

影响巫山淫羊藿品质的施肥指标体系构建

张建海, 冯彬彬*

重庆三峡医药高等专科学校, 重庆 404120

摘要:目的 建立 N、P、K 施肥量与巫山淫羊藿 *Epimedium wushanense* 品质的回归模型, 探索巫山淫羊藿的最佳施肥方案。方法 采用 3 因素 4 水平设计施肥方案, 布置巫山淫羊藿 N、P、K 肥料效应实验, 并对实验数据进行整理与统计分析。结果 建立了 N、P、K 肥配施效应模型与巫山淫羊藿产量和质量之间的关系, 并对各因子之间的交互作用进行了分析, 对模型进行了优化。在不同施肥措施中 $N_2P_2K_2$ 处理效果最佳, 不施或者少施 N、P、K 中的任何一种养分均不同程度导致巫山淫羊藿减产和质量下降; 单因子效应分析表明, 随着 N、P 和 K 施肥量的提高, 产量和有效成分的量呈先升后降的趋势; 双因素交互效应分析表明, 以巫山淫羊藿产量为考察对象, N、P、K 肥间相互作用都存在一个值域, 低于这个值域时都表现为协同促进作用, 高于这个值域时则都表现为拮抗作用; 以淫羊藿苷和朝藿定 C 的量为考察对象, N、K 和 P、K 肥间相互作用存在一个值域, 有效成分的量表现出与产量相同的趋势。结论 模型优化结果表明, 大田实验适宜的 N、P、K 肥施用量分别为 224.154~269.461、176.324~214.651、152.624~197.354 kg/hm²。

关键词: 巫山淫羊藿; N; P; K; 效应模型; 产量和质量

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)12-1819-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.12.021

Establishment of fertilization recommendation index of *Epimedium Wushanensis Herba*

ZHANG Jian-hai, FENG Bin-bin

Chongqing Three Gorges Medical College, Chongqing 404120, China

Abstract: **Objective** To establish the fertilization index of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) and regression model of *Epimedium Wushanensis Herba*, and to explore the optimization of fertilization. **Methods** The design of the fertilizer element 3 and factor 4 was introduced, the effect test of N, P, and K fertilizers was laid out and the test data were collected and analyzed statistically. **Results** An empirical model of the relationship between *Epimedium Wushanensis Herba* and the contents of Icaritin and epimedin C to N, P, and K were established and optimized to analyze the interaction among the tested factors. **Conclusion** Yield and quality of *Epimedium Wushanensis Herba* are lower significantly without one of N, P, and K and the optimization treatment efficiency is $N_2P_2K_2$. Single-factor analysis shows that the yield and the contents of active ingredients Icaritin and epimedin C increase and then decrease steadily with the increase of the N, P, and K application. The first order interaction analysis indicates that there exists an interaction range between N and P, N and K, P and K. The synergistic and antagonistic effects are shown in the lower and higher.

Key words: *Epimedium Wushanensis Herba*; nitrogen; phosphorus; potassium; effect model; yield and quality

巫山淫羊藿 *Epimedium Wushanensis Herba* 系小檗科 (Berberidaceae) 淫羊藿属 *Epimedium* L. 植物巫山淫羊藿 *Epimedium wushanense* T. S. Ying 的干燥叶。用于补肾阳、强筋骨、祛风湿。治疗阳痿遗精、筋骨痿软、风湿痹痛等症。现代药理研究表明淫羊藿属植物具有免疫调节、抗肿瘤、抗衰老及心血管

方面的药理作用, 黄酮类成分为主要药效成分^[1-5]。魏德生等^[6]对巫山淫羊藿人工模拟的生境种植进行了研究, 孙超等^[7]进行了淫羊藿属 3 种植物引种栽培研究, 但是施肥因子对巫山淫羊藿的产量和品质的影响, 目前尚未见报道。本实验以重庆巫山县红椿乡为实验基地, 采用 3 因素 4 水平试验设计方案研

收稿日期: 2015-01-13

基金项目: 重庆市教委自然科学基金项目 (KJ131802)

作者简介: 张建海, 硕士, 教授, 研究方向为药用植物栽培及有效成分分析。E-mail: zhjh200596@126.com

*通信作者 冯彬彬, 博士, 副教授, 研究方向为中药资源开发利用。Tel: (023)58567075 E-mail: fengbin1024@sina.com

究 N、P、K 配施效应模型及对巫山淫羊藿产量和质量的影响,为实现巫山淫羊藿的产业化、规模化发展提供实验依据。

1 材料和仪器

1.1 仪器

美国 Agilent1260 (智能柱温箱; MWD 紫外检测器); KQ5200E 型超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); BSA224S 电子天平 (赛多利斯科学仪器有限公司); HH.SYZ1-NI 型电热恒温水浴锅 (北京市长风仪器仪表公司); SHB-IV 双 A 循环式多用真空泵 (郑州长城科工贸有限公司); Millipore 纯水系统。

1.2 试剂和材料

淫羊藿苷、朝藿定 C 对照品购自中国食品药品检定研究院,批号分别为 111780-200801、110737-200415;乙醇、甲醇等均为分析纯试剂;乙腈、甲醇色谱纯;实验用水为去离子水;其他试剂均为分析纯。

1.3 实验场所

重庆市神女药业股份有限公司研究基地;重庆三峡医药高等专科学校科研平台。

实验地土样测定,含有机质 55.43 g/kg,全 N 3.13 g/kg,硝态 N 30.86 mg/kg,全 P 0.36 g/kg,有效 P 10.28 mg/kg,全 K 26.19 g/kg,有效 K 100.25 mg/kg。

2 方法

2.1 实验设计

实验采用 3 因素 4 水平完全实施方案,即 3 个因素 (N、P、K)、4 个水平 (0 水平指不施肥,2 水平指最佳施肥量,1 水平等于 2 水平 $\times 0.5$,3 水平等于 2 水平 $\times 1.5$)、14 个处理,实验设 3 次重复。

供试的巫山淫羊藿为 2011 年种植实验,株行距为 20 cm $\times$ 25 cm,每小区面积为 2.5 m $\times$ 2.0 m。

肥料施用:肥料用量按照实验设计方案进行,不施有机肥;尿素 50%作基肥,50%作追肥;Ca、Mg、P 肥全部作基肥一次性施用;60% KCl 作基肥,40%作追肥,基肥在移栽前 5 d 施入。

标准纯养为含 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 50 kg/hm²、K₂O 180 kg/hm²。

2.2 巫山淫羊藿单株叶产量的测定

在 5 月底到 6 月底采收期采收,分别测定定植 3 年各小区巫山淫羊藿单株的叶产量。将叶采收后晒至全干,称其单株叶的质量。同时将各单株叶样

品磨细,并装袋密封,低温保存备用。

2.3 巫山淫羊藿有效成分的测定

2.3.1 淫羊藿苷的测定^[8] 参照《中国药典》2010 年版一部的方法进行,色谱柱:Agilent C₁₈ ODS 柱 (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m),流动相为乙腈-水 (30:70),体积流量为 1.0 mL/min,温度 25 $^{\circ}$ C,检测波长为 270 nm,进样量为 20 μ L。

2.3.2 朝藿定 C 的测定^[8] 参照《中国药典》2010 年版一部的方法进行,色谱柱:Agilent C₁₈ ODS 柱 (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m),流动相为乙腈-水,采用梯度洗脱,0~10 min,20%乙腈;10~20 min,45%乙腈;20~25 min,55%乙腈;25~30 min,20%乙腈,体积流量为 1.0 mL/min,温度 25 $^{\circ}$ C,检测波长为 270 nm,进样量为 20 μ L。

2.4 统计分析

采用方差分析及 Excel 等数据处理系统进行三元二次、一元二次、二元二次回归统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同肥料处理单株叶质量、淫羊藿苷和朝藿定 C 的量

不同肥料处理的小区巫山淫羊藿单株叶质量、淫羊藿苷和朝藿定 C 的量结果见表 1。

3.2 巫山淫羊藿产量分析

从表 1 可见,不施肥情况下巫山淫羊藿单株叶片质量最低,施肥均不同程度提高巫山淫羊藿单株叶片质量。其中 N₂P₂K₂ 为最佳配比方式,该施肥水平下巫山淫羊藿单株叶片质量为 35.63 g。

N 肥不同水平 (N₁、N₂、N₃) 下巫山淫羊藿单株叶片质量平均分别为 30.63、32.44、33.87 g,较不施 N 肥分别增产 12.90%、19.57%、24.84%;P 肥不同水平 (P₁、P₂、P₃) 下巫山淫羊藿单株叶片质量平均分别为 31.58、31.89、33.32 g,较不施 P 肥分别增产 7.97%、9.03%、13.91%;K 肥不同水平 (K₁、K₂、K₃) 巫山淫羊藿单株叶片质量平均分别为 31.81、31.55、32.71 g,较不施 K 肥分别增产 -0.19%、-1.00%、2.64%。表明 N 肥是巫山淫羊藿单株叶片质量的主要限制因子,其次是 P 肥,施用 N 肥和 P 肥可增加单株叶片质量;K 肥对巫山淫羊藿单株叶片质量影响较小。因此,N 肥和 P 肥供应不足均导致巫山淫羊藿单株叶片质量的下降。

3.3 巫山淫羊藿的质量分析

从表 1 可以看出,不施肥情况下巫山淫羊藿中淫羊藿苷和朝藿定 C 的量最低,分别为 0.55%和

表 1 不同处理对巫山淫羊藿产量和质量的影响 ($n=3$)Table 1 Effect of different treatments on yield and quality of *Epimedium Wushanensis* Herba ($n=3$)

编号	因素水平	N/(kg·hm ⁻²)	P/(kg·hm ⁻²)	K/(kg·hm ⁻²)	单株叶片干质量/g	淫羊藿苷/%	朝藿定 C/%
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	26.930±0.456	0.550±0.125	1.310±0.087
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	150	180	27.130±0.129	0.580±0.341	1.390±0.015
3	N ₁ P ₂ K ₂	112.5	150	180	29.710±0.120	0.630±0.671	1.500±0.082
4	N ₂ P ₀ K ₂	225	0	180	29.250±1.045	0.620±0.104	1.430±0.024
5	N ₂ P ₁ K ₂	225	75	180	32.020±0.581	0.650±1.045	1.460±0.012
6	N ₂ P ₂ K ₂	225	150	180	35.630±2.067	0.690±1.361	1.550±0.028
7	N ₂ P ₃ K ₂	225	225	180	33.320±1.402	0.670±0.871	1.520±0.039
8	N ₂ P ₂ K ₀	225	150	0	31.870±0.341	0.620±0.241	1.390±0.072
9	N ₂ P ₂ K ₁	225	150	90	33.480±3.106	0.680±0.563	1.570±0.062
10	N ₂ P ₂ K ₃	225	150	270	32.710±0.248	0.670±2.031	1.430±0.074
11	N ₃ P ₂ K ₂	337.5	150	180	33.870±0.781	0.630±2.590	1.460±0.026
12	N ₁ P ₁ K ₂	112.5	75	180	31.480±0.296	0.620±0.215	1.510±0.095
13	N ₁ P ₂ K ₁	112.5	150	90	30.710±1.368	0.590±0.513	1.540±0.013
14	N ₂ P ₁ K ₁	225	75	90	31.240±1.828	0.610±0.762	1.500±0.021

1.31%。施肥均不同程度提高淫羊藿苷和朝藿定 C 的量。不同施肥水平对淫羊藿苷和朝藿定 C 量影响不同,其中 N₂P₂K₂ 为最佳配比方式,该施肥水平下巫山淫羊藿中淫羊藿苷和朝藿定 C 的量分别为 0.69% 和 1.55%。较不施肥处理淫羊藿苷和朝藿定 C 的量均提高。

N 肥不同水平 (N₁、N₂、N₃) 巫山淫羊藿中淫羊藿苷平均质量分数分别为 0.61%、0.65% 和 0.63%,较不施 N 肥分别增加 5.17%、12.07%、8.62%;朝藿定 C 的平均质量分数分别为 1.52%、1.48% 和 1.46%,较不施 N 肥分别增加 9.35%、6.47%、5.04%。P 肥不同水平 (P₁、P₂、P₃) 巫山淫羊藿中淫羊藿苷平均质量分数分别为 0.63%、0.64% 和 0.67%,较不施 P 肥分别增加 1.61%、3.23%、8.06%;朝藿定 C 的平均质量分数分别为 1.49%、1.48% 和 1.52%,较不施 P 肥分别增加 7.19%、6.47%、9.35%。K 肥不同水平 (K₁、K₂、K₃) 下巫山淫羊藿中淫羊藿苷平均质量分数分别为 0.63%、0.64% 和 0.67%,较不施 K 肥分别增加 1.61%、3.23%、8.06%;朝藿定 C 的平均质量分数分别为 1.54%、1.48% 和 1.43%,较不施 K 肥分别增加 10.79%、6.47%、2.88%。表明 N、P、K 都对巫山淫羊藿中淫羊藿苷和朝藿定 C 质量分数均产生较大影响。

3.4 施肥模型的建立与分析

3.4.1 巫山淫羊藿产量和质量的 3 因素效应分析 以二次多项式回归进行分析,建立大田条件下 N、P、K 肥巫山淫羊藿与产量和质量的经验模型,分别为单株叶片质量: $Y=22.734\ 9+0.022\ 9\ N+0.031\ 3\ P+0.048\ 8\ K-7.9\times 10^{-5}\ N^2-2.0\times 10^{-4}\ P^2-8.3\times 10^{-4}$

$K^2-2.0\times 10^{-4}\ NP-2.1\times 10^{-5}\ NK-1.0\times 10^{-4}\ PK$, F 值为 2.809 7;淫羊藿苷量: $Y=0.589\ 4+2.2\times 10^{-3}\ N+2.0\times 10^{-3}\ P+2.5\times 10^{-3}\ K-2.4\times 10^{-6}\ N^2-1.9\times 10^{-6}\ P^2-1.5\times 10^{-6}\ K^2-1.8\times 10^{-6}\ NP-5.0\times 10^{-6}\ NK-5.1\times 10^{-6}\ PK$, F 值为 3.238 5;朝藿定 C 量: $Y=1.438\ 2-3.0\times 10^{-4}\ N+2.0\times 10^{-4}\ P+1.3\times 10^{-3}\ K-3.9\times 10^{-6}\ N^2-3.8\times 10^{-6}\ P^2-7.7\times 10^{-6}\ K^2-4.4\times 10^{-6}\ NP+3.3\times 10^{-6}\ NK-9.2\times 10^{-7}\ PK$, F 值为 3.257 4。

可以看出巫山淫羊藿单株叶片质量与施肥量之间的回归关系较好,说明模型拟合效果好,可以用来指导 N、P、K 肥的合理配施并预测野巫山淫羊藿单株叶片质量。方程中常数项值与处理 1 的产量非常接近,说明数学模型与实际非常吻合。方程中一次项系数为正值,二次项系数为负值,说明肥料效应函数为递减型,巫山淫羊藿单株叶片质量随施肥量的增加而逐渐增加。N 与 P、N 与 K 和 P 与 K 的交互效应系数为负值,即它们之间存在负交互作用。巫山淫羊藿中淫羊藿苷和朝藿定 C 的质量分数与施肥量之间也存在着较为显著的回归关系,说明以淫羊藿苷和朝藿定 C 为考察对象,模型拟合效果好,可以用来进行指导实践。方程中一次项系数、二次项系数和交互效应系数同产量相类似。

3.4.2 单因素效应分析 对各因素进行单因子效应分析 (其他因子为 2 水平),得到施肥量与巫山淫羊藿单株叶片质量和巫山淫羊藿品质的一元二次肥料效应函数模型和曲线图,结果见表 2 和图 1。

从单因素肥料效应曲线图可见,在设计水平范

表 2 单因素肥料效应函数的配置及检验结果

Table 2 Configuration and test results of fertilizer response function of single factor

考察指标	一元二次肥料效应函数模型	F 值
单株叶片质量	$Y=26.579\ 0+0.052\ 2\ N-8.6\times 10^{-5}\ N^2$	19.436 9**
	$Y=28.915\ 0+0.071\ 9\ P-2.0\times 10^{-4}\ P^2$	9.482 6*
	$Y=31.589\ 5+0.042\ 9\ K-1.0\times 10^{-4}\ K^2$	1.976 6
淫羊藿苷质量分数	$Y=0.573\ 5+9.0\times 10^{-4}\ N-2.2\times 10^{-6}\ N^2$	3.094 7
	$Y=0.616\ 5+8.0\times 10^{-4}\ P-2.2\times 10^{-6}\ P^2$	4.959 2
	$Y=0.621\ 0+8.0\times 10^{-4}\ K-2.5\times 10^{-6}\ K^2$	72.000 0**
朝藿定 C 质量分数	$Y=1.386\ 0+1.6\times 10^{-3}\ N-4.0\times 10^{-6}\ N^2$	20.906 3**
	$Y=1.421\ 0+1.1\times 10^{-3}\ P-2.7\times 10^{-6}\ P^2$	2.277 8
	$Y=1.395\ 0+2.6\times 10^{-3}\ K-9.3\times 10^{-6}\ K^2$	23.000 0**

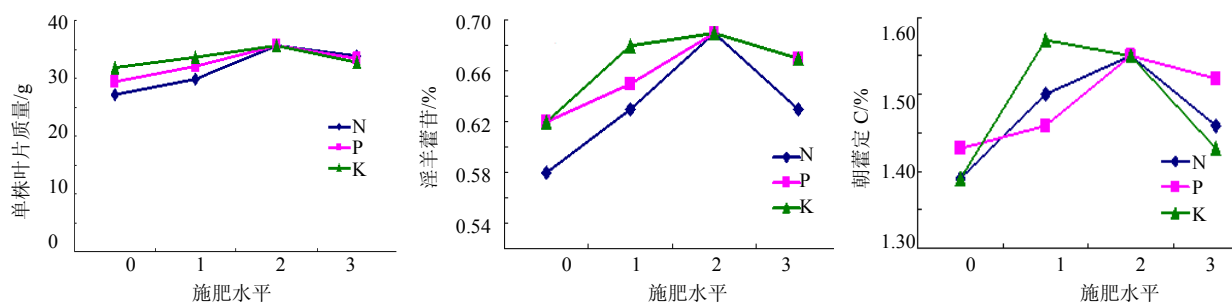
** $P<0.01$, * $P<0.05$ 

图 1 大田试验的单因子效应图

Fig. 1 Effect chart of single-factor in field test

围内, 3 种肥料曲线都成抛物线型, 说明任一肥料都存在最大施肥量, 超过这个临界点将导致巫山淫羊藿单株叶片质量、淫羊藿苷和朝藿定 C 的质量分数下降。从回归方程可以看出, 二次项系数均小于 0, 抛物线向下符合生物学规律, 回归模型真实。影响巫山淫羊藿单株叶片质量从大到小的顺序, 从一次项系数看, 为 $P>N>K$, 从二次项看, 其绝对值为 $P>K>N$; 影响淫羊藿苷质量分数从大到小的顺序, 一次项系数看为 $N>P>K$, 二次项系数为 $K>N>P$; 影响朝藿定 C 质量分数从大到小的顺序, 一次项系数看为 $K>N>P$, 二次项系数为 $K>N>P$ 。肥用量均表现为随着施肥量增加, 产量和质量先增加后减少。从最大产量系数上来看, 通过一元二次单因素效应方程分析, 以巫山淫羊藿单株叶片质量为考察对象, N、P、K 肥最适施肥量分别为 303.488、179.750、214.500 kg/hm^2 , 巫山淫羊藿单株叶片质量分别为 34.500 0、35.377 0、36.190 5 g; 以淫羊藿苷为考察对象, N、P、K 肥最适施肥量分别为 204.545 4、181.818 1、160.000 0 kg/hm^2 , 淫羊藿苷质量分数分别为 0.665 5%、0.689 2%、0.685 0%; 以

朝藿定 C 质量分数为考察对象, N、P、K 肥最适施肥量分别为 200.000 0、203.703 7、139.784 9 kg/hm^2 , 朝藿定 C 质量分数分别为 1.546 0%、1.533 0%、1.576 5%。

3.4.3 二因素效应分析 对各因素进行二因子效应分析 (其他因子为 2 水平), 得到巫山淫羊藿施肥量与产量和质量的二元二次肥料效应函数模型和曲线图, 结果见表 3 和图 2。

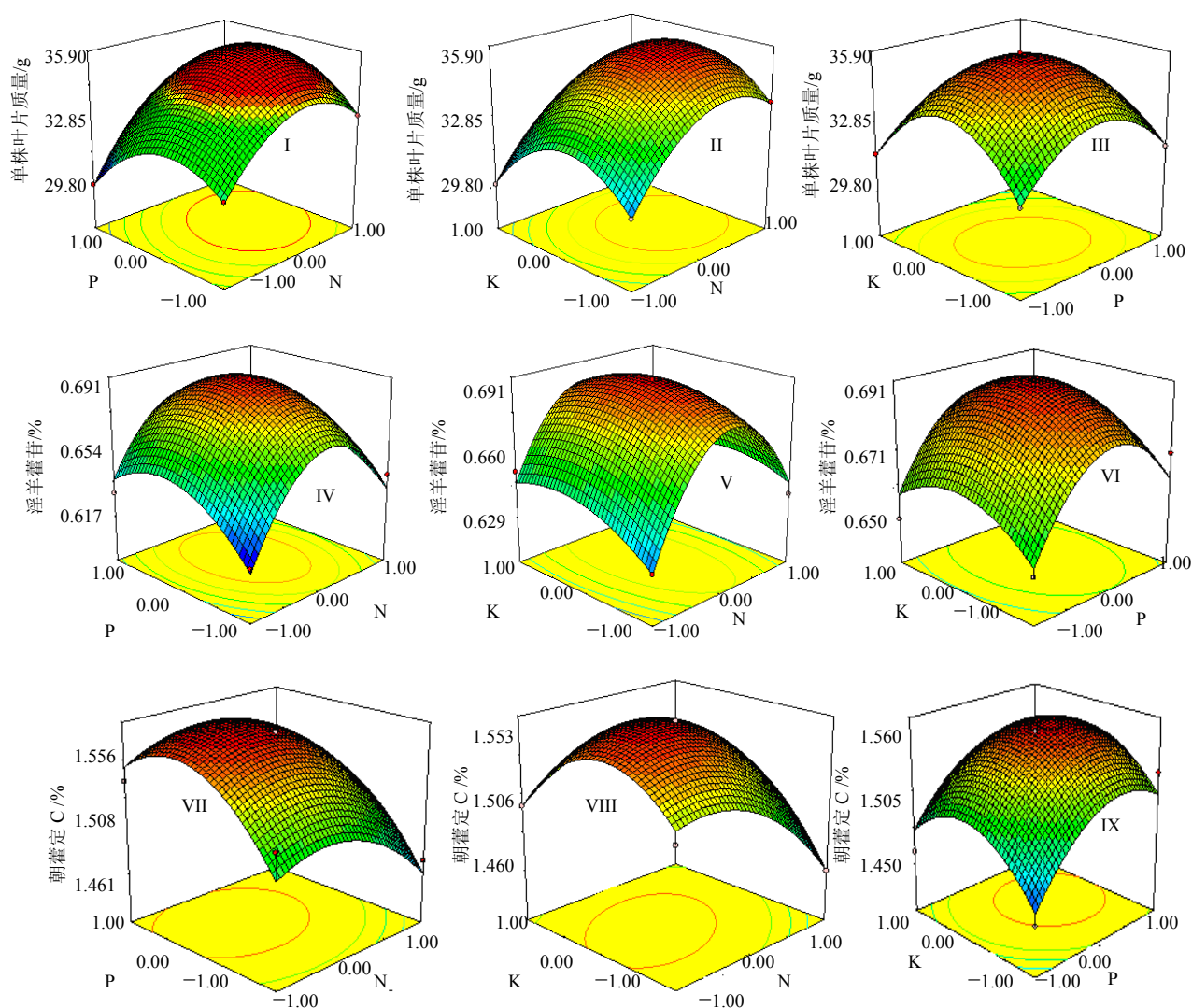
由表 3 与图 2 可以看出, 与单一的肥料处理相比, 多因素处理并非仅仅表现出简单的加和作用, 同时还存在协同促进和拮抗作用。由图 2 可以看出, 以巫山淫羊藿单株叶片质量为考察对象, 当 N、P、K 肥任一因素处于 2 水平时, 随着另外 2 个施肥因素施用量的增加, 产量均表现为先增加后减少的趋势, 说明在任意 2 个因素考察范围内存在着协同促进作用, 当二者过量时又表现出拮抗作用, 但是当 P 处于 2 水平时, N 肥同 K 肥的拮抗作用不明显; 以巫山淫羊藿中淫羊藿苷为考察对象, N、K 肥分别处于 2 水平时, 淫羊藿苷量表现出与单株叶片质量相同的趋势; 以巫山淫羊藿中朝藿定 C 量为考察

表 3 二因素肥料效应函数的配置及检验结果

Table 3 Configuration and test results of fertilizer response function of two factors

指标	二元二次肥料效应函数模型	F 值
单株叶片质量	$Y=26.856\ 0+0.059\ 4\ N-0.017\ 5\ P-2.0\times 10^{-4}\ N^2-2.0\times 10^{-4}\ P^2+4.0\times 10^{-4}\ NP$	2.536\ 2
	$Y=21.303\ 5+0.099\ 0\ N+0.010\ 3\ K-2.0\times 10^{-4}\ N^2-1.0\times 10^{-4}\ K^2+1.0\times 10^{-4}\ NK$	2.854\ 2
	$Y=20.563\ 7+0.130\ 0\ P+0.049\ 9\ K-4.0\times 10^{-4}\ P^2-1.0\times 10^{-4}\ K^2-4.6\times 10^{-5}\ PK$	1.400\ 5
淫羊藿苷质量分数	$Y=0.454\ 5+1.6\times 10^{-3}\ N+5.0\times 10^{-4}\ P-3.9\times 10^{-6}\ N^2-2.2\times 10^{-6}\ P^2+1.1\times 10^{-6}\ NP$	3.368\ 5
	$Y=0.273\ 0+2.7\times 10^{-3}\ N+1.4\times 10^{-3}\ K-5.0\times 10^{-6}\ N^2-2.5\times 10^{-6}\ K^2-2.4\times 10^{-6}\ NK$	79.514\ 3**
	$Y=0.373\ 0+2.5\times 10^{-3}\ P+1.4\times 10^{-3}\ K-5.9\times 10^{-6}\ P^2-2.5\times 10^{-6}\ K^2-3.6\times 10^{-6}\ PK$	55.514\ 3**
朝藿定 C 质量分数	$Y=1.473\ 0+5.0\times 10^{-4}\ N-2.0\times 10^{-4}\ P-3.4\times 10^{-6}\ N^2-2.7\times 10^{-6}\ P^2+5.5\times 10^{-6}\ NP$	1.084\ 0
	$Y=1.295\ 0+2.0\times 10^{-3}\ N+1.5\times 10^{-3}\ K-6.7\times 10^{-6}\ N^2-9.3\times 10^{-6}\ K^2+4.9\times 10^{-6}\ NK$	10.634\ 3*
	$Y=1.235\ 0+3.1\times 10^{-3}\ P+1.5\times 10^{-3}\ K-1.3\times 10^{-5}\ P^2-9.3\times 10^{-6}\ K^2+7.4\times 10^{-6}\ PK$	9.994\ 3*

** $P<0.01$, * $P<0.05$



I~III-单株叶片质量两因素效应曲面图 IV~VI-淫羊藿苷两因素效应曲面图 VII~IX-朝藿定 C 量两因素效应曲面图
I—III-3D maps of interaction between two factors of dry weight IV—VI-3D maps of interaction between two factors of icariin
VII—IX-3D maps of interaction between two factors of epimedin C

图 2 巫山淫羊藿施肥 2 因素效应曲面图

Fig. 2 3D maps of fertilizer response interaction between two factors of *Epimedium Wushanensis Herba*

对象, N、P 肥分别处于 2 水平时, 朝藿定 C 的表现出先增加后减少的趋势, 当 K 肥处于 2 水平时, 随着 N、P 肥施用量的增加, 巫山淫羊藿中朝藿定 C 的量减少的较为明显, 说明二者存在拮抗作用。

3.4.4 模型的优化方案 在实验条件约束之下, 产量越高、有效成分的量越高越好, 数学上常用求最大值的方法来优化模型, 然而由于模型的最大值仅仅是理论值, 在生产实际中出现的概率非常低, 因此不采用求最大值的方法来优化模型, 而用频次分析的方法进行模型的优化。根据 3 因素 4 水平实验, 共有 $4^3=64$ 方案。其中, 根据肥料效应模型, 采用数学求导的方法计算出巫山淫羊藿产量和质量的最佳施肥量。对产量和有效成分的量进行频次分析, 试验中单株叶片质量在 30.712 g 以上的方案有 36 个, 有效成分淫羊藿苷的量在 0.605% 以上有 28 个, 有效成分朝藿定 C 的量在 1.421% 以上的为 24 个, 综合二者, 对巫山淫羊藿的产量和质量进行模拟优化寻优, 选择有效方案 18 个, 在这 18 个方案中, 大田实验适宜的 N、P、K 肥施用量分别为 224.154~269.461、176.324~214.651、152.624~197.354 kg/hm²。可见, N、P、K 肥的施用比例并非固定不变, 而应根据土壤的肥力进行适当调整, 才能使巫山淫羊藿产量和质量达到双丰收。

4 讨论

巫山淫羊藿对 N、P、K 的利用能力是生长发育重要的限制因素, 施用 N、P、K 肥不合理, 会导致巫山淫羊藿的产量和品质降低。药农在种植药材时习惯以 N 肥和 P 肥为主, 而忽视了 K 肥的施用, 这就极大地限制了药材的产量和品质, 掌握最佳 N、P、K 肥料配比是实现巫山淫羊藿产量和品质的关键。张建海等^[9-10]研究表明 N、P、K 3 要素配合施肥均能增加菊花和山银花的经济学产量和品质。对于大多数叶类药材来说, N 肥对叶类中药材的生长具有一定促进作用的。本研究中 N、P、K 及其配比施肥对巫山淫羊藿生长的影响存在着多种效应。本研究结果表明, 将 N、P、K 合理配施能显著提高巫山淫羊藿的产量和质量。

肥料间的相互作用与肥料利用率密切相关, 施肥模型是精确施肥的核心内容之一。从现在的施肥

模型看出, 回归函数模型是目前应用较为广泛的模型之一, 主要应用在农作物和蔬菜的种植, 如小白菜施肥模型、水稻施肥模型等^[11-12]。对于中药材的施肥模型及相对的回归模型未见相应的报道, 本研究通过回归函数法建立了 N、P、K 肥与巫山淫羊藿叶的产量和质量的关系模型, 并对模型进行了优化。本实验研究结果对巫山淫羊藿的规模种植提供了实验依据。

参考文献

- [1] 谢娟平, 王浩东, 孙文基. HPLC 法制备巫山淫羊藿中的淫羊藿属苷 A 和朝藿定 C 对照品 [J]. 中草药, 2012, 43(1): 94-96.
- [2] 谢娟平, 胥道宝, 孙文基. RP-HPLC 法测定巫山淫羊藿中 4 种成分的含量 [J]. 药物分析杂志, 2007, 27(3): 473-440.
- [3] 张华峰, 高翔, 卢大炎, 等. HPLC 法同时测定淫羊藿中朝藿定 A、B、C 与淫羊藿苷的含量 [J]. 分析测试学报, 2007, 26(2): 198-201.
- [4] 贾恒明, 邢俊波. 正交设计优选淫羊藿中淫羊藿苷提取工艺 [J]. 解放军药学报, 2010, 26(3): 223-224.
- [5] 杨柳, 钟静娴, 林巧玲, 等. 淫羊藿中淫羊藿苷的提取工艺研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2005, 16(4): 286-293.
- [6] 魏德生, 胡宝成, 付小兵, 等. 巫山淫羊藿保护抚育种植试验初报 [J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(5): 14-16.
- [7] 孙超, 邹剑灵, 种雁, 等. 淫羊藿属 3 种植物引种栽培研究 [J]. 中国中药杂志, 2004, 29(3): 274-275.
- [8] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [9] 张建海, 冯彬彬, 徐晓玉, 等. 优化施肥效应模型对山银花产量和品质的影响 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(4): 1546-1552.
- [10] 张建海, 冯彬彬, 徐晓玉, 等. N、P、K 配施效应模型及对野菊花产量和质量的影响 [J]. 中草药, 2013, 44(11): 1495-1500.
- [11] 柯庆明, 林文雄, 黄珍发, 等. 小白菜平衡施肥数学模型模拟研究 [J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(1): 119-121.
- [12] 施建平, 鲁如坤, 时正元, 等. Logic 回归模型在红壤地区早稻推荐施肥中的应用 [J]. 土壤学报, 2002, 39(6): 853-862.