

doi:10.11937/bfyy.20171567

叶绿素荧光技术在葡萄栽培中的应用

贺艳楠¹, 陈黄墨^{1,2}, 张振文^{1,3}

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 河南牧业经济学院 生物工程学院, 河南 郑州 450046;
3. 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 叶绿素荧光检测法是一种较为新兴的无损检测植物生理状态的高新科技技术, 目前得到了国内外众多科技人员的关注, 并且已经比较广泛的应用于农业和工商业。在葡萄栽培上, 叶绿素荧光技术具有较大的发展空间, 该研究通过文献调查及统计分析及参阅文献的方法综述了目前叶绿素荧光技术在葡萄栽培中的应用, 并对各个应用进行了简要的分析, 以期叶绿素荧光技术在葡萄栽培中的更广泛应用提供参考依据。

关键词: 叶绿素荧光; 葡萄; 胁迫; 多酚成熟度

中图分类号: S 663.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)21-0171-06

葡萄是一种世界性水果, 因其果实具有较高营养价值, 味道鲜美的优良特性而受到广大果树种植者和消费者的喜爱^[1]。在自然界中, 植物的生长受到各种环境因子的影响, 其中包括光照、温度、水分、大气、土壤、肥料等一系列环境因素互相作用^[2]。然而, 自然界中往往存在着对植物正常生长不利的因子, 称之为逆境。植物逆境包括生物逆境和非生物逆境, 各种逆境的产生会引起植物生理生化状态的改变, 从而影响植物的生长发育, 使其或适应逆境或产生抵抗性物质或在逆境中衰亡^[3]。对植物的生理生化状况进行检测并评估有助于认识植物所处状态, 对认识的改良植物生长状态、改善植物生长环境做出指导。并为改善果实品质、提高商品利用价值做出贡献。

1 叶绿素荧光技术在葡萄中应用的文献分析

以“叶绿素荧光”和“葡萄”为标题在《中国期刊全文数据库(教育网)》进行检索, 并以“Chlorophyll fluorescence”和“grape”或者“grapevine”为标题在 ISI Web of Science 进行检索, 得到关于叶绿素荧光在葡萄栽培中应用的文献 51 篇, 并利用内容分析法和文献计量统计法进行了统计分析。在 51 篇文献中, 中文文献 25 篇, SCI 英文文献 26 篇, 所有文献均为原创性研究论文。主要对葡萄在病害胁迫、水分胁迫、冷胁迫、高温胁迫、盐胁迫、重金属胁迫等条件下以及葡萄基本生理和果实成熟时的叶绿素荧光生理状态进行了评估(表 1)。对叶绿素荧光在葡萄栽培应用研究按照年代分布作图。图 1 表明, 叶绿素荧光技术应用于葡萄栽培始于 1999 年, 在 2006 年以前, 叶绿素荧光技术在葡萄栽培上的应用呈逐年缓慢增长的趋势, 自 2006—2007 年快速增长, 2008 年和 2009 年研究较少, 但 2010 年到目前为止研究较多。叶绿素荧光技术作为一种快速、无损的检测植物生理状态的新技术正在逐渐被人们接受并广泛应用。

第一作者简介: 贺艳楠 (1987-), 女, 河北承德人, 博士, 讲师, 研究方向为葡萄与葡萄酒生理生化。E-mail: tina7088@yeah.net.

责任作者: 张振文 (1960-), 男, 硕士, 教授, 博士生导师, 现主要从事葡萄栽培与生理生化与葡萄酒酿造等研究工作。E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn.

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目 (CARS-30-zp-9)。

收稿日期: 2017-07-13

表1 叶绿素荧光在葡萄栽培上主要应用方向

Table 1 Main researches of chlorophyll fluorescence applied in viticulture

应用方向 Application direction	文献数量 Number of articles/篇	所占比率 Ratio of article/%
病害胁迫 Disease stress	3	6.0
干旱胁迫 Drought stress	10	20.0
水分胁迫 Water stress	4	8.0
盐胁迫 Salt stress	5	10.0
冷胁迫 Chilling stress	3	6.0
高温胁迫 Heat stress	19	38.0
成熟过程 Maturation process	6	12.0

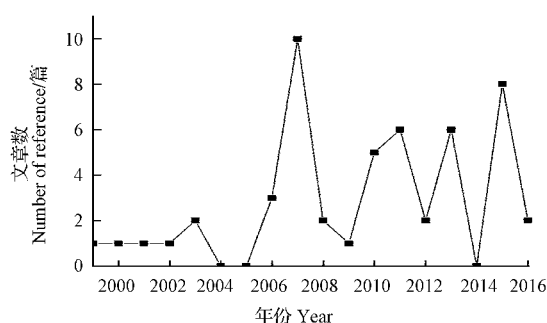


图1 叶绿素荧光应用于葡萄栽培文献年份分布

Fig. 1 Distribution of literature on the applied of chlorophyll fluorescence in viticulture during year

2 叶绿素荧光技术在葡萄生物逆境胁迫中的应用

在葡萄的生长过程中,常会受到许多病虫害侵袭。病虫害对葡萄的生长产生不利影响,制约着葡萄的正常生长发育,造成生物逆境胁迫。

叶绿素荧光技术在葡萄生物逆境胁迫中的应用主要是通过叶绿素荧光检测葡萄遭受生物病害时生理生化状态发生改变的。CHAERLE等^[4]研究了叶绿素荧光在葡萄抗病性中的应用,检测了葡萄在抵抗病害时的叶绿素荧光变化情况,从而预测出在葡萄抗病过程中其生理状况的变化和调节过程。在CHAERLE等^[4]的研究中,通过检测生长叶片和离体叶片结合的方法进行检测,最后叶绿素荧光检测生长叶片被证实早期、非视觉可见的情况下可以较好的预测出患病的敏感性。CHRISTEN等^[5]通过接触叶片的方式研究了“赤霞珠”“梅鹿辄”2个葡萄品种不同感病叶片的叶绿素荧光指数,从而得到不同的结果。试验

证实,“赤霞珠”对Esca病害敏感,而“梅鹿辄”则对该病害具有耐受性。CSEFALVAY等^[6]研究了叶绿素荧光检测在葡萄霜霉病前预测上的应用,结果表明叶绿素荧光法可以用来很好的预测葡萄霜霉病感染的情况,为霜霉病的预防做出贡献。除此之外,还可以用叶绿素荧光法检测植物生物化学肥料对植物造成的影响^[7]。还有很多其它关于叶绿素荧光法在葡萄生物胁迫上的应用^[8]。

3 叶绿素荧光在葡萄非生物逆境中的应用

葡萄的非生物逆境包括水分胁迫^[5,10-15]、冷胁迫^[16-18]、高温胁迫^[19-21]、盐胁迫^[22-24]、重金属胁迫^[25-27]等。叶绿素荧光法通过检测各种胁迫条件下的葡萄植株叶绿素荧光指标对植株所处环境做出评价,并通过所得结果进行相应的改善。

3.1 叶绿素荧光在葡萄水分胁迫上的应用

葡萄的水分胁迫,包括了干旱胁迫^[5,12-15]和水涝胁迫^[10-11]。在不同的胁迫条件下,叶绿素荧光检测法有不同的应用。

3.1.1 叶绿素荧光在葡萄干旱胁迫中的应用

关于葡萄的干旱研究较多,干旱条件导致植物的各种生理反应和抗旱基因的表达,使得植物的生理生化条件发生改变。DIAS等^[28]对于干旱条件下的四季豆进行了研究,发现在干旱胁迫下,四季豆的气体交换、叶绿素荧光和卡尔文循环酶类都受到了不容程度的抑制。由此相应的说明叶绿素荧光检测可以对应的反映植株受干旱胁迫的程度。綦伟等^[29]研究了干旱胁迫条件下不同的葡萄砧木光合特性和荧光参数变化情况。结果表明,干旱胁迫下,3种砧木的共同趋势是可变荧光(F_o)升高,最大荧光(F_m)、实际光能转化效率($\Phi PS II$)和可变荧光与最大荧光比(F_v/F_m)降低,但品种变幅不同。中度干旱使‘3309C’的 F_o 升高17.1%, F_v/F_m 降低了8.5%,而‘1103P’的 F_o 升高6.8%, F_v/F_m 降低了5.8%,严重干旱则使‘3309C’的 F_o 升高36.2%, F_v/F_m 降低了20.1%,而‘1103P’的 F_o 升高9.9%, F_v/F_m 降低了10.2%。干旱胁迫对不同葡萄砧木光合和荧光参数的影响与其抗旱性密切相关,其中

Fv/Fm和 Pn 的相关系数最大($r=0.988\ 33$)。

3.1.2 叶绿素荧光在葡萄水涝胁迫中的应用

在自然界中,环境变化比较复杂,有干旱,同样存在水涝。在水涝胁迫条件下,植物的生理状况会发生何种变化也是植物生理学研究的内容之一。叶绿素荧光技术也便自然地应用于水涝条件下的葡萄检测中^[10-11]。FLEXAS 等^[10]研究了在水涝胁迫条件下 17 d 的葡萄的荧光指数、气体交换率和荧光电子传递情况。结果表明,在中午之前,光合速率与荧光电子传递具有良好的相关性,在几小时的强光照下,CO₂ 的交换速率较荧光下降的速率降低得多。试验还证实,简单的荧光参数可以反映植株的生理状况。KANG 等^[11]研究了在水涝条件下 2 个葡萄品种的光合作用和荧光的改变情况。试验表明,在经受水分胁迫时,2 种葡萄品种的 CO₂ 交换速率和荧光参数都发生了改变,经过对比,“康拜耳”早熟品种较“巨峰”具有更强的耐长时间水分涝害能力。

3.2 叶绿素荧光技术在葡萄冷胁迫上的应用

自然界的气候总是按照一定的规律变化,植物也会依照自然界的气候变化表现出相应的节律,这便是植物的物候期。自然界也会出现反常现象,反常的自然现象与植物的物候期不一致时就会出现相应的环境因子胁迫,引起植物的各种生理反应以应对胁迫。叶绿素荧光技术在葡萄冷害的研究上还比较少。ZULINI 等^[16]将叶绿素荧光法作为检测“黑比诺”“灰比诺”2 个葡萄品种芽受到冻害以后的生理状况的手段,研究发现,荧光特性和葡萄组织的受冻害程度具有较强的相关性,即叶绿素荧光法可以用来预测葡萄受冻害以后的生理状况。叶国锐等^[17]、于秀针等^[18]分别研究了低温对白菜及番茄叶绿素荧光参数变化的影响,结果说明,低温时耐冷性较差植物的 Fv/Fm 和 Pn 都明显低于耐冷性较好的植物。叶绿素荧光指标可以反映植物体的冷耐受性。

3.3 叶绿素荧光技术在葡萄高温胁迫上的应用

在高温胁迫方面,叶绿素荧光技术的应用较多,郑秋玲等^[19]研究了高温胁迫对“巨峰”葡萄叶片光合作用的影响和 Ca 对其的作用。研究发现,在高温胁迫下,植物的气孔关闭,光合作用受到影响,使其叶绿素荧光受到影响。而 Ca 物质

的施用可以减缓高温胁迫造成的伤害,有效地提高光合作用的相关指标,使叶绿素荧光参数发生改变。王延书等^[20]研究了水杨酸和热锻炼对葡萄幼苗可溶性糖、游离氨基酸和叶绿素荧光的影响,结果表明,水杨酸和热锻炼可以在高温胁迫时提高可溶性糖的含量,降低脯氨酸含量,使游离氨基酸含量先降低后升高,而在叶绿素荧光方面,二者的使用可以在光抑制时有效提高光合作用。刘海霞等^[21]研究了温度逆境交叉适应对葡萄叶绿素荧光参数的影响,结果表明,高温锻炼苗和未锻炼苗在高低温胁迫下的叶绿素荧光 Fo 和 qN 均随胁迫时间延长而上升,但高温锻炼苗的总体水平低于未锻炼苗。而 Fv/Fm、Fv/Fm、PSII、Fv/Fo、qN 均随胁迫时间延长而下降,但未锻炼苗的总体水平低于锻炼苗。

3.4 叶绿素荧光技术在葡萄盐胁迫上的应用

叶绿素荧光技术在葡萄盐胁迫上的应用较多,AKRAM 等^[22]研究了在盐胁迫下提供氮素对玉米的气体交换和叶绿素荧光的影响,结果表明,在盐胁迫的环境下,玉米的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率变化基本相同,均呈下降趋势。盐胁迫下的水分利用率较光合速率升高得多,试验还证实氮肥施用减轻了盐的毒害作用。RYAN 等^[23]研究了南极冰川藻在冰川融化过程中光和盐分对叶绿素荧光的影响。研究证实,随着光辐射的增加和盐分的减少,藻类的光合系统下降,藻类物质表现出很弱的环境适应性。秦红艳等^[24]研究了盐胁迫对不同品种葡萄叶片中叶绿素荧光参数的影响,结果表明,随着盐浓度的增加,可变荧光(Fv)、最大荧光(Fm)、可变荧光与最大荧光比(Fv/Fm)、可变荧光与初始荧光比(Fv/Fo)、光化学淬灭系数(qP)均降低;而初始荧光(Fo)升高,非光化学淬灭系数(NPQ)不同品种间反应不同,说明光系统Ⅱ受到了伤害,使得PSII原初光能转换效率、PSII潜在活性降低;光合电子传递、光合原初反应过程受到抑制。盐胁迫下各品种间叶绿素荧光参数变化幅度为“双优”>“双丰”>“贝达”>“京优”,说明“双丰”和“双优”叶绿素荧光参数受盐害影响要大于“京优”。

3.5 叶绿素荧光技术在葡萄重金属胁迫中的应用

在重金属胁迫上,叶绿素荧光的应用较多,王

帅等^[25]研究了不同浓度的 Cd^{2+} 及 N 对小球藻叶绿素荧光特性的影响,相关性分析结果表明,2 株微藻的细胞密度、叶绿素相对含量及部分荧光参数(Fv/Fm 和 Yield)均与 Cd^{2+} 浓度呈显著的负相关关系。在低氮条件下,小球藻和微绿球藻的荧光参数 Fv/Fm 、 Yield 和 NPQ 均有明显下降,细胞密度和叶绿素相对含量也均有不同程度的降低。小球藻的 Fv/Fm 和 Yield 在高氮和低浓度 Cd^{2+} 条件下,下降幅度小,表现为拮抗作用。试验还发现,在低氮和高氮条件下,高浓度 Cd^{2+} 对小球藻的胁迫作用加强,表现为协同作用。微绿球藻在高氮条件下,其处理组间荧光参数差别不明显,表现为拮抗作用。鲁艳等^[26]也进行了相关的研究,结果表明,随着 Ni 浓度的增加,骆驼蓬幼苗叶片的光合色素含量、净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、PS II 最大光化学效率(Fv/Fm)、PS II 电子传递量子产率($\Phi\text{PS II}$)、光化学猝灭系数(qP)及各项生长指标均呈显著下降趋势,而细胞间隙 CO_2 浓度(Ci)和非光化学猝灭系数(qN)呈显著增加趋势,其中 Pn 的下降主要是由非气孔限制所致;骆驼蓬幼苗叶片的光合色素含量、 Pn 、 Gs 、 Tr 、 Ci 、 Fv/Fm 、 $\Phi\text{PS II}$ 、 qP 及各项生长指标均在 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cu}$ 处理时达到峰值,叶绿素 a 和 b、 Pn 、 Gs 、 Tr 、 Ci 、 Fv/Fm 及各项生长指标值在 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cu}$ 处理时仍微高于对照,而后随 Cu 浓度的增加,光合色素含量、 Pn 、 Gs 、 Tr 、 Ci 、 Fv/Fm 、 $\Phi\text{PS II}$ 、 qP 及各项生长指标均呈下降趋势, qN 呈增加趋势,其中 Pn 的下降主要是由气孔限制所致。

4 叶绿素荧光技术在葡萄成熟预测上的应用

在葡萄成熟度检测上,较为常用的方法是糖酸比检测法,而这种方法对于很多葡萄品种并不适用,且会结果农带来一定的损失。目前,一种新兴的葡萄成熟度检测方法已经被大多数人所接受,即葡萄的多酚成熟度,叶绿素荧光技术是一种比较新兴的无损检测葡萄多酚含量的方法,具有携带方便、操作简单、无损、不破坏活体及大面积检测的优点。目前国外越来越多的人利用叶绿素荧光技术检测葡萄的花青素含量^[30-32],以预测葡萄的成熟水平,叶绿素荧光技术在酿酒葡萄成熟

度预测方面具有广阔的前景。

AGATI 等^[30]在 2007 年用叶绿素荧光技术法对“黑比诺”等葡萄品种的花色素含量和成熟水平进行了比较,结果表明,在葡萄成熟过程中,花青素存在于表皮外层,叶绿素存在于表皮及皮下。成熟时由于花色素的积累使得光透过率减少,从而导致叶绿素荧光减少。试验对不同的光学检测和有损浸提检测进行了相关性分析,叶绿素荧光法检测的结果达到了 0.92 的相关性,较其它方法都好,试验说明,在有适当的便携式接收器时,叶绿素荧光技术可以成为一种快速无损检测葡萄成熟水平的方法。AGATI 等^[30-31]分别于 2007 年和 2008 年对葡萄进行叶绿素荧光检测,得出的结果与 CARVAKHO 等^[32]相似,试验证实,叶绿素荧光技术可以较好的作为无损检测葡萄酚类成熟度的方法。

随着科技的进步,人们对叶绿素荧光技术的关注越来越多,而叶绿素荧光技术以其快速无损、使用便捷、大面积、对象广泛等优点使其应用具有更广阔的前景,叶绿素荧光技术的推广和应用还需进一步验证。

参考文献

- [1] 张振文. 葡萄品种学[M]. 西安:西安地图出版社,2000:42-47.
- [2] 李华. 葡萄栽培学[M]. 北京:科学出版社,2008:82-90.
- [3] 张继澍. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2006:153-166.
- [4] CHAERLE L, HAGENBEEK D, BRUYNE E, et al. Chlorophyll fluorescence imaging for disease-resistance screening of sugar beet[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2007, 91(2):97-106.
- [5] CHRISTEN D, SCHONMANN S, JERMINI M, et al. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2007, 60(3):504-514.
- [6] CSEFALVAY L, GASPERO G, MATOUS K, et al. Pre-symptomatic detection of *Plasmopara viticola* infection in grapevine leaves using chlorophyll fluorescence imaging[J]. European Journal of Plant Pathology, 2009, 125(2):291-302.
- [7] GUPTA R, PANDEY S K, SINGH A K, et al. Response of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and yield of finger millet (*Eleusine coracana*) influenced by bio-chemical fertilizers[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2011, 81:445-449.

- [8] BAURIEGEL E, GIEBEL A, HERPPICH W B. Hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging to analyse the impact of fusarium culmorum on the photosynthetic integrity of infected wheat ears[J]. *Sensors*, 2011(11): 3765-3779.
- [9] 张朝轩, 杨天仪, 吴淑杭, 等. 微生物肥料对土壤生态及葡萄叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. *天津农业科学*, 2011, 17(1): 92-95.
- [10] FLEXAS J, BRIANTAIS J M, CEROVIC Z, et al. Steady-state and maximum chlorophyll fluorescence responses to water stress in grapevine leaves: A new remote sensing system[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2000, 73: 283-297.
- [11] KANG S B, JANG H I, LEE I B, et al. Changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence of 'Campbell Early' and 'Kyoho' grapevine under long-term waterlogging condition[J]. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 2007(25): 400-407.
- [12] ROOSTAEI M, MOHAMMAD S A, AMRI, et al. Chlorophyll fluorescence parameters and drought tolerance in a mapping population of winter bread wheat in the highlands of Iran[J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2011, 58: 351-358.
- [13] ZULINI L, RUBINIGG M, ZORER R, et al. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. 'White Riesling')[J]. *Proceedings of the International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research*, 2007, 33: 289-294.
- [14] 亚合甫·木沙, 王泽浩. 水分胁迫对葡萄叶绿素荧光参数的影响[J]. *安徽农学通报*, 2008(6): 26-28.
- [15] 徐建伟, 席万鹏, 方憬军, 等. 水分胁迫对葡萄叶绿素荧光参数的影响[J]. *西北农业学报*, 2007, 16(5): 175-179.
- [16] ZULINI L, FISCHER C, BERTAMINI M. Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of viability in freeze-stressed grapevine buds[J]. *Photosynthetica*, 2011, 48: 317-319.
- [17] 叶国锐, 钟新民, 李必元, 等. 低温对白菜幼苗叶绿素荧光参数日变化的影响[J]. *北方园艺*, 2010(11): 16-21.
- [18] 于秀针, 刘慧英, 张彩虹. 外源 NO 对低温胁迫下番茄幼苗生理特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2010(2): 172-176.
- [19] 郑秋玲, 谭伟, 马宁, 等. 钙对高温下巨峰葡萄叶片光合作用和叶绿素荧光的影响[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(9): 1963-1968.
- [20] 王延书, 王学义, 郁松林, 等. 水杨酸与热锻炼对葡萄幼苗可溶性糖、游离氨基酸和叶绿素荧光参数的影响[J]. *西北农业学报*, 2007, 16(4): 29-33.
- [21] 刘海霞, 王利军, 李绍华, 等. 温度逆境交叉适应对葡萄叶绿素荧光特性的影响[J]. *内蒙古农业大学学报(自然科学版)*, 2007, 28(4): 131-136.
- [22] AKRAM M, ASHRAF M Y, JAMIL M, et al. Nitrogen application improves gas exchange characteristics and chlorophyll fluorescence in maize hybrids under salinity conditions[J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2011, 58: 394-401.
- [23] RYAN K G, TAY M L, MARTIN A, et al. Chlorophyll fluorescence imaging analysis of the responses of Antarctic bottom-ice algae to light and salinity during melting[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2011, 399: 156-161.
- [24] 秦红艳, 沈育杰, 艾军, 等. 盐胁迫对不同葡萄品种叶片中叶绿素荧光参数的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2010(5): 35-38.
- [25] 王帅, 梁英. 不同浓度的 Ca^{2+} 、氮及其交互作用对小球藻和微绿球藻生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. *水产科学*, 2011, 30(4): 210-214.
- [26] 鲁艳, 李新荣, 何明珠, 等. 不同浓度 Ni、Cu 处理对骆驼蓬光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(4): 936-942.
- [27] 王帅, 梁英, 姜伟. 不同 Ca^{2+} 浓度与磷酸盐浓度交互作用对小球藻和微绿球藻生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. *海洋湖沼通报*, 2011(1): 51-62.
- [28] DIAS M C, BRUGGEMANN W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: Gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes[J]. *Photosynthetica*, 2010, 48(1): 96-102.
- [29] 綦伟, 谭浩, 翟衡. 干旱胁迫对不同葡萄砧木光合特性和荧光参数的影响[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 835-838.
- [30] AGATI G, MEYER S, MATTEINI P, et al. Assessment of anthocyanins in grape (*Vitis vinifera* L.) berries using a noninvasive chlorophyll fluorescence method[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55: 1053-1061.
- [31] AGATI G, TRAVERSI M L, CEROVIC Z G. Chlorophyll fluorescence imaging for the noninvasive assessment of anthocyanins in whole grape (*Vitis vinifera* L.) Bunches[J]. *Photochemistry and Photobiology*, 2008, 84: 1431-1434.
- [32] CARVAKHO L C, OSORIO M L, CHAVES M M, et al. Chlorophyll fluorescence as an indicator of photosynthetic functioning of *in vitro* grapevine and chestnut plantlets under *ex vitro* acclimatization[J]. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2001, 67: 271-280.

Applied of Chlorophyll Fluorescence Technology in Viticulture

HE Yannan¹, CHEN Huangzhao^{1,2}, ZHANG Zhenwen^{1,3}

(1. College of Enology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Faculty of Bioscience Engineering, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou, Henan 450046; 3. Shaanxi Engineering Research Center for Vin-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100)

doi:10.11937/bfyy.20171097

水果萝卜的引种选育及栽培研究进展

陈 迈^{1,2}, 朱志玉^{1,2}, 陈胜芝^{1,2}, 童未名³, 朱祝军^{1,2}, 吴建国^{1,2}

(1. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江 临安 311300;
2. 浙江农林大学 生物种业研究中心, 浙江 临安 311300; 3. 金华市婺城区农林局植保测报土肥站, 浙江 金华 321000)

摘 要:水果萝卜因其独特的食用品质深受消费者的欢迎,而我国作为水果萝卜主要的栽培和消费区域,优质资源非常丰富。该研究概述了近年来水果萝卜在品质特性、引种选育、遗传改良及栽培方式等方面的研究进展,并对水果萝卜今后的研究方向进行了探讨,对此提出建议,以期对水果萝卜高效引种选育及栽培提供参考依据。

关键词:水果萝卜;品质特性;引种选育;栽培

中图分类号:S 631.903.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0176-06

萝卜属十字花科一二年生草本植物,是一类兼具有食用、加工和药用价值的蔬菜作物。目前,我国有萝卜品种 2 000 多个,大多为菜用和加工类型,其中将一些品质特优,具有脆嫩多汁、甜而爽口、根皮光滑、色泽美观等特点并适于生食的萝

卜归为水果型萝卜,据统计,这类萝卜在我国约有 80 多个品种。水果萝卜分布于全国各地且较为分散,主要分布在山东、安徽、江苏、河北、浙江等省区^[1]。由于水果萝卜具有独特的食用价值和极高的保健价值,目前通过引种选育优质、稳产并适于鲜食的新品种,已经成为主要的水果萝卜育种目标。

1 水果萝卜的品质特性研究进展

水果萝卜的食用部位为肉质根,一般认为水果萝卜具有肉质组织致密、脆而多汁、甜而爽口、根形正、皮光滑、色泽美观等品质。其中有关萝卜品质的特性主要有 3 类^[2](表 1),第一类是商品品质,主要是根形、色泽等,这是由种子质量、栽培技术等因素决定的,优质的种子、土层深浅适宜,肥料使用量合理及病虫害防治得当都会使水果萝

第一作者简介:陈迈(1992-),男,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向为园艺作物遗传育种。E-mail:942046338@qq.com

责任作者:吴建国(1971-),男,浙江衢州人,博士,教授,现主要从事园艺作物遗传育种等研究工作。E-mail:jianguowu@zafu.edu.cn

基金项目:浙江省现代种业发展工程资助项目(2015004);浙江省新苗人才计划资助项目(2017R412037);杭州市科技资助项目(20140932H31);浙江省“三农六方”资助项目(2045210244)。

收稿日期:2017-07-10

Abstract: Chlorophyll fluorescence screening is a relatively new high-tech technology that nondestructive detecting the physiology state of plant, and now it has been concerned by researchers at home and abroad, moreover, this technic has been more widely used in agriculture and industry and commerce. In viticulture, the technology of chlorophyll fluorescence has a great and bright space to extend. This study reviewed the application of chlorophyll fluorescence in viticulture by literature surveys and statistical analysis methods. We aimed to give some theoretical basis on the more general application in viticulture.

Keywords: chlorophyll fluorescence; grape; stress; phenolic maturity