doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.23144

氮磷钾配施对茉莉花产量及花汛期的影响

李先民¹,李琴²,黄展文¹,孙明艳¹,苏群¹,卢家仕¹,卜朝阳^{1*},李春牛^{1*}

(1. 广西农业科学院花卉研究所,广西 南宁 530007; 2. 广西农业科学院农业资源与环境研究所,广西 南宁 530007)

摘 要:为了探寻氮磷钾配施最佳方案,为茉莉花科学施肥提供参考,选择立地条件具有区域代表性的地块为试验地,以试验地原有种植的树龄 15 年的广西壮族自治区横州市主栽品种横州市双瓣茉莉为供试材料,采用"3414"试验设计开展施肥效应试验,研究氮磷钾配施对横州市茉莉花产量及花汛的影响,以明晰横州市茉莉花种植区域环境条件下鲜花产量对氮磷钾的需求差异,为茉莉花科学施肥及鲜花增产提供理论依据。结果表明:(1)广西横州市茉莉花种植试验地的土壤养分对横县双瓣茉莉生产而言,速效氮含量过剩,而有效磷和速效钾处于中等偏低水平;(2)在氮磷钾 3 种肥料的互作效应中,磷肥和钾肥的互作效应最高,其次为氮磷钾肥和氮钾肥的互作效应;(3)不同的施肥处理的茉莉花日产量消长同步,不同氮磷钾配施对茉莉花花汛期的影响不显著;(4)在茉莉花的稳定花期(6—9月)中,各月均有花汛期出现,其中,7月平均日产量最高,8月平均日产量最稳定;(5)氮磷钾配施对茉莉花产量有显著影响,影响由大到小为磷肥 > 钾肥 > 氮肥;(6)本研究中,三元二次方程拟合不成功,一元二次方程方面仅有 N 的效应方程拟合成功,P、K 的效应方程均拟合失败,而在二元二次方程中,NP、NK、PK 的 3 个效应方程均拟合成功;对拟合成功的方程进行求解,排除实际操作中无法达到的施肥量,综合考虑试验地土壤速效氮含量过剩及减少种植户的投资成本等因素,推荐施肥方式及施肥量为磷肥 393.64 kg/hm²,钾肥 381.59 kg/hm²。

关键词: 茉莉花; 肥料配施; "3414" 试验; 产量; 花汛期

茉莉花(Jasminum sambac),木犀科素馨属常绿灌木,花芳香,是重要的花茶和精油原料^[1]。茉莉花花期 4—10 月,在我国广西壮族自治区横州市、四川省犍为县、云南省元江县、福建省福州市等区域广泛种植。其中,广西横州市是世界的茉莉花和茉莉花茶生产中心,也是中国茉莉之乡,茉莉花产量占全国的 80% 以上,"横县茉莉花""横县茉莉花茶"为国家地理标志保护产品。茉莉花花期对肥料需求较大,但过多施肥不仅浪费肥料,也会造成严重的土壤酸化^[2],还会对茉莉花的生物量增加和光合起抑制作用^[3],科学施肥有利于茉莉花鲜花的可持续生产,因此,茉莉花科学的施肥方案对茉莉花产业的可持续发展至关重要^[4]。国

收稿日期: 2023-03-08; 录用日期: 2023-04-21

基金项目:广西自然科学基金项目(No.2020GXNSFAA297190); 广西农业科学院科技发展基金项目(桂农科 2021JM29, 桂农科 2023JZ12, 桂农科 2021JM112);广西农业科学院基本科研业务专 项(桂农科 2021YT132)。

作者简介: 李先民(1988-), 硕士研究生, 副研究员, 主要从事 花卉栽培与育种研究, E-mail: lixm7406@126.com。

通讯作者: 李春牛, E-mail: lichunniu@126.com; 卜朝阳, E-mail: yangnv@126.com。

内外学者在茉莉花施肥方面进行了大量研究, El-Ghait 等^[5]通过盆栽试验研究认为,适量配施氮磷 钾肥促进茉莉花的营养生长和开花; 刘旭阳等[6] 研究认为, 氮磷钾的施用对福州市茉莉园碳排放及 土壤的铁形态及含量有明显影响;周瑾等[7]采用 通用旋转组合设计研究氮磷钾平衡施肥对四川省 犍为县茉莉花生长和产量的影响, 认为茉莉花的 产量从整体上来看,与氮肥(N)呈负相关,与磷 肥 (P_2O_5) 、钾肥 (K_2O) 呈正相关,最佳施肥量为 N 1324 \sim 1976 kg/hm², P₂O₅ 1666 \sim 1974 kg/hm², K₂O 1268 ~ 1553 kg/hm²; 李春牛等^[2]对广西横州 市连作茉莉花土壤进行改良,发现每公顷混施3000 kg 生物有机肥、3000 kg 复合肥(N:P:K=15:15:15)、 750 kg 誉中奥作物有机肥,可提高百花重并改良土 壤。横州市作为中国茉莉之乡, 茉莉花适宜的氮磷 钾配施方案还值得进一步探究。

"3414" 肥效试验是国家农业农村部测土配方施肥技术推荐的试验方法,集处理少、管理便利等诸多优点,是多因素田间试验的首选方法,应用范围广泛^[8],可构建一元、二元及三元函数模型,模型更加全面^[9],还可以拟合线性加平台方

程。"3414"试验设计在燕麦^[10]、玉米^[11-12]、水稻^[13]、小麦^[14]等农作物,唐古特大黄^[15]、鸡骨草^[16]、桔梗^[17]等药用植物,菠萝^[18]等水果,紫花苜蓿^[19]等饲料,核桃^[20]等经济林的施肥研究中取得了良好的效果。但目前尚未见在茉莉花施肥研究中应用"3414"试验设计的研究报道。同时,在横州市茉莉花主栽品种为横县双瓣茉莉,花汛期集中,是否能通过氮磷钾配方施肥达到错开花汛期的目的,以缓解采摘劳动力短时间需求过量,也是亟待解决的问题。本研究采用"3414"施肥试验设计方案研究氮磷钾配施对横州市茉莉花产量及花汛的影响,揭示横州市茉莉花种植区域环境条件下鲜花产量对氮磷钾的需求差异,以期为茉莉花科学施肥及鲜花增产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地块位于广西壮族自治区横州市校椅镇中华茉莉园内,22°47′16.45″N,109°15′33.67″E,海拔56 m。试验地块土壤 pH 值为 4.27,有机质 58.5 g/kg、全氮 2.98 g/kg、全磷 3.78 g /kg、全钾 5.96 g/kg、速效氮 329 mg/kg、有效磷 84.13 mg/kg、速效钾 607 mg/kg。该区域能满足茉莉花的良好生长,且立地条件具有区域代表性。

1.2 供试材料

供试茉莉花为当地主栽品种横县双瓣茉莉,树龄 15 年,最近一次台刈在 2019 年 3 月。氮肥(N)采用重庆建峰化工股份有限公司生产的尿素,N \geq 46.2%;磷肥(P_2O_5)采用云南省昆阳磷都钙镁磷肥厂生产的过磷酸钙, $P_2O_5 \geq$ 18%;钾肥(K_2O)采用安徽绿魔罗肥料有限公司生产的硫酸钾, $K_2O \geq 52.0\%$ 。

1.3 试验设计

采用"3414"施肥试验设计方案^[21],即设氮、磷、钾 3个因素,各因素 4个施肥水平 (0水平为不施肥,CK;1水平=2水平×0.5;2水平为推荐施肥量;3水平=2水平×1.5),共14个处理,各处理代码及肥料用量见表 1,每个处理重复 3次。氮、磷、钾肥常规施肥根据横州市茉莉花农户施肥习惯调查确定,分别以 N、 P_2O_5 和 K_2O 计,施肥量均为 450 kg/hm²。采用随机区组设计,每个小区面积 1 m×14 m。按试验设计用量平均分 6次(2021年 4 月 13 日、5 月 13 日、6 月 17 日、7 月 21 日、8 月 2 日、8 月 28 日)施

用,施肥时将氮磷钾肥混合均匀一起施于行间。各施肥处理除氮磷钾配比不同,其他管理均相同。

表 1 茉莉花 "3414" 施肥试验方案

				-				
编号			施肥量(kg/hm²)					
<i>编号</i>	处理 -	N	P_2O_5	K ₂ O				
1	$N_0P_0K_0$	0	0	0				
2	$N_0P_2K_2$	0	450	450				
3	$N_1P_2K_2$	225	450	450				
4	$N_2P_0K_2$	450	0	450				
5	$N_2P_1K_2$	450	225	450				
6	$N_2P_2K_2$	450	450	450				
7	$N_2P_3K_2$	450	675	450				
8	$N_2P_2K_0$	450	450	0				
9	$N_2P_2K_1$	450	450	225				
10	$N_2P_2K_3$	450	450	675				
11	$N_3P_2K_2$	675	450	450				
12	$N_1P_1K_2$	225	225	450				
13	$N_1P_2K_1$	225	450	225				
14	$N_2P_1K_1$	450	225	225				

1.4 鲜花产量测定方法

从 5 月 1 日至 10 月 12 日,每天采摘成熟花苞,用电子天平测量重量,精确到 0.1 g;将每日产量相加,计算各处理小区的总产量。成熟花苞为当晚可开放,花冠管已伸长,外观饱满、肥大、洁白的花苞,采摘要求具有花萼、花柄,不夹带茎梗^[22]。

1.5 肥料效应回归方程的建立[9]

选用相应处理数据进行一元二次、二元二次及 三元二次效应方程的拟合,并进行回归分析,检验 效应方程是否拟合成功。对拟合成功的方程进行求 解,一元二次方程采用极值法,二元二次方程和三 元二次方程采用微分偏导数法,得出理论最高产量 及对应的施肥量。

1.6 数据处理与分析

肥料效益模型建立及制图采用 Excel 2010, 差异显著性分析、相关性分析采用 SPSS 21.0。

2 结果与分析

2.1 地力分析

土壤养分丰缺及肥料互作效应情况见表 2。磷

— 122 —

钾肥的互作效应最高,比不施肥处理增产 17.5%; 其次为氮磷钾肥和氮钾肥的互作效应,其增产率分别为 12.23% 和 11.44%; 氮磷肥的互作效应较差,增产率仅为 2.50%。无肥区的产量占全肥区产量的 89.10%; 缺氮肥区的产量占全肥区产量的 104.70%; 缺磷肥区的产量占全肥区产量的 99.30%; 缺钾肥区的产量占全肥区产量的 91.33%。这一结果说明,试验地土壤 3 种养分的速效态均达到一级标准,对横县双瓣茉莉生产而言,土壤速效氮含量略有过剩,而有效磷和速效钾仍略有不足。

表 2	十壤养分丰缺及肥料互作效应
⊼⊽ /.	

肥料类型	处理	总产量 (kg/hm²)	比CK 高出的 产量百分比 (%)	缺肥区与全肥区 产量的百分比 (%)
不施肥 (CK)	$N_0P_0K_0$	17397.50	_	89.10
磷钾肥(PK)	$N_0P_2K_2$	20442.50	17.50	104.70
氮钾肥(NK)	$N_2P_0K_2$	19388.00	11.44	99.30
氮磷肥(NP)	$N_2P_2K_0$	17831.73	2.50	91.33
氮磷钾肥(NPK)	$N_2P_2K_2$	19525.50	12.23	_

2.2 茉莉花日产量变化

5月1日至10月12日,14个处理的茉莉花

日产量变化见图 1。茉莉花日产量出现 7个波峰。 6—7月波峰最高,8—10月波峰较低。14个处理 的单日产量消长同步,波峰出现时间—致。不同处 理间的茉莉花单日产量相关性分析结果见表 3,均 表现出极显著正相关,遵循共同的节律。统计稳定 花期月份 (6—9月) 14个处理的平均日产量并绘 制箱式图 (图 2),由图 2 可知,在稳定花期,茉 莉花平均日产量呈先升高后降低的趋势,7 月的平 均日产量最高,6、8 和 9 月的平均日产量基本相 同;平均日产量的集中度由高到低依次为 8 月 >9 月 >6 月 >7 月,即 8 月平均日产量最稳定;稳定 花期中,各月份的平均日产量均呈右偏分布,即平 均日产量中位数更靠近下四分位数,高的平均日产量少。

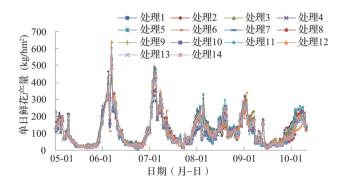


图 1 不同施肥处理的茉莉花日产量变化

表 3 不同施肥处理间的日产量相关性

项目	处理 1	处理 2	处理3	处理 4	处理 5	处理6	处理 7	处理8	处理9	处理 10	处理 11	处理 12	处理 13	处理 14
处理1	1													
处理 2	0.936**	1												
处理3	0.937**	0.976**	1											
处理 4	0.941**	0.971**	0.976**	1										
处理5	0.945**	0.979**	0.981**	0.982**	1									
处理6	0.953**	0.962**	0.954**	0.957**	0.959**	1								
处理 7	0.959**	0.957**	0.963**	0.973**	0.973**	0.951**	1							
处理8	0.947**	0.934**	0.939**	0.950**	0.950**	0.935**	0.973**	1						
处理9	0.959**	0.944**	0.949**	0.966**	0.963**	0.940**	0.972**	0.972**	1					
处理 10	0.972**	0.920**	0.925**	0.936**	0.936**	0.931**	0.956**	0.968**	0.966**	1				
处理 11	0.945**	0.912**	0.925**	0.937**	0.939**	0.911**	0.956**	0.971**	0.968**	0.972**	1			
处理 12	0.938**	0.954**	0.953**	0.956**	0.956**	0.943**	0.951**	0.938**	0.954**	0.928**	0.911**	1		
处理 13	0.958**	0.949**	0.959**	0.960**	0.959**	0.949**	0.962**	0.957**	0.967**	0.953**	0.935**	0.973**	1	
处理 14	0.955**	0.948**	0.961**	0.971**	0.970**	0.947**	0.980**	0.970**	0.981**	0.955**	0.957**	0.963**	0.971**	1

注: 采用双侧显著性检验, ** 表示在 0.01 水平上显著相关 (P<0.01)。

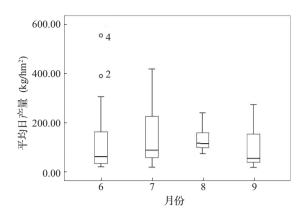


图 2 稳定花期 14 个处理平均日产量的箱式图

2.3 不同施肥处理对茉莉花产量的影响

茉莉花折算单位面积产量见表 4,不同施肥 处理对茉莉花产量有显著影响(P<0.05)。处理7 $(N_0P_3K_2)$ 、处理8 $(N_2P_2K_0)$ 、处理10 $(N_2P_2K_3)$ 、 处理11(N₃P₂K₂)、处理12(N₁P₁K₂)、处理13 $(N_1P_2K_1)$ 与处理1 $(N_0P_0K_0$,不施肥)产量结果 之间差异不显著,其他处理的产量显著高于处 理1(P<0.05)。其中,处理5(N₂P₁K₂)、处理 2(N₀P₂K₂)、处理3(N₁P₂K₂)是产量最高的3个 处理, 较处理1分别提高了17.59%、17.50%和 15.77%, 较处理 6 (N₂P₂K₂, 推荐用量)分别提高 了 4.77%、4.69% 和 3.15%。

编号	处埋	严重 (kg/hm²)
1	$N_0P_0K_0$	$17397.50 \pm 169.08d$
2	$N_0P_2K_2$	$20442.50 \pm 111.85a$
3	$N_1P_2K_2$	$20141.50 \pm 117.85a$
4	$\mathrm{N_2P_0K_2}$	$19388.00 \pm 247.28 \mathrm{abc}$
5	$\mathrm{N_2P_1K_2}$	$20457.13 \pm 202.57a$
6	$N_2P_9K_2$	$19525.50 \pm 334.91 \mathrm{ab}$
7	$N_2P_3K_2$	$17298.69 \pm 694.65 \mathrm{d}$
8	$N_2P_2K_0$	$17831.73 \pm 453.06 \mathrm{cd}$
9	$N_2P_2K_1$	$19512.05 \pm 455.29 \mathrm{ab}$
10	$N_2P_2K_3$	$17347.00 \pm 354.85 \mathrm{d}$
11	$N_3P_2K_2$	$18402.50 \pm 664.70 \mathrm{cd}$
12	$N_1P_1K_2$	$18142.50 \pm 425.32 \mathrm{cd}$

表 4 不同施肥处理的茉莉花产量

立县 (l⋅a/lam²)

 $17669.50 \pm 668.91 \mathrm{cd}$

18628.00 ± 735.62bc

カトエ田

 $N_2P_1K_1$ 注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 (P<0.05)。

 $N_1P_2K_1$

由处理2、3、6和11的产量(表4)可知, 在 P₂K₂ 水平下, 随着氮肥施用量增加, 产量呈下 降趋势, 计算 4 个处理产量的变异系数(标准差/

平均值)为4.59%;方差分析结果显示,处理2 (N₀)、处理 3(N₁)和处理 6(N₂)间无显著差异, 但均显著高于处理 11 (N₂), 这表明氮肥施用量过 高会显著降低茉莉花产量。由处理4、5、6和7的 产量(表4)可知,在N,K,水平,随着磷肥施用量 增加,产量呈先升高后降低的趋势,计算4个处理 产量的变异系数为6.96%; 方差分析结果显示, 处 理 5(P₁)产量最高,但与处理 4(P₀)和处理 6(P₂) 相比差异不显著,处理3(P3)产量最低,且显著低 于其他处理, 这表明适度施磷肥能提高茉莉花产量, 但磷肥施用量过高会显著降低茉莉花产量。由处理 6、8、9和10的产量(表4)可知, N₂P₂水平, 随 着钾肥施用量增加,产量呈先升高后降低的趋势, 计算 4 个处理产量的变异系数为 5.19%; 方差分析 结果显示,处理6(K2)的产量最高,与处理9(K1) 相比差异不显著,但显著高于处理8(K₀)和处理 10(K₃), 这表明适度施钾肥可以显著提高茉莉花产 量,但钾肥施用量过高会显著降低茉莉花产量。

2.4 肥料效应函数拟合及最佳施肥量分析

2.4.1 函数方程拟合

选取2、3、6和11处理的施肥量和产量数据, 拟合 P₂K₂ 水平下氮肥一元二次效应方程; 用 4、5、 6 和 7 处理的施肥量和产量数据,拟合 N,K,水平下 磷肥一元二次效应方程;用8、9、6和10处理的施 肥量和产量数据,拟合 N,P,水平下钾肥一元二次效 应方程(图3),并进行回归分析检验(表5)。结 果表明,在氮、磷、钾肥施用量的3个一元二次效 应方程中, 氮施用量与产量的一元二次效应方程 $y=-0.0041N^2-0.2538N+20433$, $R^2=0.9992$, P=0.027<0.05, 拟合成功, 但随着氮肥施用量的增加, 产量呈 下降趋势(图 3)。磷肥和钾肥施用量的一元二次效应 方程 P 值分别为 0.068 和 0.060, P 值均大于 0.05, 即 方程均未通过回归分析检验, 方程拟合失败。

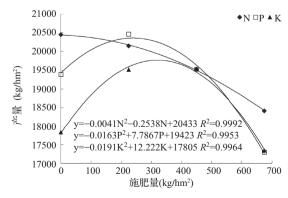


图 3 产量与施肥量一元回归方程拟合

13

42.

	衣 3 3414 试验厂重与他用乔尔重的效应力性的	合结果		
变量名称	肥料效应回归方程	R^2	F	P
N	y=-0.0041N ² -0.2538N +20433	0.9992	661.243	0.027
P	$y=-0.0163P^2+7.7867P+19423$	0.9953	106.614	0.068
K	$y=-0.0191K^2+12.222K+17805$	0.9964	138.782	0.060
NP	$y = 8972.0989 + 25.4145 N + 32.5301 P - 0.0048 N^2 - 0.0158 P^2 - 0.0558 NP$	0.9957	92.066	0.011
NK	$y = 8370.5392 + 22.6071 N + 35.4264 K - 0.0037 N^2 - 0.01910 K^2 - 0.0515 NK$	0.9986	286.738	0.003
PK	$y = 10568.4410 + 22.9954P + 28.6990K - 0.0155P^2 - 0.0199K^2 - 0.0351PK$	0.9926	53.985	0.018
NPK	y=17134.8908+3.6350N+2.8603P+7.3512K+0.0057N ² -0.0054P ² -0.0098K ² -0.0121NP-0.0094NK+0.0081PK	0.5864	0.630	0.741

表 5 "3414"试验产量与施用养分量的效应方程拟合结果

选取2~7、11和12处理的施肥量和产量数 据,拟合 K,水平下氮磷互作二元二次效应方程;选 取 4~10 和 14 处理的施肥量和产量数据,拟合 N, 水平下氮钾互作二元二次效应方程; 选取 2、3、6、 8~11和13处理的施肥量和产量数据,拟合Po水 平下氮钾互作二元二次效应方程,并进行回归分析 检验(表5)。结果表明,由氮磷肥施用量与产量拟 合的二元二次方程, R^2 =0.9957, P=0.011<0.05, 方 程拟合成功; 由氮钾施用量与产量的拟合二元二 次方程, R^2 =0.9986, P=0.003<0.05, 方程拟合成 功;由磷钾施用量与产量的拟合二元二次方程, R^2 =0.9926, P=0.018<0.05, 方程拟合成功。所拟合 成功的3个二元二次效应方程的二次项均为负值, 一次项均为正值,符合肥料报酬递减律,说明拟合 的函数是典型肥料函数, 能较好地表述两种肥料施 用量与产量的关系[19]; 互作项系数均为负值, 表 明氮磷、氮钾、磷钾均呈负向互作效应[23], 互作 项系数 NP>NK>PK,表明3种肥料配施下,氮磷肥 和氮钾肥互作效应较大,磷钾肥互作效应最小。

采用全部 14 个处理的施肥量和产量数据,对氮磷钾施用量与茉莉花产量进行三元二次效应方程拟合,并进行回归分析检验。结果表明,氮磷钾施用量与产量拟合的三元二次方程, R^2 =0.5864,P=0.741>0.05,且二次项 N^2 的系数为正值,方程拟合失败。从互作项系数来看,NP 和 NK 为负值,PK 为正值,说明磷钾肥呈正向互作效应 [24],配施磷钾肥可有效增加产量。

2.4.2 最佳施肥量分析

对拟合成功的方程进行求解,得到最高产量及对应的施肥量,见表 6。在氮施肥量与产量的一元二次效应方程中,氮施肥量为负值,在磷钾施肥量与产量的拟合二元二次方程中,磷施肥量为负值,两个方程的求解结果在生产上均无法达到,不予采用。根据二元方程求得施肥量为氮肥(N)360.08 kg/hm²,磷 肥(P_2O_5)393.64 kg/hm²,钾 肥(K_2O)381.59 kg/hm²。

肥料效应回归方程 -		施肥量(kg/hm²)				
心性双巡巴归力性	N	P_2O_5	K ₂ O	(kg/hm²)		
$y=-0.0041N^2-0.2538N+20433$	-31.26	_	_	20436.87		
$y = 8972.0989 + 25.4145 N + 32.5301 P - 0.0048 N^2 - 0.0158 P^2 - 0.0558 NP$	360.08	393.64	_	19950.32		
$y = 8370.5392 + 22.6071 N + 35.4264 K - 0.0037 N^2 - 0.01910 K^2 - 0.0515 N K$	404.94	_	381.59	19706.87		
$y = 10568.4410 + 22.9954P + 28.6990K - 0.0155P^2 - 0.0199K^2 - 0.0351PK$	_	-73299.40	65314.54	105027.60		

表 6 求解回归方程的最高产量及对应施肥量

3 讨论

3.1 氮磷钾配施对茉莉花花汛期的影响

在茉莉花的稳定花期中,各月的平均日产量均呈右偏分布,高的平均日产量少,这说明各月均有

花汛期出现;8月平均日产量最稳定,这可能是鲜花产量受降水、降温等环境因素影响,而8月的环境变化较小,且温度及光照对茉莉花鲜花的形成最为合适;7月平均日产量最高,但产量最不稳定,这可能是7月单次花汛期持续时间较长,在提高了

平均日产量的同时也使得月份中每日的产量差异较大。纵观茉莉花完整花期,鲜花日产量出现7个波峰,14个处理的日产量消长几乎同步,波峰出现时间均一致,均呈极显著正相关关系,说明不同氮磷钾配施对茉莉花花汛期的影响不明显,与樊晓磊等^[25]在施肥对水稻开花习性影响的研究结果一致,认为施肥对其整体花期无显著的影响。因此,在实际生产中不能通过依靠不同氮磷钾配施方案来调节茉莉花花期时间,以达到错开摘花时间的目的。生产中应通过错开茉莉花春季修剪时期以达到错开花汛期的效果。

3.2 氮磷钾配施对茉莉花产量的影响

氮、磷、钾是植物生长发育必需的营养元素, 影响植物的生理生化过程。本研究表明,不同水 平的氮磷钾对茉莉花产量的变异系数排序为P₂O₅ (6.96%) >K₂O (5.19%) >N (4.59%), 说明磷肥 对茉莉花产量的影响最大, 钾肥其次, 氮肥最小。 周瑾等[7]研究认为, 钾肥对茉莉花产量的贡献率 高于磷肥,与本研究结果存在差异,这可能是由于 广西横州市与四川省犍为县两地土壤立地条件存在 差异, 土壤中有效磷、速效钾含量有所不同导致 的。在 P₂K₂ 水平,随着氮肥的增加, 茉莉花产量 呈下降趋势,与周瑾等[7]对四川省犍为县茉莉花 施肥研究结果一致,认为茉莉花的产量与氮肥的施 用成负相关,这可能是氮肥施用在花期促进了植 株的营养生长的同时削弱了生殖生长。在N,K,和 N₂P₂水平,随着磷肥和钾肥施用量的增加,产量均 呈先升后降趋势, 说明适度施用磷肥和钾肥能提高 茉莉花产量,但高施肥量导致土壤营养元素过量累 积,对植物生长吸收养分起到抑制作用[26]。

氮、磷、钾肥间具有交互作用^[19, 23],为充分发挥肥效,必须探明适宜交互配比^[15]。"3414" 试验中,肥料效应函数应优先选择三元二次方程,在其拟合度较低的时候,再考虑二元和一元效应方程^[19]。但三元二次方程拟合成功率低,魏双雨等^[27]研究认为二元二次方程模型为最适模型。在本研究中,三元二次方程拟合不成功,一元二次方程方面仅有 N 的效应方程拟合成功,P、K 的效应方程均拟合失败,而在二元二次方程中,NP、NK、PK 3 个效应方程均拟合成功。通过偏导求解拟合成功的效应方程,排除实际操作中无法达到的施肥量,确定最佳氮磷钾配施量,即氮肥 360.08 kg/hm²、磷肥393.64 kg/hm²,钾肥 381.59 kg/hm² 为最优。周瑾等^[7]

研究的四川省犍为县茉莉花施肥最佳施肥量低于本 研究推荐施肥计量。这可能是由于横州市与犍为县 两地日照和温度条件存在差异, 茉莉花花期持续时 间、鲜花产量不同,肥料需求不同。茉莉花喜光喜 温[28],对比两地茉莉花平均年产量,四川省犍为 县茉莉花平均产量仅为 4117 kg/hm2, 而横州市茉莉 花平均产量达 12743 kg/hm^{2 [29]},横州市茉莉花平均 产量是四川省犍为县的3倍以上,虽然两地种植品 种相同,但横州市茉莉花花期更长,产量更高,因 此消耗的养分更多,对施肥的整体需求会更高。肥 料施用量很重要,但施肥时间和次数也同样重要[30]。 本研究探讨了不同氮磷钾配施对茉莉花产量及花汛 期的影响,均是分6次同时施用,施肥次数与施肥 时间间隔是否对茉莉花产量存在较大影响,仍需深 入研究探讨。此外,本研究以15年树龄的横县双 瓣茉莉植株作为供试材料,不同树龄、不同品种植 株对氮磷钾需求响应可能存在差异, 应充分考虑树 体养分吸收量[31],有必要对不同树龄及不同品种 的茉莉花植株进行进一步的研究。

4 结论

广西横州市茉莉花种植试验地的土壤养分对横县双瓣茉莉生产而言,土壤速效氮含量过剩,而有效磷和速效钾处于中等偏低水平。氮磷钾配施对茉莉花花汛期的影响不显著,对茉莉花产量影响显著,影响由大到小为磷肥>钾肥>氮肥。综合考虑试验地土壤速效氮含量过剩及减少种植户的投资成本等因素,推荐施肥方式及施肥量为磷肥 393.64 kg/hm², 钾肥 381.59 kg/hm²。

参考文献:

- [1] Salih Z K, Masouleh S S S, Ahmed M A, et al. Pruning intensity and amino acids tryptophan and glycine on growth and flowering of *Jasminum sambac* [J]. Ornamental Horticulture, 2021, 27 (1): 20-25.
- [2] 李春牛,卢家仕,周锦业,等.广西横县茉莉花连作田土壤改良与产量关系研究[J].西南农业学报,2017,30(1):148-154.
- [3] 戴玉蓉, 孟祥静, 何丽斯, 等. 不同矿质营养元素对双瓣 茉莉光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 307-309.
- [4] 黑杰,金强,杨文文,等.福州市不同种植年限茉莉花园土壤碳、氮、磷及生态化学计量比特征[J].水土保持学报,2022,36(1):288-296.
- [5] El-Ghait A, Youssef ASM, Mohamed YFY, et al. Effect of

benzyladenine and chemical fertilization on growth, flowering and chemical composition of Jasminum sambac plant [J]. Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants, 2020, 7 (4): 379–391

- [6] 刘旭阳,陈思聪,陈晓旋,等。施肥量对福州茉莉园碳排放影响及其与土壤铁含量的相关性[J]。福建农业学报,2018,33(10):1063-1070.
- [7] 周瑾,王昌全,陈文宽,等. 氮磷钾平衡施肥对茉莉花生长和产量的影响[J]. 四川农业大学学报,2003(2):147-
- [8] 李桂强,何平,张春平,等. 药用金荞麦"3414"施肥效应研究[J].中药材,2011,34(2):171-175.
- [9] 吴志勇, 闫静, 施维新, 等. "3414" 肥料效应试验的设计与统计分析 [J]. 新疆农业科学, 2008 (1): 135-141.
- [10] 马祥, 贾志锋, 刘文辉, 等. 青海地区燕麦"3414"施肥效果及推荐施肥量[J]. 草业科学, 2017, 34(9): 1906-
- [11] 郑加兴,王兵伟,覃永媛,等. 基于"3414"试验的玉米杂交种桂单162优化施肥方案[J]. 南方农业学报,2016,47 (10):1688-1692.
- [12] 王寅,冯国忠,焉莉,等. 吉林省玉米施肥效果与肥料利用效率现状研究[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(6):1441-1448.
- [13] 赵亮,张贺翠,廉小平,等. 喀斯特地形区水稻测土配方施 肥指标体系研究[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(4): 1056-1065.
- [14] 孙义祥,郭跃升,于舜章,等. 应用"3414"试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1):197-203.
- [15] 齐浩,陈垣,郭凤霞,等. 唐古特大黄"3414"施肥效果及推荐施肥量研究[J]. 草业学报,2015,24(9):19-29.
- [16] 朱艳霞,黄燕芬,林杨. 氮磷钾配方施肥对鸡骨草产量及化学成分的影响[J]. 南方农业学报,2018,49(8):1517-
- [17] 金冬雪, 孙迪, 樊桓均, 等. 基于"3414" 施肥方案的二年 生桔梗主要性状的综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2021 (2): 156-161.
- [18] 张汉卿,卢明,邓燕,等.香水菠萝氮磷钾施肥效应和适宜

- 施用量[J]. 热带作物学报, 2021, 42(6): 1619-1624.
- [19] 于铁峰,刘晓静,吴勇,等.西北干旱灌区紫花苜蓿高产田施肥效应及推荐施肥量研究[J].草业学报,2019,28(8):15-27.
- [20] 彭少兵,成艳霞,董文浩,等. 核桃 "3414" 肥料效应试验 及推荐施肥量的回归分析 [J]. 经济林研究,2018,36(4):27-32.
- [21] 高祥照,马常宝,杜森.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业出版社,2005:30-60.
- [23] 郑佳华,张峰,赵天启,等. 氮、磷、钾配施对大针茅割草 地地上生物量的影响[J]. 中国草地学报,2020,42(5):64-71.
- [24] 吉光鵬, 张栋海, 牛蛉磊, 等. "3414" 肥料效应函数分析 香梨初果期施肥参数 [J]. 新疆农业科学, 2021, 58 (4): 682-689
- [25] 樊晓磊,杜雪竹,向甘驹,等.不同氮肥水平对不育系HD2086s 开花习性及制种产量的影响[J].湖北大学学报(自然科学版),2023,45(6):1-9.
- [26] 张学梅,马千虎,张子龙,等.施肥对高寒荒漠草原区混播人工草地产量和水分利用的影响[J].中国农业科学,2019,52(8):1368-1379.
- [27] 魏双雨,李敏,吉文丽,等. 适宜氮磷钾用量和配比提高油用牡丹产量和出油量[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(5):880-888.
- [28] 薛凌英,林武华,林丽萱. 气象条件对茉莉花种植的影响分析[J]. 农业灾害研究,2021,11(11):89-90.
- [29] 刘仲华. 茉莉花茶产业概况与创新发展[J]. 中国茶叶, 2021, 43(3): 1-5.
- [30] Mangroliya R, Bhatt S, Tandel B M, et al. Nutrient management strategies through split application for optimizing growth, quality, yield and nutrient use efficiency in Jasmine [J]. The Pharma Innovation Journal, 2021, 10 (7): 468-472.
- [31] 木合塔尔·扎热,吴正保,马合木提·阿不来提,等.不同树龄骏枣树养分吸收差异研究[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(4):1141-1148.

Effects of nitrogen, phosphorus and potassium combinations on yield and flood season of *Jasminum sambac* flowers

LI Xian-min¹, LI Qin², HUANG Zhan-wen¹, SUN Ming-yan¹, SU Qun¹, LU Jia-shi¹, BU Zhao-yang^{1*}, LI Chun-niu^{1*}(1. Flowers Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning Guangxi 530007; 2. Agricultural Resources and Environmental Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning Guangxi 530007)

Abstract: In order to explore the best scheme of combined application of nitrogen, phosphorus and potassium, and provide reference to scientific fertilization of *Jasminum sambac*, the representative plot of the local planting area was selected as the test site, and the main double petal varieties planted in Hengzhou with 15 years of original tree age in the test site were used as the test materials. The "3414" experimental design was used to carry out the fertilization effect test to study the impact of combined application of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield and the flood season of flowers in Hengzhou, to clarify the difference of demand for nitrogen, phosphorus and potassium in flowers yield under environmental conditions

中国土壤与肥料 2024 (3)

of Jasminum sambac planting area in Hengzhou, and provide a theoretical basis for scientific fertilization and increase of flowers yield. The results showed that: (1) For the production of flowers, the available nitrogen content in the soil of the experimental site of Jasminum sambac planting in Hengzhou of Guangxi was excessive, while the available phosphorus and potassium were at a medium low level. (2) In the interaction effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer, phosphorus and potassium fertilizer had the highest interaction effect, the interaction effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers fertilizer was the second, the interaction effect of nitrogen and potassium fertilizer was the last. (3) The daily yield of flowers increased and decreased synchronously under different fertilization treatments, and the effect of different nitrogen, phosphorus and potassium combined application on the flood season of flowers was not significant. (4) In the stable flowering period of jasmine (June to September), the flood season of flowers occurred in all months, the average daily output was the highest in July and the most stable in August. (5) The combined application of nitrogen, phosphorus and potassium had a significant effect on the yield of flowers, and the effect on the yield of flowers from large to small was: phosphorus fertilizer>potassium fertilizer>nitrogen fertilizer. (6) In this study, the fitting of the ternary quadratic equation was not successful. In the aspect of the unary quadratic equation, only the effect equation of nitrogen fertilizer was successfully fitted, and the effect equations of phosphorus fertilizer and potassium fertilizer were all failed. In the binary quadratic equation, the three effect equations of nitrogen and phosphorus fertilizer, nitrogen and potassium fertilizer, phosphorus and potassium fertilizer were successfully fitted. After solving the equation successfully fitted, excluding the amount of fertilizer that cannot be reached in actual operation, and comprehensively considering factors such as excess content of soil available nitrogen and reduction of investment cost of planters, the recommended fertilization method and amount are as follows: phosphorus fertilization amount is 393.64 kg/hm², potassium fertilization amount is 381.59 kg/hm². Key words: Jasminum sambac; combined of fertilizer application; "3414" experimental; yield; flood season of flowers