

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.03.009

重庆市九叶青花椒施肥现状评价

杨林生¹, 杨敏¹, 彭清², 王洋²,
张宇亭¹, 张跃强^{1,3}, 石孝均^{1,4}

1. 西南大学 资源环境学院/农业农村部西南耕地保育重点实验室, 重庆 400715;
2. 重庆市江津区农业技术推广中心, 重庆 江津 402260; 3. 国家紫色土肥力与肥料效益监测基地, 重庆 400715;
4. 西南大学 农业科学研究院, 重庆 400715

摘要: 采用农户抽样调查方法, 分析评价了重庆市九叶青花椒主产区江津区 5 个主产乡镇 160 个种植户 2017 年 2—5 月的花椒施肥和产量现状。结果表明: 重庆市青花椒平均产量为 9.87 t/hm²; 氮磷钾养分平均施用量分别为 350.7, 220.3 和 288.2 kg/hm², 以施用化肥为主, 有机肥投入的氮磷钾养分量分别仅占其总养分投入量的 2.64%, 1.75% 和 2.22%。氮磷钾施用量在适宜范围内的农户比例分别为 23.7%, 23.7% 和 31.3%, 施用过量的农户分别占 21.9%, 22.5% 和 29.4%, 施用不足的农户分别占 5.0%, 10.6% 和 3.8%。施用有机肥可以提高花椒产量, 较不施有机肥增产 17.8%。高产高效农户平均产量为 11.44 t/hm², 氮磷钾平均施用量分别为 271.8, 163.7 和 218.1 kg/hm², 其偏生产力分别是 42.6, 75.7 和 54.7 kg/kg, 较氮磷钾肥平均偏生产力分别提高 29.1%, 30.2% 和 36.8%。综上所述, 重庆花椒施肥过量与不足并存, 农户之间存在较大的产量差异, 采用有机无机肥料配合施用是提高花椒产量的重要措施。

关键词: 花椒; 产量; 施肥; 评价

中图分类号: S573.9; S147.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)03-0061-08

花椒是我国特有的香辛料, 芸香科花椒属 (*Zanthoxylum* L.), 距今已有 2600 多年的种植使用历史^[1-2]。花椒具有耐贫瘠、耐旱、易栽培、易管理、经济价值高等特点^[3]。近年来, 随着农业产业结构的调整, 把花椒产业发展与退耕还林、发展农村经济等政策结合, 使得花椒种植面积在干旱丘陵地区不断扩大。据林业统计资料, 2015 年全国干花椒总产量 39.8 万 t, 重庆干花椒产量 4.7 万 t, 占全国干花椒总产量的 11.8%, 是全国第四大花椒生产区^[4]。江津是重庆花椒发源地, 花椒种植面积超过 3.33 万 hm², 是我国最大的青花椒生产基地^[5]。花椒产量受栽培措施、施肥管理等因素影响。孟庆翠等^[6]“3414”试验表明, 大红袍花椒氮磷钾用量分别为 254, 176, 116 g/株时产量最高。张国桢等^[7-8]研究表明, 大红袍花椒氮磷钾最佳配比为 (0.398~0.413) : (0.298~0.313) : (0.286~0.289), 并通过模型分析得出氮磷钾均衡型混配肥料肥效最好。但关于九叶青花椒的施肥管理研究较少, 农户经验施肥、习惯施肥现象普遍, 施肥不足与偏施氮肥同时存在^[9], 由此造成的土壤酸化严重影响了青花椒产量和经济效益。研究发现, 2013 年江津九叶青花椒园

收稿日期: 2018-12-14

基金项目: 国家重点研发计划课题项目(2016YFD0200104); 云天化股份有限公司重点科研项目(YTHZWYJY2017001)。

作者简介: 杨林生(1993-), 男, 博士研究生, 主要从事养分资源管理研究。

通信作者: 石孝均, 研究员, 博士研究生导师。

土壤 pH 值较 2005 年平均下降了 0.66(未发表数据)。石志刚等^[10]研究表明,目前青花椒种植户肥料种类施用不合理,极少施用有机肥,且大多数农户不施用中微量元素。目前对青花椒种植户施肥现状仅停留在定性的认识上,不清楚青花椒种植户具体的养分投入。本研究以重庆市青花椒主产区江津区为调研区域,对青花椒施肥现状进行评价,旨在全面了解青花椒生产中施肥现状及存在的问题,为重庆市青花椒养分资源管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 调研区概况

江津区位于长江中上游,在三峡库区尾端(105°49′—106°38′ E, 28°28′—29°28′ N)。该地区属亚热带季风气候,日照时数年均 1 207.9 h,常年平均气温 18.2 ℃,年平均降雨量为 1 034.7 mm。紫色土是该地区的主要土壤类型,花椒是该地区主要的经济作物,栽培品种为九叶青花椒,坡地种植密度 2 m×2 m,平坦地种植密度为 2 m×3 m。

1.2 调研内容

2017 年 2—5 月份,选取江津区所有花椒主产乡镇(先锋镇、白沙镇、油溪镇、吴滩镇、石门镇)共 5 个,每个乡镇选取 3 个主产自然村,对当地的花椒种植户进行入户调查。调查采用问卷形式,以研究当地盛果期花椒的施肥状况及不同施肥条件下的产量。调研内容主要包括:肥料种类、肥料施用量、施肥方式、施肥时期、产量等,共收回问卷 182 份,其中有效问卷 160 份。

1.3 统计方法

有机肥养分含量参照《中国有机肥料养分志》^[11]和《中国有机肥料资源》^[12]数据,化肥养分含量根据产品标注含量计算。所有数据均采用 Excel 2016 处理, Sigma Plot 12.0 作图。

2 结果与分析

2.1 花椒产量状况

由图 1 可知,调查区域花椒产量范围在 1.63~18.75 t/hm²,平均产量为 9.87 t/hm²。根据四分法将 160 户调研结果分为低产(0~25%]、中产(25%~50%]、中高产(50%~75%]和高产(75%~100%] 4 个等级,从低到高 4 个等级的平均产量依次为 5.89, 8.67, 10.70, 14.22 t/hm²。其中低产和中产水平产量仅为高产水平的 41.4%和 61.0%,产量差分别达到 8.33 t/hm²和 5.55 t/hm²,中高产水平的产量差也达到了 3.52 t/hm²,增产潜力巨大。

2.2 花椒施氮现状

本课题组研究结果表明花椒适宜施氮量为 300 kg/hm²(未发表),上下浮动 50 kg/hm²为适宜范围。以 100 kg/hm²为变幅,将氮肥用量分为 5 级。由表 1 可知,农户平均施氮量为 350.7 kg/hm²,秋基肥、越冬肥、促花肥和壮果肥分别占全年用量的 27.7%, 31.2%, 21.6%和 19.5%。其中施氮适宜的农户占 23.7%,平均施氮量为 293.7 kg/hm²。秋基肥、越冬肥、促花肥和壮果肥分别占全年用量的 26.0%, 30.8%, 22.1%和 21.2%。施氮偏高和过量的农户分别占 15.0%和 21.9%,平均施氮量分别为 390.1 kg/hm²和 667.2 kg/hm²,施氮偏低和不足的农户分别占 34.4%和 5.0%,平均施氮分别为 200.7 kg/hm²和 110.2 kg/hm²。

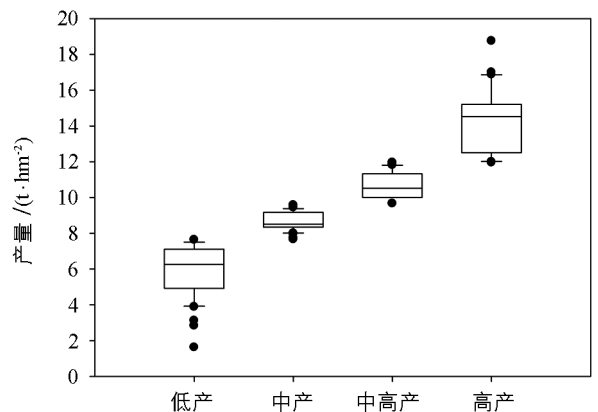


图 1 调研区域花椒产量

表1 重庆市九叶青花椒农户施氮现状

分级	样本量	指标	秋基肥/ (kg·hm ⁻²)	越冬肥/ (kg·hm ⁻²)	促花肥/ (kg·hm ⁻²)	壮果肥/ (kg·hm ⁻²)	总施氮量/ (kg·hm ⁻²)
<150	8	均值	28.8±22.4	39.2±20.9	21.7±15.8	20.6±20.3	110.2±35.8
		范围	0~61.3	0~61.3	0~40.6	0~57.1	57.1~148.8
[150, 250)	55	均值	50.5±30.1	58.6±26.6	44.3±27.6	47.1±25	200.7±27.8
		范围	0~149.4	0~132.4	0~95.0	0~95.0	150~247.1
[250, 350)	38	均值	76.7±49.6	90.9±46.9	65.1±30.5	62.5±30.2	293.7±31.9
		范围	0~168.8	0~200.1	0~130.1	0~120.1	252.1~348.2
[350, 450)	24	均值	93.4±58.7	124.5±69.2	80.1±35.8	92.1±50.3	390.1±22.3
		范围	0~225.1	0~315.2	0~150.1	0~177.9	350.2~437.7
≥450	35	均值	210.5±127.7	215.7±127.3	146.3±75.3	103.6±76.4	667.2±188.9
		范围	0~541.4	0~583.6	0~311.3	0~311.3	450.2~1 353.5
总量	160	均值	97.1±93.8	109.5±93.1	75.8±59.2	68.6±51.9	350.7±207.0
		范围	0~541.4	0~583.6	0~311.3	0~311.3	0~1 353

2.3 花椒施磷现状

本课题组研究结果表明花椒适宜施磷量 187 kg/hm² (未发表), 上下浮动 37 kg/hm² 为适宜范围. 以 75 kg/hm² 为变幅, 将磷肥用量分为 5 级. 调研结果表明农户平均施磷量为 220.7 kg/hm² (表 2), 秋基肥、越冬肥、促花肥和壮果肥分别占全年用量的 28.9%, 31.4%, 21.6% 和 18.1%. 其中施磷量在适宜范围的农户占 23.7%, 平均施磷量为 186.6 kg/hm². 施磷偏高和过量的农户分别占 18.8% 和 22.5%, 平均施磷量分别为 257.9 kg/hm² 和 415.8 kg/hm². 施磷偏低和不足的农户分别占 24.4% 和 10.6%, 平均施磷量分别在 115.0 kg/hm² 和 57.3 kg/hm².

表2 重庆市九叶青花椒农户施磷现状

分级	样本量	指标	秋基肥/ (kg·hm ⁻²)	越冬肥/ (kg·hm ⁻²)	促花肥/ (kg·hm ⁻²)	壮果肥/ (kg·hm ⁻²)	总施磷量/ (kg·hm ⁻²)
<75	17	均值	12.7±11.9	21.2±8.9	11.7±9.4	11.8±15.7	57.3±11.8
		范围	0~34.7	0~34.8	0~23.2	0~57.1	29.3~70.9
[75, 150)	39	均值	33.2±20.4	36.4±19.3	21.8±13.5	23.6±16.4	115±20.2
		范围	0~90.6	0~82.5	0~45.0	0~57.1	75.0~149.4
[150, 225)	38	均值	40.7±30.2	61±22.9	43.2±25.5	41.5±24.6	186.6±20.7
		范围	0~108.8	0~104.5	0~79.4	0~93.8	150.0~223.5
[225, 300)	30	均值	91±48.9	68.9±35.2	55.3±34.7	44.4±35.5	257.9±23.1
		范围	0~151.3	0~195.1	0~123.9	0~174.0	225.1~295.4
≥300	36	均值	122.8±70.8	136.4±61.8	90.8±47.6	65.8±45.2	415.8±101.5
		范围	0~314.2	0~286.9	0~157.1	0~150.1	300.2~703.5
总量	160	均值	63.8±58.6	69.2±53.2	47.6±40.8	40±34.9	220.3±131.6
		范围	0~314.2	0~286.0	0~157.1	0~150.1	0~703.5

2.4 花椒施钾现状

本课题组研究结果表明花椒适宜施钾量 200 kg/hm^2 (未发表), 上下浮动 40 kg/hm^2 为适宜范围. 以 80 kg/hm^2 为变幅, 将钾肥用量分为 5 级. 调研结果表明农户平均施钾量为 288.2 kg/hm^2 (表 3), 以越冬肥最多, 为 86.4 kg/hm^2 , 占全年用量的 30.0% , 壮果肥最少, 为 54.7 kg/hm^2 , 占全年用量的 19.0% . 施钾合理的农户占 31.3% , 平均施钾量为 201.2 kg/hm^2 , 以越冬肥最多, 为 57.5 kg/hm^2 , 占全年用量的 28.6% , 秋基肥最少, 为 40.4 kg/hm^2 , 占全年用量的 20.1% . 施钾偏高、过量、偏低、不足的农户分别占 23.1% , 29.4% , 12.5% , 3.8% , 平均施钾量分别为 $274.4, 485.3, 136.7, 64.8 \text{ kg/hm}^2$.

表 3 重庆市九叶青花椒农户施钾现状

分级	样本量	指标	秋基肥/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	越冬肥/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	促花肥/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	壮果肥/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	总施钾量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
<80	6	均值	13.1 ± 11.9	24.7 ± 13.6	10 ± 11.5	16.9 ± 22.5	64.8 ± 6.4
		范围	0~29.2	0~39.7	0~26.5	0~57.1	57.1~74.4
[80, 160)	20	均值	37.5 ± 21.3	42.9 ± 14	34.7 ± 22.4	21.6 ± 20.8	136.7 ± 19
		范围	0~90.6	24.2~71.3	0~95.0	0~63.4	97.1~159.4
[160, 240)	50	均值	40.4 ± 27.6	57.5 ± 30.4	53.3 ± 32.5	49.6 ± 22.1	201.2 ± 21.2
		范围	0~105.9	0~144.8	0~110.1	0~93.8	161.1~238.6
[240, 320)	37	均值	68 ± 44.5	77.2 ± 42.4	76.2 ± 31.7	53 ± 35.4	274.4 ± 23.5
		范围	0~195.1	0~188.8	0~137.6	0~163.1	240.1~315.1
≥ 320	47	均值	137.3 ± 76.2	150.8 ± 107.5	116.6 ± 62.9	80.5 ± 50.8	485.3 ± 137.1
		范围	0~292.6	0~173.2	0~346.5	0~537.8	325.2~866.2
总量	160	均值	73.9 ± 65.4	86.4 ± 77.2	73.2 ± 52.8	54.7 ± 40.6	288.2 ± 156.4
		范围	0~292.6	0~188.8	0~346.5	0~537.8	0~866.2

2.5 肥料用量与花椒产量的关系

农户施肥量根据平均施肥量和平均产量可分为 4 类(图 2), 其中氮肥施用高产高效农户占 20.6% , 平均施氮量为 271.8 kg/hm^2 , 平均产量为 11.27 t/hm^2 . 氮肥施用低产高效、高产低效、低产低效的农户分别占 42.5% , 28.7% 和 8.12% , 平均施氮量分别为 $207.5, 586.2, 466.5 \text{ kg/hm}^2$. 磷肥施用高产高效农户占 18.1% , 平均施磷量为 163.7 kg/hm^2 , 平均产量为 11.61 t/hm^2 , 磷肥施用低产高效、低产低效和高产低效的农户分别占 40.0% , 10.6% 和 31.3% , 平均施磷量分别为 $161.2, 317.9, 350.5 \text{ kg/hm}^2$. 钾肥施用高产高效农户占 20.0% , 平均施钾量为 218.1 kg/hm^2 , 平均产量为 11.45 t/hm^2 . 钾肥施用低产高效、低产低效和高产低效的农户分别占 43.1% , 7.50% 和 29.4% , 平均施钾量分别为 $215.6, 394.8, 461.8 \text{ kg/hm}^2$.

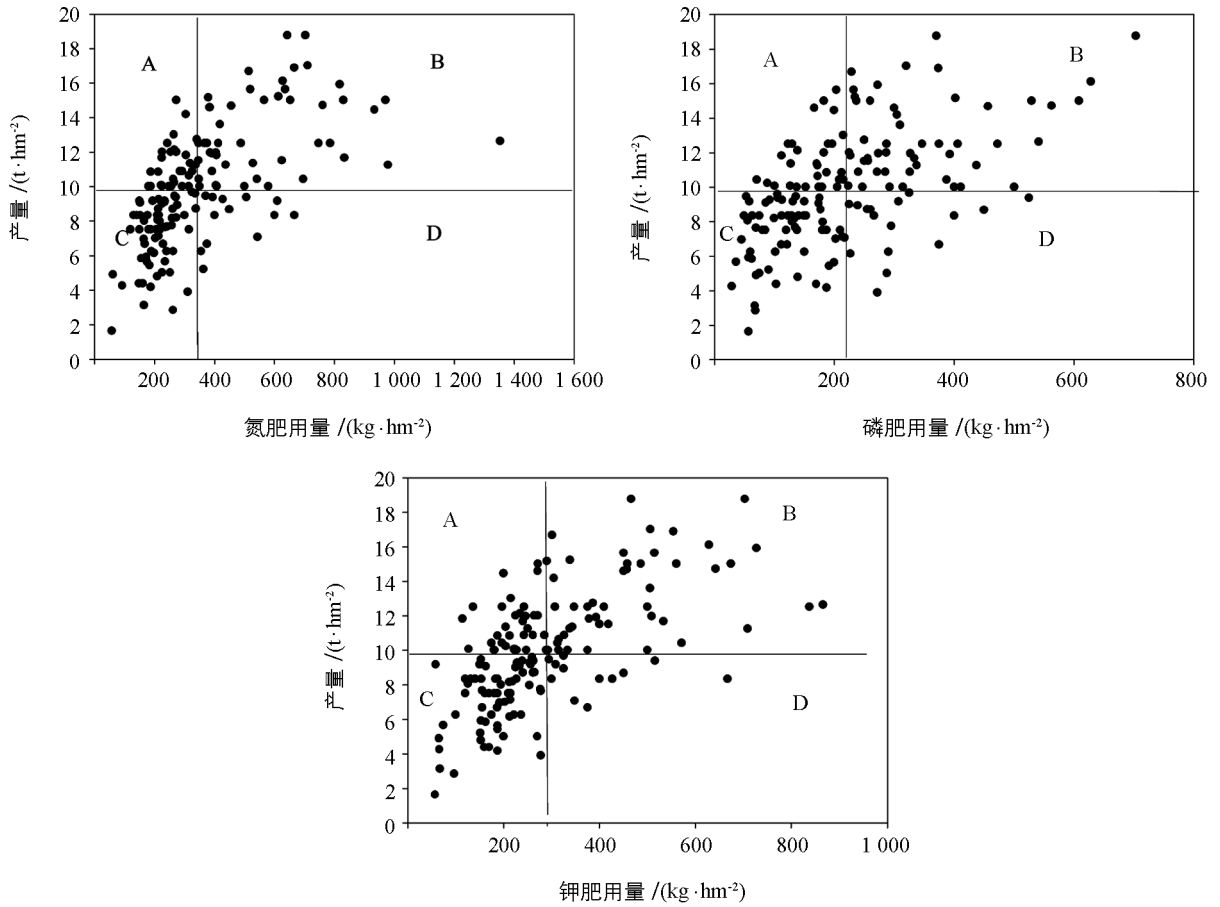
2.6 有机肥施用及其与产量的关系

调研结果分析表明(图 3a), 重庆市九叶青花椒生产中, 化肥氮磷钾平均投入量分别为 $341, 216$ 和 281 kg/hm^2 . 有机肥氮磷钾平均投入量分别为 $9.26, 3.85$ 和 6.41 kg/hm^2 , 分别仅占总养分投入量的 2.64% , 1.75% 和 2.22% . 由图 3b 可知, 单施化肥农户平均产量为 9.51 t/hm^2 , 而有机无机配施农户平均产量为 11.2 t/hm^2 , 较单施化肥农户产量提高了 17.8% . 说明施用有机肥增产效果明显.

2.7 花椒肥料偏生产力

由表 4 可知, 在目前施肥水平下, 花椒氮磷钾平均偏生产力分别为 $33.0, 58.1$ 和 40.0 kg/kg , 可见, 磷肥偏生产力较高, 氮肥和钾肥平均偏生产力较低. 这可能与氮肥养分的流失和钾肥的大量投入有关. 其中高产高效农户平均产量为 11.44 t/hm^2 , 其氮磷钾肥偏生产力分别为 $42.6, 75.7$ 和 54.7 kg/kg ,

较氮磷钾肥平均偏生产力分别提高了 29.1%, 30.2% 和 36.8%。低产低效农户平均产量为 8.16 t/hm², 仅为高产高效农户平均产量的 71.3%; 其氮磷钾肥偏生产力分别为 18.0, 25.8 和 22.9 kg/kg, 分别仅为高产高效农户氮磷钾肥平均偏生产力的 42.2%, 34.1% 和 41.9%。说明农户的管理水平显著影响花椒产量和肥料的偏生产力。



A 类为高产高效; B 类为高产低效; C 类为低产高效; D 类为低产低效。

图 2 重庆市九叶青花椒农户施肥量与产量的关系

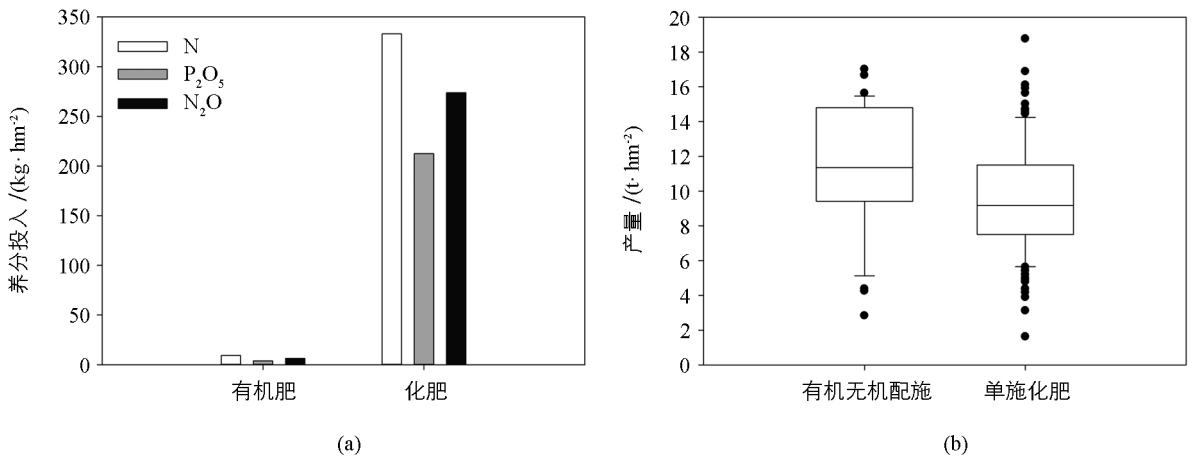


图 3 有机肥施用及其与产量的关系

表 4 重庆市九叶青花椒氮磷钾肥偏生产力

分级	产量/(t·hm ⁻²)			PFP/(kg·kg ⁻¹)		
	氮肥	磷肥	钾肥	氮肥	磷肥	钾肥
高产高效	11.27±1.27	11.61±1.65	11.45±1.4	42.6±8	75.7±22.9	54.7±14.3
高产低效	13.37±2.39	13.01±2.4	13.2±2.44	24.9±7.3	40.2±12.7	30.6±8.5
低产高效	7.16±1.79	7.18±1.82	7.1±1.83	36.7±12.7	62.9±38.2	42.5±19.4
低产低效	8.12±1.39	7.82±1.65	8.53±0.92	18.0±4.2	25.8±7.8	22.9±6.1
平均	—	—	—	33.0±12.6	58.1±32.9	40±17.9

3 讨论

3.1 花椒肥料投入

该区域氮肥投入范围为 0~1 353 kg/hm², 平均施氮量为 350.7 kg/hm². 施氮适中的农户仅占 23.7%, 施氮偏高和过量的农户共占 36.9%, 施氮偏低和不足的农户共占 39.4%. 说明该区域氮肥投入差别较大. 氮肥投入过量不仅浪费资源, 同时造成严重的环境问题, 包括硝酸盐淋洗、氨挥发和氧化亚氮排放^[13]. 并进一步提高了地下水氮含量和大气氮沉降. 蒋锐^[14]的研究表明由于氮肥过量施用, 西南地区 46% 的地下水处于轻度污染. Song L 等^[15]研究表明西南农业区氮沉降通量为 23.1 kg N/(hm²·a), 是该区高海拔森林区氮沉降通量的 3.1 倍. 氮肥投入不足, 容易影响花椒产量. 对花椒各时期氮肥施用量进行分析可知, 不同施氮量下农户均以越冬肥氮肥用量最多, 施氮偏低和偏高农户均以促花肥氮肥用量最少, 施氮不足、适中和过量农户均以壮果肥氮肥用量最少, 说明不同农户的施肥依据大多是经验习惯. 该区域花椒种植区域以丘陵兼具低山为主, 由紫色页岩发育而成, 土层浅薄, 土壤较为贫瘠, 氮肥表施或过量施肥均会引起养分流失, 造成施肥—养分流失—施肥的恶性循环^[16]. 因此研究花椒养分需求规律, 明确不同时期花椒养分的吸收量及吸收比例, 并引导农户进行科学施肥显得非常重要, 同时应采用有机无机配施的方式, 兼顾培肥地力^[17]. 还应加强政府和农技部门对农业科学技术的推广力度, 农金花等^[18]研究表明农技培训对控制农户施肥量具有积极作用.

该区域磷肥投入与氮肥类似, 施磷适中的农户仅占 23.7%, 同时存在 18.8% 和 22.5% 的农户施磷偏高和过量. 刘志欣^[19]研究表明三峡库区磷污染源中磷肥占第二位, 占水体全磷含量的 19%. 该区域钾肥投入与氮磷不同, 施钾适中的农户占 31.3%, 同时施钾偏高和过量的农户分别占 23.1% 和 29.4%, 造成严重的钾肥资源浪费.

3.2 花椒产量

花椒产量受栽培措施、施肥等多方面因素的影响. 本调研结果表明, 花椒产量差异巨大, 产量变幅在 1.63~18.75 t/hm², 平均产量为 9.87 t/hm². 杨红艳等^[20]研究表明, 2008—2011 年不同施肥处理花椒平均产量为 3.55 t/hm². 说明近年来农户栽培和管理的方式有了较大进步. 本研究表明目前花椒产量仍有很大的提升空间.

施肥是影响花椒产量的重要因素. 本研究表明分别有 20.6%, 18.1% 和 20.0% 的农户可以实现高产和氮磷钾肥的高效利用, 平均氮磷钾施用量分别为 271.8, 163.7 和 218.1 kg/hm². 高产高效农户氮磷钾肥料用量处于肥料推荐范围, 较氮磷钾肥的平均施用量分别降低了 22.5%, 25.7% 和 24.3%. 调查发现, 高产高效农户有机肥施用比例显著高于平均水平, 且施用硼锌微量元素. 本研究中施用有机肥花椒产量明显高于不施有机肥农户产量. 郑明强^[21]研究表明施用有机肥既能改良培肥花椒土壤, 又能提高花椒产量. 这可能与有机肥中含有丰富的有机养分, 能促进土壤微生物的繁殖, 改善土壤结构, 提高土壤肥力有关^[22]. 刘正良等^[23]研究表明施用硼肥可以促花保花, 提高座果率, 从而提高花椒产量. 此外可能与土壤基础地力有关. 有研究表明土壤基础地力越高, 对产量的贡献率越大^[24]. 肥料偏生产力可以体现一定地区提高肥料利用率的潜力, 并直接影响到农民的经济收入^[25]. 本研究表明花椒氮磷钾平均偏生产力分别为 33.0, 58.1 和 40.0 kg/kg, 高产高效农户氮磷钾偏生产力分别为 42.6, 75.7, 54.7 kg/kg. 有研究表明, 陕西省大红袍

花椒氮磷钾偏生产力分别为 22.7~44.2, 31.8~57.2 和 32.2~57.3 kg/kg^[6,26], 崔云岭等^[27]研究表明甘肃省花椒氮磷钾偏生产力分别为 18.5~28.3, 25.3~29.8 和 23.6~29.8 kg/kg. 重庆市青花椒肥料平均偏生产力与陕西省大红袍花椒肥料偏生产力相当, 显著大于甘肃省大红袍花椒肥料偏生产力, 但与高产高效农户肥料偏生产力有较大差距. 说明花椒肥料用量依然有很大的优化空间.

4 结 论

研究期内, 重庆市花椒平均产量为 9.87 t/hm², 不同农户间存在较大的产量差. 氮磷钾平均投入量分别为 350.7, 220.3 和 288.2 kg/hm², 氮磷钾施用过量比例分别为 21.9%, 22.5% 和 29.4%, 施用不足比例分别为 5.0%, 10.6% 和 3.8%, 施用合理比例分别为 23.7%, 23.7% 和 31.3%. 施肥不合理是限制花椒产量提高的重要因素, 加大对农户合理施肥和科学施肥的指导力度, 同时引导农户施用有机肥, 是提高花椒产量的重要途径.

参考文献:

- [1] 李建红, 张水华, 孔令会. 花椒研究进展 [J]. 中国调味品, 2009, 34(2): 28-31, 35.
- [2] 姚 佳, 蒲 彪. 青花椒的研究进展 [J]. 中国调味品, 2010, 35(6): 35-39.
- [3] 黄圣霖. 花椒栽培管理技术 [J]. 云南农业, 2014(8): 26-27.
- [4] 国家林业局. 中国林业统计年鉴 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [5] 卞 浩, 何锡文. 江津区九叶青花椒产业发展现状及对策 [J]. 安徽农学通报, 2016, 22(13): 71-72.
- [6] 孟庆翠, 刘淑明, 孙丙寅. 配方施肥对花椒产量的影响 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 105-108.
- [7] 张国桢, 孙丙寅, 黄占斌, 等. 混料设计在花椒配肥试验研究中的应用 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(6): 135-138.
- [8] 张国桢, 李世清. 氮磷钾配比对花椒产量的影响及其肥料效应模型分析 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 119-123.
- [9] 董永熊, 刘正良. 重庆市永川区花椒生产现状调查分析 [J]. 南方农业, 2017, 11(21): 85-86.
- [10] 石志刚, 喻德昌. 花椒园实现化肥零增长的有效途径探索 [J]. 南方农机, 2017, 48(4): 160-162.
- [11] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 24-200.
- [12] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料资源 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 44-45.
- [13] CUI Z L, YUE S C, WANG G L, et al. In-Season Root-Zone N Management for Mitigating Greenhouse Gas Emission and Reactive N Losses in Intensive Wheat Production [J]. Environmental Science and Technology, 2013, 47(11): 6015-6022.
- [14] 蒋 锐. 紫色丘陵区农业小流域氮迁移的动态特征及其环境影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [15] SONG L, KUANG F H, UTE S, et al. Bulk deposition of organic and inorganic nitrogen in southwest China from 2008 to 2013 [J]. Environmental Pollution, 2017, 227: 157-166.
- [16] 李文萍, 雷孝章, 刘兴年, 等. 四川盆地紫色土丘陵区水土流失及防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(3): 137-139.
- [17] 李燕青, 赵秉强, 李 壮. 有机无机结合施肥制度研究进展 [J]. 农学学报, 2017, 7(7): 22-30.
- [18] 农金花, 梁增芳, 肖新成, 等. 三峡库区农户过量施肥负效应认知实证分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(5): 162-169.
- [19] 刘志欣. 近十年来重庆三峡库区农业面源污染变化研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2016.
- [20] 杨红艳, 王 洋. 重庆市江津区九叶青花椒肥料效应试验初报 [J]. 南方农业, 2014, 8(25): 13-15.
- [21] 郑明强. 不同种类有机肥及其施用量对花椒产量·经济效益的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(4): 1045-1046.
- [22] 赵佐平, 同延安, 刘 芬, 等. 长期不同施肥处理对苹果产量、品质及土壤肥力的影响 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3091-3098.
- [23] 刘正良, 董永熊. 硼肥和绿肥对花椒产量的影响 [J]. 南方农业, 2017, 11(21): 5-6.
- [24] 徐春丽, 谢 军, 王 珂, 等. 中国西南地区玉米产量对基础地力和施肥的响应 [J]. 中国农业科学, 2018, 51(1): 129-138.

- [25] 赵 营, 郭鑫年, 赵护兵, 等. 宁夏引黄灌区春小麦施肥现状与评价 [J]. 麦类作物学报, 2014, 34(9): 1274-1280.
- [26] 孙丙寅, 邓振义, 康克功, 等. 不同配方施肥对花椒产量和质量的影响 [J]. 陕西农业科学, 2006, 52(1): 7-8, 11.
- [27] 崔云玲, 郭天文, 李 娟, 等. 花椒平衡施肥技术研究 [J]. 西部林业科学, 2006, 35(4): 112-114.

Evaluation of Fertilization Status of *Zanthoxylum armatum* var. *novemfolius* in Chongqing

YANG Lin-sheng¹, YANG Min¹, PENG Qing², WANG Yang²,
ZHANG Yu-ting¹, ZHANG Yue-qiang^{1,3}, SHI Xiao-jun^{1,4}

1. School of Resources and Environment, Southwest University/the Key Laboratory of Arable Land Conservation (Southwest China), Ministry of Agriculture, Chongqing 400715, China;
2. Chongqing Jiangjin District Agricultural Technology Extension Center, Jiangjin Chongqing 402260, China;
3. National Monitoring Station of Soil Fertility and Fertilizer Efficiency on Purple Soils, Chongqing 400715, China;
4. Academy of Agricultural Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to understand the problems existing in nutrient management of Chinese prickly ash (*Zanthoxylum armatum* var. *novemfolius*) in Chongqing, this study analyzed and evaluated the present situation of fertilizer application and yield of this plant among 160 growers in 5 main producing towns of Chongqing City by household sampling survey. The results showed that the average yield of *Z. armatum* var *novemfolius* in Chongqing was 9.87 t/ha. The average application rate of nitrogen, phosphorus and potassium were 350.7, 220.4 and 287.9 kg/ha, respectively. The nitrogen, phosphorus and potassium nutrient components in organic fertilizers were only 2.64%, 1.75% and 2.22%, respectively, of the total nutrient input. The farmer households, who applied N, P and K in the appropriate range, accounted for 23.7%, 23.7% and 31.3%, respectively, the proportion of farmers with excessive application accounted for 21.9%, 22.5% and 29.4%, respectively, and the proportion of farmers with insufficient application was 5.0%, 10.6% and 3.8%, respectively. The application of organic fertilizer could significantly increase the yield of *Z. armatum* var *novemfolius*, the increase being 17.8% compared with the no-organic fertilizer practice. The average yield of high-yield and high-efficiency farmer households was 11.44 t/ha. Their average application rate of nitrogen, phosphorus and potassium were 271.8, 163.7 and 218.1 kg/ha, respectively, and their partial factor productivity were 42.6, 75.7 and 54.7 kg/kg, an increase of 29.1%, 30.2% and 36.8% over the average partial factor productivity of nitrogenous, phosphorous and potassium fertilizers. To sum up, both excessive fertilization and insufficient fertilization exist in *Z. armatum* var. *novemfolius* production in Chongqing, and there is a large yield difference among farmers. The application of organic and inorganic fertilizers in combination is an important measure to increase the yield of *Z. armatum* var *novemfolius*.

Key words: Chinese prickly ash (*Zanthoxylum armatum* var. *novemfolius*); yield; fertilization; evaluation