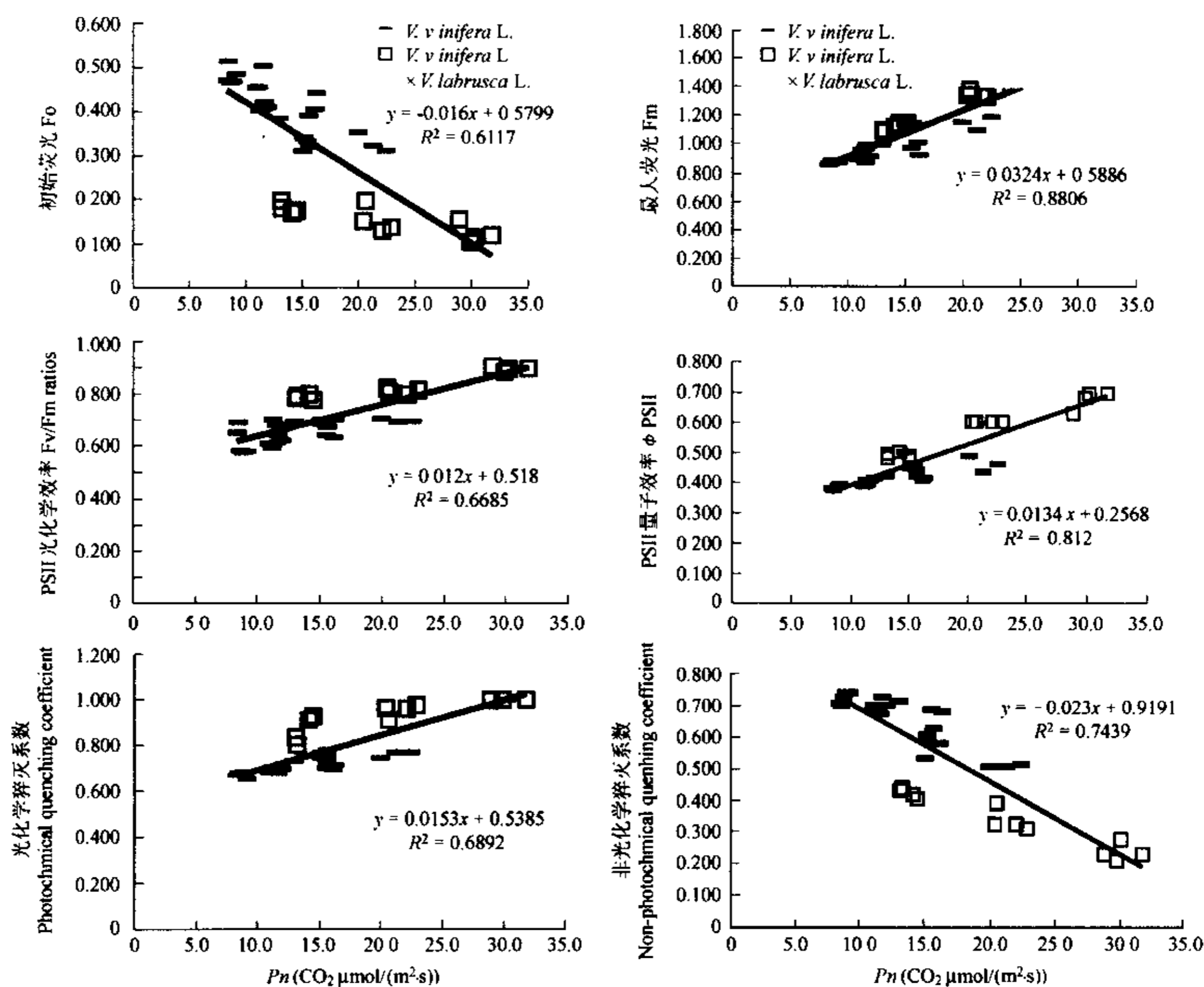


图 3 在弱光高湿条件下不同品种葡萄叶片叶绿素荧光与净光合作用的关系

Fig. 3 The relationship between the chlorophyll fluorescence and net photosynthesis (P_n) in grape leaves under low light intensity and high humidity conditions

3 讨论

本研究表明,葡萄不同品种对高湿弱光生态条件适应性差异明显。由于5~7月份在浙江宁波地区一般都出现较高的土壤与空气湿度,因此本试验各品种叶片水势普遍较高,细胞呈饱和状态,葡萄生长旺盛,欧亚种群葡萄尤甚。试验结果表明:欧亚种群的葡萄品种表现生长势旺盛,花芽形成数量少,产量偏低;而欧美杂交种葡萄品种葡萄表现生长势较中庸,产量高。造成欧亚种产量偏低的原因是多方面的。欧亚种葡萄净光合速率、蒸腾速率和胞间CO₂浓度低,而气孔阻力大。欧亚种葡萄叶片叶绿素a与叶绿素b含量皆偏低,捕获光能的能力较差。欧亚种葡萄在高湿弱光条件下叶绿素a与叶绿素b含量低可能和光合机构受到破坏有关。但欧亚种葡萄品种间存在着一定的差异,如汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特和美人指葡萄的叶绿素a与叶绿素b含量显著低,严重影响光能的吸收,影响净光合作用;而无核白鸡心、京玉、深红无核葡萄叶片尽管叶绿素a与叶绿素b含量虽然较低,但高于汤姆逊无核、火红无核、红地球、里查马特和美人指葡萄;另外,这些品种叶绿素a/b较低,叶绿素b的相对比例增加,故有较强的获取散射光能力^[2,3]。据分析,叶绿素a/b与乙醇酸氧化酶活性存在着显著的负相关,可能叶绿素b相对含量提高,增强了叶片的呼吸机能,有利于某些光的吸收和转化,这可能是它们能维持较高的产量原因之一,但这方面的机理还有待于研究。

在高湿弱光条件下,欧亚种葡萄叶片光反应部分受到影响,光合结构遭受一定的破坏。试验中大部分欧亚种葡萄最大荧光F_m、PS I 非环式电子流的量子效率 ϕ PS I 与 PS I 光化学效率F_v/F_m较低、初始荧光F_o、光化学猝灭系数qP较高,表明对光合机构,特别是PS I 反应中心造成一定的破坏^[4,5]。荧光非化学猝灭系数qN反映PS I 反应中心非辐射能量耗散能力的大小。在高湿弱光条件下,欧亚种葡萄qN上升尤其显著,说明葡萄叶片所捕获的光能大部分被无效消耗,光能的利用率较低。荧光光化学猝灭系数qP反映PS I 原初电子受体Q_A氧化态的一种度量,表示PS I 反应中心开放部分的比例^[6,7]。qP低,说明PS I 反应中心氧化态Q_A的比例与开放部分比例低^[4]。即欧亚种葡萄叶片对高湿弱光气候反应较欧美杂交种葡萄叶片敏感,光合机构容易遭受破坏,叶片吸收、转化与合成功能受到影响,如叶片叶绿素a和叶绿素b含量、净光合速率低都与光合结构受损有关。

光呼吸指高等植物的绿色细胞在光下吸收O₂放出CO₂的过程,与光合作用密切相关,是一种特殊的呼吸作用。乙醇酸氧化酶(GO)是乙醇酸代谢中的关键酶,与光呼吸成正相关,过高的光呼吸影响光合产物的积累。对同一品种而言,强光等逆境可使光呼吸增加,净光合速率下降^[2]。但对不同基因型的品种而言,有些光呼吸高的种类或品种,净光合速率也高,光呼吸与产量成正相关^[8]。高湿弱光生态条件虽然可能提高葡萄乙醇酸氧化酶活性,增强光呼吸,但试验表明,在高湿弱光条件下,尽管不同基因型的葡萄乙醇酸氧化酶活性差异较大,但光呼吸(GO活性)、净光合速率与产量之间存在着一个同步增加的正相关。可能适当提高呼吸作用有利于光能的吸收,尤其是散射光,因此净光合速率与产量高的品种光呼吸也高。

综上所述,影响欧亚种葡萄光合作用低的原因有气孔因素也有非气孔因素,栽培上只有采取有效措施降低土壤与空气湿度以及改善光照条件,保证欧亚种葡萄叶片正常的生理生化功能,才能使部分欧亚种品种在高湿弱光自然条件下正常生长结果。

致谢:本文作者十分感谢 Dr s. Tu 对英文摘要提供的帮助,Dr s. Tu 是归国博士,曾长期在法国、加拿大留学和生物技术等方面的工作。

References:

- [1] Shanghai Institute of Plant Physiology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai Society for Plant Physiology. *Guide to experiment of modern plant physiology*. Beijing: Scientific Press, 1999. 92~96.
- [2] Ceng G W, Jiang D A. *Plant physiology*. Chengdu: Chengdu Science and Technology Press, 1998. 99~106.
- [3] Wang Z Q, He F, Niu L, et al. A comparative research on photosynthesis of nectarine grown inside and outside greenhouses. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, 27(4): 245~250.
- [4] Zhang Q D, Lu C M, Feng L J, et al. Effect of elevated CO₂ on the primary conversion of light energy of alfalfa photosynthesis. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(1): 77~82.
- [5] Oquist G, Chow W S, Anderson J H. Photoinhibition of photosynthesis represent a mechanism for the long-term regulation of photosystem I. *Planta*, 1992, 186: 450~460.
- [6] Genty B, Briantais J M, Baker NR. The relationship between the quantum yield of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence and the rate of photosystem 2 photochemistry in leaves. *Biochim. Biophys. Acta*, 1989, 990: 87~92.
- [7] Van Kooten O, Snel J F H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosyn. Res.*, 1990, 25: 147~150.
- [8] Dai H j, Wang Y C, Ma H W. Measurement and compare glycolic acid oxidase activity of wheat varieties. *Journal of Ningxia Agricultural and Forestry Science & Technology*, 1999, 5: 14~16.

参考文献:

- [1] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南. 北京:科学出版社,1999. 92~96.
- [2] 曹广文,蒋德安. 植物生理学. 成都:成都科技大学出版社,1998. 95~106.
- [3] 王志强,何方,牛良,等. 设施栽培油桃光合特性研究. 园艺学报,2000,27(4):245~250.
- [4] 张其德,卢从明,冯丽洁,等. CO₂加富对紫花苜蓿光合作用原初光能转换的影响. 植物学报,1996,38(1):77~82.