

施用磷酸二铵对延胡索产量品质的影响

高普珠¹, 晋小军^{1*}, 张喜民², 任一杰², 吕 铎¹, 吴秀琴²

1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃省中药材规范化生产技术创新重点实验室, 甘肃省药用植物栽培育种工程研究中心, 甘肃 兰州 730070
2. 甘肃陇神戎发药业股份有限公司, 甘肃 兰州 730070

摘要: 目的 研究施用磷酸二铵对延胡索产量品质的影响。方法 设计不同梯度的磷酸二铵用量, 在相同种植条件下, 观察并记录不同施肥量下延胡索的主要生长指标。采收后按照《中国药典》2015年版要求, 测定总灰分、醇溶性浸出物和延胡索乙素含量, 并进行分析比较。结果 磷酸二铵用量为 375 kg/hm²时延胡索长势最旺, 折干率最高, 为 33.7%, 块茎最大, 直径为 2.57 cm/个, 鲜产量最高, 为 5 482.2 kg/hm², 比对照增产 38.2%, 总灰分最低, 为 3.0%, 醇溶性浸出物和延胡索乙素含量最高, 分别为 24.8%、0.128%。结论 施用磷酸二铵能提高延胡索的产量和质量。

关键词: 延胡索; 磷酸二铵; 产量; 总灰分; 品质

中图分类号: R286.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)15-3687-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.15.031

Effect of applying diammonium phosphate on yield and quality of *Corydalis Yanhusuo*

GAO Pu-zhu¹, JIN Xiao-jun¹, ZHANG Xi-min², REN Yi-jie², LV Duo¹, WU Xiu-qin²

1. Gansu Provincial Key Laboratory of Chinese Herbal Medicine Standardized Production and Technical Innovation, Gansu Provincial Medicinal Plant Cultivating and Breeding Engineering Research Center, School of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China
2. Gansu Longshenrongfa Pharmaceutical Co., Ltd., Lanzhou 730070, China

Abstract: Objective To study the effect of applying diammonium phosphate on the yield and quality of *Corydalis yanhusuo*. **Methods** By designing different gradient diammonium phosphate amount, the main growth indicators at different fertilizer amount were observed and recorded under the same planting condition. The contents of total ash, alcohol soluble extract, and tetrahydropalmatine were measured and analyzed after harvest according to the requirement of 2015 edition Pharmacopoeia. **Results** The tubers growth of *C. yanhusuo* was the most flourishing with the highest drying rate of 33.7% at diammonium phosphate application amount of 375 kg/hm². Tuber diameter was the largest (2.57 cm), the fresh yield was the highest (5 482.2 kg/hm²), and the yield was increased to 38.2% than that without fertilizer cultivation. The content of total ash (3.0%) was the lowest. The contents of alcohol soluble extract and tetrahydropalmatine were 24.8% and 0.128%, respectively. **Conclusion** Applying diammonium phosphate could increase the yield and quality of *C. yanhusuo*.

Key words: *Corydalis yanhusuo* W. T. Wang; diammonium phosphate; yield; total ash; quality

延胡索为罂粟科植物延胡索 *Corydalis yanhusuo* W. T. Wang 的干燥块茎^[1], 亦称元胡、玄胡。作为著名的“浙八味”之一, 在浙江有悠久的栽培历史, 浙江为其道地产区^[2]。其性温, 味辛、微苦, 归肝、脾经; 具有活血、理气、止痛的功效; 用于胸胁疼痛、经闭痛经、产后瘀阻、跌扑肿痛^[3]。现代医学

研究表明延胡索对中枢神经系统、心血管系统、消化系统、内分泌系统等均有一定的作用^[4]。其主要有效成分为生物碱, 以延胡索乙素的止痛、镇静作用最强^[5]。通过查阅文献可知, 多数研究针对延胡索中生物碱成分^[6-7]和炮制工艺^[8-9]等方面, 对延胡索施肥量方面的研究比较少, 其中有研究表明施肥

收稿日期: 2018-01-06

基金项目: 甘肃省农牧厅项目 (2014-274)

作者简介: 高普珠 (1991—), 女, 硕士在读, 研究方向为药用植物资源与利用。Tel: 13299332150 E-mail: 1944974324@qq.com

*通信作者 晋小军, 男, 研究员, 主要从事药用植物栽培方面的研究与教学。Tel: (0931)7631145 E-mail: jingxj@gsau.edu.cn

配方优化是提高延胡索产量和质量的关键技术环节^[10]。本实验在延胡索传统施肥量向两边延展的基础上,对延胡索的主要生长指标和有效成分含量进行分析、对比,探索延胡索的最佳施肥量,以解决当前人工栽培中滥用化肥、施肥比例不协调等致使延胡索产量降低、品质下降的问题,进而为延胡索规范化种植提供理论依据和实践指导。

1 材料与试剂

1.1 材料和试验区概况

试验种植的延胡索品种为陕西汉中主栽的地方种,经甘肃农业大学农学院中药栽培与鉴定系晋小军研究员鉴定为罂粟科药用植物延胡索 *Corydalis yanhusuo* W. T. Wang 的块茎。

试验于 2014 年 9 月在陕西省汉中市城固县三合镇龙王庙村进行。试验点经 GPS 定位,位于北纬 33°8′27.1″,东经 107°21′19.8″,海拔 467 m,年均气温 14℃,年均降雨量 970.4 mm,试验地为砂壤土(土壤有机质 1.81%,碱解氮 115.2 mg/kg,速效磷 24.5 mg/kg,速效钾 107 mg/kg, pH 5.9)。

1.2 仪器与试剂

ELSD2000ES 型高效液相色谱仪(岛津国际贸易有限公司);GZX-GF101-4BSLL 型电热恒温鼓风干燥箱(广州沪瑞明仪器有限公司);MH-1000 型调温型电热套(北京科伟仪器有限公司);KW 系列恒温水浴锅;蒸发皿、漏斗、移液管、玻璃棒、容量瓶、烧杯等均符合玻璃仪器要求。

延胡索乙素对照品(批号 110726-201213,质量分数大于 98%,中国食品药品检定研究院);无水乙醇(分析纯);甲醇(色谱纯);水为蒸馏水。

2 方法

2.1 不同施肥处理方法

试验选用化肥是当地施用最为普遍的磷酸二铵,按施肥量(不包括基肥)设 6 个处理,分别为对照(不施肥,CK)、150 kg/hm²(A)、300 kg/hm²(B)、375 kg/hm²(C)、450 kg/hm²(D)、525 kg/hm²(E),分别于 2 月 20 日(苗期)、3 月 20 日(生长期)、4 月 20 日(生长后期)施肥。采用随机区组设计,每个处理重复 3 次,小区长为 5 m,宽为 4 m,面积为 20 m²。根据试验设计,各处理按株距 6 cm,行距 15 cm,播深 6 cm,分清头尾,头朝上点播,各处理均施充分腐熟有机肥(有机肥的施用量参照 15 t/hm² 计算各处理的量),其他田间管理措施保持一致。

2.2 延胡索地上及地下指标的测定

分别按株挖取延胡索植株(测定均是取自延胡索各生长期 15 株的平均值),通过直尺测量株高,统计有效叶片数、地上茎数、节数,称量延胡索的单株鲜质量、小区产量,计算产量等。

2.3 延胡索品质的测定

延胡索样品夏初茎叶枯萎时采挖,除去须根,洗净,用吸水纸吸取表面水分,测定最大鲜质量,用游标卡尺测定块茎最大直径。根据《中国药典》2015 年版规定的方法^[1],测定总灰分、醇溶性浸出物和延胡索乙素的含量。

2.3.1 总灰分测定 测定方法同《中国药典》2015 年版一部附录 IXK 总灰分测定法。将所得延胡索粉末分别称取 3 g 置于坩埚,放入 500~600℃ 的马福炉中 3 h 左右,取出放入干燥器中至室温后迅速称量,继续放入 500~600℃ 的马福炉中 0.5 h 左右,重复上述步骤直至恒定质量,准确记录,重复 3 次,计算平均值。

2.3.2 醇溶性浸出物测定 测定方法同《中国药典》2015 年版一部附录 XA 中热浸法。将所得延胡索粉末分别称取 2 g 置于圆底烧瓶,加入稀乙醇 75 mL,称定质量,密封冷浸 1 h 后加热回流 1 h,放冷,再称定质量,用稀乙醇补足减失的质量,摇匀,滤过。将所得滤液置于蒸发皿中,水浴蒸干后放入 100~105℃ 的烘箱干燥 5 h 左右,取出放入干燥器中至室温后迅速称量,继续放入 100~105℃ 的烘箱干燥 0.5 h 左右,重复上述步骤直至恒定质量,准确记录,3 次重复,计算平均值。

2.4 延胡索乙素含量测定

测定方法同《中国药典》2015 年版延胡索乙素测定法。

2.4.1 色谱条件 色谱柱为 TechMate STII-C₁₈(250 mm×4.3 mm, 5 μm)。以甲醇-0.1%磷酸溶液(三乙胺调 pH 值至 6.0)(55:45)为流动相;检测波长为 280 nm。

2.4.2 对照品溶液的制备 取延胡索乙素对照品适量,精密称定,加甲醇(色谱醇)制成质量浓度为 46 μg/mL 的溶液,即得。

2.4.3 供试品溶液的制备 取本品粉末(过 3 号筛)约 0.5 g,精密称定,置平底烧瓶中,精密加入浓氨试液-甲醇(1:20)混合溶液 50 mL,称定质量,冷浸 1 h 后加热回流 1 h,放冷,再称定质量,用浓氨试液-甲醇(1:20)混合溶液补足减失的质量,

摇匀, 滤过。精密量取续滤液 25 mL, 蒸干, 残渣加甲醇溶解, 转移至 5 mL 量瓶中, 并稀释至刻度, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得。

2.4.4 样品测定 分别取各处理样品, 按“2.4.3”项方法制备供试品溶液, 各取 10 μ L, 注入液相色谱仪, 测定, 重复 3 次, 计算平均值。色谱图见图 1。方法学考察按照《中国药典》2015 年版方法进行, 精密度、稳定性、重复性、加样回收率均符合要求。

3 结果与分析

3.1 不同施肥处理对延胡索生物产量的影响

不同施肥处理对延胡索生物产量的测定结果见表 1。从表 1 可以看出, 地上干物质积累最快的时期是 2 月 20 日~3 月 20 日(苗期~生长期), 此后地

上干物质的积累逐渐减少; 不同施肥处理对延胡索生物产量积累有不同程度的影响, 其中 C 处理在整个生育期内生物产量积累最多, B、D 处理次之, 对照生物产量积累最少, 至 4 月 20 日(生长后期)时 C 处理总生物产量达 4.30 g/株, 对照为 2.88 g/株, 二者相差 1.42 g/株。进一步分析不同部位生物产量变化情况, 在 2 月 20 日~3 月 20 日(苗期~生长期), 地上干物质的变化范围为 0.04~0.62 g/株, 地下干物质的变化为 0.24~0.73 g/株, 即该阶段地上干物质的变化量大于地下干物质的变化量, 说明此阶段延胡索以地上部分生长为主; 3 月 20 日~4 月 20 日(生长期~生长后期)延胡索地下干物质增加迅速, 地下干物质变化为 0.32~4.04 g/株, 地上干物质呈减少趋势, 说明此阶段延胡索以地下部分生长为主, 此期延胡索地下块茎正处于膨大期, 是影响延胡索产量的关键时期; 4 月 20 日(生长后期)后地上部已开始枯死, 地上部干质量减小。

3.2 不同施肥处理对延胡索生长指标及产量的影响

从表 2 可以看出, 施用磷酸二铵的量不同, 相应的株高、叶片数不同, 地上茎数、节数都有差异, 其中 C 处理的株高最高、叶片数最多, B 处理次之, 而 CK 处理株高最低, 叶片数最少; C 处理的延胡索地上茎数最多, 比 CK、E 处理分别多 14.4 个/株、6.6 个/株; C 处理的延胡索单株节数也多, 比 CK、E 处理分别多 5.6 个/株、2.4 个/株, 说明 C 处理延胡索生长势强, 分枝能力强, 因而地上茎数、节数多, CK 地上茎数、节数最少, 说明 CK 生长能力弱; 从单株鲜质量可以看出, C 处理的延胡索块茎大, 与 B 处理差异不显著, 与其余各处理差异显著; 从产量测定可以看出, C 处理的延胡索产量最高, 比 CK 高出 1 515.0 kg/hm², 比 E 处理高出 975.1 kg/hm², 说明不施肥或施肥量过高均不利于延胡索的生长和产量的提高, 综合产量和经济效益, 建议生产上施用磷酸二铵以 375 kg/hm² 为宜。

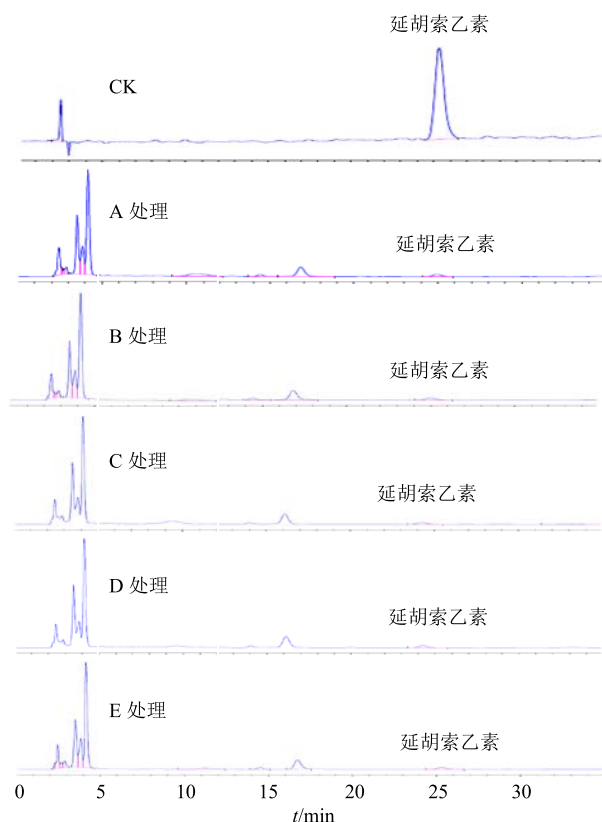


图 1 对照品与各处理样品 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of CK and samples

表 1 不同施肥处理对延胡索生物产量的影响 (n = 15)

Table 1 Effects of different diammonium phosphate application amount on biomass of *C. yanhusuo* (n = 15)

处理	苗期生物产量/(g·株 ⁻¹)			生长期生物产量/(g·株 ⁻¹)			生长后期生物产量/(g·株 ⁻¹)		
	地上	地下	总干质量	地上	地下	总干质量	地上	地下	总干质量
CK	0.15	0.24	0.39	0.26	0.32	0.58	0.23	2.65	2.88
A	0.04	0.29	0.43	0.41	0.53	0.94	0.24	3.06	3.30
B	0.17	0.39	0.56	0.57	0.60	1.17	0.27	3.52	3.79
C	0.17	0.41	0.58	0.62	0.73	1.35	0.26	4.04	4.30
D	0.15	0.40	0.55	0.52	0.59	1.11	0.32	3.47	3.79
E	0.16	0.34	0.50	0.46	0.47	0.93	0.35	3.38	3.73

表 2 不同施肥处理对延胡索生长指标和产量的影响 ($n = 15$)Table 2 Effects of different diammonium phosphate application amount on growth index and yield of *C. yanhusuo* ($n = 15$)

处理	株高/(cm·株 ⁻¹)	叶片数/(个·株 ⁻¹)	地上茎数/(个·株 ⁻¹)	节数/(个·株 ⁻¹)	单株鲜质量/(g·株 ⁻¹)	鲜产量/(kg·hm ⁻²)
CK	12.8	39.3	16.0	7.8	7.5 c	3 967.2 d
A	14.8	41.5	22.3	10.0	7.6 c	4 068.8 d
B	18.2	69.2	27.4	12.5	8.8 ab	4 959.8 b
C	19.2	83.3	30.4	13.4	9.5 a	5 482.2 a
D	15.6	64.5	25.0	12.2	8.7 b	4 718.6 c
E	15.3	51.0	23.8	11.0	7.7 c	4 507.1 c

小写字母表示不同施肥处理下差异显著性 ($P < 0.05$), 下同lowercase letters in table indicate significant difference under different fertilization treatments ($P < 0.05$), same as below

3.3 不同施肥处理对延胡索分级及品质的影响

3.3.1 不同施肥处理对延胡索块茎大小分级的影响 由表 3 可知, 由于施用磷酸二铵的量不同, 使各处理收获的延胡索块茎组成结构发生了一定的差异, 各处理延胡索块茎在不同级别中数量比和质量比均不同。其中 I~IV 代表产品级别, I 级为单个延胡索 ≥ 3.0 g; II 级为 2.0 g $\leq$ 单个延胡索 < 3.0 g; III 级为 1.0 g $\leq$ 单个延胡索 < 2.0 g, IV 级品为单个延胡索 1.0 g 以下。各处理分别随机取数量和质量相等延胡索测定, 可知 C 处理在 I、II 级别中所占比例大, 相应 III、IV 级别中所占比例小, D 处理次之, 而对照的延胡索恰好与 C 处理相反, 说明 C 处理的延胡索单个块茎大, 外观质量好; 由 CK 和 E 处理的测定结果可知, 不论是数量比还是质量比, CK 或施肥过多 (E 处理) 均不利于延

胡索商品等级的提高。

3.3.2 不同施肥处理对延胡索品质的影响 折干率是衡量中药材质量的重要指标之一, 折干率越大, 药材获得率越高, 从表 4 可知, C 处理延胡索折干率最高, 但与其他处理差异不大。C 处理延胡索外观质量表现为单个延胡索块茎最大、鲜质量最大, CK 组最小, 二者差异显著; 从最大块茎直径看出, C 处理比 CK 和 E 处理分别高出 0.37、0.55 cm/个; 各处理总灰分的差异不明显, 均符合《中国药典》2015 年版标准 (总灰分不得超过 4.0%); 不同处理醇溶性浸出物含量可知, 随施用磷酸二铵量的增加, 其含量呈现先增后降的趋势, 其中 C 处理醇溶性浸出物含量最高, B 处理醇溶性浸出物含量次之, E 处理最低, C 处理与各处理差异显著, 其中比 CK 和 E 处理分别高出 11.3%、11.6%。

表 3 不同施肥处理对延胡索块茎大小分级的影响

Table 3 Effects of different applying diammonium phosphate application amount on tuber size grading of *C. yanhusuo*

处理	数量比/%				质量比/%			
	I级	II级	III级	IV级	I级	II级	III级	IV级
CK	3.73	18.99	44.60	32.68	12.84	31.10	34.55	21.51
A	4.03	20.87	43.56	31.54	13.20	33.29	34.98	18.53
B	5.83	26.60	37.36	30.21	19.15	35.45	21.02	24.38
C	7.08	40.76	31.97	20.19	28.21	38.70	20.86	12.23
D	6.00	35.20	35.53	23.27	24.82	30.49	27.45	17.24
E	5.90	30.13	37.05	24.92	20.71	30.25	30.10	18.94

表 4 不同施肥处理对延胡索品质的影响 ($n = 3$)Table 4 Effects of different diammonium phosphate application amount on quality of *C. yanhusuo* ($n = 3$)

处理	折干率/%	最大块茎直径/cm	最大块茎鲜质量/g	总灰分/%	醇溶性浸出物/%	延胡索乙素/%
CK	30.6	1.99	2.18	3.2	13.5 c	0.076 e
A	31.4	2.13	2.98	3.4	14.6 b	0.089 d
B	32.5	2.36	3.41	3.5	15.0 b	0.105 b
C	33.7	2.57	3.80	3.0	24.8 a	0.128 a
D	31.9	2.08	3.20	3.4	14.3 b	0.098 c
E	30.7	2.02	3.17	3.6	13.2 c	0.085 d

从延胡索乙素测定结果看, C 处理所含延胡索乙素最高, CK 最低, C 处理比 CK、E 处理分别高出 0.052%, 0.043%, C 处理与各处理差异显著。

4 讨论

结果表明, 延胡索施用磷酸二铵的量为 375 kg/hm² 时, 株高、地上茎数、节数等农艺性状表现最佳, 外观质量好, 产量最高, 达 5 482.2 kg/hm², 比未施肥增产 38.2%, 比施肥 525 kg/hm² 增产 21.6%, 说明施用磷酸二铵明显增加了延胡索的产量, 但是施肥量过高(如 525 kg/hm²) 成本高, 且产生肥害, 不施肥(CK) 或施肥量(如 300 kg/hm²) 过低生长差, 产量低。

实验选用汉中市城固县施用最为普遍的磷酸二铵作为基肥。磷酸二铵属于水溶性磷肥, 是一种速效肥料, 作基肥或追肥均可, 在多种作物和中药材上肥效好, 易被中药材吸收利用, 建议在喜铵需磷的药用植物种植中推广应用, 通过本研究, 为延胡索施肥研究提供依据。

《中国药典》2015 年版规定延胡索总灰分不得过 4.0%, 醇溶性浸出物不得少于 13.0%, 延胡索乙素不少于 0.050%, 本实验各处理结果均符合《中国药典》2015 年版规定。且本实验随施磷酸二铵用量的增加, 延胡索主要指标的测定结果都呈现先增加

后降低的趋势, 说明不是施肥量越多越好, 而要合理施肥以提高延胡索产量质量, 本实验结果为人工栽培过程中延胡索合理施肥提供理论依据和参考。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 秦民坚, 郭玉海. 中药材采收加工学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [3] 杨 丽. 中药学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
- [4] 贺 凯, 高建莉, 赵光树. 延胡索化学成分、药理作用及质量控制研究进展 [J]. 中草药, 2007, 38(12): 1909-1912.
- [5] 周军辉, 李思峰, 王答棋, 等. HPLC 测定汉中延胡索药材中延胡索乙素的含量 [J]. 中成药, 2006, 28(11): 1644-1645.
- [6] 许翔鸿, 王峥涛, 余国奠, 等. 延胡索中生物碱成分的研究 [J]. 中国药科大学学报, 2002, 33(6): 433-436.
- [7] 杨鑫宝, 刘扬子, 杨秀伟, 等. 磐安延胡索的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(16): 2200-2207.
- [8] 郑军献, 徐 雁, 洪春霞. 延胡索不同加工工艺的研究 [J]. 浙江中医杂志, 2012, 47(5): 379-380.
- [9] 孙乙铭, 俞旭平, 徐建中, 等. 延胡索产地加工的工艺研究 [J]. 中国现代应用医学, 2011, 28(10): 923-926.
- [10] 曾宏宽, 曹文元. 汉中市元胡最佳施肥量优化研究 [J]. 现代农业科技, 2015, (14): 53-56.