

网络出版时间:2022-03-06 14:42

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2022.09.005

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20220302.1553.016.html

# 吉林省中东部地区梨品种叶片光合特性研究

胡明玥<sup>1,2</sup>, 闫兴凯<sup>2</sup>, 王 强<sup>2</sup>, 卢明艳<sup>2</sup>, 武春昊<sup>2</sup>, 张茂君<sup>2</sup>

(1 延边大学 农学院, 吉林 延吉 133000; 2 吉林省农业科学院 果树研究所, 农业部东北地区(吉林)

果树科学观测试验站, 吉林 公主岭 136100)

【摘 要】【目的】对吉林省中东部广泛种植的寒红梨、苹果梨、寒香梨、苹香梨光合特性进行测定与分析, 为梨品种区划、高效栽培技术研发提供理论依据。【方法】在吉林省公主岭市和龙井市, 选择树龄 10 年左右、树势中庸健壮的盛果期寒红梨、苹果梨、寒香梨、苹香梨为试验材料, 每个品种 3 株, 于 8 月底上午 08:00—11:00, 选择一年生枝条, 测定叶片叶绿素相对含量(Dualex 值)、净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )、PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$ )、最大量子产量( $Y(II)$ )、光化学淬灭系数( $qP$ )和非光化学淬灭系数(NPQ), 分析两地市梨品种叶片光合特性差异, 采用主成分分析计算了 2 个地区不同品种光合特性的得分。【结果】(1)公主岭和龙井两地 4 个梨品种叶片的 Dualex 值差异较大, 其中以寒红梨差异最大; 4 个品种中, 寒香梨的 Dualex 值均最高。(2)两地 4 个梨品种光合参数  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$ 、 $Tr$  具有显著差异, 其中  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $Tr$  值以公主岭市整体高于龙井市。(3)两地 4 个梨品种  $F_v/F_m$  值为 0.72~0.81, 品种间以及地区间均无显著差异; 4 个梨品种  $Y(II)$  值以公主岭市 > 龙井市, 公主岭市苹香梨  $Y(II)$  值最大, 寒香梨的最小; 龙井市苹果梨的  $Y(II)$  值最大, 寒红梨的最小;  $qP$  值以公主岭 > 龙井市, 同一地区各品种间  $qP$  值差异不显著; 苹香梨、寒红梨 NPQ 值以龙井市 > 公主岭市, 苹果梨、寒香梨 NPQ 值以龙井市 < 公主岭市, 两地寒红梨的 NPQ 值均最大。主成分分析结果显示, 4 个梨品种得分均表现为公主岭市 > 龙井市; 在同一地区, 4 个品种得分存在明显差异。【结论】公主岭市梨品种光合能力高于龙井市; 在公主岭市, 光合能力由高到低表现为寒红梨 > 苹香梨 > 苹果梨 > 寒香梨, 龙井市光合能力由高到低表现为苹果梨 > 寒香梨 > 苹香梨 > 寒红梨。

【关键词】梨; 抗寒性; 生态区域; 光合特性; 吉林省

【中图分类号】S661.2

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2022)09-0032-07

## Photosynthetic characteristics of pear varieties in central and eastern Jilin

HU Mingyue<sup>1,2</sup>, YAN Xingkai<sup>2</sup>, WANG Qiang<sup>2</sup>, LU Mingyan<sup>2</sup>,  
WU Chunhao<sup>2</sup>, ZHANG Maojun<sup>2</sup>

(1 Agricultural College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133000, China; 2 Pomology Institute, Scientific Observing and Experimental Station of Pomology, Jilin Academy of Agriculture Sciences, Gongzhuling, Jilin 136100, China)

**Abstract:** 【Objective】This study analyzed the photosynthetic characteristics of pear varieties including Hanhong pear, Pingguo pear, Hanxiang pear and Pingxiang pear in central and eastern Jilin to provide basis for variety division and high-efficiency cultivation. 【Method】Trees of Hanhong pear, Pingguo pear, Hanxiang pear and Pingxiang pear at the age of about 10 years in moderately vigorous fruiting period in Gongzhuling and Longjing were chosen. The leaf chlorophyll (Dualex value) content, net photosynthetic rate ( $P_n$ ), transpiration rate ( $Tr$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), intercellular  $CO_2$  concentration ( $C_i$ ), PS II maxi-

【收稿日期】2021-10-09

【基金项目】国家现代农业产业技术体系项目(CARS-20)

【作者简介】胡明玥(1997—), 女, 江苏扬州人, 在读硕士, 主要从事梨抗寒性研究。E-mail: hu1007062626@qq.com

【通信作者】张茂君(1963—), 男, 辽宁本溪人, 研究员, 博士, 主要从事抗寒梨新品种选育及配套栽培技术研究。

E-mail: nkyzmj@sina.com

imum photochemical efficiency ( $F_v/F_m$ ), maximum quantum yield  $Y(II)$ , photochemical quenching coefficient ( $qP$ ) and non-photochemical quenching coefficient (NPQ) were determined at the end of August from 08:00 to 11:00 to analyze differences in photosynthetic capacity. 【Result】(1) Dualex values were quite different with larger values in Longjing than in Gongzhuling and the largest difference in Hanhong pear. (2)  $P_n$ ,  $G_s$ ,  $C_i$ , and  $Tr$  were significantly different between the two regions. The values of  $P_n$ ,  $G_s$ , and  $Tr$  were higher in Gongzhuling than in Longjing, while the values of  $C_i$  were opposite. (3) The  $F_v/F_m$  value of the two regions was 0.72—0.81 without significant differences among varieties and regions. The values of  $Y(II)$  in Gongzhuling were larger than that in Longjing. The  $Y(II)$  value of Pingxiang pear was the largest and that of Hanxiang pear was the least in Gongzhuling. The  $Y(II)$  value of Pingguo pear was the largest and that of Hanhong pear was the least in Longjing. The value of  $qP$  in Gongzhuling was larger than that in Longjing without significant difference among varieties. The NPQ values of Pingxiang pear and Hanhong pear in Gongzhuling were larger than those in Gongzhuling. The NPQ values of Pingguo pear and Hanxiang pear were smaller than those in Gongzhuling. The NPQ values of pears in Longjing were larger than those in Gongzhuling. The NPQ value of Hanhong pear was the largest in the two regions. 【Conclusion】The photosynthetic capacity of pear varieties in Gongzhuling was higher than that in Longjing. The capacity was in order of Hanhong pear>Pingxiang pear>Pingguo pear>Hanxiang pear in Gongzhuling and Pingguo pear>Hanxiang pear>Pingxiang pear>Hanhong pear in Longjing.

**Key words:** pear; cold resistance; ecological region; photosynthetic characteristics; Jilin Province

梨是中国第三大水果,仅次于苹果、柑橘,栽培面积和产量都居于世界前列<sup>[1]</sup>,秋子梨抗寒性最强,广泛种植于我国辽宁、吉林、黑龙江、内蒙等寒冷地区<sup>[2]</sup>。据统计,吉林省现有梨栽培面积近 1.2 万  $hm^2$ ,年产量约 120 万 t,年产值 2.5 亿元左右,对区域乡村振兴、农民致富发挥着重要作用<sup>[3]</sup>。

作为多年生经济作物,梨的生长发育表现受环境影响很大<sup>[4]</sup>。同一品种在不同生态区种植,因气象因子和立地条件的不同,会导致其产量、品质、物候期和抗寒性等表现为一定的差异<sup>[4]</sup>。多年的科研生产实践表明,寒红梨、寒香梨等品种抗寒性强,选育过程中在吉林省中部地区公主岭经历了冬季绝对低温(−38.8℃)等极端天气<sup>[5]</sup>,树体冻害相对较轻且翌年仍能正常生长发育,但其在位于相对温暖的东部延边地区龙井市的区试过程中发现,冬季绝对低温相对较高的条件下其 1 年生枝条却有不同程度的冻害发生甚至冻死,果实品质、物候期等方面也存在明显差异。品种抗寒能力的强弱,与生长季节光合作用直接积累到树体的干物质质量密切相关,树体干物质积累越充足,树体越冬越安全。但目前关于吉林省公主岭和龙井两市寒红梨、苹果梨、寒香梨和苹香梨光合特性的差异研究尚未见报道。为此,本研究通过对比分析吉林省中、东部主栽梨品种叶片光合特性的差异,明确其光合特性表现,以期对梨品种区划、高效栽培技术研发提供参考,并确保区域

梨果产业健康、可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地点位于吉林省公主岭市的吉林省农业科学院果树研究所和龙井市的延边朝鲜族自治州农业科学院梨试验园。公主岭市(124°02'E, 43°11'N)地处吉林省中部平原地区,属于中温带半湿润季风气候区,年有效积温 3 550℃,无霜期 154 d,海拔高度 200 m;龙井市(128°54'E, 42°21'N)位于吉林省东部山区,属于中温带湿润季风气候区,年有效积温 3 210℃,无霜期 150 d,海拔高度 249 m。

在两地选择树龄 10 年左右、树势中庸健壮盛果期的苹果梨、苹香梨、寒香梨、寒红梨为试验材料,每个品种 3 株,常规栽培管理。选择树冠外围不同方位的延长枝 3~5 个,并选择中部健康、无机械损伤的叶片,做好标记。

### 1.2 试验方法

1.2.1 叶绿素相对含量测定 2020 年 8 月 20 日,采用氮平衡指数测量仪(法国)测定 Dualex 值, Dualex 值与叶片叶绿素含量呈正相关<sup>[6]</sup>,故本研究以其表征叶绿素含量。每个品种 3 次重复。

1.2.2 叶片光合参数测定 2020 年 8 月 20 日,采用 GFS-3000 型便携式光合测定仪(德国)于上午 08:00—11:00 测定梨叶片的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾

速率( $Tr$ )、气孔导度( $G_s$ )和胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ ),叶室温度设定为  $20\text{ }^{\circ}C$ ,光强为  $600\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,每个品种 3 次重复。

1.2.3 叶绿素荧光参数测定 2020 年 8 月 20 日,采用 Mini-PAM 型便携式叶绿素荧光仪(德国)于上午 08:00—11:00,待测叶片暗适应 30 min 后,测定 PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$ )、最大量子产量( $Y(II)$ )、光化学淬灭系数( $qP$ )、非光化学淬灭系数(NPQ)。每个品种 3 次重复。

### 1.3 数据分析

利用 Excel 2010 处理数据,运用 SPSS 24.0 软件进行方差及主成分分析,采用主成分分析计算不

同地区 4 个梨品种光合特性得分。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生态区 4 种梨品种叶片 Dualex 值的比较

由表 1 可见,不同生态区梨品种叶片 Dualex 值差异较大,公主岭市 Dualex 值大小顺序为寒香梨>寒红梨>苹香梨>苹果梨,苹香梨与寒红梨、寒香梨和苹果梨差异不显著;除苹香梨外,其余品种间差异显著;龙井市 Dualex 值大小顺序寒香梨>苹香梨>苹果梨>寒红梨,寒香梨与苹香梨以及苹果梨与苹香梨、寒红梨差异不显著,寒香梨与苹果梨、寒红梨之间有显著差异。

表 1 吉林不同生态区 4 种梨品种叶片 Dualex 值的比较

Table 1 Comparison of Dualex values of 4 pear varieties in different ecological regions in Jilin

| 生态区<br>Ecological region | 苹果梨<br>Pingguo pear | 苹香梨<br>Pingxiang pear | 寒红梨<br>Hanhong pear | 寒香梨<br>Hanxiang pear |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 公主岭 Gongzhuling          | 32.7±1.8 Ba         | 36.4±3.1 ABa          | 41.4±2.0 Aa         | 41.5±0.8 Aa          |
| 龙井 Longjing              | 34.5±1.4 Ba         | 37.5±2.6 ABa          | 31.9±2.1 Bb         | 41.5±0.4 Aa          |

注:同行数据后标不同大写字母及同列数据后标不同小写字母表示不同处理在  $P<0.05$  水平差异显著。下表同。

Note: Different uppercase letters indicate significant differences among varieties at the  $P<0.05$  level and different lowercase letters indicate significant differences among regions at the  $P<0.05$  level. The same below.

同一品种在不同地区叶片 Dualex 值存在一定差异。除寒红梨外,其他 3 个品种叶片 Dualex 值均表现为龙井市>公主岭市,但二者差异不显著(表 1)。

### 2.2 不同生态区梨品种叶片光合生理参数的变化

由表 2 可知,梨叶片净光合速率( $P_n$ )大小总体表现为公主岭市>龙井市。公主岭市参试梨品种叶

片净光合速率( $P_n$ )为  $10.4\sim17.8\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,其  $P_n$  值大小顺序为寒红梨>苹果梨>寒香梨>苹香梨,寒红梨显著高于其他品种;龙井市参试梨品种叶片的净光合速率( $P_n$ )为  $9.9\sim16.3\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,其  $P_n$  值大小顺序为寒香梨>寒红梨>苹果梨>苹香梨,苹果梨与苹香梨、寒红梨差异不显著,但均显著小于寒香梨。

表 2 吉林不同生态区 4 种梨品种叶片光合参数的比较

Table 2 Comparison of leaf photosynthetic parameters of 4 pear varieties in different ecological regions in Jilin

| 参数<br>Parameter                                                            | 生态区<br>Ecological region | 苹果梨<br>Pingguo pear | 苹香梨<br>Pingxiang pear | 寒红梨<br>Hanhong pear | 寒香梨<br>Hanxiang pear |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 净光合速率( $P_n$ )/<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | 公主岭 Gongzhuling          | 12.2 Ba             | 10.4 Ba               | 17.8 Aa             | 10.8 Bb              |
| Net photosynthetic rate                                                    | 龙井 Longjing              | 11.1 BCa            | 9.9 Ca                | 13.1 Bb             | 16.3 Aa              |
| 气孔导度( $G_s$ )/<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )  | 公主岭 Gongzhuling          | 248.8 Ba            | 263.1 ABa             | 351.7 Aa            | 274.9 ABa            |
| Stomatal conductance                                                       | 龙井 Longjing              | 237.5 Aa            | 197.0 BCb             | 164.2 DCb           | 225.6 ABb            |
| 胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )/<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )          | 公主岭 Gongzhuling          | 298.4 Aa            | 305.9 Aa              | 292.7 Aa            | 291.3 Aa             |
| Intercellular $CO_2$ concentration                                         | 龙井 Longjing              | 307.5 Aa            | 313.2 Aa              | 247.8 Bb            | 255.6 Bb             |
| 蒸腾速率( $Tr$ )/<br>( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )     | 公主岭 Gongzhuling          | 2.1 Aa              | 2.6 Aa                | 3.0 Aa              | 2.8 Aa               |
| Transpiration rate                                                         | 龙井 Longjing              | 1.5 BCb             | 1.2 Cb                | 1.9 ABb             | 2.2 Aa               |

由表 2 可知,叶片气孔导度( $G_s$ )大小表现为公主岭市>龙井市。公主岭市梨品种叶片气孔导度( $G_s$ )为  $248.8\sim351.7\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,其  $G_s$  值大小顺序为寒红梨>寒香梨>苹香梨>苹果梨,寒红梨的  $G_s$  值显著高于苹果梨,其余品种间差异不显著;龙井市梨品种叶片  $G_s$  为  $164.2\sim237.5\text{ }\mu\text{mol}/$

( $\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,其  $G_s$  值大小顺序为苹果梨>寒香梨>苹香梨>寒红梨,苹果梨的  $G_s$  显著高于苹香梨和寒红梨。

由表 2 可知,寒红梨和寒香梨叶片胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )表现为龙井市<公主岭市,其余 2 个品种表现则相反。公主岭市 4 个梨品种叶片  $C_i$  为  $291.3\sim$

305.9  $\mu\text{mol/mol}$ ,其  $C_i$  值大小顺序为苹果梨>寒红梨>寒香梨,这 4 个品种间差异不显著;龙井市 4 个梨品种叶片  $C_i$  为 247.9~313.2  $\mu\text{mol/mol}$ ,其  $C_i$  值大小顺序为苹果梨>苹果梨>寒香梨>寒红梨,苹果梨与苹果梨的  $C_i$  值显著高于寒红梨与寒香梨。

由表 2 可知,蒸腾速率( $Tr$ )大小表现为公主岭市>龙井市。公主岭市 4 个梨品种叶片  $Tr$  为2.1~3.0  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,其  $Tr$  值大小顺序为寒红梨>寒香梨>苹果梨>苹果梨,这 4 个品种间差异不显

著;龙井市 4 个梨品种叶片  $Tr$  为 1.2~2.2  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,其  $Tr$  值大小顺序为寒香梨>寒红梨>苹果梨>苹果梨,寒香梨显著高于苹果梨和苹果梨。

2.3 不同生态区梨品种叶片叶绿素荧光参数的变化

由表 3 可知,公主岭市梨品种  $F_v/F_m$  值为 0.73~0.81,其  $F_v/F_m$  值大小顺序为苹果梨>寒红梨>苹果梨>寒香梨,除苹果梨与寒香梨差异显著外,其余品种间无显著差异;龙井市梨品种  $F_v/F_m$  值为 0.72~0.80,其  $F_v/F_m$  值大小顺序为苹果梨>寒香梨>苹果梨>寒红梨,4 个品种间无显著差异。

表 3 吉林不同生态区 4 种梨品种叶片叶绿素荧光参数的比较

| Table 3 Comparison of leaf chlorophyll fluorescence parameters of 4 pear varieties in different ecological regions in Jilin |                          |                     |                       |                     |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 参数<br>Parameter                                                                                                             | 生态区<br>Ecological region | 苹果梨<br>Pingguo pear | 苹果梨<br>Pingxiang pear | 寒红梨<br>Hanhong pear | 寒香梨<br>Hanxiang pear |
| $F_v/F_m$                                                                                                                   | 公主岭 Gongzhuling          | 0.76 ABa            | 0.81 Aa               | 0.77 ABa            | 0.73 Ba              |
|                                                                                                                             | 龙井 Longjing              | 0.74 Aa             | 0.80 Aa               | 0.72 Aa             | 0.76 Aa              |
| $Y(\text{II})$                                                                                                              | 公主岭 Gongzhuling          | 0.55 Aa             | 0.59 Aa               | 0.55 Aa             | 0.51 Aa              |
|                                                                                                                             | 龙井 Longjing              | 0.53 Aa             | 0.47 Ab               | 0.35 Bb             | 0.47 Ab              |
| $qP$                                                                                                                        | 公主岭 Gongzhuling          | 0.93 Aa             | 0.82 Aa               | 0.90 Aa             | 0.91 Aa              |
|                                                                                                                             | 龙井 Longjing              | 0.84 Aa             | 0.77 Ab               | 0.86 Aa             | 0.78 Aa              |
| NPQ                                                                                                                         | 公主岭 Gongzhuling          | 0.61 Ba             | 0.58 Bb               | 1.30 Ab             | 1.09 Aa              |
|                                                                                                                             | 龙井 Longjing              | 0.58 Ca             | 1.07 Ba               | 2.55 Aa             | 1.05 Ba              |

由表 3 可知,公主岭市梨品种  $Y(\text{II})$  值为 0.51~0.59,其  $Y(\text{II})$  值大小顺序为苹果梨>苹果梨=寒红梨>寒香梨,4 个品种间无显著差异;龙井市梨品种  $Y(\text{II})$  值为 0.35~0.53,其  $Y(\text{II})$  值大小顺序为苹果梨>苹果梨、寒香梨>寒红梨,寒红梨显著小于其他品种,其他品种间差异不显著。

由表 3 可知,公主岭市梨品种  $qP$  值为 0.82~0.93,其  $qP$  值大小顺序为苹果梨>寒香梨>寒红梨>苹果梨,4 个品种间无显著差异;龙井市梨品种  $qP$  值为 0.77~0.86,其  $qP$  值大小顺序为寒红梨>苹果梨>寒香梨>苹果梨,4 个品种间无显著差异。

由表 3 可知,公主岭市梨品种 NPQ 值为0.58~1.30,其 NPQ 值大小顺序为寒红梨>寒香梨>苹

果梨>苹果梨,寒红梨、寒香梨显著高于苹果梨、苹果梨;龙井市梨品种 NPQ 值为 0.58~2.55,其 NPQ 值大小顺序为寒红梨>苹果梨>寒香梨>苹果梨,寒红梨 NPQ 值显著高于其他品种。

由表 3 可知,不同生态区相比,4 个品种两地间  $F_v/F_m$  值的差异均不明显; $Y(\text{II})$  值、 $qP$  值均表现为公主岭市>龙井市,二者之间差异总体不显著;苹果梨、寒红梨 NPQ 值表现为龙井市大于公主岭市,苹果梨、寒香梨 NPQ 值表现为龙井市小于公主岭市。

2.4 不同生态区梨品种光合、荧光参数的主成分分析

公主岭市、龙井市两地梨品种光合特性指标的主成分分析结果见表 4。

表 4 吉林不同生态区参试梨品种各项指标的主成分分析

| Table 4 Principal component analysis of various indexes of tested pear varieties in different ecological regions in Jilin |                     |               |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|
| 项目<br>Item                                                                                                                | 特征向量 Feature vector |               |               |
|                                                                                                                           | 成分 3 Factor 3       | 成分 1 Factor 1 | 成分 2 Factor 2 |
| $P_n$                                                                                                                     | -0.137              | 0.732         | 0.560         |
| $Tr$                                                                                                                      | 0.373               | 0.820         | 0.108         |
| $C_i$                                                                                                                     | 0.808               | -0.434        | -0.255        |
| $G_s$                                                                                                                     | 0.740               | 0.622         | 0.099         |
| $F_v/F_m$                                                                                                                 | 0.602               | -0.447        | 0.547         |
| $Y(\text{II})$                                                                                                            | 0.984               | 0.055         | 0.000         |
| $qP$                                                                                                                      | 0.213               | 0.709         | -0.615        |
| NPQ                                                                                                                       | -0.852              | 0.297         | 0.034         |
| 特征值 Eigenvalues                                                                                                           | 3.458               | 2.577         | 1.077         |
| 特征值贡献率/% Eigenvalue contribution rate                                                                                     | 43.231              | 32.216        | 13.466        |
| 累计贡献率/%Cumulative contribution rate                                                                                       | 43.231              | 75.447        | 88.913        |

由表 4 可知,前 3 个主成分的特征值均大于 1 且累计贡献率达到了 88.913%(>85%),可认为前 3 种成分即为所有指标中的主成分。由特征向量计算梨品种主成分得分见表 5。表 5 显示,梨品种得分

高低从地区上表现为公主岭市>龙井市;从品种上看,公主岭市表现为寒红梨>苹香梨>苹果梨>寒香梨,龙井市表现为苹果梨>寒香梨>苹香梨>寒红梨。

表 5 吉林不同生态区参试梨品种光合生理状况综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of photosynthetic and physiological status of the tested pear varieties in different ecological regions in Jilin

| 项目<br>Item | 公主岭 Gongzhuling        |                          |                        |                         | 龙井 Longjing            |                          |                        |                         |
|------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
|            | 寒红梨<br>Hanhong<br>pear | 苹香梨<br>Pingxiang<br>pear | 苹果梨<br>Pingguo<br>pear | 寒香梨<br>Hanxiang<br>pear | 寒红梨<br>Hanhong<br>pear | 苹香梨<br>Pingxiang<br>pear | 苹果梨<br>Pingguo<br>pear | 寒香梨<br>Hanxiang<br>pear |
| 平均得分 Score | 1.098                  | 0.787                    | 0.470                  | 0.235                   | -1.656                 | -0.449                   | -0.062                 | -0.418                  |
| 排名 Ranking | 1                      | 2                        | 3                      | 4                       | 8                      | 7                        | 5                      | 6                       |

3 讨论与结论

植物体中的叶绿素含量与光合作用捕捉光、过剩光能耗散、胁迫氧化产物失活等过程直接相关,其含量的变化直接影响到植物的光合作用过程<sup>[7]</sup>。本研究中,公主岭市 4 个梨品种叶片的 Dualex 值以寒香梨最高,苹果梨最低;龙井市以寒香梨最高,寒红梨最低。两地间寒红梨 Dualex 值差异最大,且以公主岭市高于龙井市,其余品种两地间差异不显著;寒红梨净光合速率( $P_n$ )值以公主岭市总体高于龙井市。说明吉林省不同生态区生长季梨叶片叶绿素含量的差异,影响了叶片捕光和耗散过剩光能的能力,与乔一娜等<sup>[8]</sup>的研究结果一致。

$G_s$  表示气孔的张开程度,影响着植物的光合作用、呼吸作用及蒸腾作用,植物气孔导度的改变可调节植物与外界  $CO_2$  和水汽的交换,从而调节蒸腾速率和净光合速率,以适应不同环境条件<sup>[9]</sup>。 $C_i$  表示大气输入和细胞光合作用  $CO_2$  动态平衡的瞬间浓度<sup>[10]</sup>。光合作用是植物体内最重要的代谢过程,其强弱对植物生长、产量及其抗逆性都具有十分重要的影响,因而植物的光合特性,可以作为判断植物生长和抗逆性强弱的指标<sup>[11]</sup>。本研究结果表明,公主岭市和龙井市两地 4 种梨品种的光合参数  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$ 、 $Tr$  均存在差异,公主岭市 4 个梨品种  $G_s$  较高,可以为叶片提供充足的水分,且  $G_s$  越大,光合能力越强。气孔因素和非气孔因素会导致植物净光合速率的差异。若植物叶片的  $P_n$  和  $C_i$  同时下降,则主要是气孔导度的下降限制了  $P_n$ ;如果  $P_n$  下降时, $C_i$  升高,则限制植物  $P_n$  的主要是非气孔因素<sup>[12]</sup>。寒红梨  $C_i$ 、 $P_n$  值均以公主岭市显著高于龙井市,说明气孔因素是影响两地净光合速率差异的主要因素;公主岭市寒香梨  $P_n$  值显著低于龙井市,而  $C_i$  值显著高于龙井市,说明非气孔因素是影响两地净光合

速率差异的主要因素。由此说明供试 4 种不同梨品种对区域气候产生的适应策略不同,对不同气候的适应程度也不相同。

叶绿素荧光是光合作用的探针。 $F_v/F_m$  值代表 PSⅡ 最大光化学量子产量,能够体现出植物潜在的最大光合能力,该参数一般维持在 0.84 左右,在非胁迫下变化极小<sup>[13-15]</sup>。本研究结果表明,2 个生态区梨品种  $F_v/F_m$  值为 0.72~0.81,同一品种在不同地区间差异较小,说明不同生态区光照强度对 PSⅡ 系统活性影响较小。 $Y(Ⅱ)$  值用于衡量植株的实际光合效率<sup>[16-19]</sup>。本研究中,供试 4 种梨品种的  $Y(Ⅱ)$  值均以公主岭市>龙井市,说明公主岭地区梨品种实际光合效率总体高于龙井地区。 $qP$  为光化学猝灭系数,反映光合反应中心的开放程度<sup>[20-23]</sup>。本研究中,供试 4 种梨品种  $qP$  值均表现为公主岭>龙井市,说明公主岭地区参试梨品种 PSⅡ 捕获光量子转化为化学能的效率整体高于龙井地区。NPQ 为非光化学猝灭系数,其大小能反映捕获的光能以热能形式耗散的部分<sup>[24-28]</sup>。本研究中,苹果梨、寒香梨的 NPQ 值以龙井市<公主岭市,但二者之间差异不显著;而苹香梨和寒红梨均以龙井>公主岭,且二者之间存在显著差异,两地均以寒红梨 NPQ 值最大,说明寒红梨叶片吸收的光能并未用于电子传递而大多以热能形式耗散,因此寒红梨对气候变化较为敏感,这与董瑜等<sup>[29]</sup>的研究结果一致。由此可知,公主岭市地区参试梨品种光合反应中心的开放程度相对更高,吸收光能更多,将捕获的光量子转化为化学能供植株生长的能力更强,实际光合效率更高<sup>[30]</sup>。

本研究通过对公主岭市、龙井市两地 4 种梨品种叶片光合特性参数进行主成分分析,得分大小依次表现为:公主岭市,寒红梨>苹香梨>苹果梨>寒香梨,龙井市,苹果梨>寒香梨>苹香梨>寒红梨。

[参考文献]

[1] 张绍铃,谢智华.我国梨产业发展现状、趋势、存在问题与对策建议[J].果树学报,2019,36(8):1067-1072.  
Zhang S L,Xie Z H. Current status,trends,main problems and the suggestions on development of pear industry in China [J]. Journal of Fruit Science,2019,36(8):1067-1072.

[2] 杜国栋.秋子梨栽培现状、问题及对策[J].北方果树,2014(2):44-45.  
Du G D. The current situation,problems and countermeasures of Qiuzi cultivation [J]. Northern Fruits,2014(2):44-45.

[3] 阿依古丽·铁木儿,玉苏甫·阿不力提甫,帕提曼·阿布都热合曼,等.新疆地方梨品种抗寒性评价[J].中国农学通报,2014,30(28):217-225.  
Ayiguli·Tiemuer,Yusufu·Abulitifu,Patiman·Abudurehman. Evaluation on cold resistance of land race pears in Xinjiang [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2014,30(28):217-225.

[4] 王家珍,李俊才,沙守峰,等.辽宁省果树科学研究所梨育种回顾与展望[J].北方果树,2020(1):1-6.  
Wang J Z,Li J C,Sha S F,et al. Retrospection and prospect of pear breeding in Liaoning Institute of Pomology [J]. Northern Fruits,2020(1):1-6.

[5] 张茂君,刘玉芬,王强,等.我国近十年选育的抗寒梨新品种[J].北方园艺,2012(20):187-190.  
Zhang M J,Liu Y F,Wang Q,et al. New hardy resistant pear cultivars released by China in recent ten years [J]. Northern Horticulture,2012(20):187-190.

[6] 王婷婷,常庆瑞,刘梦云,等.基于Dualox植物多酚-叶绿素仪的冬小麦叶绿素含量高光谱估算[J].麦类作物学报,2019,39(5):595-604.  
Wang T T,Chang Q R,Liu M Y,et al. Hyperspectral estimation of winter wheat chlorophyll content based on dualox plant polyphenol-chlorophyll meter [J]. Journal of Triticeae Crops,2019,39(5):595-604.

[7] 李翠,程明,唐宇丹,等.青藏高原2种柳属植物叶片解剖结构和光合特征的比较[J].西北植物学报,2009,29(2):275-282.  
Li C,Cheng M,Tang Y D,et al. Characteristics comparison of leaf anatomy structure and photosynthesis of two salix species at Qinghai-Xizang Plateau [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2009,29(2):275-282.

[8] 乔一娜,李云鸽,刘聘,等.10种观赏竹的光合特性及叶绿素荧光特性研究[J].热带作物学报,2020,41(7):1373-1379.  
Qiao Y N,Li Y G,Liu P,et al. Photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence characteristics of ten ornamental bamboo species [J]. Chinese Journal of Tropical Crops,2020,41(7):1373-1379.

[9] 刘周莉,赵明珠,秦娇娇,等.三种木质藤本植物光合特性比较研究[J].生态环境学报,2015,24(6):952-956.  
Liu Z L,Zhao M Z,Qin J J,et al. Photosynthetic characteristics of three woody vines [J]. Ecology and Environmental Sciences,2015,24(6):952-956.

[10] 沈宗根,陈翠琴,王岚岚,等.3种石斛光合作用和叶绿素荧光特性的比较研究[J].西北植物学报,2010,30(10):2067-2073.  
Shen Z G,Chen C Q,Wang L L,et al. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of three dendrobium species [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2010,30(10):2067-2073.

[11] 李翠,赵伟洁,张大爱,等.水分胁迫对糜子物质生产及光合特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(1):89-95.  
Li C,Zhao W J,Zhang D A,et al. Effects of water stress on matter production and photosynthesis characteristics of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) [J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition),2014,42(1):89-95.

[12] 朱志花,马明,金高明,等.五个苹果品种的光合特性及叶绿素荧光比较研究[J].北方园艺,2015(20):6-12.  
Zhu Z H,Ma M,Jin G M,et al. Comparative studies on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence in five apple cultivars [J]. Northern Horticulture,2015(20):6-12.

[13] 李金芹,韩永庄,董云萍,等.低温胁迫对咖啡2种嫁接方式叶绿素荧光参数的影响[J].中国热带农业,2021(1):63-68,104.  
Li J Q,Han Y Z,Dong Y P,et al. Effects of low temperature stress on chlorophyll fluorescence parameters of two grafting methods of coffee [J]. China Tropical Agriculture,2021(1):63-68,104.

[14] 魏兰波,董佳慧,钱稷,等.冷驯化期间4种楸树叶片叶绿素荧光参数变化研究[J].林业与生态科学,2021,36(1):85-88.  
Wei L B,Dong J H,Qian J,et al. The changes of chlorophyll fluorescence parameters of four *Catalpa* spp. species during cold hardening [J]. Forestry and Ecological Sciences,2021,36(1):85-88.

[15] 黄丽芳,李金芹,王晓阳,等.基于幼苗光合及叶绿素荧光参数的3种咖啡耐低温胁迫的综合评判[J].福建农业学报,2020,35(10):1063-1070.  
Huang L F,Li J Q,Wang X Y,et al. Low-temp tolerance of coffee seedlings evaluated by photosynthesis and chlorophyll fluorescence indices [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences,2020,35(10):1063-1070.

[16] 黄鸿,屈燕,侯祯丹,等.低温胁迫对3种绿绒蒿幼苗叶绿素荧光特性的影响[J].西南农业学报,2020,33(7):1474-1479.  
Huang H,Qu Y,Hou Z D,et al. Effects of low temperature stress on chlorophyll fluorescence characteristics of three meconopsis seedlings [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2020,33(7):1474-1479.

[17] 王玥琳,徐大平,杨曾奖,等.修剪和乙烯对降香黄檀光合系统特性影响[J].分子植物育种,2019,17(7):2392-2398.  
Wang Y L,Xu D P,Yang Z J,et al. Effects of pruning and ethylene on photosynthetic system characteristics in *Dalbergia odorifera* [J]. Molecular Plant Breeding,2019,17(7):

- 2392-2398.
- [18] 李 丹,黄玉吉,朱 宁,等. 三明野生蕉抗寒特性的形态学与生理生化研究 [J]. 果树学报,2019,36(1):76-85.  
Li D,Huang Y J,Zhu N,et al. A study on the phenotypical, physiological and biochemical characteristics of the cold resistant Sanming wild banana (*Musa itinerans*) [J]. Journal of Fruit Science,2019,36(1):76-85.
- [19] 陈明辉,程世平,张志录,等. 低温胁迫下不同香蕉品种光合及荧光特性的变化及耐寒性评价 [J]. 热带作物学报,2018,39(3):465-471.  
Chen M H,Cheng S P,Zhang Z L,et al. Changes of photosynthetic fluorescence and evaluation of cold resistance under cold stress for different chewing cane varieties [J]. Chinese Journal of Tropical Crops,2018,39(3):465-471.
- [20] 陈 奇,袁金海,孙万仓,等. 低温胁迫下白菜型冬油菜与春油菜叶片光合特性及内源激素变化比较 [J]. 中国油料作物学报,2017,39(1):37-46.  
Chen Q,Yuan J H,Sun W C,et al. Leaf photosynthetics and endogenous hormones of spring and winter rapa (*Brassica rapa* L.) under low temperature [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2017,39(1):37-46.
- [21] 赵佳伟,王 萌,李清亚,等. NaCl 胁迫对不同品种北美豆梨光合参数的影响 [J]. 东北林业大学学报,2019,47(5):36-41.  
Zhao J W,Wang M,Li Q Y,et al. Effects of salt stress on photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters of *Pyrus calleryana* [J]. Journal of Northeast Forestry University,2019,47(5):36-41.
- [22] 闫 帅,李晓光,徐 锴,等. 晒叶面肥对‘南果梨’幼树叶片光合、叶绿素荧光参数及组织结构的影响 [J]. 中国果树,2018(4):23-26,30.  
Yan S,Li X G,Xu K,et al. Effects of selenium fertilizer on photosynthesis, chlorophyll fluorescence parameters and tissue structure of ‘Nanguoli’ pear leaves [J]. China Fruits,2018(4):23-26,30.
- [23] 江振斌,廖 康,牛莹莹,等. 库尔勒香梨 3 种树形光合特性及荧光参数比较研究 [J]. 新疆农业科学,2016,53(5):820-825.  
Jiang Z B,Liao K,Niu Y Y,et al. Comparison of photosynthetic characteristics and fluorescence parameters in three tree shapes of Korla fragrant pear [J]. Xinjiang Agricultural Sciences,2016,53(5):820-825.
- [24] 郝巧艳,张敏敏,朱 敏,等. 辽宁不同生态区行距配置对玉米形态、光合指标及产量的影响 [J]. 辽宁农业科学,2021(4):1-6.  
Hao Q Y,Zhang M M,Zhu M,et al. Effects of row spacing configuration on maize morphology, photosynthetic index and yield in different ecological zones in Liaoning Province [J]. Liaoning Agricultural Sciences,2021(4):1-6.
- [25] 何正奎,牛军强,马 明,等. 间伐对乔化‘红富士’苹果冠层不同部位叶片光合及荧光特性的影响 [J]. 林业科技通讯,2021(2):47-50.  
He Z K,Niu J Q,Ma M,et al. Effects of intermediate cuttings on photosynthetic and fluorescence characteristics of leaves in different canopy and parts of “Hongfushi” apple [J]. Forest Science and Technology,2021(2):47-50.
- [26] 里程辉,于 辉,吕德国,等. 干湿交替下不同中间砧对岳冠苹果叶片光合特性及叶绿素荧光特性的影响 [J]. 江苏农业科学,2021,49(2):108-114.  
Li C H,Yu H,Lü D G,et al. Influences of different interstocks on photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics in leaves of Yueguan apple under alternation of drying and wetting [J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2021,49(2):108-114.
- [27] 杨文渊,谢红江,陶 炼,等. 川西高海拔不同生态区金冠苹果光合特性研究 [J]. 西南农业学报,2016,29(6):1291-1295.  
Yang W Y,Xie H J,Tao L,et al. Research on photosynthesis of ‘Golden Delicious’ apple in 4 different ecological zones of western Sichuan plateau [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2016,29(6):1291-1295.
- [28] 谢红江,陶 炼,杨文渊,等. 川藏高海拔不同生态区苹果叶肉细胞叶绿体超微结构的比较 [J]. 果树学报,2016,33(2):164-171.  
Xie H J,Tao L,Yang W Y,et al. Comparison of chloroplast ultrastructure of ‘Golden Delicious’ apple leaves in different ecological regions of high attitude areas in Sichuan-Tibet [J]. Journal of Fruit Science,2016,33(2):164-171.
- [29] 董 瑜,田 昆,郭绪虎,等. 不同区域气候条件影响下的纳帕海湿地植物叶绿素荧光特性 [J]. 生态环境学报,2013,22(4):588-594.  
Dong Y,Tian K,Guo X H,et al. Impacts of regional climate change on chlorophyll fluorescence characteristics of plateau wetland plants in Napahai, Yunnan China [J]. Ecology and Environmental Sciences,2013,22(4):588-594.
- [30] 吕三三,杜国栋,刘志琨,等. 覆草对苹果叶片显微结构及光系统功能的影响 [J]. 中国农业科学,2015,48(1):130-139.  
Lü S S,Du G D,Liu Z K,et al. Effects of orchard mulching grass on the microstructure and function of photosystem in apple leaves [J]. Scientia Agricultura Sinica,2015,48(1):130-139.