

不同生育期桔梗对湿害胁迫的生长响应及耐湿性评价

欧泉, 马云桐*, 王准, 毛胜楠, 杨淑茗

(成都中医药大学药学院, 中药资源系统研究与开发利用省部共建国家重点实验室培育基地, 四川成都 611137)

摘要 [目的]研究不同生育期桔梗对湿害逆境的生长指标响应。[方法]分别在苗期、拔节期、花期、果期对桔梗进行湿害处理,测定株高、主茎粗度、最大叶长、最大叶宽、分枝数、地上干重、地下鲜重、地下干重、总皂苷含量,比较4个生育期中生长指标的耐湿性差异。[结果]湿害处理下,不同生育期桔梗生长指标响应有所差异,耐湿性不同,拔节期耐湿性最弱。[结论]该研究为指导桔梗大田栽培提供理论依据。

关键词 桔梗;生育期;生长指标;耐湿性**中图分类号** S567.23*9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)07-0109-03**Growth Response and Tolerance to Waterlogging Stress of *Platycodon grandiflorum* at Different Growth Stages**

OU Quan, MA Yun-tong*, WANG Zhun et al (The Breeding Base of State Key Laboratory of Resources Systems Research and Development Utilization of Chinese Herbal Medicines Constructed by the Ministry of Science and Technology and Sichuan Province, Pharmacy College, Chengdu University of TCM, Chengdu, Sichuan 611137)

Abstract [Objective] To study the effect of waterlogging stress on growth indexes of *Platycodon grandiflorum* at different growth stages. [Method] With the continuous waterlogging stress treatment to *P. grandiflorum* at seedling stage, jointing stage, flowering stage and fruit stage, plant height, stem diameter, maximum leaf length and width, number of branches, fresh mass on the ground, fresh mass and dry mass of underground part and content of total saponin were determined, and the differences of waterlogging tolerance were compared. [Result] With the continuous waterlogging stress treatment, the growth indexes varied in different growth stages and the tolerance to waterlogging stress was different. At the jointing stage, *P. grandiflorum* had the worst waterlogging tolerance. [Conclusion] The study provided a theoretical basis for guiding the field cultivation of *P. grandiflorum* under waterlogging stress.

Key words *Platycodon grandiflorum*; Growth stages; Growth indexes; Waterlogging tolerance

桔梗 [*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC.] 为桔梗科植物,干燥的根为传统大宗药材;具有宣肺、利咽、祛痰、排脓的功效^[1]。桔梗尚有食用、观赏多种用途,出口日本、韩国等多个地区。商品桔梗以内蒙古、山东、安徽、江苏、四川等省(区)产量较大,南北皆可种植^[2]。

湿害胁迫下,植物根系因缺氧而生长受限,造成其生理代谢紊乱,进而对植株生长发育进程造成一系列损伤^[3-5]。在桔梗大田栽培过程中,长期水湿条件下,桔梗叶片逐渐卷曲,根部腐烂,并发根腐病等,影响其生长发育进程,最终导致桔梗品质及产量的下降^[6-7]。当前,关于水湿逆境条件下桔梗的生理响应变化鲜见报道。该试验依据桔梗不耐水湿特性,结合四川地区多湿多雨特点,对水湿逆境下桔梗的生长指标变化进行研究,并做差异性评价,为建立川桔梗大田栽培管理规范提供理论参考。

1 材料与方

1.1 试验材料与处理 于2015年10月份自四川省安岳县采集二年生桔梗种子,经成都中医药大学中药资源教研室马云桐教授鉴定,播种于成都中医药大学温室内。试验于2016年3—10月进行。3月份选择颗粒饱满桔梗种子浸于50℃温水中搅拌至凉,放置12h后条播于70cm×40cm×25cm规格大型塑胶盆中。播种基质为壤土,其土壤饱和持水量(环刀法测定)为349.92g/kg,田间持水量为186.03g/kg。播后参照大田土壤含水量,定期浇水维持盆内土壤含水量

(烘干法测定)在18%左右^[8]。待桔梗苗长至3对真叶全展时,进行间苗,保持株距8cm、行距16cm,每盆定苗24株,对照(CK)、处理(T)各3次重复。分别于5月21日(苗期)、6月16日(拔节期)、7月6日(花期)、8月11日(果期)进行试验处理,对照、处理组各随机选取10株大小一致的桔梗挂牌标记,进行后续生长指标测定。处理组模拟湿害状态,每日早晚大量灌水维持其土壤吸水达到饱和状态,对照组每周浇水2~3次,维持土壤含水量在18%左右。处理组持续湿害胁迫15d后进行相关形态学参数测定。

1.2 测定指标及方法 湿害胁迫期间,每日观察桔梗生长变化。湿害处理下,各生育期桔梗于胁迫15d后测定各组所标记桔梗株高、分枝数、主茎粗度(茎基部第1对真叶上部节间直径)、最大叶片长度、最大叶片宽度。在果期组处理结束后,统一挖取各生育期处理及对照桔梗并清洗,吸水纸擦干表面水后进行地上部分鲜重、地下部分鲜重称量。最后置于105℃烘箱杀青后,80℃烘至恒量进行地上部分干重^[9]、地下部分干重测定。因果期结束后地上茎秆部分干枯,故地上部分鲜重未予测定。果期对照组及各生育期处理组桔梗根部总皂苷含量采用石俊英等^[10]方法测定。

1.3 数据处理 生长指标各数据采用SPSS 19.0及Excel进行相关处理分析。采用隶属函数法对不同生育期桔梗的生长指标进行综合评价,判定其耐湿性强弱。针对不同时期供试桔梗,为消除各时期基础性状差异产生的影响,对各测定项一律采用相对值(即耐湿性系数 α)进行相关计算分析。

$$\alpha = \text{湿害处理测定值} / \text{对照测定值} \times 100\%$$

$$\text{各指标隶属函数值: } U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中, X_{\min} 为第*i*个综合指标的最小值; X_{\max} 为第*i*个综合指标

基金项目 四川省科技厅“三区”人才计划(319-622)。**作者简介** 欧泉(1990—),男,河南浙川人,硕士研究生,研究方向:中药栽培。*通讯作者,教授,博士,博士生导师,从事中药资源与开发研究。**收稿日期** 2017-01-19

的最大值^[11]。

2 结果与分析

2.1 湿害胁迫下桔梗生长指标变化及其耐湿性指数 对照组桔梗正常浇水下,各植株生长状况良好。4个阶段供试材料因生育期不同而呈现出一定程度的基础性状差异。就4个生长阶段的供试桔梗而言(表1),湿害处理下,其主茎增粗,分枝数增多,最大叶长及最大叶宽均有所增加。同时,地下部分干重与地上部分干重呈下降趋势,而株高与地下鲜重则在不同生育期内表现出上升与下降2种现象^[12-13]。此

外,相比于对照组,各生育期处理组桔梗根部总皂苷含量均有不同程度下降现象。

结合各生长指标耐湿性指数(表2)可知,对各不同生育期桔梗生长指标而言,湿害促进了多数供试材料地上部分生长,对地下部分则表现出一定的抑制作用,其中对最大叶长、最大叶宽及桔梗总皂苷含量影响较为显著。可见,湿害胁迫下,多数供试材料通过降低根冠比来适应逆境伤害,不同生育期桔梗生长受胁迫影响程度不同,表明其耐湿性存在一定差异。

表1 湿害处理下桔梗生长指标变化

Table 1 The change of growth index of *P. grandiflorum* under waterlogging stress

| 时期 Stage | 组别 Group | 株高 Plant height cm | 主茎粗度 Stem diameter mm | 分枝数 Branch number//个 | 最大叶长 Maximum leaf length cm | 最大叶宽 Maximum leaf width cm | 地下鲜重 Underground fresh weight g | 地下干重 Underground dry weight g | 地上干重 Aboveground dry weight g | 总皂苷 Total saponins % |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|-------------------------------|
| 苗期 Seedling stage | 对照 | 16.150 | 1.919 | 0.800 | 5.980 | 3.350 | 12.609 | 3.527 | 1.192 | 2.627 |
| | 处理 | 14.700 | 2.264 | 3.200 | 7.350** | 4.070* | 10.819 | 2.428** | 1.096 | 1.033** |
| 拔节期 Jointing stage | 对照 | 30.400 | 2.552 | 2.600 | 6.130 | 3.440 | 12.609 | 3.527 | 1.192 | 2.627 |
| | 处理 | 34.200 | 2.640 | 4.000 | 7.870** | 4.050** | 8.257* | 2.049** | 0.658** | 2.411* |
| 花期 Flowering stage | 对照 | 34.800 | 2.889 | 3.600 | 6.170 | 3.580 | 12.609 | 3.527 | 1.192 | 2.627 |
| | 处理 | 40.450** | 3.245 | 5.100 | 7.490** | 4.150** | 10.661 | 2.804 | 0.979 | 2.077* |
| 果期 Fruit stage | 对照 | 35.200 | 3.192 | 7.100 | 6.730 | 3.790 | 12.609 | 3.527 | 1.192 | 2.627 |
| | 处理 | 42.100** | 3.909* | 15.520 | 7.760* | 4.260* | 13.574 | 2.956 | 1.001 | 1.610** |

注:*表示差异显著($P < 0.05$),**表示差异极显著($P < 0.01$)

Note:* stands for significant difference($P < 0.05$),** stands for extremely significant difference($P < 0.01$)

表2 湿害处理下桔梗生长指标耐湿性指数

Table 2 Waterlogging tolerance of growth index of *P. grandiflorum* under waterlogging stress

| 生育期 Growth period | 株高 Plant height | 主茎粗度 Stem diameter | 分枝数 Branch number | 最大叶长 Maximum leaf length | 最大叶宽 Maximum leaf width | 地下鲜重 Underground fresh weight | 地下干重 Underground dry weight | 地上干重 Aboveground dry weight | 总皂苷 Total saponins |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 苗期 Seedling stage | 0.910 | 1.180 | 4.000 | 1.229 | 1.215 | 0.858 | 0.688 | 0.919 | 0.393 |
| 拔节期 Jointing stage | 1.125 | 1.034 | 1.538 | 1.284 | 1.177 | 0.655 | 0.581 | 0.552 | 0.918 |
| 花期 Flowering stage | 1.162 | 1.123 | 1.417 | 1.214 | 1.159 | 0.846 | 0.795 | 0.821 | 0.791 |
| 果期 Fruit stage | 1.196 | 1.225 | 2.186 | 1.153 | 1.124 | 1.077 | 0.838 | 0.840 | 0.613 |

2.2 湿害胁迫下桔梗各生长指标耐湿性指数的相关性分析 从表3可看出,地下鲜重与主茎粗度呈显著正相关;最大叶宽与株高、最大叶长与地下干重、最大叶长与主茎粗度、分枝数与总皂苷含量之间呈显著负相关;最大叶长与地下鲜

重呈极显著负相关。因此,可由叶片长宽、主茎粗细对桔梗地下部分生长状况进行预估,由分枝数对桔梗总皂苷含量进行预测。此外,可采用适当措施调节根冠比,抑制叶片、分枝数等地上部分生长,进而促进桔梗地下部分干质量(产量)的

表3 湿害处理下桔梗生长指标耐湿性指数相关性分析

Table 3 Correlation analysis on waterlogging tolerance of growth index of *P. grandiflorum* under waterlogging stress

| 生长指标 Growth indicator | 株高 Plant height | 主茎粗度 Stem diameter | 分枝数 Branch number | 最大叶长 Maximum leaf length | 最大叶宽 Maximum leaf width | 地下鲜重 Underground fresh weight | 地下干重 Underground dry weight | 地上干重 Aboveground dry weight | 总皂苷 Total saponins |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 株高 Plant height | 1.000 | | | | | | | | |
| 主茎粗度 Stem diameter | -0.098 | 1.000 | | | | | | | |
| 分枝数 Branch number | -0.886 | 0.523 | 1.000 | | | | | | |
| 最大叶长 Maximum leaf length | -0.334 | -0.902* | -0.104 | 1.000 | | | | | |
| 最大叶宽 Maximum leaf width | -0.919* | -0.289 | 0.632 | 0.659 | 1.000 | | | | |
| 地下鲜重 Underground fresh weight | 0.227 | 0.947* | 0.229 | -0.989** | -0.582 | 1.000 | | | |
| 地下干重 Underground dry weight | 0.418 | 0.782 | -0.066 | -0.943* | -0.662 | 0.892 | 1.000 | | |
| 地上干重 Aboveground dry weight | -0.385 | 0.864 | 0.642 | -0.681 | 0.077 | 0.713 | 0.678 | 1.000 | |
| 总皂苷 Total saponins | 0.692 | -0.786 | -0.932* | 0.446 | -0.358 | -0.546 | -0.300 | -0.857 | 1.000 |

注:*表示显著相关($P < 0.05$),**表示极显著相关($P < 0.01$)

Note:* stands for significant difference($P < 0.05$),** stands for extremely significant difference($P < 0.01$)

增加,并调控其品质(总皂苷含量)变化。

2.3 湿害胁迫下桔梗各生长指标的隶属函数分析 以株高、主茎粗度、分枝数、最大叶长、最大叶宽、地下鲜重、地下

干重、地上干重、总皂苷含量共计9项生长指标的耐湿性指数为依据,进行隶属函数分析,计算各指标隶属函数值,结果见表4。综合各指标隶属函数值分别求得湿害处理下桔梗在

苗期、拔节期、花期、果期的平均隶属函数得分,得到各生育期的耐湿性从强到弱依次为果期、苗期、花期、拔节期,即对

生长指标而言,桔梗在果期耐湿性最强,苗期、花期次之,拔节期耐湿性最弱。

表 4 湿害处理下桔梗各生长指标隶属函数值

Table 4 Membership function value of each growth index of *P. grandiflorum* under waterlogging stress

| 生育期 Growth period | 株高 Plant height | 主茎粗度 Stem diameter | 分枝数 Branch number | 最大叶长 Maximum leaf length | 最大叶宽 Maximum leaf width | 地下鲜重 Underground fresh weight | 地下干重 Underground dry weight | 地上干重 Aboveground dry weight | 总皂苷 Total saponins | 均值 Mean |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|
| 苗期 Seedling stage | 0.000 | 0.764 | 1.000 | 0.582 | 1.000 | 0.482 | 0.418 | 1.000 | 0.000 | 0.583 |
| 拔节期 Jointing stage | 0.752 | 0.000 | 0.047 | 1.000 | 0.586 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.376 |
| 花期 Flowering stage | 0.882 | 0.467 | 0.000 | 0.466 | 0.387 | 0.452 | 0.832 | 0.734 | 0.758 | 0.553 |
| 果期 Fruit stage | 1.000 | 1.000 | 0.298 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.784 | 0.419 | 0.611 |

3 讨论

在遭受不利环境影响时,植物体最直观的反应是其外部形态上的变化,如叶片卷曲、皱缩和萎凋等。该试验中,在遭受湿害逆境后,各生育期桔梗均出现不同程度的叶片卷曲、叶色失绿状况,少部分植株出现地上部分萎蔫枯死现象。逆境条件下,植物体外在形态上的变化能直接反映其所受伤害的程度,是评价植物对逆境抗性强弱最直接和可靠的参考^[14]。湿害胁迫会改变植株正常的生长发育进程,湿害逆境下,植物生长量大小是衡量其耐湿性的重要指标。该研究中,不同生育期桔梗湿害处理后普遍表现出腋芽增多、分枝增加、主茎增粗、叶片加长加宽等地上部分生长加快的趋势。同时,地下部分质量则表现为下降趋势,即桔梗在水湿环境中表现出茎秆加速生长的避涝性^[15]。可见,湿害处理下,供试桔梗材料均出现地上部分加快生长、地下部分生长受到抑制的状况,即根冠比降低的现象^[16-19]。这可能是处于水湿环境下桔梗形态学上的一种生存保护机制。此外,各生育期桔梗地下部分总皂苷含量均不同程度低于对照组,表明湿害逆境对桔梗部分刺伤代谢产物生成有一定的抑制作用。

植物抗逆性是受诸多逆境相关因素影响的复杂数量性状^[20-21]。湿害胁迫下,不同生育期桔梗株高、分枝数、最大叶长叶宽等生长指标上存在不同程度正向或负向 2 种反应。采用其中任意一项单一指标评价湿害胁迫下的生理响应均不够全面客观。基于多指标评价的隶属函数分析法能够对比较复杂的数量性状做出相对客观准确的评价,此分析法已在苎麻、水稻等作物品种中有所应用^[22-23]。该试验对供试桔梗各生长指标耐湿性指数进行隶属函数分析,获得不同生育期桔梗生长指标耐湿性差异。

湿害胁迫下,桔梗会发生形态、生理、生化等一系列变化。该研究仅对生长指标进行分析:桔梗在果期耐湿性最强,苗期、花期次之,拔节期最差,可见在快速营养生长期(拔节期),桔梗对湿害响应最为敏感,应在此期间做好排水防涝工作。该试验为系统研究湿害胁迫下桔梗生长生理特性提

供参考,并为指导桔梗大田栽培管理提供理论依据。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2015:277.
- [2] 郭丽,张村,李丽,等. 中药桔梗的研究进展[J]. 中国中药杂志,2007,32(3):181-186.
- [3] 李玲,张春雷,张树杰,等. 渍水对冬油菜苗期生长及生理的影响[J]. 中国油料作物学报,2011,33(3):247-252.
- [4] 王琼,张春雷,李光明,等. 渍水胁迫对油菜根系形态与生理活性的影响[J]. 中国油料作物学报,2012,32(2):157-162.
- [5] 李浩杰,张雪花,蒲晓斌,等. 甘蓝型油菜对田间模拟湿害胁迫的生理响应[J]. 西南农业学报,2013,26(1):84-88.
- [6] 祝丽香,霍学慧,孙洪信,等. 桔梗连作对土壤理化性状和生物学性状的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(6):177-181.
- [7] 吴悦明,孙芙蓉,徐玉芳,等. 桔梗根腐病发生原因及防治措施研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2008,39(3):424-428.
- [8] 胡慧蓉,田昆. 土壤学实验指导教程[M]. 北京:中国林业出版社,2012.
- [9] 莫言玲,郑俊莺,杨瑞平,等. 不同西瓜基因型对干旱胁迫的生理响应及其抗旱性评价[J]. 应用生态学报,2016,27(6):1942-1952.
- [10] 石俊英,董其亭,巩丽丽,等. 不同产地桔梗中总皂苷成分与质量的相关性研究[J]. 山东中医药大学学报,2006,30(3):247-250.
- [11] 田治国,王飞,张文斌,等. 多元统计分析方法在万寿菊品种抗旱性评价中的应用[J]. 应用生态学报,2011,22(12):3315-3320.
- [12] TANG L, YING R R, JIANG D, et al. Impaired leaf CO₂ diffusion mediates Cd-induced inhibition of photosynthesis in the Zn/Cd hyperaccumulator *Pteris divaricata* [J]. Plant Physiol Bioch, 2013, 73(6):70-75.
- [13] 武维华. 植物生理学[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [14] 周广,孙宝腾,张乐华,等. 井冈山杜鹃叶片抗氧化系统对高温胁迫的响应[J]. 西北植物学报,2010,30(6):1149-1156.
- [15] 王宝山. 逆境植物生物学[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [16] 涂玉琴,汤洁,涂伟凤,等. 甘蓝型油菜与芜菁属间杂种后代的苗期耐湿性综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(4):895-902.
- [17] 李真,蒲圆圆,高长斌,等. 甘蓝型油菜 DH 群体苗期耐湿性的评价[J]. 中国农业科学,2010,43(2):286-292.
- [18] 周广生,梅方竹,周竹青,等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1378-1382.
- [19] 宋丰萍,胡立勇,周广生,等. 渍水时间对油菜生长及产量的影响[J]. 作物学报,2010,36(1):170-176.
- [20] 张智猛,万书波,戴良香,等. 花生抗旱性鉴定指标的筛选与评价[J]. 植物生态学报,2011,35(1):100-109.
- [21] 刘杜玲,张博勇,孙红梅,等. 早熟核桃不同品种抗寒性综合评价[J]. 园艺学报,2015,41(3):545-553.
- [22] 康万利,揭雨成,邢虎成. 10 个苎麻种质资源耐瘠性鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(6):1023-1030.
- [23] 胡标林,杨平,万勇,等. 东乡野生稻 BILs 群体苗期抗旱性综合评价及其遗传分析[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(2):249-256.

(上接第 108 页)

- [23] 许秋菊,侯莉莉,胡国强,等. 麦冬皂苷 B 诱导人宫颈癌 HeLa 细胞自噬的机制[J]. 药理学,2013,48(6):855-859.
- [24] TIAN Y Q, KOU J P, LI L Z, et al. Anti-inflammatory effects of aqueous

extract from radix *Liriope muscari* and its major active fraction and component[J]. Chinese journal of natural medicines, 2011, 9(3):222-226.

- [25] 余伯阳,殷霞,荣祖元,等. 短葶山麦冬皂苷 C 的药理活性研究[J]. 中国药科大学学报,1994,25(5):286-288.