

寒旱生态区宽叶羌活优化栽培氮磷钾 用量及配比研究

马中森¹, 安莹娟¹, 郑海霞², 潘丽娟¹, 张志明³, 李喜香³, 黄清杰³, 刘效瑞¹
(1. 陇西保和堂药业有限责任公司, 甘肃 陇西 748100; 2. 甘肃医学院, 甘肃 平凉 744000;
3. 甘肃省中医院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 合理施肥是寒旱生态区宽叶羌活获得高产优质高效的关键, 通过分析氮磷钾不同用量及配比施肥对寒旱生态区宽叶羌活主要农艺性状、品质、经济效益的影响, 为高产优质高效栽培提供科学依据。以宽叶羌活为研究对象, 设计了5个氮磷钾不同用量及配比施肥处理, 测定不同氮磷钾施肥条件下羌活主要农艺性状、产量、羌活醇和异欧前胡素含量。结果表明, 氮磷钾不同施用量及配比对寒旱生态区宽叶羌活的产量、品质及经济纯收益均有较大影响, 其中施肥量为 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm², 配比为 1:1:0.5 时, 各项农艺综合性状较优, 羌活单根重(干品)和芦头径粗分别较不施肥处理增加 56.72%、28.57%; 羌活的干品产量最高, 为 8 800.0 kg/hm², 较不施肥处理显著增产 55.29%; 羌活醇和异欧前胡素含量较不施肥提高 58.82%; 经济效益较不施肥增加 297 819.1 元/hm²。综合主要性状和经济效益, 氮磷钾不同用量及配比施肥中, 施肥量为 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm²(配比为 1:1:0.5)时, 宽叶羌活的效果最好。

关键词: 寒旱生态区; 宽叶羌活; 氮磷钾; 用量配比; 效应分析

中图分类号: S567.239 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2025)01-0078-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.013

Study on the Amount and Proportion of Nitrogen, Phosphorus and Potassium for Optimum Cultivation of *Notopterygium forbesii* in Cold and Arid Ecological Region

MA Zhongsen¹, AN Yingjuan¹, ZHENG Haixia², PAN Lijuan¹, ZHANG Zhiming³,
LI Xixiang³, HUANG Qingjie³, LIU Xiaorui¹

(1. Longxi Baohetang Pharmaceutical Co., Ltd., Longxi Gansu 748100, China; 2. Gansu Medical College, Pingliang Gansu 744000, China; 3. Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou Gansu 730050, China)

Abstract: Rational fertilization is the key to achieving high-yield, high-quality, and efficient cultivation of *Notopterygium forbesii* in cold and arid ecological regions. This study analyzed the effects of different amounts and proportion of nitrogen, phosphorus, and potassium on the main agronomic traits, quality, and economic benefits of *Notopterygium forbesii*, providing a scientific basis for high-yield, high-quality, and efficient cultivation of *Notopterygium forbesii*. Using *Notopterygium forbesii* as the research subject, five nitrogen, phosphorus and potassium fertilization treatments with different amounts and proportion were designed. The study measured the main agronomic traits, yield, and contents of notopteron and isoimperatorin under different fertilization conditions. Results showed that different amounts and proportion of nitrogen, phosphorus and potassium had significant impacts on the yield, quality, and net economic benefits of *Notopterygium forbesii* in cold and arid regions. When the fertilizer amounts were N 300 kg/ha, P₂O₅ 300 kg/ha, and K₂O 150 kg/ha, with a proportion of 1:1:0.5, the comprehensive agronomic traits were optimal. The single root weight (air-dried product basis) and stem diameter increased by 56.72% and 28.57%, respectively, compared to the no-fertilizer treatment. The air-dried product yield of *Notopterygium forbesii* reached a maximum of 8 800.0 kg/ha, a significant increase of 55.29% compared to the no-fertilizer treatment. The contents of notopteron and isoimperatorin were 58.82% higher, and economic benefits increased by 297 819.1 Yuan/ha. Based on the comprehensive agronomic traits and economic benefits,

收稿日期: 2024-06-26; 修订日期: 2024-12-12

基金项目: 国中医药科技中药保障和创新能力提升项目(中药便函[2023]24号)。

作者简介: 马中森(1966—), 男, 甘肃定西人, 中药师, 主要从事中药资源研究及开发工作。Email: mzs96147266@163.com。

通信作者: 刘效瑞(1955—), 男, 甘肃渭源人, 推广研究员, 主要从事中药材新品种选育及规范化栽培技术研究及推广工作。Email: 281984956@qq.com。

the best fertilization treatment for *Notopterygium forbesii* was N 300 kg/ha, P₂O₅ 300 kg/ha, and K₂O 150 kg/ha, with a proportion of 1:1:0.5.

Key words: Cold and arid ecological region; *Notopterygium forbesii*; Nitrogen, phosphorus and potassium; Dosage ratio; Effect analysis

中药羌活为伞形科羌活属多年生草本植物羌活(*Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang)或宽叶羌活(*Notopterygium forbesii* Boiss.)的干燥根^[1]。羌活药材在医疗保健中有着广泛用途^[2],是中、藏、羌医药体系中的常用药材^[3],以其作为原料的中(藏)成药有 260 余种,药用需求量大^[4]。具有辛温解表散寒,治疗风寒引起的感冒、风湿性疾病、颈肩背疼痛的功效,尤其对风寒湿引起的头痛的疗效更好。但羌活自然生长量小,成药周期长,依赖采挖野生羌活作为商品药材难以满足市场的需求^[5]。我国对羌活野生资源的保护工作十分重视^[6],人工抚育栽培羌活业已成为实现羌活资源可持续利用的有效途径^[7]。但在当地羌活栽培中,管理粗放,基本处于自然生长状态,盲目施肥的现象普遍存在^[8],单施氮肥并严重超量,导致产品质量降低,更甚者不符合《中国药典》要求,同时造成对当地土壤资源的次生污染^[9],严重地影响着羌活产业的再发展。因此,我们对寒旱生态区 3 a 生宽叶羌活氮磷钾用量及优化配比进行了研究,以期探讨羌活高产、优质、高效综合栽培技术,更进一步地为羌活产业持续、长足、健康发展提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验在甘肃省天祝藏族自治县天堂镇麻科村(36° 57' 0" N, 102° 34' 3" E)进行。当地海拔 2 524 m,年平均气温 5.5 °C,无霜期 130 d 左右,日照时数 2 650 h,年降水量 550 mm。试验地空气符合国家《环境空气质量标准》二类区的要求^[10],土壤符合国家《土壤环境质量 农用地污染风险管控标准(试行)》的要求^[11]。羌活属旱生植物,依靠天然降水,整个生长期无需灌溉。

1.2 供试材料

供试材料为甘肃中医药大学鉴定的宽叶羌活,种子由陇西保和堂药业有限责任公司提供。供试氮肥为尿素(N≥46%),由兰州化肥厂生产;磷肥为普通过磷酸钙(P₂O₅≥13%),由白银磷肥厂生

产;钾肥为硫酸钾(K₂O≥50%),由青海格尔木钾肥厂生产。

1.3 仪器与试剂

高效液相色谱仪(型号 1220 Lnfinitiy LC, Agilent Technologies); L6500K 型全光谱 LED 植物专用灯板(宁波杨辉仪器有限公司)。羌活醇对照品(CAS 号: 88206-46-6),由中国食品药品检定研究院生产;异欧前胡素对照品(CAS 号: 482-45-1),由中国食品药品检定研究院生产。

1.4 试验方法

试验共设 5 个氮磷钾不同用量及配比施肥处理,试验方案见表 1。试验采用对比法排列^[12],3 次重复,小区面积 15 m²(3 m×5 m)。羌活采用育苗移栽方法,收获周期为 3 a。试验于 2020 年 3 月 26 日播种,2021 年 10 月 3 日起苗,苗龄为 556 d,2022 年 4 月 5 日按行距 30 cm、株距 15 cm 移栽。移栽时作为基肥施用肥料总量的 2/3,2023 年春季行间开沟追施剩余的 1/3。试验用肥按小区称量,混合均匀后及时翻入土壤。2023 年 10 月 29 日收获。生长期严格执行田间管理程序^[13]。

表 1 各处理肥料配比及用量

处理	肥料用量/(kg/hm ²)			N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
①(CK)	0	0	0	0 : 0 : 0
②	300.0	150.0	75.0	1 : 0.5 : 0.25
③	150.0	300.0	150.0	1 : 2 : 1
④	300.0	150.0	300.0	1 : 0.5 : 1
⑤	300.0	300.0	150.0	1 : 1 : 0.5

1.5 测定项目和方法

1.5.1 地上部主要农艺性状 于 2023 年 8 月中旬,在羌活开花期测定地上部农艺性状^[13],每小区取样 10 株,分别测定叶片长度、叶片宽度、主茎长度、总花序长度、总花序宽度、分枝数。

1.5.2 地下部主要经济性状 于 2023 年 10 月下旬,羌活地上部枯黄后,每小区取样 10 株,分别测定平均根重、芦头径粗、径粗>5 mm 侧根数、主根长等按照彭云霞等^[14]的分级标准进行分级。

产量按小区分别收获, 样品自然干燥后, 测定干重。

1.5.3 品质检测 采用《中国药典》(2020年版一部及四部)方法, 按高效液相色谱法[通则0512]测定各处理的羌活醇和异欧前胡素含量。按照《中国药典》一部有关章节规定: 羌活醇和异欧前胡素不得少于 0.40% [1]。

1.6 数据处理及分析

根据《农业化学研究法》采用 DPS 数据处理系统 23856 Program Files (x86)\DFSSOFT 程序进行对比法设计分析和 t 检验法进行显著性检验 [12]。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾不同用量及配比对羌活地上部植株长势的影响

2.1.1 叶长、叶宽 叶长和叶宽是展示羌活长势的直观因子之一。从表 2 可知, 各处理的羌活平均叶长为 55.3 ~ 66.2 mm, 其中处理⑤最长, 较 CK 增加 10.9 mm; 其次是处理③, 为 63.5 mm, 较 CK 增加 8.2 mm; 处理④位居第 3, 为 61.9 mm, 较 CK 增加 6.6 mm。羌活平均叶宽为 23.9 ~ 31.5 mm, 其中处理⑤最大, 较 CK 增加 7.6 mm; 其次是处理③, 为 29.2 mm, 较 CK 增加 5.3 mm; 处理④位居第 3, 为 28.1 mm, 较 CK 增加 4.2 mm。

2.1.2 主茎长 主茎长度是表现羌活生长量的首要因素。羌活平均主茎长为 83.5 ~ 102.5 cm, 其中处理⑤主茎最长, 较 CK 增加 19.0 cm; 其次是处理③, 为 98.5 cm, 较 CK 增加 15.0 cm; 处理④位居第 3, 为 94.5 cm, 较 CK 增加 11.0 cm(表 2)。

2.1.3 总花序长 总花序长度是展示羌活生长量的主要因子之一。各处理的羌活平均总花序长为 82.0 ~ 96.5 mm, 其中处理⑤总花序最长, 较 CK 增加 14.5 mm; 其次是处理④, 为 95.5 mm, 较 CK 增加 13.5 mm; 处理③位居第 3, 为 93.0 mm, 较 CK 增加 11.0 mm(表 2)。

2.1.4 总花序宽 总花序宽是表现羌活生长量的主要指标。各处理的羌活平均总花序宽为 63.5 ~ 184.0 mm, 其中处理⑤平均总花序宽最大, 较 CK 增加 120.5 mm; 其次是处理③, 为 182.5 mm, 较 CK 增加 119.0 mm; 处理④位居第 3, 为 179.0 mm, 较 CK 增加 115.5 mm(表 2)。对总花序宽用 t 检验法进行显著性检验可知, 总花序宽 t 值 = 6.03**,

表 2 氮磷钾不同用量及配比对羌活地上部农艺性状^①

处理	叶长 /mm	叶宽 /mm	主茎长 /cm	总花序长 /mm	总花序宽 /mm	分枝数 /(个/株)
①CK	55.3	23.9	83.5	82.0	63.5	15.5
②	58.1	26.4	90.5	87.0	172.0	18.0
③	63.5	29.2	98.5	93.0	182.5	21.0
④	61.9	28.1	94.5	95.5	179.0	19.0
⑤	66.2	31.5	102.5	96.5	184.0	22.5
处理间 t 值	2.09	2.29	2.51	2.58	6.03**	2.29

①检验值 $t_{0.05}(4)=2.78^*$, $t_{0.01}(4)=4.60^{**}$, 下表同。

检验值 $t_{0.01}(4)=4.60^{**}$, t 值 $>t_{0.01}(4)$, 表明施肥对总花序宽度有极显著影响。

2.1.5 分枝数 分枝数是展示羌活地上部生长势强弱的主要指标, 分枝数较多者根系产量较高。各处理的羌活平均分枝数为 15.5 ~ 22.5 个/株, 其中处理⑤平均分枝数最多, 较 CK 增加 7.0 个/株; 其次是处理③, 为 21.0 个/株, 较 CK 增加 5.5 个/株; 处理④位居第 3, 为 19 个/株, 较 CK 增加 3.5 个/株(表 2)。

2.2 氮磷钾不同用量及配比对羌活根部性状和商品等级的影响

2.2.1 单根重 单根重是构成羌活产量的主要要素 [14]。从表 3 可知, 各处理的羌活单根重(干品)为 33.5 ~ 52.5 g, 其中处理⑤单根重最重, 较 CK 增加 19.0 g, 增幅 56.72%; 处理③、处理④较重, 分别为 50.1、47.3 g, 分别较 CK 增加 16.6、13.8 g, 增幅 49.55%、41.19%。对单根重进行显著性检验表明, t 值 = 5.05**, 大于检验值 $t_{0.01}(4)=4.60^{**}$, 表明施肥对单根重有极显著影响。

2.2.2 芦头径粗 芦头径粗是表现羌活性状及形态的指标, 阈值愈大性状愈好。从表 3 可以看出, 各处理的羌活芦头径粗为 1.96 ~ 2.52 cm, 其中处理⑤芦头径粗最粗, 分别较 CK 增加 0.56 cm, 增幅 28.57%; 处理③、处理④较粗, 分别为 2.46、2.29 cm, 分别较 CK 增加 0.50、0.33 cm(表 3), 增幅 25.51%、16.84%。对芦头径粗进行显著性检验表明, $t=2.97^*$, 大于检验值 $t_{0.05}(4)=2.78^*$, 表明施肥对芦头径粗有显著影响。

2.2.3 侧根数 侧根数表现着羌活根系的生长状况, 但在羌活药材生产中要求侧根数越少越好。各处理羌活径粗 >5 mm 的平均侧根数为 8.2 ~ 9.5 个/株, 其中 CK 侧根数最少, 处理②的侧根数最

多, 较 CK 多 1.3 个/株。处理④、处理⑤较多, 分别为 9.1、8.6 个/株, 分别较 CK 增加 0.9、0.4 个/株(表 3)。

2.2.4 主根长 主根长是展示羌活生长活力的一项主要指标, 但在羌活药材生产中要求主根长度适中者为宜。各处理的羌活主根长为 25.5 ~ 31.5 cm, 其中处理⑤的主根长度最长, 较 CK 增加 6.0 cm。CK 最短, 处理③、④较长, 分别为 30.2、29.5 cm, 分别较 CK 增大 4.7、4.0 cm(表 3)。田间观察可知, 主根均为圆柱形略弯曲状, 均为褐紫色。

2.2.5 等级 从表 3 可知, 各处理的羌活以处理⑤的一、二级品最多, 分别为 30.6%、47.5%, 较 CK 分别增加 14.1、26.2 个百分点; 其次是处理③, 分别为 27.8%、43.4%, 较 CK 分别增加 11.3、22.1 个百分点。

2.3 氮磷钾不同用量及配比对羌活产量的影响

由表 4 可见, 各施肥处理羌活的干品产量均高于 CK, 其中以处理⑤产量最高, 为 8 800.0 kg/hm², 较 CK 增产 55.29%; 其次是处理③, 产量为 8 600.0 kg/hm², 较 CK 增产 51.76%; 处理④排第三, 产量为 7 666.7 kg/hm², 较 CK 增产 35.29%;

表 4 氮磷钾不同用量及配比下的羌活产量

处理	小区平均产量 /(kg/15 m ²)	折合产量 /(kg/hm ²)	较CK增产 /(kg/hm ²)	增产率 /%
①(CK)	8.5	5 666.7		
②	11.2	7 466.7	1 800.0	31.76
③	12.9	8 600.0	2 933.3	51.76
④	11.5	7 666.7	2 000.0	35.29
⑤	13.2	8 800.0	3 133.3	55.29
处理间t值	3.71*			

处理②排第四, 产量为 7 466.7 kg/hm², 较 CK 均增产 31.76%。为了进一步检验施肥处理间增产的真实性, 对产量进行 t 检验法检验结果表明, 施肥处理间实际 t=3.71*, 大于检验值 t_{0.05}(4)=2.78*, 处理间产量结果达显著水平, 表明施肥对羌活产量具有显著影响。

2.4 氮磷钾不同用量及配比对羌活经济效益的影响

从表 5 可见, 各施肥处理的羌活经济纯收益均高于 CK, 其中处理⑤的羌活经济纯收益最高, 为 671 028.0 元/hm², 较 CK 增加 297 819.1 元/hm²; 其次是处理③, 为 639 810.9 元/hm², 较 CK 增加 266 602.0 元/hm²; 处理④排第三, 为 558 596.0 元/hm², 较 CK 增加 185 387.1 元/hm²; 处理②最低,

表 3 氮磷钾不同用量及配比下羌活根部性状和商品等级

处理	单根重(干品) /g	芦头径粗 /cm	径粗>5 mm 侧根数 /(个/株)	主根长 /cm	等级占比/%		
					一级品	二级品	三级品
①CK	33.5	1.96	8.2	25.5	16.5	21.3	62.2
②	45.6	2.23	9.5	27.1	23.2	39.8	37.0
③	50.1	2.46	8.3	30.2	27.8	43.4	28.8
④	47.3	2.29	9.1	29.5	25.9	40.7	33.4
⑤	52.5	2.52	8.6	31.5	30.6	47.5	21.9
处理间 t 值	5.05**	2.97*	1.27	2.21	1.546	1.708	1.668

表 5 氮磷钾不同用量及配比下羌活的经济效益

处理	等级占比/%			总产值 /(元/hm ²)	投资/(元/hm ²)		经济纯收益 /(元/hm ²)	较对照增加收益 /(元/hm ²)
	一级品	二级品	三级品		肥料	人工		
①(CK)	16.5	21.3	62.2	373 208.9	0	0	373 208.9	
②	23.2	39.8	37.0	539 394.4	2 805.5	300.0	536 287.9	163 079.0
③	27.8	43.4	28.8	643 280.4	3 169.5	300.0	639 810.9	266 602.0
④	25.9	40.7	33.4	563 502.5	4 606.5	300.0	558 596.0	185 387.1
⑤	30.6	47.5	21.9	675 312.0	3 984.0	300.0	671 028.0	297 819.1
处理间 t 值				3.542				

①2023 年羌活干品即时价格: 一级品为 95 元/kg、二级品为 75 元/kg、三级品为 55 元/kg。肥料成本: 尿素 2.5 元/kg(N 46%、N 5.43 元/kg), 普通过磷酸钙 0.5 元/kg(P₂O₅ 13%、P₂O₅ 3.85 元/kg), 硫酸钾 4 元/kg、(K₂O 50%、K₂O 8 元/kg)。

为 536 287.9 元/hm²，较 CK 增加 163 079.0 元/hm²。对经济纯收益进行 t 检验，实际 t 值 =3.542*，大于检验值 $t_{0.05}(4)=2.78^*$ ，表明施肥对羌活经济纯收益有显著影响。

2.5 氮磷钾不同用量及配比对羌活品质的影响

羌活的内在品质羌活醇和异欧前胡素平均含量检测结果均符合 2020 版《中国药典》要求。从图 1 可见，羌活的羌活醇和异欧前胡素平均含量为 0.85%~1.35%，其中处理⑤含量最高，为 1.35%，较 CK 提高了 58.82%；其余各处理的羌活醇和异欧前胡素含量由大到小依次为处理④、处理③、处理②，分别为 1.08%、0.88%、0.87%，分别较 CK 提高了 27.06%、3.53%、2.35%。为了进一步检验施肥处理对羌活内在质量影响的真实性，采用 t 检验法进行显著性检验，处理间实际 t 值 = 0.88，大于检验值 $t_{0.5}(4)=0.741$ ，表明施肥对羌活质量亦有一定影响。

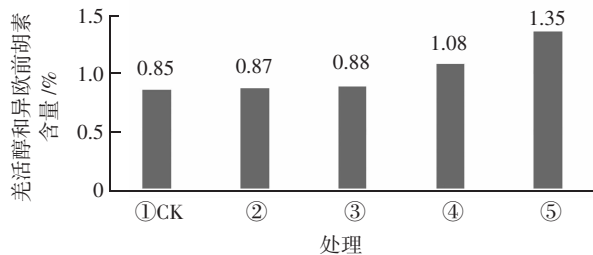


图 1 氮、磷、钾配比及用量对羌活醇和异欧前胡素含量影响

3 讨论与结论

合理施肥不仅可以保证中药材的产量，而且可以促进有效药用成分的累积；而过量施肥不仅会对自然生态环境造成威胁，而且会增加种植成本，影响药材产量和品质^[15-18]。羌活作为一种重要的药用植物，受野生资源的限制，开展羌活的人工栽培研究具有重要的意义^[19-20]。羌活是野生驯化药材，其生长在瘠薄严酷的自然条件下，根据其生长特性，多年来，人们片面地认为栽培羌活不必施肥，或认为施肥是对资金的浪费。方子森等^[21]研究表明，羌活药材产量和挥发油含量随施氮量的增加而增加，而浸出物含量随施氮量的增加呈先增后降的变化趋势；产量随施磷量的增加而增加，浸出物含量随施磷量呈先减后增的变化趋势，而挥发油随施磷量的增加呈先增后降的变化趋势。何尤等^[22]研究表明，氮肥和磷肥的施

用量及配比对宽叶羌活产量及品质有较大的影响。杨有霖^[23]利用不同配比尿素、过磷酸钙施用于 3 a 生宽叶羌活实生苗进行施肥试验，结果表明，随着尿素和过磷酸钙用量的增加，3 a 生宽叶羌活药材的羌活根产量、挥发油含量、醇浸出物含量逐渐增加，在尿素施肥量 120 kg/hm²、过磷酸钙施用量 400 kg/hm² 时，3 a 生宽叶羌活药材根产量、挥发油含量、醇浸出物含量均达到最大，之后逐渐降低。高凌花^[24]研究表明，在羌活栽培中合理施肥，可显著提高羌活药用部分的干重产量，所有施肥处理与不追肥对照之间的差异均达到显著水平。田丰等^[25]研究表明，钾肥用量对羌活的根茎粗、侧根数、地上部分干重、根长、最大叶长、最大叶宽和根部干重有一定的促进作用，钾肥施用量在 75.0 kg/hm² 时，对羌活的侧根数促进作用最大；钾肥施用量在 112.5 kg/hm² 时，对根茎粗、地上部分干重促进作用最大。本研究表明，肥料是羌活增产的基本保障，好的施肥技术是获得最佳效益的关键所在。

肥料种类、用量及养分配比对羌活主要经济性状、单位面积产量、内在质量、经济效益均有一定影响。本试验中，施肥量为 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm² (配比为 1 : 1 : 0.5) 时，单根重(干品)最重，为 52.5 g，较不施肥处理增加 56.72%；芦头径粗最大，为 2.52 cm，较不施肥处理增加 28.57%；羌活的干品产量最高，为 8 800.0 kg/hm²，较不施肥处理增产 55.29%，与不施肥处理产量差异显著；内在质量较好，羌活醇和异欧前胡素含量较高，较不施肥处理提高了 58.82%；经济效益最高，较不施肥处理增加 297 819.1 元/hm²。综合主要性状和经济效益，氮磷钾不同用量及配比施肥中，施用 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm² (配比为 1 : 1 : 0.5) 时宽叶羌活的效果最好。建议在羌活生产中，当资金宽裕时可选择施肥量为 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm² (配比为 1 : 1 : 0.5) 方案，经济纯收益最高；当资金受限时应选择施肥量为 N 150 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm² (配比为 1 : 2 : 1) 方案。在羌活高产、高效、优质栽培中，应选择适合栽培者实际情况的氮、磷、钾优化施肥方案，以获得羌活栽培的最佳经济效益和优质

产品。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (一、四部) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [2] 宋平顺, 杨平荣, 赵建邦. 甘肃道地药材志[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2017.
- [3] 吝祥根, 陈春霞. 羌活栽培技术的研究进展[J]. 四川农业与农机, 2013(1): 39-40.
- [4] 蒋舜媛, 孙辉, 王红兰, 等. 羌活产业现状及发展对策[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(14): 2627-2632.
- [5] 黄璐琦, 彭华胜, 肖培根. 中药资源发展的趋势探讨[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(1): 1-4.
- [6] 阎凤, 朱宏伟, 董生健, 等. 野生羌活的植物形态及驯化途径[J]. 甘肃农业, 2006(6): 136-137.
- [7] 方子森, 陈小莉, 张恩和. 野生羌活的生态环境与驯化栽培[J]. 中草药, 2004(9): 116-118.
- [8] 尹青岗, 熊超, 王晓蓉, 等. 羌活无公害规范化栽培体系研究[J]. 中药材, 2019, 42(3): 698-703.
- [9] 马中森, 洪建雄, 刘效瑞, 等. 轮作周期及新型肥料对蒙古黄芪主要农艺性状及生产效应研究[J]. 中国现代中药, 2018, (20)8: 992-998; 1002.
- [10] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准: GB 3095—2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [11] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行) GB 15618—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [12] 西北农学院, 华南农学院. 农业化学研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [13] 王苏林. 野生羌活驯化栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 86-88.
- [14] 彭云霞, 张东佳, 魏莉霞, 等. 甘肃省宽叶羌活种苗质量分级标准研究[J]. 中兽医医药杂志, 2021, 40(5): 14-17.
- [15] 马中森, 洪建雄, 刘效瑞, 等. 轮作周期及新型肥料对当归抗病性、产量及品质的影响[J]. 中药材, 2019, (42)12: 2759-2763.
- [16] 白波, 张立军, 蔡子平, 等. 河西灌区板蓝根氮磷钾养分需求规律研究[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(11): 1032-1036.
- [17] 陈亮之, 孙建好, 赵建华, 等. 氮肥增效剂对春小麦产量和效益的影响[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(6): 564-566.
- [18] 孙建好, 郭全恩, 赵建华, 等. 基于甘肃省中低产田现状的改良措施及其应用效果[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(2): 139-144.
- [19] 严明春, 马中森, 王富胜, 等. 党参根腐病防控新农药筛选[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(1): 4-8.
- [20] 边芳, 宋振华. 有机活性肥在白条党参上的应用效果[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(1): 54-60.
- [21] 方子森, 高凌花, 张恩和, 等. 人工施用氮肥、磷肥对宽叶羌活产量和质量的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 54-60.
- [22] 何尤, 尹红芳, 席旭东, 等. 不同施肥处理对宽叶羌活产量及品质的影响[J]. 中草药, 2009, 40(6): 958-960.
- [23] 杨有霖. 不同氮磷比对三年生宽叶羌活药材产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(19): 163-166.
- [24] 高凌花. 羌活生态特性及施肥对其产质量影响的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [25] 田丰, 李永平, 余科贤, 等. 不同钾肥用量对2年生宽叶羌活生物量·药材产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 808-809; 848.