

鱼腥草幼苗叶片结构和光合荧光特性对不同光质的响应

钟军¹, 张寒¹, 熊兴耀^{2,3*}

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南农业大学园林园艺学院, 湖南 长沙 410128; 3.中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要:以4种不同光质(红光、蓝光、黄光、绿光)为光源(白光为对照), 研究出苗后30 d和60 d的鱼腥草幼苗叶片结构和光合荧光特性对不同光质的响应。结果表明:与CK相比, 黄光、蓝光、红光处理下鱼腥草幼苗的叶片厚度及叶片的上表皮、下表皮、栅栏组织、海绵组织厚度均有不同程度的增加, 而绿光处理下的却表现为降低; 与30 d的幼苗相比, 60 d幼苗的叶片厚度在蓝光处理下的增幅最大; 蓝光处理下鱼腥草幼苗叶片的叶绿素a、叶绿素b和叶绿素总含量均表现最高, 白光处理的次之, 绿光处理的最小; 在不同光质下, 幼苗叶片的光合速率呈显著性差异; 蓝光处理下的光合荧光参数(F_0 、 F_m 、 qP 和 NPQ)均大于白光处理的, 说明蓝光处理最有利于鱼腥草叶片结构和光合荧光特性的改善。

关键词:鱼腥草; 光质; 叶片结构; 光合荧光特性

中图分类号: Q949.732.2; Q945

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2018)06-0592-05

Response of leaf structure and photosynthetic fluorescence characteristics of *Houttuynia cordata* Thund. seedlings to different lights

ZHONG Jun¹, ZHANG Han¹, XIONG Xingyao^{2,3*}

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.College of Horticulture & Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 3.Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: To understand the response of leaf structure and photosynthetic characteristics of seedlings to different light, we apply four LED lights, red, blue, yellow, green as the light source to 30 d and 60 d *Houttuynia cordata* Thund. Seedlings. Compared with that treated by white light (CK), the leaf structure under yellow light, blue light and red light treatments showed advantages in leaf thickness, upper epidermis and lower epidermis thickness, palisade tissue and spongy tissue thickness, while that treated by green light displayed disadvantages. And compared with 30 d seedlings growth, the increment of leaf structure on 60 d seedlings by blue light was most among all the treatments. The increment of mount of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll under the blue light treatment was the highest followed by the treatments of white, yellow, red, and green light. Seedling leaf photosynthetic rate showed significant differences under different lights, the photosynthetic fluorescence parameters (F_0 , F_m , qP and NPQ) of seedlings under blue light treatment were greater than those of white light treatment, which indicated blue light treatment was most suitable for enhancing leaf structure and photosynthetic fluorescence characteristics of *Houttuynia cordata* Thund.

Keywords: *Houttuynia cordata* Thund; light quality; leaf structure; photosynthesis fluorescence characteristic

光质对植物幼苗的生长发育意义重大, 它参与幼苗的光合代谢, 调控光形态建成, 影响植物的气孔运动^[1]、生长发育^[2]、器官结构^[3]、叶绿体结构^[4]、

光合色素^[5-6]与光合特性^[7]。红光处理有利于提高叶绿素含量、光合速率和蒸腾速率^[8]; 蓝光处理能增加幼苗叶片叶绿素a的含量, 提高叶绿素a与叶绿素b的

比例；黄光和绿光处理会导致幼苗徒长，质量品质下降^[9-11]。总之，不同光质触发相应的光受体能引起细胞分化以及结构和功能的改变，影响幼苗根、茎、叶等器官组织生长发育的方向^[12]。根据幼苗生长的需要，利用不同单色光或不同单色光按一定比例相互搭配，均可以达到壮苗齐苗的生产目的^[13]。

鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.)学名蕺菜，是宿根性多年生草本植物，已被国家卫生部确定为药食两用植物^[14-16]。本试验以白光及单色光谱(包括红光、蓝光、黄光、绿光)为光源，探索鱼腥草幼苗的叶片结构特征和光合特性对不同光质调控的响应，旨在为鱼腥草产品的开发和植物资源的有效利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

白玉鱼腥草由湖南怀化正清制药股份有限公司提供。

1.2 试 验 设 计

试验于2015年10月在湖南农业大学温室大棚内进行。种植地pH6.06，有机质含量1.685%，碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为136.24、36.94、114.21 mg/kg；小区面积10 m²(5 m×2 m)，3次重复，15个小区。

以4种光源(红光、蓝光、黄光、绿光)进行处理，白光为对照(光源为市售直管T5型荧光灯)；光照培养架为钢架结构，培养架内层用镀铝反光膜，外层以黑色遮光材料隔离；光源置于培养架顶部，距鱼腥草植株约40 cm；每个小区放置2个灯源，总光照度为5 560 lx；光照时间为每天光照13 h，黑暗11 h；室内培养温度为20 ℃。

1.3 测 定 项 目 与 方 法

分别于鱼腥草出苗后30 d和60 d，观察叶片显微结构，测定叶片光合特性。

1.3.1 叶 片 显 微 结 构 的 观 测

每个处理选取同一叶位的鱼腥草叶片(1.0 cm×0.5 cm)，固定于FAA(福尔马林-乙酸-乙醇)试液内24 h，抽气，按常规方法脱水、透明、包埋、切片、烤片，切片厚度为11 μm，番红-固绿双重染色，中性树脂封固封片，用光学显微镜(BH51型Olympus)

观察拍照，测量叶片厚度、上表皮厚度、下表皮厚度、栅栏组织厚度和海绵组织厚度。

1.3.2 叶 片 光 合 特 性 的 测 定

每个处理采集相同部位的2片叶片，剪碎后称取0.2 g放入试管，加20 mL 80%的丙酮，黑暗条件下浸泡24~36 h，期间振荡2~3次至叶片表皮完全变白，用UV-160型分光光度计分别测定663 nm、645 nm波长下的吸光值。

采用LI-6400型便携式光合仪在不同光质处理下测定倒三叶的叶片光合速率、胞间CO₂浓度、气孔导度、蒸腾速率^[17]。

以上测定项目，每次测5株，3次重复，结果取平均值。

1.4 数 据 处 理

采用 Excel 2010 软件处理数据；用 DPS 9.50 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 鱼腥草叶片显微结构对不同光质的响应

2.1.1 不 同 光 质 对 叶 片 厚 度 的 影 响

由图1可知：与CK处理相比，经黄光、蓝光、红光处理30 d后，幼苗叶片厚度分别增加12.64%、6.90%、4.60%，而经绿光处理后叶片厚度降低13.79%，其中蓝光和红光处理间的差异不显著，黄光处理与其他光质处理间的差异均达到了显著水平；蓝光、黄光、红光处理60 d后的幼苗叶片厚度分别提高20.21%、10.64%、9.57%，而经绿光处理后厚度降低11.70%，除黄光和红光处理间的差异不显著外，其他光质处理间的差异均达到了显著水平。

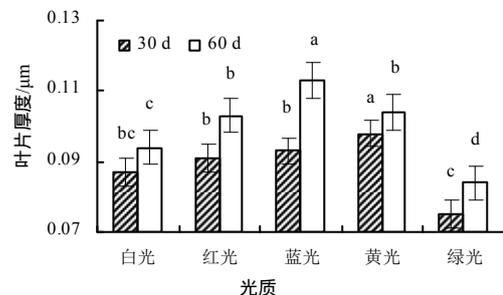


图 1 不同光质处理的鱼腥草幼苗叶片厚度

Fig.1 Leaf thickness of *Houttuynia cordata* seedlings on different light quality

与30 d的幼苗相比，60 d不同光质处理下叶片厚度均有所增加，增加程度由强至弱依次为蓝光

(21.51%)、红光(13.19%)、绿光(10.67%)、白光(8.05%)、黄光(6.12%)。

2.1.2 不同光质对叶片上表皮厚度的影响

由图 2 可知：与 CK 处理相比，经黄光、红光、绿光、蓝光处理 30 d 后，幼苗叶片上表皮厚度分别增加 33.33%、25.93%、22.22%、18.52%，且与 CK 间的差异均达到了显著水平；处理 60 d 后，上表皮厚度也均有增加，且黄光处理与 CK 间的差异达显著水平。

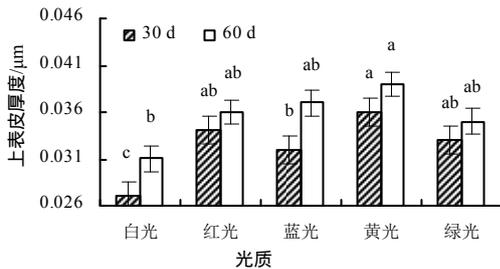


图 2 不同光质处理的鱼腥草幼苗叶片上表皮厚度

Fig.2 Upper epidermis thickness of *Houttuynia cordata* seedlings on different light quality

与 30 d 的幼苗相比，60 d 不同光质处理下的叶片上表皮厚度均有增加，增加率由大到小依次为蓝光(15.63%)、白光(14.81%)、黄光(8.33%)、绿光(6.06%)、红光(5.88%)。

2.1.3 不同光质对叶片下表皮厚度的影响

由图 3 可知：与 CK 处理相比，经 30 d 黄光处理后，叶片下表皮的厚度有所增加，其他 3 种光质处理后，叶片下表皮的厚度均降低，且红光和绿光处理的降低程度与 CK 处理间差异达显著水平。经 4 种光质处理 60 d 后，除绿光处理使叶片下表皮的厚度降低外，其他 3 种光质处理均使叶片下表皮的厚度增加。

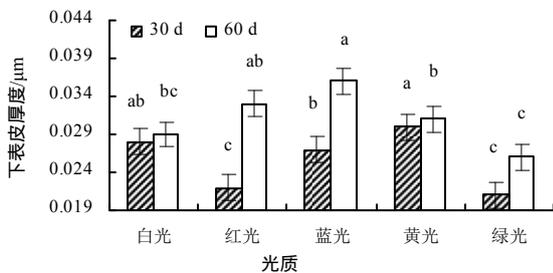


图 3 不同光质处理的鱼腥草幼苗叶片下表皮厚度

Fig.3 Lower epidermis thickness of *Houttuynia cordata* seedlings on different light quality

与 30 d 的幼苗相比，60 d 不同光质处理下叶片下表皮厚度的增加率由大到小依次为红光

(65.00%)、蓝光(33.33%)、绿光(23.81%)、白光(3.57%)、黄光(3.33%)。

2.1.4 不同光质对叶片栅栏组织厚度的影响

由图 4 可知：与 CK 处理相比，经 30 d 绿光处理后叶片栅栏组织厚度降低 26.32%；其他 3 种光质处理的厚度均增加，且蓝光处理与 CK 的差异达显著水平。经 4 种光质处理 60 d 后，除绿光处理使叶片栅栏组织的厚度降低外，其他 3 种光质处理均使栅栏组织的厚度增加，但 4 种光质处理与 CK 间的差异均不显著。

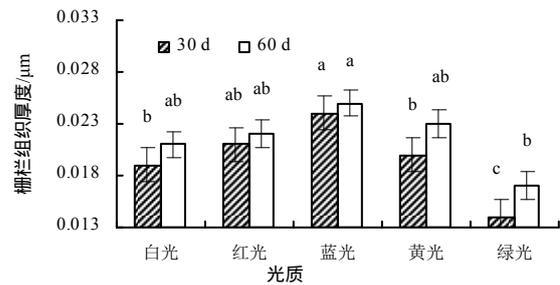


图 4 不同光质处理的鱼腥草叶片栅栏组织厚度

Fig.4 Palisade tissue thickness of *Houttuynia cordata* seedlings on different light quality

与 30 d 的幼苗相比，60 d 不同光质处理下的栅栏组织厚度的增加率由大到小依次为绿光(21.43%)、黄光(15%)、白光(10.52%)、红光(4.76%)、蓝光(4.17%)。

2.1.5 不同光质对叶片海绵组织厚度的影响

由图 5 可知：与 CK 处理相比，经黄光、绿光、蓝光处理 30 d 后，幼苗叶片的海绵组织厚度分别降低 7.69%、15.38%和 23.08%；而经红光处理后海绵组织厚度增加 23.08%，且与其他处理间的差异均达显著水平。经 4 种光质处理 60 d 后，红光和蓝光处理使海绵组织厚度增加，黄光和绿光处理使海绵组织厚度降低。

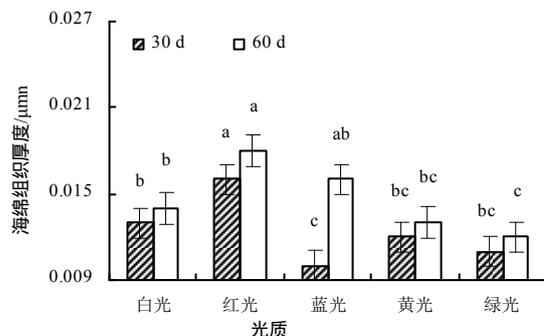


图 5 不同光质处理的鱼腥草幼苗叶片海绵组织厚度

Fig.5 Spongy tissue thickness of *Houttuynia cordata* seedlings on different light quality

与 30 d 的幼苗相比,60 d 不同光质处理下的海绵组织厚度的增加率依次为蓝光(60%)、红光(12.5%)、绿光(9.09%)、黄光(8.33%)、白光(7.69%)。

综上所述,不同光质处理的鱼腥草幼苗叶片厚度及上表皮、下表皮、栅栏组织和海绵组织的厚度发生了变化,大多数情况下,红光、蓝光和黄光处理有利于叶片、上表皮、下表皮、栅栏组织和海绵组织厚度的增加,而绿光处理则相反。

2.2 鱼腥草叶片光合特性对不同光质的响应

2.2.1 鱼腥草幼苗叶绿素对不同光质的响应

由表 1 可知:与 CK 相比,叶绿素 a 含量在红光和绿光处理下显著降低,分别降低了 28.57%和 42.86%;在蓝光和黄光下分别增加了 39.28%和 17.86%。叶绿素 b 含量在红光和绿光下变化不显著,分别降低了 6.45%和 3.22%;在蓝光处理下极显著增加。叶绿素 a+叶绿素 b 含量在红光和绿光下分别降低了 20.69%和 24.14%,在蓝光和黄光下分别增加了 49.42%和 27.59%,且蓝光处理与 CK 的差异达显著水平。不同光质处理下,叶绿素 a/叶绿素 b 都下降,其中绿光处理与 CK 的差异达显著水平。叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量在蓝光下最高,黄光、白光处理的次之,绿光处理的最小,说明蓝光促进叶绿素的合成效果最显著。

表 1 不同光质处理鱼腥草幼苗的叶绿素含量

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a+叶绿素 b	叶绿素 a/叶绿素 b
CK	0.56ab	0.31b	0.87b	1.81a
红光	0.40b	0.29b	0.69b	1.38ab
蓝光	0.78a	0.52a	1.30a	1.50ab
黄光	0.66ab	0.45ab	1.11ab	1.47ab
绿光	0.32b	0.30b	0.62b	1.07b

同列不同小写字母示差异显著($P < 0.05$)。

2.2.2 鱼腥草幼苗叶绿素荧光参数对不同光质的响应

由表 2 可知:与 CK 相比,经不同光质处理后,鱼腥草幼苗的初始荧光值(F_0)均有提高,其中经黄光和绿光处理的呈显著性提高;经蓝光和红光处理的最大荧光值(F_m)较对照提高,而经黄光和绿光处理的较对照降低,说明蓝光有利于电子传递而绿光

则有抑制效应;可变荧光值(F_m-F_0)在蓝光处理下有所提高,而在黄光和绿光处理下降低;黄光和绿光处理下,最大量子效率(F_v/F_m)呈降低趋势,说明黄光、绿光对鱼腥草的生长产生了一定程度的胁迫作用;在红光和蓝光处理下,光化学淬灭系数(qP)均有所提高,黄光和绿光处理的显著降低,说明黄光、绿光能抑制鱼腥草光化学电子传递及光合活性;在蓝光和绿光处理下,非光化学淬灭系数(NPQ)有所提高,而经红光和黄光处理的有所降低,说明蓝光、绿光处理有助于提高鱼腥草利用多余光能产热的能力。

表 2 不同光质处理鱼腥草幼苗的叶绿素荧光参数

Table 2 The chlorophyll fluorescence index of *Houttuynia cordata* seedlings to different light quality

处理	F_0	F_m	F_m-F_0	F_v/F_m	qP	NPQ
CK	312.9b	1 273.9ab	961.0ab	0.754a	0.22a	1.91ab
红光	362.6ab	1 301.9a	939.3ab	0.721a	0.27a	1.73b
蓝光	343.7b	1 346.2a	1 002.5a	0.745a	0.29a	2.29a
黄光	398.1a	1 243.8ab	845.7b	0.680ab	0.16b	1.66b
绿光	402.3a	1 197.2b	794.9b	0.664ab	0.19b	2.16a

同列不同小写字母示差异显著($P < 0.05$)。

2.2.3 鱼腥草幼苗光合参数对不同光质的响应

由表 3 可知:不同光质处理下,鱼腥草幼苗叶片的光合速率值表现明显差异,白光下光合速率最高,其后依次为黄光、蓝光、红光和绿光;绿光下光合速率只有白光的 57.21%,说明绿光不利于幼苗的光合作用。不同光质处理的胞间 CO_2 浓度有差异,以对照处理的最高,绿光处理的最小。气孔导度以对照处理的最高,其后依次为红光、蓝光、黄光和绿光。蒸腾速率以对照处理的最高,其后依次为黄光、红光、蓝光和绿光,说明白光处理的叶片代谢活性及适应逆境的能力均较强,绿光处理的最弱。

表 3 不同光质处理鱼腥草幼苗的光合参数

Table 3 The photosynthesis index of *Houttuynia cordata* seedlings to different light quality

处理	光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	气孔导度/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$)
CK	8.32a	498a	0.08	1.68a
红光	6.59b	423ab	0.07	1.27ab
蓝光	6.66b	323b	0.06	0.66b
黄光	8.21a	436ab	0.05	1.43ab
绿光	4.76c	285b	0.04	0.56b

同列不同小写字母示差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

本试验结果表明:红光、蓝光和黄光处理能促进鱼腥草幼苗叶片厚度、叶片上表皮厚度、下表皮厚度、栅栏组织厚度和海绵组织厚度的提升,而绿光处理则抑制厚度的增加,这与张超等^[18]的研究结论一致。在蓝光处理下,叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素 a+叶绿素 b 含量均为最大值,说明蓝光有利于鱼腥草幼苗叶片叶绿素含量的提高,这与王丽伟等^[19]研究结果一致。荧光参数的测定结果表明,蓝光有利于电子传递,而绿光则有抑制效应;黄光、绿光对鱼腥草的生长产生了一定程度的抑制;白光、红光、蓝光能够提高鱼腥草光化学电子传递的光能比例及光合活性,而黄光、绿光则有抑制效应;蓝光、绿光提高了鱼腥草利用多余光能产热的能力。

李承志等^[20]的研究表明,蓝光或红光照射下白菜、萝卜的光合速率及产量明显高于白光处理。乌塌菜的光合速率、气孔导度和蒸腾速率均以红光处理最高,蓝光处理下有较高的气孔导度及胞间 CO₂ 浓度^[21]。本试验结果表明:白光处理的鱼腥草叶片光合速率最高,其后依次为黄光、蓝光、红光、绿光(绿光处理的光合速率只有白光的57.21%);不同光质处理的胞间CO₂浓度有差异,但各处理间差异不显著,以白光处理的最高,绿光处理的最小;蒸腾速率以白光(对照)处理的最高,绿光处理的最低。这些差异可能与物种有关,表明不同作物种类及品种对光质效应的响应存在差异。

参考文献:

- [1] 胡昌盛. 鱼腥草的药用价值与种植技术[J]. 福建农业, 2015(7): 131-132.
- [2] 秦玉芝, 覃丽, 何长征, 等. 遮光处理对马铃薯农艺性状和产量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2017, 43(1): 1-6.
- [3] 孙谦, 胡中海, 孙志高, 等. 鱼腥草的生物活性及其机理研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 354-358.
- [4] 张晓龙, 张申, 杨小强, 等. 不同光照条件对黄瓜幼苗的生理响应[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2012, 40(6): 90-93.
- [5] 何蔚, 杨振超, 蔡华, 等. 光质调控蔬菜作物生长和形态研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(2):

9-18.

- [6] 郭银生, 张晓燕, 邬奇, 等. 光质对‘抗优63’杂交水稻幼苗器官结构及光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(2): 38-44.
- [7] 王通明, 陈伟, 潘文杰, 等. 有机肥和化肥对烟叶气体交换、叶绿素荧光特性及叶绿体超微结构的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 517-526.
- [8] 李雯琳, 郁继华, 张国斌, 等. LED光源不同光质对叶用莴苣幼苗叶片气体参数和叶绿素荧光参数的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2010, 45(1): 47-51, 115.
- [9] 李卫星, 蒋菲, 马江黎, 等. 银杏斑叶超微结构观察及叶绿素含量分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2016, 37(1): 103-107.
- [10] 刘庆, 连海峰, 刘世琦, 等. 不同光质LED光源对草莓光合特性、产量及品质的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1743-1750.
- [11] 林碧英, 张瑜, 林文章. 不同光质对豇豆幼苗光合特性和若干生理生化指标的影响[J]. 热带作物学报, 2011, 32(2): 235-239.
- [12] 蒲高斌, 刘世琦, 刘磊, 等. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 420-425.
- [13] 周成波, 张旭, 刘彬彬, 等. 补光光质对叶用莴苣光合特性的影响[J]. 植物生理学报, 2015, 51(12): 2255-2262.
- [14] 顾少敏, 张龙. 光调控在设施园艺的生产应用[J]. 现代园艺, 2013(18): 154.
- [15] 郑洁, 胡美君, 郭延平. 光质对植物光合作用的调控及其机理[J]. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1619-1624.
- [16] 朱舟, 董向亚, 郑书河. 基于作物光照需求的温室光调控系统[J]. 农机化研究, 2016, 38(2): 192-196.
- [17] 马慧丽, 吕德国. 光照条件对‘寒富’苹果叶片结构和光合特性的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(7): 1927-1932.
- [18] 张超, 杨晓盆, 王文梅, 等. 不同光质对美国红栎叶片结构的影响[J]. 山西林业科技, 2008(1): 4-6.
- [19] 王丽伟, 李岩, 辛国凤, 等. 不同比例红蓝光对番茄幼苗生长和光合作用的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1595-1602.
- [20] 李承志, 廉世勋, 张华京, 等. 光合仿生农膜的作物栽培试验[J]. 湖南农业科学, 2001(5): 22-23.
- [21] 陈祥伟, 刘世琦, 王越, 等. 不同LED光源对乌塌菜生长、光合特性及营养品质的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(7): 1955-1962.

责任编辑: 毛友纯

英文编辑: 柳正