

- production by hairy roots of *Tagetes patula* [J]. *Enzyme Microb Technol*, 1996, 14: 2-7.
- [12] Vazquez-Flota F, Moreno-Valenzuela O, Miranda-Ham M L, et al. Catharanthine and ajmalicine synthesis in *Catharanthus roseus* hairy root cultures in an induction medium and during elicitation [J]. *Plant Cell Tiss Org Cult*, 1994, 34: 243-247.
- [13] Sembdner G, Parthier B. The biochemistry and the physiology and molecular actions of jasmonates [J]. *Annu Rev Plant Physiol*, 1993, 44: 569-589.
- [14] Rihhwani S K, Shanks J V. Effect of elicitor dosage and exposure time on biosynthesis of indole alkaloids by *Catharanthus roseus* hairy root cultures [J]. *Biotechnol Prog*, 1998, 14 (3): 442-449.

氮、磷对丹参生长及丹参素和丹参酮Ⅱ_A积累规律研究

韩建萍^{1,2}, 梁宗锁^{1*}

(1. 中国科学院、水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 北京师范大学
大学资源学院资源药物与中药资源研究所, 北京 100875)

摘要:目的 研究氮、磷肥对丹参生长发育及次生代谢物的影响。方法 采用大田试验与室内分析相结合的方法。结果 氮对丹参素及丹参酮Ⅱ_A的积累表现了负面的效应, 随施氮量的增加, 丹参素及丹参酮Ⅱ_A的质量分数逐渐减小。磷肥对于丹参素和丹参酮Ⅱ_A的积累表现正效应。施用磷肥可以缓解施氮造成的丹参素和丹参酮Ⅱ_A的下降。丹参酮Ⅱ_A和丹参素的积累高峰值均出现在 150 d 左右。结论 施氮有利于丹参产量的增加, 施磷有利于丹参素和丹参酮Ⅱ_A的积累。

关键词:丹参; 丹参素; 丹参酮Ⅱ_A; 积累

中图分类号:R282

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2005)05-0756-04

Regulation of *Salvia miltiorrhizae* growth and danshensu and tanshinon II_A accumulation under nitrogen and phosphorus

HAN Jian-ping^{1,2}, LIANG Zong-suo¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Conservancy, Chinese Academy of Science, Yangling 712100, China; 2. Institute of Natural Medicine and Chinese Medicine Resources, College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Key words: *Salvia miltiorrhiza* Bunge; danshensu; tanshinon II_A; accumulation

丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bunge 为常用活血祛瘀的重要中药, 每年的需要量较大, 为满足市场需求, 各地开始进行大面积人工栽培。而当野生药材转化为人工种植时, 植株的生长条件得到了优化, 药材的品质也会有不同程度的变化, 各种栽培措施对丹参次生代谢物的合成有一定的影响。有研究表明: 丹参酮与根直径呈负相关^[1,2], 氮、磷肥作为一种常见的增产措施, 已被广泛采用, 但有关该措施对丹参产量及其次生代谢物的影响的研究并不多见, 本实验研究规范化栽培中氮、磷对丹参生长发育及次生代谢物的影响, 试图找出氮、磷与丹参产量及其次生代谢物积累之间的规律, 为合理栽培丹参提供理论依据。

1 材料与方法

本实验于天士力商洛药业有限公司的丹参基地进行。种植材料来源于商南丹参基地培育的丹参苗。0~60 cm 土层的土壤基本理化性质为: 有机质 10.2 g/kg、全氮 0.7 g/kg、速效氮 67.5 mg/kg、速效磷 14.9 mg/kg、速效钾 130.9 mg/kg、有效铁 16.8 mg/kg、有效铜 1.6 mg/kg、有效锰 12.1 mg/kg、有效锌 0.8 mg/kg。

试验方案见表 1, 重复 3 次, 小区面积 24 m², 氮肥的 1/3 做基肥, 另外的 2/3 做追肥, 磷肥全部做基肥。丹参苗于 2002 年 3 月 8 日移栽入试验小区, 6 月开始取样, 每 30 d 取样 1 次。测定根鲜重、根干重、地上部分鲜重、地上部分干重、根长、根粗、根数、株高。保存干样用于测定丹参酮Ⅱ_A和丹参素。生长

收稿日期: 2004-08-22

基金项目: 陕西省科技攻关基金 (2001K01-G15-03); 陕西天士力植物药业有限公司基金 (TSL01001)

作者简介: 韩建萍 (1977—), 女, 新疆石河子人, 北京师范大学在读博士生, 主要研究施肥对中草药生长及有效成分积累的影响。

* 通讯作者 Tel: (029) 87014582 E-mail: liangzs819@163.net

表 1 N、P 二因素 D-饱和最优设计方案

Table 1 D-Saturation optimal scheme of two factors: nitrogen and phosphorus

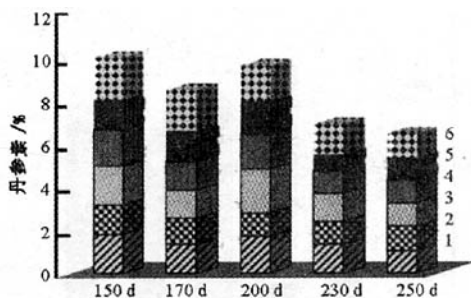
处理号	水平编码值		施肥量/(kg·hm ⁻²)	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	-1	-1	0	0
2	1	-1	225	0
3	-1	1	0	225
4	-0.131 5	-0.131 5	98	98
5	1	0.394 4	225	157
6	0.394 4	1	157	225

期间测定叶绿素等生理指标。丹参酮Ⅱ_A按《中华人民共和国药典》(2000年版)^[3]方法测定,丹参素按天士力企业内部的方法测定。叶绿素按《植物生理学实验指导》^[4]测定。

2 结果与分析

2.1 氮、磷肥与丹参素的积累:采用加权平均和的方法对丹参素的积累值做图,图 1 是不同时期各处理丹参素积累动态过程,图 2 是不同处理各时期丹参素积累动态过程。从图 1 可以看出,不同时期各处理丹参素的积累动态最高值出现在 150 d 左右,其值为 10.09%,然后在 170 d 时含量下降为 8.56%,200 d 时又升高至 9.73%,随后又降低,直至收获。丹参素下降的可能原因是:在冬季来临时,受环境因素的影响,一些叶片脱落,植物会产生多种保护酶,如 SOD,为维持植株正常生长,SOD 在冬季来临时会因为清除氧自由基而含量降低。而丹参自身会产生一种类似于 SOD 的保护机制——丹参素。丹参素的药理实验表明:丹参素清除氧自由基的能力超过 SOD^[5]。从图 2 可以看出:单施氮肥的处理 2 在 5 个时期丹参素的积累值最小(5.8%),处理 2 的基础上施用磷肥的处理 5,丹参素的积累值 5.99%,这两个处理的丹参素积累值均比对照的积累值(7.46%)小。单施用磷肥的处理 3 积累值为 7.6%,在单施磷肥的基础上施用中度氮肥的处理 6,丹参素积累值达最大为 8.14%。这种变化趋势可以说明:施用氮肥不利于丹参素的积累,施用磷肥有利于丹参素的积累,而且施用磷肥可以减缓施氮所造成的丹参素质量分数下降。

2.2 氮、磷与丹参酮Ⅱ_A积累:采用加权平均和的方法对丹参酮Ⅱ_A的积累值做图,图 3 为不同时期各处理的丹参酮Ⅱ_A的积累图,图 4 为不同处理各时期的丹参酮Ⅱ_A的积累图,从图 3 可以看出,处理 3 的丹参酮Ⅱ_A7 个时期的积累值最大为 2.63%,表现了磷对丹参酮Ⅱ_A的正效应。其次是对照



1-处理 1 2-处理 2 3-处理 3 4-处理 4 5-处理 5 6-处理 6
1-treatment 1 2-treatment 2 3-treatment 3 4-treatment 4
5-treatment 5 6-treatment 6

图 1 不同时期各处理丹参素积累动态

Fig. 1 Accumulation of danshensu under treatments of nitrogen and phosphorus in different periods

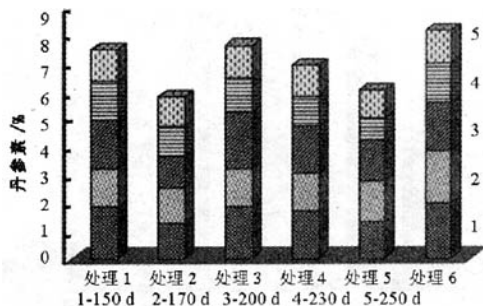


图 2 不同处理各时期丹参素积累动态

Fig. 2 Accumulation of danshensu under treatments of nitrogen and phosphorus in different periods

(2.41%),施用氮肥的各处理的丹参酮Ⅱ_A的积累值均较对照小,其中处理 2 丹参酮Ⅱ_A的积累值为 1.87%,处理 5 为 1.9%,处理 6 为 2.16%,处理 4 为 2.25%。从图中可以看出随着施氮增加丹参酮Ⅱ_A的积累值有逐渐减小的趋势。另外,在处理 2 的基础上施用磷肥的处理 5,丹参酮Ⅱ_A的积累值高于处理 2。这种变化趋势可以说明,施用氮肥不利于丹参酮Ⅱ_A的积累,施用磷肥有利于丹参酮Ⅱ_A的积累,施用磷肥可以缓解施氮所造成的丹参酮Ⅱ_A的下降。从图 4 可以看出,丹参酮Ⅱ_A的积累值在前期稳步增加,在 150 d 时丹参酮Ⅱ_A积累值达最高(2.4%),随后逐渐降低。

由此可见,丹参酮Ⅱ_A增长最迅速的时期是 90~150 d,此期正是开花盛期,根系尚未膨大,根据 2001 年盆栽实验结果^[2],根直径的大小与丹参酮Ⅱ_A的质量分数呈负相关。丹参酮Ⅱ_A分布于根的表皮细胞^[1]。开花前期,根系尚未膨大,单位质量的根表皮面积相对较大,所以丹参酮Ⅱ_A的质量分数高。以后随着根系膨大生长,丹参酮Ⅱ_A的质量分数逐渐降低。

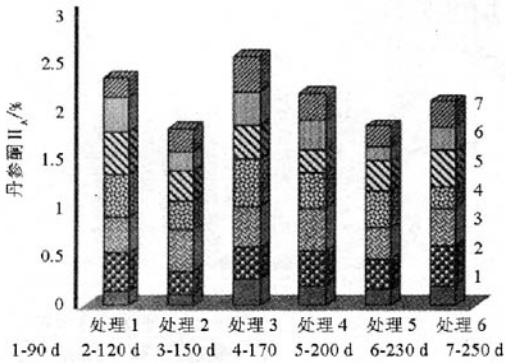


图 3 氮、磷不同时期各处理丹参酮Ⅱ_A 积累动态

Fig. 3 Accumulation of tanshinon II_A under treatments of nitrogen and phosphorus in different periods

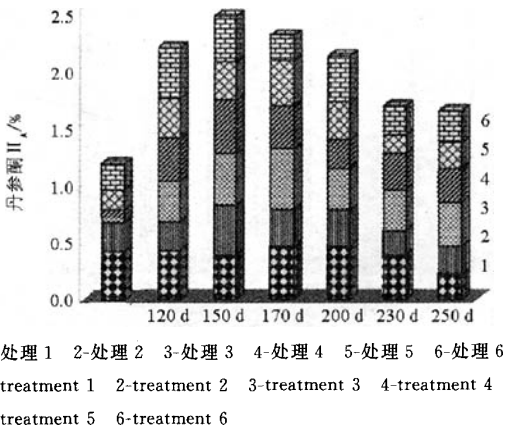


图 4 氮磷不同处理各时期丹参酮Ⅱ_A 积累动态

Fig. 4 Accumulation of tanshinon II_A under treatments of nitrogen and phosphorus in different periods

丹参的地上部分生长高峰期出现在 7 月份即 120 d 左右,丹参素和丹参酮Ⅱ_A 的积累高峰期(150 d 左右)晚于生长高峰期。丹参的这种生长高峰与次生代谢物的积累高峰不一致的原因可能是:丹参素和丹参酮Ⅱ_A 均属次生代谢产物,从植物次生代谢物的生源发生和生物合成途径来看,初生代谢的一些关键中间产物是次生代谢的起始。不少实验证明^[6],次生代谢为初生代谢所调控,次生代谢的高峰期晚于初生代谢的高峰期,从能量代谢的角度来看,初生代谢是植物获得能量的代谢,次生代谢是植物释放能量的代谢,植物释放能量的代谢晚于获得能量的代谢。

2.3 氮、磷与丹参生长发育动态:从图 5 可以看出不同处理根干重积累规律。不同施肥处理根干重较对照都有不同程度的增加,施用氮肥(处理 2)有利于根干重的积累,在此氮肥施用量的基础上配施磷

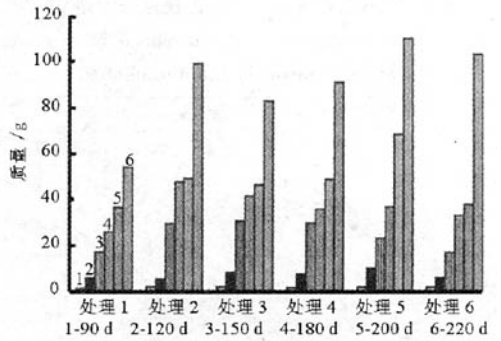


图 5 氮、磷不同处理各时期根干重积累值比较

Fig. 5 Comparison of dry root weight under treatments of nitrogen and phosphorus in different periods

肥的处理(处理 5)根干重增加较显著,从而表现了氮磷配施对产量形成的正面效应。

2.4 氮、磷与叶绿素:从图 6 可以看出不同处理不同时期叶绿素的质量分数。叶绿素 1 是 7 月中旬测定值,叶绿素 2 是 8 月末测定值,处理 2 和处理 5、6 叶色浓绿,叶绿素质量分数较高,表现施氮肥叶绿素增加,从而促进了光合作用,致使干物质增加迅速。从不同时期来看,7 月份均比 8 月份的高,7~8 月是种子成熟期—根系膨大的过渡阶段,此期所耗的营养较多。结合去年的盆栽实验结果^[2],可以得出:种子成熟—根系膨大的过渡期是丹参需肥的临界期,此期施肥最有效。

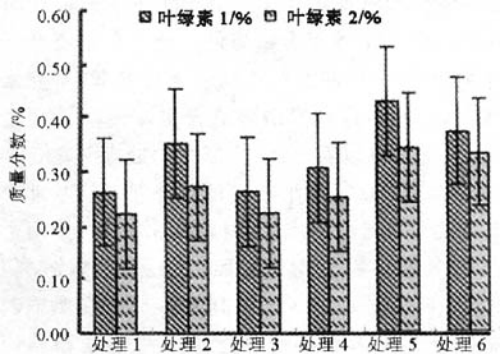


图 6 各处理叶绿素质量分数比较

Fig. 6 Comparison of chlorophyll content under nitrogen and phosphorus treatments

2.5 小区产量分析:将丹参根干重归类平均,运用 DPS 数据处理系统进行分析,得丹参对氮、磷施肥水平的肥效反应模式。肥效反应的数学模式采用二次多项式。

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + b_4X_1^2 + b_5X_2^2$$

式中 X_1 代表 $N(kg/hm^2)$, X_2 代表 $P_2O_5(kg/hm^2)$, $b_i (i = 1, 2, \dots, 5)$ 为回归系数, Y 代表每公顷丹参根干重

根据试验结果,求得丹参的肥效反应方程如下。

$$Y = 4\,321.08 + 519.39 X_1 + 56.64 X_2 - 532.81 X_1 \times X_2 + 259.12 X_2 \times X_2 - 93.36 X_1 \times X_2, r = 0.999\,9$$

表2说明各处理间的差异达极显著水平;因此对肥料间做了SSR分析见表3,从表中可以看出,施用氮肥的(处理5、2、6、4)产量与未施用氮肥的处理(处理3、处理1)间的差异达显著水平,说明氮肥对产量的正效应。但并不是氮肥施用量越多越好。从上面的肥效反应模型的系数可以分析出:施用氮肥过多将会产生负面影响。施用磷肥能起到增产的作用,但是它的回归系数较小,增产幅度不大。

表2 产量方差分析

Table 2 Variance analysis of yield

变异误差	自由度	平方和	均方	F 测验	P
处理间	5	18 572.8	3 714.6	9.0	<0.01
试验误差	12	4 945.4	412.1		
总变异	17	23 518.1			

表3 不同肥料处理产量的SSR比较

Table 3 Comparison of SSR on yields in different fertilizer treatments

处理	平均数/ (kg · hm ⁻²)	差异显著性	
		F _{0.05}	F _{0.01}
处理5	20.99	a	A
处理2	20.46	a	A
处理6	19.26	a	ABC
处理4	18.84	a	ABC
处理3	16.35	b	B
处理1	15.01	b	B

采用新复极差进行多重比较,同行中字母相同的表示差异不显著,字母不同者表示差异显著

Same letter in a column means no difference, different letter in a column means great difference by multi-comparison of new SSR

3 讨论

3.1 丹参是苗期极为忌氮的植物,且氮对丹参素及丹参酮Ⅱ_A的积累表现了负面效应,随施氮量的增加,丹参素及丹参酮Ⅱ_A的质量分数逐渐减小。磷肥对于丹参素和丹参酮Ⅱ_A的积累表现正效应。施用磷肥可以缓解施氮造成的丹参素和丹参酮Ⅱ_A质量分数的下降。

3.2 不同时期各处理丹参素的积累动态,表现在150 d时丹参素的积累值最高,然后在170 d质量分数下降,200 d的时候又升高,随后又降低,直至收获。

3.3 丹参酮Ⅱ_A前期的积累值稳步增加,150 d时达到最大,随后逐渐降低。

3.4 对于产量构成来说,氮肥表现了大幅度的增产趋势,以氮、磷配施增产效果显著。

References:

- [1] Chen Z, Song H T, Chen B Y. Effect of nutrition concentrations on the Danshen growth [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 1992, 17(3): 141-142.
- [2] Han J P, Liang Z S, Sun Q, et al. Effects of fertilizing on Danshen growth and effective ingredient [J]. *Acta Agric Boreali-occident Sin* (西北农业学报), 2002, 4(11): 67-71.
- [3] Ch P (中国药典) [S]. Vol 1. 2000.
- [4] Gao J F. *Plant Physiology Experiment Technology* (植物生理学实验技术) [M]. Xi'an: World Book Publishing House, 2000.
- [5] Zhang G M, Jiang Z R. Tableland disease and prevention function of Danshen [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 1998, 29(3): 205-207.
- [6] Zhang K J, Dong J E. *Secondary Metabolization in Medicinal Plants* (药用植物次生代谢物) [M]. Xi'an: Northwest University Publishing House, 2001.

当归熟地育苗试验研究

赵庆芳, 马世荣, 马瑞君, 陈学林, 曾小英

(西北师范大学生命科学院, 甘肃 兰州 730070)

当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 是伞形科当归属一种多年生草本植物,其根是我国常用名贵中药材之一,有活血、养血、调经、止痛等作用。当归在我国栽培历史悠久,其中以甘肃岷县当归的品质最好,产量最高,占全国年产量的90%以上;由于传统栽培以“生荒地育苗移栽”为主,每年砍林垦荒,严

重破坏了产区的天然植被,对野生生物资源和生态环境的保护非常不利^[1~4]。为改变传统育苗方式,从2001年6月—2003年10月,在当归主要育苗产区漳县石川乡川地及阴坡山地进行了当归熟地育苗以及移栽试验。

1 材料与方法

收稿日期: 2004-05-25

基金项目: 甘肃省自然科学基金资助项目(ZS021-A25-050-N); 甘肃省环保局资助项目(GH2001-12)

作者简介: 赵庆芳(1962—), 女, 山东莱芜市人, 副教授, 毕业于四川大学, 在读博士, 主要从事植物生理生态学研究。

Tel: (0931)7971414 E-mail: Zhaoqingfang2001@yahoo.com.cn