

土壤不同水分含量对三七生长、光合特性及有效成分积累的影响

李佳洲¹, 余前进¹, 梁宗锁¹, 韩蕊莲^{1*}, 陈中坚², 韦美膺³, 刘岩⁴

(1. 西北农林科技大学生命科学院/中科院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 云南苗乡科技有限公司, 云南 文山 663000; 3. 云南天士力三七种植有限公司, 云南 文山 663000; 4. 天津天士力现代中药资源有限公司, 天津 300402)

摘要 目的: 揭示土壤不同水分含量对三七生长、光合特性及有效成分含量的影响。方法: 通过盆栽控水试验, 对土壤不同水分条件下二年生三七的生长指标、光合特性指标及有效成分皂苷的含量进行测定。结果: (1) 土壤水分含量为 0.60 W 或 0.70 W 时更有利于三七干物质积累。(2) 土壤水分为 0.45 W 或 0.85 W 时三七光合速率下降, 且引起光合速率下降的原因并不相同。(3) 土壤水分含量为 0.45 W 时有利于人参皂苷 R_{g1} 的积累, 0.60 W 时三七皂苷 R₁ 和人参皂苷 R_d 的积累最多, 人参皂苷 R_{b1} 则在 0.70 W 处理下积累最多。结论: 二年生三七的种植过程中, 土壤的最适含水量为 0.60 W, 在此条件下对三七生长、光合作用以及总皂苷的积累最为有利。

关键词 三七; 土壤水分含量; 光合特性; 皂苷

中图分类号: R282.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-4454(2015)08-1588-03

DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2015.08.006

三七 *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen 为五加科人参属多年生草本植物, 主要分布于我国云南、广西等地区^[1]。根及根茎入药, 具有散瘀止血、消肿定痛等功效^[2], 是“云南白药”、“片仔癀”、“复方丹参滴丸”、“血塞通”等多种著名中成药的主要原料。三七是我国为数不多的对气候环境条件要求十分严格的中药材品种, 虽曾有 10 余个省区引种, 但几乎均未能成功^[3]。三七的生长过程受到众多因素的共同影响, 水分作为人工最容易控制的主要因素之一^[4], 同时作为光合作用的重要原料, 对三七叶片光合作用有重要意义。本研究通过盆栽控水试验, 揭示土壤水分条件对三七生长、光合作用及有效成分含量的影响, 为指导三七种植过程中水分管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验地点 本试验在位于云南省文山壮族苗族自治州砚山县盘龙乡三七科技示范园进行。该园地理坐标为北纬 23°53′, 东经 104°32′, 海拔高度为 1 500 m, 属亚热带大陆性季风气候, 年平均气温 16 °C, 最冷月均温 9 °C, 最热月均温 21 °C, 年降水量 1 200 mm, 年平均无霜期为 300 d 以上, 日均温大于 10 °C 积温为 5 000 °C^[4]。

1.2 材料

1.2.1 供试植物: 随机在三七科技示范园种植基地移取 300 株生长基本一致、健康的二年生三七作

为试验材料。

1.2.2 供试土壤: 供试土壤为采样基地闲置地块过筛后的耕作层黏质红壤土, 其田间最大持水量 (W) 为 37.2%。土壤有机质含量为 4.6×10^3 mg/kg, 全氮含量为 47 mg/kg, 全磷含量为 52 mg/kg, 全钾含量为 1.7×10^3 mg/kg, 速效氮含量为 9.376 mg/kg, 速效磷含量为 11.100 mg/kg, 速效钾含量为 68.000 mg/kg。

1.3 试验设计 于 2014 年 3 月 12 日, 选择生长健壮、长势一致的二年生三七幼苗以每桶 3 株移栽入塑料桶 (内径 20 cm, 深 40 cm) 中, 桶内装有过筛晾晒过的土壤 5 kg, 底部铺有石子和滤纸并内插一根塑料管便于浇水防止土壤板结, 桶、石子、滤纸和塑料管共重 1.5 kg^[5]。移栽后在土壤表面均匀铺盖 100 g 松毛 (干燥的松叶)。将盆栽桶放在简易防雨荫棚中, 设置对照组 (不栽三七) 以排除土壤水分散失量, 移栽后保持土壤含水量为 0.70 W 左右。4 月 16 日 (幼苗展叶) 开始试验, 用称重法控水, 每天 17:00 时进行称重补水, 设置 4 个水分处理分别为: 0.45、0.60、0.70、0.85 W。每个处理设置 25 个重复, 控水 6 个月后 (商品三七开始采挖) 于 10 月 15 日, 在每个处理中随机选取 5 盆长势较好无病害的三七整株, 采挖观察根的形态并分析其有效成分的积累情况。

1.4 测定指标及方法

收稿日期: 2014-12-22

基金项目: 陕西省科技攻关项目 (2012KTCL02-7)

作者简介: 李佳洲 (1989-), 男, 在读硕士研究生, 专业方向: 药用植物规范化种植研究; Tel: 15191463675, E-mail: lijiazhou24@163.com。

* 通讯作者: 韩蕊莲, E-mail: hanrl@nwsuaf.edu.cn。

1.4.1 生长指标的测定:2014 年 10 月 15 日,每个处理随机选取 10 株三七,用直尺测量株高,游标卡尺测量基茎粗,所取样品分成地上和地下两部分,测定鲜物质重,45 °C 烘干至恒重,并称量其干重。

1.4.2 光合特性的测定:2014 年 8 月中旬,选择晴朗天气光合旺盛的时间段(9:00~11:00),采用 Li-6400(LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) 便携式光合仪,测定不同土壤水分处理下三七的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)。

1.4.3 有效成分含量的测定:Waters 高效液相色谱仪系统(1525 Binary HPLC Pump、2487 Dual λ Absorbance Detector 和 2707 Auto-sampler); 色谱柱为 Waters SYMMETRY C_{18} 柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μ m); 样品制备参照 2010 版中国药典^[2]; 色谱条件参照《地理标志产品文山三七》国家标准(GB/T 19086-2008); 所用对照品均购于中国食品药品检定研究院(三七皂苷 R_1 , 批号:110745-200617, 人参皂苷 R_{b_1} , 批号:110704-201122, 人参皂苷 R_{g_1} , 批号:

110703-201027, 人参皂苷 R_d , 批号:111818-201001)。

1.4.4 数据处理:采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据统计。采用单因素方差分析(One-way ANOVA)比较不同数据组间的差异, LSD 法进行各处理差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 土壤不同水分含量对三七生长指标的影响如表 1 所示,土壤不同水分含量对三七茎粗的影响并无显著性差异,基本处于同一水平。土壤不同水分含量处理下株高的排序为:0.70 W > 0.60 W > 0.85 W > 0.45 W。0.70 W 处理平均株高最高,0.45 W 处理平均株高最低。0.70 W 与 0.85 W 处理相比,其地上鲜重、地上干重、地下鲜重、地下干重等指标分别增加了 0.36、1.29、0.29、0.33 倍。0.70 W 与 0.45 W 处理相比其上述指标也分别增加了 2.46、1.42、2.42、0.68 倍。根冠比的大小排序为:0.85 W > 0.45 W > 0.60 W > 0.70 W。上述结果表明,水分对三七干物质的积累有较大的影响,土壤水分含量过高或过低都不利于三七干物质的积累。

表 1 土壤水分含量对三七生长指标的影响

处理	基茎/cm	株高/cm	地上部分鲜重/g	地上部分干重/g	地下部分鲜重/g	地下部分干重/g	根冠比
0.85 W	0.4300 ^a	19.8556 ^a	4.42 ^a	1.37 ^a	2.04 ^a	0.72 ^a	0.53
0.70 W	0.4610 ^a	24.5750 ^b	5.99 ^b	3.14 ^b	2.63 ^b	0.96 ^b	0.30
0.60 W	0.4460 ^a	22.2750 ^c	5.18 ^c	2.07 ^c	2.57 ^b	0.80 ^{ac}	0.38
0.45 W	0.4484 ^a	18.9375 ^{ad}	1.73 ^d	1.30 ^a	0.77 ^d	0.57 ^d	0.44

注:同列不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著

2.2 土壤不同水分含量对三七叶片光合特性的影响如表 2 所示,土壤不同水分含量对三七光合作用的影响不同。 P_n 随水分含量的增加呈现出先增后降的趋势,在 0.70 W 处理下 P_n 的值分别比 0.45 W、0.60 W、0.85 W 处理增加了 0.64、0.30、0.36 倍。 T_r 值的大小排序为:0.70 W > 0.45 W > 0.60 W > 0.85

W。 G_s 的大小随着水分含量的增加呈现先增后降的趋势,在 0.70 W 处理下 G_s 值最大,0.45 W 处理下 G_s 值最小。 C_i 随土壤水分含量的增加呈现先降后增的趋势, C_i 值在各处理的排序为:0.45 W > 0.85 W > 0.70 W > 0.60 W。以上结果表明 0.70 W 处理下三七叶片光合作用最强,其次为 0.60 W。

表 2 土壤水分含量对三七叶片 P_n 、 T_r 、 G_s 和 C_i 的影响

处理	$P_n/(\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$	$T_r/(\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$	$G_s/(\text{mmol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$	$C_i/(\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$
0.85 W	3.0406 ^a	0.592495 ^a	0.0554 ^a	320.0738 ^a
0.70 W	4.1483 ^b	1.038769 ^b	0.0673 ^b	319.2003 ^b
0.60 W	3.1872 ^a	0.658821 ^c	0.0452 ^c	302.4041 ^c
0.45 W	2.8052 ^{ac}	0.813249 ^d	0.0371 ^d	329.2883 ^d

注:同列不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著

2.3 土壤不同水分含量对三七根有效成分含量的影响如表 3 所示,三七皂苷 R_1 随着土壤水分含量的降低呈现先降后升再降的趋势,其中 0.60 W 处理与 0.85 W、0.70 W、0.45 W 处理相比,三七皂苷 R_1 含量分别增加了 1.07、1.31、0.40 倍。人参皂苷 R_{g_1} 随着土壤水分含量的降低呈现上升的趋势,在

0.45 W 时达到最大积累。人参皂苷 R_{b_1} 含量大小排序为:0.70 W > 0.85 W > 0.60 W > 0.45 W。人参皂苷 R_d 含量大小排序为:0.60 W > 0.70 W > 0.85 W > 0.45 W。土壤水分含量对三七根中 4 种皂苷总含量的影响表现为:随着土壤水分含量的降低呈现出先增高后降低的变化规律,且在 0.60 W

处理下积累量最多。0.60 W 处理与 0.85 W、0.70 W、0.45 W 处理相比总皂苷含量分别增加了 0.65、0.19、0.57 倍。以上结果表明,在土壤含水量为

0.60 W 时最利于皂苷的产生和累积,土壤水分含量过多或过少都不利于皂苷的积累。

表 3 土壤水分含量对三七根有效成分积累的影响

处理	三七皂苷 R_1 /%	人参皂苷 R_{g_1} /%	人参皂苷 R_{b_1} /%	人参皂苷 R_d /%	总皂苷 /%
0.85W	0.483	1.701	2.757	1.239	5.421
0.70W	0.432	1.879	3.273	1.902	7.486
0.60W	1.000	1.920	2.444	3.561	8.925
0.45W	0.715	2.177	1.931	0.869	5.692

3 讨论

研究结果表明,在试验所设土壤水分范围内,三七地上部分干物质积累量表现为:0.70 W > 0.60 W > 0.85 W > 0.45 W,地下部分干物质积累量情况与地上部分保持一致。除 0.85 W 处理外,根冠比随着土壤水分含量的降低呈增长趋势,说明土壤水分越低分配到地下部分的生物量越高^(6,7)。因此,土壤水分含量对三七生物量的分配起着调配作用。

土壤水分胁迫对植物生长和代谢的影响是多方面的,其中对光合作用的影响尤为突出⁽⁸⁾。通常将影响植物光合作用的因子分为气孔因子和非气孔因子⁽⁹⁾。本研究结果表明:三七叶片 P_n 变化为:0.70 W > 0.60 W > 0.85 W > 0.45 W, G_s 的结果则为:0.70 W > 0.85 W > 0.60 W > 0.45 W。在水分胁迫下,植物气孔关闭,使 CO_2 摄取量减少,进而光合速率作用下降⁽¹⁰⁾。但 0.85 W 处理的 G_s 大于 0.60 W,且 C_i 也高于 0.70 W,所以导致 0.85 W 处理光合速率下降不是气孔因子,应是非气孔因子引起。以上分析得出,土壤水分过多或过少都不利于三七叶片进行光合作用,且引起光合作用速率下降的原因并不相同。

中药的主要药效成分通常是次生代谢产物,环境因子对其形成与积累有重要影响^(11,12)。本研究发现三七根中 4 种皂苷含量之和随着土壤水分含量的增加有降低的趋势,这与赵宏光等⁽⁵⁾的研究结果一致。在试验设计的土壤水分含量范围内,三七皂苷 R_1 含量在 0.60 W 和 0.45 W 处理显著高于 0.70 W 和 0.85 W 处理,人参皂苷 R_{g_1} 含量随着土壤水分含量的升高成明显的下降趋势,所以在土壤水分含量低的条件下,更有利于三七皂苷 R_1 和人参皂苷 R_{g_1} 的积累。在人参皂苷 R_{b_1} 的积累上,随着土壤水分含量的升高呈积累量增加趋势,并在 0.70 W 处理时达到最高。不同土壤水分处理下,人参皂苷 R_d 的含量在 0.60 W 处理最高,因此得出在 0.60 W 和 0.70 W 时有利于人参皂苷 R_{b_1} 和人参皂苷 R_d 的积累。以上结论说明:土壤水分含量对三七根中

4 种皂苷的积累影响并不相同,因而可以通过调节土壤水分含量来调控 4 种皂苷含量的比例。

综上所述,土壤水分含量 0.60 W 被确定为二年生三七生长阶段的最适土壤含水量,此水分条件对三七根部干物质的积累,光合作用效率,以及总皂苷的积累最为有利。

参 考 文 献

- [1] 张金渝,杨维泽,崔秀明,等.三七栽培居群遗传多样性的 EST-SSR 分析[J].植物遗传资源学报,2011,12(2):249-254.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[S].一部.北京:中国医药科技出版社,2010:11-12.
- [3] 董弗兆,刘祖武,乐丽涛.云南三七[M].昆明:云南科技出版社,1988.
- [4] 陈中坚,崔秀明,王朝梁,等.文山优质三七基地生态区划和布局研究[J].人参研究,1999,(3):29-31.
- [5] 赵宏光,夏鹏国,韦美膺,等.土壤水分含量对三七根生长、有效成分积累及根腐病发病率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(2):173-178.
- [6] 刘长利,王文全,魏胜利.干旱胁迫对甘草各营养器官生物量及分配的影响[J].中药材,2005,28(1):7-8.
- [7] 杨枝中,马逾英,米晓琴,等.干旱胁迫对川白芷叶生长盛期各营养器官生物量的影响[J].中药材,2011,34(4):503-506.
- [8] 孙亚昕,巢建国,谷巍,等.干旱胁迫对不同产地黑三棱生理生化的影响[J].中药材,2014,37(3):369-371.
- [9] Winter K, Schramm MJ. Analysis of stomatal and nonstomatal components in the environmental control of CO_2 exchanges in leaves of *Welwitschia mirabilis* [J]. *Plant Physiology*, 1986, 82(1):173-178.
- [10] 柯世省.水分胁迫对夏腊梅气孔行为的影响[J].河北师范大学学报(自然科学版),2007,31(6):797-801.
- [11] 杜茜,沈海亮.甘草产量和质量与土壤水分的关系[J].中药材,2006,29(1):5-6.
- [12] 徐迎春,张佳宝,蒋其鳌,等.水分胁迫对忍冬生长及金银花质量的影响[J].中药材,2006,29(5):420-423.