

水分胁迫对茅苍术根茎生长及挥发油含量的影响

顾永华, 冯 煦, 夏 冰^①

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要: 通过控制茅苍术(*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.)不同生长期的土壤含水量,研究了轻度和重度干旱胁迫与涝渍胁迫对茅苍术根茎生长及挥发油含量的影响。结果表明,在不同生长期,茅苍术根茎生长和挥发油成分含量对不同土壤水分条件的反应不同,其中生殖生长期对水分胁迫较敏感,干旱和涝渍胁迫均会导致根茎生长量和挥发油含量下降。水分胁迫对茅苍术根茎生长量和挥发油含量的影响效应是一致的,导致根茎生长量显著下降的水分条件可使挥发油含量下降,对根茎生长量影响不显著的水分条件则有利于挥发油成分的积累。在果后期进行适当的涝渍胁迫(土壤含水量 35.5%~38.5%)有利于茅苍术根茎生长和挥发油含量的提高。

关键词: 茅苍术; 水分胁迫; 根茎生长; 挥发油含量

中图分类号: S567.21*1; Q945.78 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2008)03-0023-05

Effect of water stress on growth and essential oil content of *Atractylodes lancea* rhizome GU Yong-hua, FENG Xu, XIA Bing^① (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(3): 23-27

Abstract: The effects of stresses of light drought, strong drought and waterlogging on growth and essential oil content of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. rhizome were studied by controlling water content in soil during different growth stages. The results show that the response of growth and essential oil content of *A. lancea* rhizome to different water stresses is varied. During reproductive growth stage, *A. lancea* is more sensitive to water stress, and both drought and waterlogging can lead to decrease of the growth increment and essential oil content of rhizome. The effect of soil water stress on rhizome growth increment is consistent with that on essential oil content. The soil water condition causing decrease of the rhizome increment also leads to decrease of essential oil content, while the soil water condition having no evident effect on the rhizome increment is benefit to the accumulation of essential oil in *A. lancea* rhizome. The proper waterlogging (soil water content 35.5% - 38.5%) in the period from the end of reproductive growth stage to dormancy stage may be helpful to rhizome growth and can improve the essential oil content in *A. lancea* rhizome.

Key words: *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.; water stress; rhizome growth; essential oil content

茅苍术(*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.)是江苏道地药材之一。目前,有关苍术化学成分^[1-3]、药理作用^[4-7]及遗传多样性^[8-9]等方面的研究较多。通过研究,明确了苍术酮、 β -桉叶醇等成分是茅苍术根茎挥发油的主要成分^[1-3],这些成分具有健脾燥湿、利尿、抗毒保肝及抗缺氧等作用^[4-7]。

植物次生代谢物的含量与环境有很强的相关性和对应性^[10-13],中药材的道地性也与产地的环境因素有密切关系,其中土壤水分状况是重要的环境因子之一,既能够影响植物的生长,也可以影响植物体内次生代谢物的含量。在干旱胁迫条件下,喜树

(*Camptotheca acuminata* Decne.)幼苗叶片的喜树碱含量明显上升^[14-15];玉米(*Zea mays* L.)体内则会合成更多的萜烯醇和吲哚^[16]。人工栽培茅苍术现已成为苍术药材的主要来源,而要控制茅苍术的品质就需要了解环境因素对其生长及挥发油含量的影响,以便在栽培管理上采取相应的措施。但迄今为

收稿日期: 2007-12-19

基金项目: 江苏省科学技术厅资助项目(BM2006507);江苏省科技基础设施建设项目(BM2006104)

作者简介: 顾永华(1969—),男,江苏兴化人,硕士,助理研究员,主要从事植物栽培及植物与环境关系方面的研究。

^① 通讯作者 E-mail: bingxia@mail.cnbg.net

据非外标曲线回归方程及茅苍术各挥发油成分的峰面积,计算茅苍术各挥发油成分的含量。

1.3 数据处理

所得数据用 SPSS 10.0 软件进行统计分析。

2 结果和分析

2.1 不同生长期土壤水分胁迫对茅苍术存活率及根茎生长量的影响

在不同生长期及整个生长期中,水分胁迫对茅苍术存活率及根茎生长量的影响见表1。在各生长期或全生长期进行重度干旱胁迫(土壤含水量6.5%)均可导致茅苍术根茎生长量及存活率显著下降,其中在营养生长期及全生长期进行重度干旱胁迫对根茎生长量及存活率的影响最严重。与对照相比,果后期的轻度干旱胁迫(土壤含水量9.5%)对茅苍术根茎生长量及存活率无显著影响;生殖生长期的轻度干旱胁迫能使根茎生长量有一定程度的下降,但茅苍术的存活率与对照无显著差异;营养生长期及全生长期的轻度干旱胁迫均能使茅苍术根茎生长量及存活率显著下降。在生殖生长期进行涝渍胁迫(土壤含水量37.5%)处理会导致茅苍术根茎生长量及存活率显著下降;在营养生长期及全生长期进行涝渍胁迫处理可使根茎生长量显著增加,但

表1 不同生长期土壤水分胁迫对茅苍术存活率及根茎生长量(DW)的影响($\bar{X} \pm SD$)

Table 1 Effect of soil water stress on survival rate and rhizome increment (DW) of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. during different growth stages ($\bar{X} \pm SD$)

生长期 ¹⁾ Growth stage ¹⁾	土壤含水量/% Water content in soil	生长量/g Increment	存活率/% Survival rate
Y	5.0-8.0	2.02 ± 0.09	43.00 ± 5.29
S	5.0-8.0	2.09 ± 0.11	56.00 ± 6.00
G	5.0-8.0	2.09 ± 0.32	46.00 ± 1.00
Q	5.0-8.0	1.21 ± 0.16	34.00 ± 1.73
Y	8.0-11.0	2.68 ± 0.08	68.00 ± 2.00
S	8.0-11.0	2.92 ± 0.08	76.00 ± 4.00
G	8.0-11.0	3.69 ± 0.18	83.67 ± 4.51
Q	8.0-11.0	2.61 ± 0.24	66.00 ± 3.72
Y	35.5-38.5	4.62 ± 0.30	20.00 ± 4.36
S	35.5-38.5	1.98 ± 0.18	5.00 ± 0.00
G	35.5-38.5	5.00 ± 0.00	80.00 ± 2.00
Q	35.5-38.5	7.40 ± 0.43	15.00 ± 2.00
CK	11.0-15.0	3.58 ± 0.08	81.00 ± 1.00

¹⁾ Y: 营养生长期 Vegetative growth stage; S: 生殖生长期 Reproductive growth stage; G: 果后期 The period from the end of reproductive growth stage to dormancy stage; Q: 全生长期 Whole growth period.

存活率却极低;果后期的涝渍胁迫可导致根茎生长量显著提高,但对茅苍术存活率的影响不显著。

另外,在营养生长期进行干旱胁迫均可导致茅苍术根茎生长量及存活率显著下降;而进行涝渍胁迫虽然可以显著提高根茎的生长量,但却导致茅苍术的存活率极低。在生殖生长期进行轻度或重度干旱胁迫及涝渍胁迫均可导致根茎生长量显著下降,但干旱胁迫对茅苍术的存活率无显著影响,而涝渍胁迫则可使存活率显著下降。在果后期进行重度干旱胁迫可以使茅苍术根茎生长量及存活率显著下降,但在果后期进行涝渍胁迫处理不但可以显著提高根茎生长量,而且对存活率无显著影响。在全生长期内,茅苍术植株对轻度或重度干旱胁迫及涝渍胁迫的反应与营养生长期一致。

2.2 不同生长期土壤水分胁迫对茅苍术根茎挥发油成分含量的影响

在不同生长期及整个生长期中,水分胁迫对茅苍术根茎挥发油中5种主要成分含量的影响见表2。在茅苍术根茎挥发油的5种主要成分中,茅术醇和 β -桉叶醇的含量较高,其他3种成分的含量较低;各挥发油成分含量受土壤水分胁迫的影响效应不一致。在果后期及全生长期,重度干旱胁迫可导致茅术醇和 β -桉叶醇含量显著下降;在营养生长期,重度干旱胁迫可使 β -桉叶醇含量下降;在生殖生长期,重度干旱胁迫对茅术醇和 β -桉叶醇的含量则无显著影响。在营养生长期和生殖生长期,轻度干旱胁迫均会导致茅术醇和 β -桉叶醇含量显著下降;在果后期,轻度干旱胁迫可使 β -桉叶醇含量升高;而全生长期进行轻度干旱胁迫对茅术醇和 β -桉叶醇的含量均无显著影响。在营养生长期和果后期,涝渍胁迫可导致茅术醇和 β -桉叶醇含量增加;在生殖生长期进行涝渍胁迫可使5种成分含量均下降;而全生长期进行涝渍胁迫可导致茅术醇和 β -桉叶醇含量降低,但与对照差异不显著。

此外,在营养生长期,轻度和重度干旱胁迫均可导致茅苍术根茎挥发油含量下降;而涝渍胁迫则可使挥发油含量提高。在生殖生长期,轻度干旱胁迫及涝渍胁迫均导致根茎挥发油含量下降。在果后期,重度干旱胁迫可导致茅苍术根茎挥发油含量下降,但涝渍胁迫则可以促进挥发油的积累。在整个生长过程中,轻度干旱胁迫可使茅苍术根茎挥发油5种主要成分的含量均有一定程度的提高。

表2 不同生长期土壤水分胁迫对茅苍术根茎挥发油成分含量的影响($\bar{X} \pm SD$)Table 2 Effect of soil water stress on component content in essential oil from rhizome of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. during different growth stages ($\bar{X} \pm SD$)

生长期 ¹⁾ Growth stage ¹⁾	土壤含水量/% Water content in soil	含量/% Content				
		苍术酮 Atractylon	茅术醇 Hinesol	β -桉叶醇 β -eudesmol	芹烷二烯酮 Selina-4(14), 7(11)-dien-8-one	苍术素 Atractylodin
Y	5.0-8.0	0.064 ± 0.010	0.398 ± 0.070	0.498 ± 0.069	0.017 ± 0.008	0.035 ± 0.007
S	5.0-8.0	0.057 ± 0.008	0.418 ± 0.052	0.518 ± 0.063	0.046 ± 0.008	0.052 ± 0.006
G	5.0-8.0	0.041 ± 0.007	0.253 ± 0.016	0.329 ± 0.011	0.000 ± 0.000	0.039 ± 0.009
Q	5.0-8.0	0.042 ± 0.015	0.246 ± 0.007	0.332 ± 0.058	0.019 ± 0.008	0.030 ± 0.005
Y	8.0-11.0	0.046 ± 0.005	0.241 ± 0.042	0.305 ± 0.089	0.014 ± 0.005	0.042 ± 0.007
S	8.0-11.0	0.029 ± 0.010	0.312 ± 0.064	0.348 ± 0.069	0.013 ± 0.003	0.042 ± 0.007
G	8.0-11.0	0.049 ± 0.010	0.423 ± 0.060	0.817 ± 0.079	0.005 ± 0.004	0.034 ± 0.003
Q	8.0-11.0	0.179 ± 0.037	0.568 ± 0.093	0.606 ± 0.077	0.081 ± 0.015	0.104 ± 0.008
Y	35.5-38.5	0.077 ± 0.005	0.762 ± 0.112	0.916 ± 0.082	0.037 ± 0.005	0.060 ± 0.007
S	35.5-38.5	0.029 ± 0.006	0.140 ± 0.036	0.142 ± 0.034	0.000 ± 0.000	0.016 ± 0.002
G	35.5-38.5	0.112 ± 0.024	0.655 ± 0.083	0.953 ± 0.073	0.014 ± 0.003	0.086 ± 0.009
Q	35.5-38.5	0.010 ± 0.003	0.359 ± 0.068	0.499 ± 0.059	0.024 ± 0.007	0.027 ± 0.004
CK	11.0-15.0	0.096 ± 0.021	0.528 ± 0.059	0.510 ± 0.026	0.020 ± 0.000	0.049 ± 0.003

¹⁾ Y: 营养生长期 Vegetative growth stage; S: 生殖生长期 Reproductive growth stage; G: 果后期 The period from the end of reproductive growth stage to dormancy stage; Q: 全生长期 Whole growth period.

3 结论和讨论

3.1 土壤水分胁迫与茅苍术根茎生长量及存活率的关系

在茅苍术的生长过程中,对水分比较敏感的时期主要为营养生长期和生殖生长期,在本实验条件下,土壤含水量11%~15%对这2个生育期是最佳的。由于茅苍术在原生境形成了不耐干旱和水涝的特性^[17],如果在根茎生长旺盛的营养生长期^[3]出现干旱,必然会导致根茎生长量明显下降。在茅苍术的道地产区,其生殖生长期正处于夏季高温干旱季节^[17],茅苍术已形成了对当地环境的适应性,因而茅苍术植株对轻度干旱胁迫不敏感,但对涝渍胁迫比较敏感。因此,在涝渍胁迫条件下,处于生殖生长期的茅苍术的存活率和根茎生长量均大幅度下降。

3.2 土壤水分胁迫与茅苍术根茎挥发油主要成分含量的关系

在营养生长期、果后期及整个生长过程中,土壤重度干旱胁迫不但对茅苍术根茎生长量及存活率有严重影响,也使根茎中主要挥发油成分含量下降;而在生殖生长期,土壤重度干旱胁迫虽然导致茅苍术根茎生长量下降,但对挥发油主要成分茅术醇和 β -桉叶醇的含量无显著影响。造成这一现象的原因

是:虽然茅苍术在生殖生长期经历了严重的干旱胁迫,但由于随后也立即恢复了正常的水管理,从而使根茎对挥发油的积累在果后期得到一定的补偿;而在营养生长期经过重度干旱胁迫的茅苍术植株虽然其后立即恢复了正常的水管理,但由于茅苍术根茎受到了严重伤害,致使根茎对挥发油的积累不能完全恢复到正常水平。

营养生长期和生殖生长期的轻度干旱胁迫均导致茅苍术根茎生长量下降,也使根茎中主要挥发油成分的含量下降;果后期的轻度干旱胁迫对茅苍术根茎生长量无显著影响,却使根茎的主要挥发油成分含量升高。因而,在果后期进行轻度的干旱胁迫有利于茅苍术根茎挥发油的积累。在茅苍术的整个生长过程中进行轻度的干旱胁迫虽然使根茎生长量下降,但主要挥发油成分含量并没有明显的下降,这可能与茅苍术在整个生长过程中对轻度干旱胁迫的适应性有关。

有研究者认为,淹水条件对次生代谢物的含量影响不显著^[18],这与本研究结果不完全一致。在营养生长期和果后期进行涝渍胁迫可导致茅苍术根茎挥发油主要成分的含量升高,而在生殖生长期进行涝渍胁迫则可使挥发油主要成分的含量下降,即使在果后期恢复正常的水管理也不能得到完全补偿,因此,在涝渍胁迫条件下,可导致茅苍术根茎中

主要挥发油成分含量降低的敏感时期为生殖生长期。另外,在营养生长期和果后期进行涝渍胁迫能提高根茎生长量,而在生殖生长期进行涝渍胁迫则可能导致根茎生长量明显降低。由此可以推断,涝渍胁迫对茅苍术根茎挥发油成分含量的影响与其对根茎生长量的影响有一定的相关性。尽管在整个生长过程中进行涝渍胁迫可使茅苍术根茎生长量增加,但挥发油主要成分的含量并没有显著升高,这一现象与其生殖生长期经受的涝渍胁迫有关。

综上所述,能使茅苍术根茎生长量显著下降的水分条件也会使根茎中挥发油成分的含量显著降低,而对根茎生长量无明显影响的水分条件可使根茎中挥发油成分的含量提高。这一结论进一步说明,养分是挥发油合成的限制因素,初生代谢的充分积累为次生代谢提供了物料基础^[19]。该结论也与植物化学防御理论中的碳/营养平衡(carbon/nutrient balance)假说^[20-21]“挥发油含量应与根茎的生长量成一定正相关关系”相一致。

3.3 茅苍术田间栽培的水管理措施

由于茅苍术生长过程中对水分胁迫最敏感的时期是营养生长期及生殖生长期,因而,在大田栽培过程中,在这两个生长期应使土壤保持恰当的含水量(11.0%~15.0%),不能出现干旱和积涝现象,否则会严重影响茅苍术的存活率和根茎生长量,也因此会降低根茎挥发油主要成分的含量,使茅苍术药材的产量和品质下降,影响其道地性。在本实验条件下,果后期进行涝渍胁迫不但能提高茅苍术根茎的生长量,还可以提高主要挥发油成分的含量,且不会影响茅苍术的存活率。因此,在实际栽培过程中,可在茅苍术的营养生长期和生殖生长期进行正常的水管理,而在果后期适当提高土壤含水量,以期使茅苍术药材的产量和质量有一定程度的提高。

参考文献:

- [1] 黄 驰,徐有贵,王旭敏,等.气相色谱-质谱联用方法比较野生及栽培茅苍术挥发油成分[J].中国药科大学学报,1989,20(5):289-290.
- [2] 孟 青,冯毅凡,郭晓玲,等.苍术有效部位化学成分的研究[J].中草药,2004,35(2):140-141.
- [3] 顾永华,冯 煦,夏 冰.茅苍术不同器官挥发油含量及其生物量的动态变化[J].植物资源与环境学报,2007,16(4):24-28,42.
- [4] 国家药典委员会.中华人民共和国药典2005年版(一部)[M].北京:化学工业出版社,2005:111.
- [5] 聂淑琴,李兰芳,杨 庆,等.5种产地苍术提取物主要药理作用比较研究[J].中国中医药信息杂志,2001,8(2):27-29.
- [6] 李育浩,梁颂名,山原条二,等.苍术的抗缺氧作用及其活性成分[J].中药材,1991,14(6):41-43.
- [7] 王金华,薛宝云,梁爱华,等.苍术有效成分 β -桉叶醇对小鼠小肠推进功能的影响[J].中国药学杂志,2002,37(4):266-268.
- [8] 朱晓琴.苍术(*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.)资源再生及种源变异的研究[J].植物资源与环境,1996,6(4):14-19.
- [9] 郭兰萍,黄璐琦,王 敏,等.南北苍术的RAPD分析及其划分的初步探讨[J].中国中药杂志,2001,26(3):156-158.
- [10] Gershenzon J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress[J]. Recent Advances in Phytochemistry, 1984, 18: 273-320.
- [11] Josep P, Joan H. Effects of carbon dioxide, water supply, and seasonally on terpene content and emission by *Rosmarinus officinalis*[J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23: 979-993.
- [12] Wink M. Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology[M]. Sheffield: Sheffield Academic Press, 1999: 1-14.
- [13] 张康健,王亚琴.杜仲叶次生代谢物生态学研究初报[J].林业科学,1999,35(6):28-34.
- [14] Liu Z J. Drought-induced *in vivo* synthesis of camptothecin in *Camptotheca acuminata* seedlings[J]. Physiologia Plantarum, 2000, 110: 483-488.
- [15] 冯建灿,张玉洁,张秋娟,等.干旱胁迫与抗蒸腾剂对喜树几项生理指标及喜树碱含量的影响[J].河南农业大学学报,2002,36(2):138-142.
- [16] Gouinguene S P, Turlings T C J. The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants[J]. Plant Physiology, 2002, 129: 1296-1307.
- [17] 贺善安,贺慧生,吕 焯,等.茅苍术资源的保护和利用[J].植物资源与环境,1993,2(1):1-6.
- [18] Liu Z J, Carpenter S B, Constantin R J. Camptothecin production in *Camptotheca acuminata* seedlings in response to shading and flooding[J]. Canadian Journal of Botany, 1997, 75: 368-373.
- [19] 阎秀峰,王 洋,尚辛亥.温室栽培光强和光质对高山红景天生物量和红景天甙含量的影响[J].生态学报,2003,23:841-849.
- [20] Lerda M, Litvak M, Monson R. Plant chemical defense: monoterpenes and the growth-differentiation balance hypothesis[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1994, 9(2): 58-61.
- [21] Waterman P G, Mole S. Extrinsic factor influencing production of secondary metabolites in plants[M]//Bernays E A. Insect-plant Interactions. Florida: CRC Press, 1989: 107-134.