

文章编号:1003-8701(2014)06-0089-06

蓝蓟(*Echium vulgare* L.)不同密度 光合日变化的研究

徐惠风¹,冯政东¹,杨溢²,康岭生^{3*},高志新¹

(1. 吉林农业大学农学院,长春 130118; 2. 吉林省农安县高家店农业技术推广站,吉林 农安 130227;
3. 吉林省农业科学院农业生物技术研究所,长春 130033)

摘要:本研究通过密度5cm、10cm、15cm、20cm、25cm处理,采用Li-6400型光合仪测定蓝蓟叶片的光合指标。结果表明:光合日变化在密度20cm没有午休现象之外,其他密度均出现午休现象,密度大的午休时间出现在上午,密度小的午休出现在下午。10cm的在10:00,5cm的在12:00,其他密度在14:00;各密度处理中光合速率最大值为 $21.467\mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,最小值为 $18.86\mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,平均值为 $20.392\mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。从光合午休分析看,蓝蓟最佳栽培密度为20cm。说明密度影响蓝蓟光合日变化,形成作物产量影响的直接因素。各密度中只有25cm处理的净光合速率与气孔导度、蒸腾速率和气孔限制值表现为极显著相关,相关系数分别为0.94**、0.93**、0.95**;与胞间 CO_2 浓度表现为显著相关,相关系数为0.92*,与水分利用效率和表观叶肉导度表现为极显著负相关,相关系数为-0.97**、-0.92**。其他密度处理中净光合速率和其他特征指标之间没有达到显著水平,说明栽培密度25cm为最佳密度。

关键词:蓝蓟;密度;光合日变化;光合午休

中图分类号:S501

文献标识码:A

Studies on Photosynthetic Diurnal Changes of *Echium vulgare* L. at Different Densities

XU Hui-feng¹, FENG Zheng-dong¹, YANG Yi², KANG Ling-sheng^{3*}, GAO Zhi-xin¹

(1. Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jinlin Gaojiadian Agricultural Technology Promotion Station of Nong'an County, Jilin Province, Nong'an 130227; 3. Agricultural Biotechnology Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The photosynthetic indexes of *Echium vulgare* L. leaves were determined using LI-6400XT Portable Photosynthesis System with the density treatment of 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm and 25 cm. The results showed that all the treatments appear photosynthetic midday-depress except the density of 20 cm. Midday-depress appeared in the morning at larger density and appeared in the afternoon at small density, which appeared at 10 o'clock in 10 cm, appeared at 12 o'clock in 5 cm, others at 14 o'clock. The maximum photosynthetic rate was $21.467\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, the minimum was $18.86\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and the average was $20.392\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. From the analysis of photosynthetic midday-depress, the optimum planting of *Echium vulgare* L. was 20 cm. Density affected photosynthesis diurnal variation of *Echium vulgare* L., that was the direct factor influencing crop yield. Only at the density of 25 cm, the correlation between net photosynthetic rate and transpiration rate and stomatal limitation appeared, the correlation coefficients were 0.94, 0.93 and 0.95. Net photosynthetic rate appeared significantly correlated with intercellular CO_2 concentration, correlation coefficients was 0.92. It appeared highly significantly negative correlated to

收稿日期:2014-06-17

基金项目:吉林省科技厅基础应用项目(201105070);吉林省科技厅重点科技攻关项目(20130206072NY);吉林省教育厅重大项目(201240)

作者简介:徐惠风(1965-),女,博士,副教授,主要从事植物生理生态、湿地生态环境与环境生物学的研究。

通讯作者:康岭生,男,副研究员,E-mail: kls828@hotmail.com

water use efficiency and mesophyll conductance, correlation coefficients was -0.97 , -0.92 . Correlation did not reach significant level at other density, it indicated that the optimum planting density was 25 cm.

Key words *Echium vulgare* L.; Diurnal variations of photosynthesis; Midday depression

蓝蓟(*Echium vulgare* L.)为紫草科,紫草亚科,紫草族,蓝蓟属一年生草本植物^[1-2],其籽实可做油料,其花做观赏使用,其籽粒中提取的蓝蓟油有促进细胞再生,美容养颜的功效,具有较高的经济价值。蓝蓟在荷兰作为美容精油原料大面积种植,引进我国后还处于驯化阶段,因此研究其高产栽培机理对未来大面积生产具有重要的作用。

光合作用是植物的生理基础,也是植物能否高产的重要影响因素之一^[3],它受外界环境和内部因素的限制,是一个复杂的生物物理化学过程^[4]。所以研究蓝蓟光合作用及外部环境对其影响,对实现蓝蓟高产栽培具有重要的意义。本研究旨在为进一步研究蓝蓟高产栽培技术提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于8月上旬,选择晴朗的天气,取各区中生长健壮,无病虫害,长势旺盛的蓝蓟植株叶片活体测定(连续测定3 d,取平均值)。

1.2 试验设计

试验于2009~2010年间,在吉林农业大学试验基地进行,小区设计为:长5 m宽4 m,2垄为保护行。试验采用随机区组设计,密度5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm;每处理3次重复。

1.3 光合特性指标的测定

采用Li-6400型光合测定仪。测定功能叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、空气温度(T_a)、叶片温度(T_l)、空气 CO_2 浓度(C_a)和空气相对湿度(RH)。WUE(水分利用效率)= P_n/T_r ;ALMC(表观叶肉导度)= P_n/C_i ;Ls(气孔限制值)= C_i/C_a 。

测定时间为8:00~16:00,每隔2 h测定1次,每次每个处理取3株,上、中、下3个部位各取1张叶片进行测量,取平均值。

1.4 数据处理

采用Excel 2003绘图。

2 结果与分析

2.1 蓝蓟光合特性的日变化

2.1.1 净光合速率(P_n)的日变化比较

从图1可以看出密度为5 cm处理的净光合速率日变化曲线是典型的双峰曲线,最大值 $21.767 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 产生在14:00,12:00出现午休现象。密度为10 cm处理的净光合速率日变化曲线也是双峰曲线,最大值 $21.38 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 产生在8:00,10:00出现午休现象。密度为15 cm处理的净光合速率日变化曲线呈日间高峰型单峰曲线,最大值 $23.767 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 产生在10:00,其后呈下降趋势,最小值 $18.867 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 出现在16:00。密度为20 cm处理的净光合速率日变化曲线是典型的单峰曲线,最大值 $22.167 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 产生在12:00。密度为25 cm处理的净光合速率日变化曲线是双峰曲线,最大值 $21.467 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 产生在12:00,而14:00曲线略有下降的趋势,出现午休现象,16:00出现第二个高峰值 $21 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,平均值为 $20.392 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。午休现象随着强光、高温和低湿而出现。

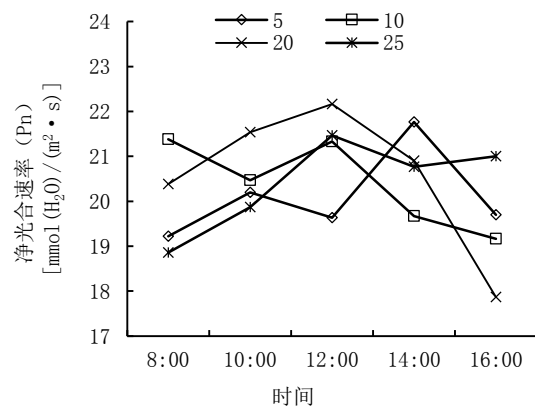


图1 不同密度处理蓝蓟叶片净光合速率(P_n)的日变化曲线

2.1.2 蒸腾速率(T_r)的日变化比较

随内外界主要生态因子的变化,各个处理的 T_r 值均呈单峰曲线,最大值均出现在12:00,最小值均出现在8:00(见图2)。

2.1.3 气孔导度(G_s)的日变化比较

随内外界主要生态因子的变化,各个处理的 G_s 值基本呈单峰曲线,最大值均出现在12:00,最小值均出现在8:00。在密度处理中 G_s 最大值0.393

mmol(H₂O)/(m²·s)出现在密度为20 cm的处理(图3),密度为5 cm 8:00出现偏高0.232 mmol(H₂O)/

(m²·s)。

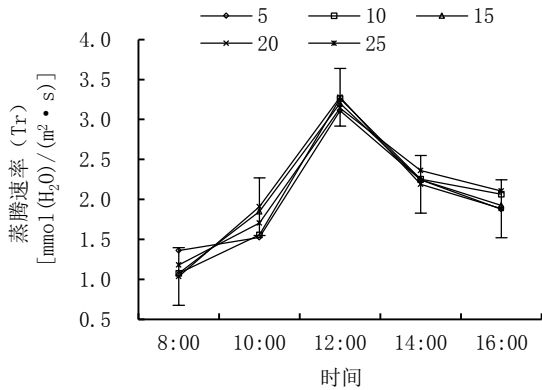


图2 不同处理下蓝蓟叶片蒸腾速率日变化曲线

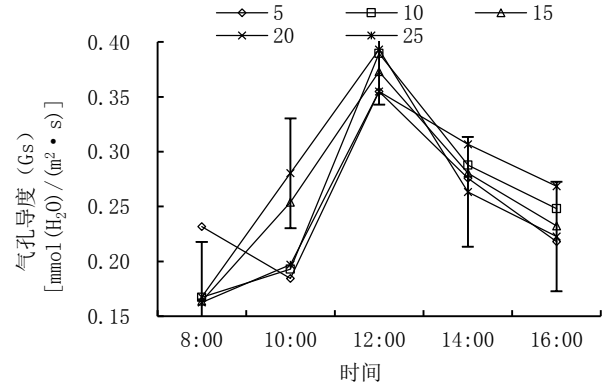


图3 不同处理下蓝蓟叶片气孔导度(Gs)日变化曲线

2.1.4 胞间 CO₂ 浓度(Ci)的日变化比较

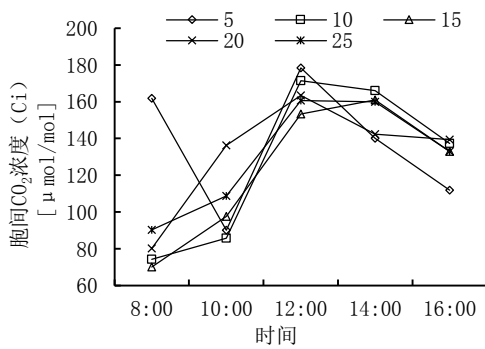


图4 不同密度处理蓝蓟叶片胞间 CO₂ 浓度(Ci)日变化曲线

从图4可以看出不同密度处理下胞间 CO₂ 浓度日变化只有最小密度5cm呈双峰曲线变化,其他处理均呈单峰曲线变化,最大值是密度为5 cm处理,为178.333μmol/mol。

2.1.5 表观叶肉导度(ALMC)的日变化比较

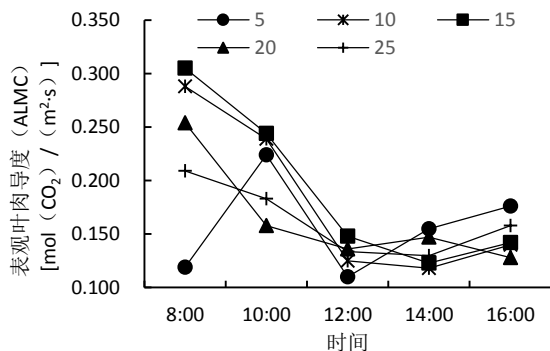


图5 不同密度处理蓝蓟叶片表观叶肉导度(ALMC)日变化曲线

由图5可以看出,表观叶肉导度除密度为5cm处理外其余各处理8:00~14:00期间均呈现下降趋势,至14:00达到最小值,其后略有升高。密度为

5cm处理呈现为双峰曲线,8:00~10:00上升至最大值0.224 mol(CO₂)/(m²·s),10:00~12:00下降至最小值0.110 mol(CO₂)/(m²·s),其后呈缓慢上升趋势。

2.1.6 气孔限制值(Ls)的日变化比较

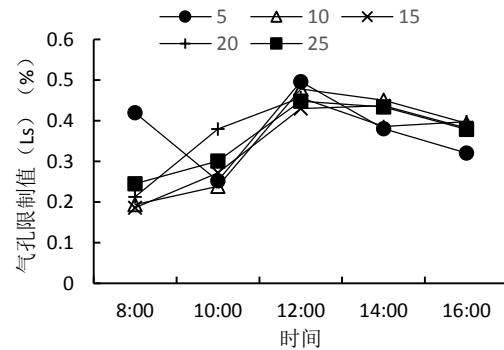


图6 不同密度处理蓝蓟叶片气孔限制值(LS)日变化曲线

由图6可以看出,变化趋势基本一致,在12:00到达最高峰,只是密度为5 cm处理的蓝蓟叶片气孔限制值在8:00~10:00呈下降变化。

2.1.7 水分利用效率(WUE)的日变化比较

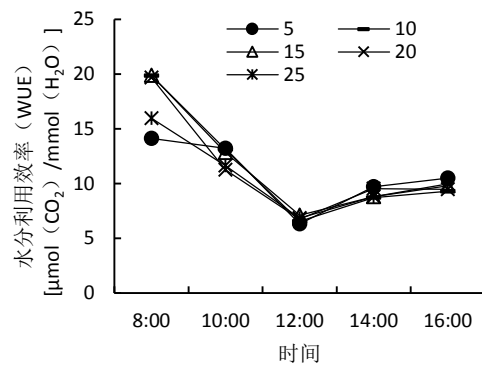


图7 不同密度处理蓝蓟叶片水分利用效率(WUE)日变化曲线

从图7可以看出,不同密度处理蓝蓟叶片水

分利用效率(WUE)日变化曲线变化趋势基本一致,密度5 cm在8:00~10:00变化稍缓。

2.2 环境因子的日变化

2.2.1 空气CO₂浓度(Ca)的日变化

8:00空气中CO₂浓度最高为371.39μmol/mol,14:00出现第二高峰值为366.86μmol/mol,全天变化为双峰曲线(图8)。

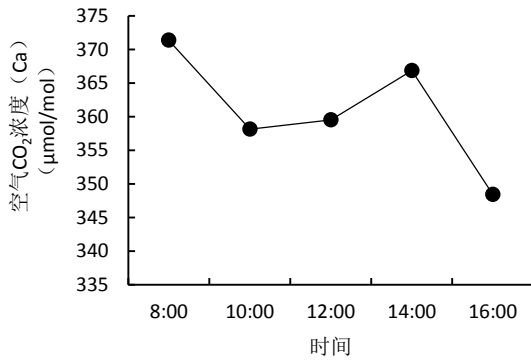


图8 空气CO₂浓度(Ca)日变化曲线

2.2.2 空气相对湿度(RH)和温度(Ta)日变化

由图9可以看出,空气相对湿度最大值64.65%出现在8:00,最小值43.95%出现在12:00,第二高峰值56.93%出现在16:00;空气温度日变化呈12:00最高峰的单峰曲线,最大值为29.53℃,最小值28.15℃出现在8:00。

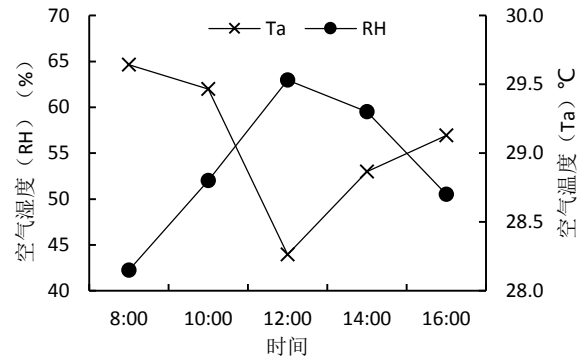


图9 空气相对湿度(RH)和空气温度(Ta)日变化曲线

2.3 不同处理的蓝蓟光合特性之间的相关性分析

由表1~5可以看出气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)成极显著正相关,与胞间CO₂浓度(Ci)在密度20cm和25cm呈极显著正相关。水分利用效率(WUE)与Tr在密度为5cm和25cm中呈极显著负相关;与Ci在密度为15、25cm处理呈极显著负相关;与表观叶肉导度(ALMC)在密度除了5cm处理呈不显著相关外其余处理均呈极显著正相

关;与气孔限制值(Ls)在密度为5cm处理中呈不显著负相关,其余处理均呈极显著负相关。ALMC与Gs在密度25 cm处理中呈极显著负相关;与Ci 25 cm处理中呈极显著负相关;Ls与Gs在密度为25 cm处理呈极显著正相关;与Ci在各处理中均呈极显著正相关;与Tr在密度为25 cm处理呈极显著正相关。净光合速率(Pn)在密度为25 cm处理中与Gs、Tr和Ls呈极显著正相关,与ALMC和WUE呈极显著负相关。

表1 密度是5 cm时净光合速率与其他光合特性指数的相关分析

相关系数	Pn	Gs	Ci	Tr	WUE	ALMC
Gs	0.06					
Ci	-0.22	0.83*				
Tr	0.16	0.92**	0.56			
WUE	-0.19	-0.87*	-0.48	-0.98**		
ALMC	0.28	-0.77	-0.98**	-0.49	0.43	
Ls	-0.21	0.89*	0.99**	0.66	-0.59	-0.97**

表2 密度是10 cm时净光合速率与其他光合特性指数的相关分析

相关系数	Pn	Gs	Ci	Tr	WUE	ALMC
Gs	0.06					
Ci	-0.31	0.91*				
Tr	-0.01	0.99**	0.90*			
WUE	0.41	-0.86*	-0.91*	-0.90*		
ALMC	0.51	-0.83*	-0.97**	-0.85*	0.95**	
Ls	-0.34	0.91*	1.00**	0.91*	-0.93**	-0.98**

表3 密度是 15 cm时净光合速率与其他光合特性指数的相关分析

相关系数	Pn	Gs	Ci	Tr	WUE	ALMC
Gs	0.29					
Ci	-0.34	0.78				
Tr	0.18	0.99**	0.83*			
WUE	0.14	-0.86*	-0.94**	-0.89*		
ALMC	0.47	-0.67	-0.97**	-0.74	0.94**	
Ls	-0.34	0.79	1.00**	0.84*	-0.96**	-0.98**

表4 密度是 20 cm时净光合速率与其他光合特性指数的相关分析

相关系数	Pn	Gs	Ci	Tr	WUE	ALMC
Gs	0.64					
Ci	0.23	0.85*				
Tr	0.47	0.97**	0.91*			
WUE	-0.14	-0.80	-0.99**	-0.88*		
ALMC	0.07	-0.64	-0.95**	-0.73	0.97**	
Ls	0.18	0.83*	1.00**	0.89*	-0.99**	-0.96**

表5 密度是 25 cm时净光合速率与其他光合特性指数的相关分析

相关系数	Pn	Gs	Ci	Tr	WUE	ALMC
Gs	0.94**					
Ci	0.92*	0.98**				
Tr	0.93**	0.98**	0.93**			
WUE	-0.97**	-0.95**	-0.95**	-0.96**		
ALMC	-0.92**	-0.96**	-1.00**	-0.91*	0.95**	
Ls	0.95**	0.98**	1.00**	0.94**	-0.96**	-0.99**

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3 结论和讨论

对蓝蓟的光合特征参数的测定表明叶片的净光合速率不只与蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度等有关,与栽培密度有直接关系,也受环境直接影响^[5-7]。

3.1 在各处理中净光合速率曲线表现出不同的类型,说明密度对蓝蓟的净光合生理指标有一定的影响,很多研究表明午休现象与光照、气温和湿度等环境因素有关,也与自身光合产物抑制有关,与自身特性有关^[8-11],而蓝蓟的光合日变化波动与密度有直接关系,密度大导致其叶片的光合作用受气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度以及水分利用效率、表观叶肉导度影响较大,是限制

其光合午休作用的主要因素。

各处理中密度是 25 cm 的相关性表现为:净光合速率与气孔导度、蒸腾速率和气孔限制值表现为极显著正相关,相关系数分别为 0.94**、0.93**、0.95**;与胞间 CO_2 浓度表现为显著相关,相关系数为 0.92*,与水分利用效率和表观叶肉导度表现为极显著负相关,相关系数为 -0.97**、-0.92**。其他密度处理中净光合速率和其他特征指标之间没有达到显著水平。说明蓝蓟的光合作用受气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度以及水分利用效率、表观叶肉导度影响较大,是限制其光合作用的主要因素,栽培密度在 25 cm 时光合作用与各个因子均达到最佳,说明蓝蓟光合日变化最适合密度是 25 cm。

3.2 在各处理中净光合速率最大值 $23.767 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 出现在密度为 5cm 处理中的 10:00 ; 全天平均净光合速率最大值 $21.32 \mu\text{mol}(\text{CO}_2)/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 出现在密度为 15cm 的处理中。

3.3 蓝蓟栽培高产最佳密度为 20cm ,没有午休现象。

因此 ,不同密度对蓝蓟光合日变化有不同的影响 ,密度成为蓝蓟光合日变化的栽培重要因素。

参考文献 :

- [1] 王文采 ,刘玉兰 ,朱格麟 ,等 . 中国植物志[M] . 北京 :科学出版社 ,1989 .
- [2] 中国科学院植物研究所 . 中国高等植物图鉴[M] . 北京 :科学出版社 ,1985 .
- [3] 张 敏 . 不同花生品种(系)的几个生理生化特性与品质、产量的关系初探[D] . 广西大学 ,2005 .
- [4] Du Z C ,Yang Z G ,Cui X Y . Study on photosynthetic physio-

logical ecology of plants in typical steppe zone[J] . Grassland if China ,1999(3): 20-27 .

- [5] 徐惠风 ,刘兴土 . 遮荫条件下乌拉苔草(*Carex meyeriana*)蒸腾特性及其与环境因子的关系[J] . 湿地科学 ,2004 ,2(1) : 42-46 .
- [6] 杨艳清 ,徐惠风 . 不同积水处理下乌拉苔草蒸腾速率日变化及其与环境因子的关系[J] . 东北林业大学学报 ,2005 ,33(6) :52-55 .
- [7] 徐惠风 ,刘兴土 . 不同 pH 值处理下乌拉苔草蒸腾速率日变化及其与环境的关系[J] . 灌溉排水学报 ,2008 ,27(3) : 112-115 .
- [8] 陈贤田 ,柯世省 . 茶树光合 午休 的原因分析[J] . 浙江林业科技 ,2002 ,22(33) :80-83 .
- [9] 徐惠风 ,刘兴土 ,徐克章 . 乌拉苔草光合速率日变化及日同化量[J] . 湿地科学 ,2004 ,2(2) :128-132 .
- [10] 徐惠风 ,刘兴土 ,徐克章 . 向日葵光合特性及其对不同生态条件的响应[J] . 农村生态环境 ,2004 ,20(1) :20-23 .
- [11] 王丽妍 ,徐宝慧 ,杨成林 ,等 . 北方地区不同花生品种光合生理特性的比较[J] . 华南农业大学学报 ,2010 ,31(4) :12-15 .

(上接第 70 页)

样品溶液易起泡沫不易定容 ,泡沫过多时 ,可加几滴消泡剂(辛醇或者丁醇)消除泡沫。

滴定过程宜迅速 ,控制在 2 min 以内 ,以免提取出来的维生素 C 氧化降解。

3 结 论

黄瓜中维生素 C 含量随着贮藏时间的延长而降低 ,应尽量食用新鲜黄瓜 ,家庭短期贮藏建议采用冰箱内冷藏等低温避光贮藏方式 ,并且贮藏时间不要超过 2 d。

2,6-二氯酚酚滴定法测定黄瓜中维生素 C 含量,方法准确(回收率为 99.35% ~ 99.80%) ,精密度好(RSD 为 0.25%)。

进行黄瓜中维生素 C 含量测定时 ,应采摘后

立即进行。

参考文献 :

- [1] 陆道礼 ,李国文 ,陈 庶 ,等 . 草莓汁加工贮藏过程中维生素 C 稳定性的研究[J] . 食品研究与开发 ,2004 ,25(6) :121-123 .
- [2] 姜 波 ,范圣第 ,刘长建 . 菠萝中维生素 C 高效液相色谱分析[J] . 大连民族学院学报 ,2003 ,5(1) :52-53 .
- [3] 刘荣森 ,刘建超 . 果蔬中维生素 C 含量的测定方法[J] . 河南农业 ,2012(2) :44-45 .
- [4] 谢 音 ,屈小英 . 食品分析[M] . 北京 :科学技术文献出版社 ,2006 .
- [5] 陈笏鸿 ,吴冬梅 ,汪咏梅 ,等 . 紫外分光光度法测定鞣花酸含量的研究[J] . 生物质化学工程 ,2007 ,41(3) :18-20 .
- [6] 于晓萍 . 分光光度法快速测定蔬菜水果中维生素 C 的含量[J] . 工程技术与应用 ,2009 ,6(2) :16-18 .
- [7] 李安荣 ,杨玲莉 ,夏代全 . 紫外分光光度法测定维生素 C 银翘片中维生素 C 含量[J] . 中国药业 ,2002 ,11(8) :44-45 .