

# 配方施肥对红枣产量的影响

高 健<sup>1</sup>, 郑险峰<sup>1</sup>, 高文海<sup>2</sup>, 李新岗<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以红枣“七月鲜”为试材, 采用“3414”施肥方案, 研究了不同氮(N)、磷(P)、钾(K)配比对红枣产量的影响, 并进行了缺素分析, 通过单因素、二因素、三因素回归分析, 得到红枣“七月鲜”相对施肥量下的最佳产量和最大产量。结果表明: N、P、K 配施能显著提高红枣“七月鲜”的产量, 对产量的影响依次为  $K > N > P$ , 试验中最佳处理 6 施肥量(N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  为 0.23、0.12、0.2 kg/株)增产达到 50%, 通过模型分析得到最大施肥量 N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  为 0.22、0.06、0.34 kg/株达到最大产量 12.02 kg/株。

**关键词:** 红枣; 配方施肥; 产量

**中图分类号:** S 665.106<sup>+</sup>.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)21-0176-04

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.) 属鼠李科(Rhamnaceae)植物, 原产于我国<sup>[1-2]</sup>, 是我国特有的经济树种之一<sup>[3]</sup>。

**第一作者简介:** 高健(1988-), 男, 山东烟台人, 硕士, 研究方向为施肥对作物的影响。E-mail: gaojian328@qq.com.

**责任作者:** 郑险峰(1968-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事旱地土壤培肥及营养元素在土壤-植物系统内循环与转化等研究工作。E-mail: zxf260@sohu.com.

**收稿日期:** 2014-07-16

红枣(*Fructus jujuba* Date) 又称中华大枣、华枣等, 为枣树的成熟果实<sup>[4]</sup>。“庄稼一枝花, 全靠肥当家”。枣树虽有“铁杆庄稼”之美誉, 但陕北地区特别是清涧县枣园的土壤以黄土性土壤(坡黄绵土)为主, 耕层较浅、土质疏松、侵蚀严重, 有机质缺乏, 土壤肥力低, 瘠薄的土壤不足以提供红枣生长发育对营养的需求。随着红枣需求的增加和种植面积的增大, 如何对枣树施肥已成为影响红枣产量的重要研究内容。枣树品种的增多, 种植面积

[5] 赵瑞芬, 陈明昌, 张强, 等. 山西省褐土土壤养分限制因子研究[J]. 山西农业科学, 2003, 31(3): 35-39.

[6] 杨苞梅, 林电, 吴多能, 等. 海南省蕉园燥红土养分状况及其限制因子研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(10): 168-172.

[7] 韩文炎, 许允文. 低丘红壤茶园土壤养分限制因子及平衡施肥研究[J]. 浙江农业学报, 1995, 7(5): 387-391.

[8] 郭晓敏. 毛竹平衡施肥及营养管理研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003: 4-5.

[9] 司鹏飞. 平凉山药及其无公害栽培技术[J]. 作物杂志, 2006(2): 60-61.

[10] 魏冰. 平凉山药丰产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2006(2): 54-55.

[11] 吕军峰, 周锁奎, 侯慧芝, 等. 栽培方式对平凉山药农艺性状及产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2009(10): 45-46.

[12] 王宜伦, 李潮海, 何萍, 等. 超高产夏玉米养分限制因子及养分吸收积累规律[J]. 研究植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 559-566.

## Study on the Nutrient Limiting Factors and Balanced Fertilization of Yam in Northwest Area

LI Xi-e<sup>1</sup>, LYU Jun-feng<sup>2</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>

(1. Pingliang Institute of Agricultural Sciences, Pingliang, Gansu 744000; 2. Institute of Dryland Agricultural Sciences, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract:** Taking ‘Pingliang yam’ as material, eight different fertilization scheme were conducted to study the agronomic traits and yield performance of yam in northwest China semi-arid area. The results showed that the best treatment of balanced fertilization was OPT, no matter what kind of nutrient of nitrogen(N), phosphorus(P), potassium(K) deficient, could effect the yam tuber weight, then effect the population yield. All treatments with OPT had the highest yield, OPT-N, OPT-1/2N than OPT production rates were 33.19% and 28.79%, compared with the other treatments reduced obviously, in northwest China, N was the main factor limiting high yield cultivation of yam.

**Keywords:** yam; nutrient limiting factors; balanced fertilization

扩大,施肥目标由过去单一追求高产向优质、高效和环保等多目标转变。因此,在现有施肥基础上,进一步的完善配方施肥,提高施肥参数的科学性和针对性,对提高红枣产量和品质具有重要意义。

目前,关于枣树高产栽培的最佳肥料配方研究较少,该试验对枣树施肥与产量的关系进行了研究,了解红枣施肥的具体参数,以期为提高枣树产量提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验区选在榆林清涧县,位于黄河陕晋峡谷西岸,延安、榆林交界及无定河、黄河汇处,属于典型的黄土高原丘陵沟壑区,清涧试验点年均气温 10℃,年降雨 450 mm,无霜期 200 d。试验区土壤含有机质 9.74 g/kg,速效钾 120.42 mg/kg,碱解氮 47.42 mg/kg,全氮 0.58 g/kg,有效磷 5.18 mg/kg。

### 1.2 试验材料

供试材料为 5 年生红枣“七月鲜”品种,长势一致,坐果正常,无病虫害。供试肥料中,氮肥为尿素,含 N 46%;磷肥为过磷酸钙,含  $P_2O_5$  12%;钾肥为硫酸钾,含  $K_2O$  50%。

### 1.3 试验方法

试验采用“3414”方案,共设氮(N)、磷(P)、钾(K)3 个因素、4 个水平,14 个施肥处理,随机区组排列,每处理重复 3 次(表 1)。每处理 3 株果树,氮肥选用尿素,磷肥选用普钙,钾肥选用硫酸钾,50%作基肥,在坐果阶段追施 50%,施用方式为环状沟施。

表 1 试验设计

Table 1 Experimental design

试验编号 Test No.	处理 Treatment	施肥量 Fertilization/(kg·株 <sup>-1</sup> )		
		N	$P_2O_5$	$K_2O$
1	$N_0P_0K_0$	0	0	0
2	$N_0P_2K_2$	0	0.120	0.2
3	$N_1P_2K_2$	0.115	0.12	0.2
4	$N_2P_0K_2$	0.230	0	0.2
5	$N_2P_1K_2$	0.230	0.06	0.2
6	$N_2P_2K_2$	0.230	0.12	0.2
7	$N_2P_3K_2$	0.230	0.18	0.2
8	$N_2P_2K_0$	0.230	0.12	0
9	$N_2P_2K_1$	0.230	0.12	0.1
10	$N_2P_2K_3$	0.230	0.12	0.3
11	$N_3P_2K_2$	0.345	0.12	0.2
12	$N_1P_1K_2$	0.115	0.06	0.2
13	$N_1P_2K_1$	0.115	0.12	0.1
14	$N_2P_1K_1$	0.230	0.06	0.1

## 2 结果与分析

### 2.1 不同 N、P、K 肥处理对“七月鲜”产量的影响

由图 1 可知,不同施肥处理均在不同程度上提高了红枣“七月鲜”的产量。其中施用 N、P、K 肥合理配施处理产量明显高于不施肥处理、不施 N 处理、不施 P 处理、

不施 K 处理,合理的配方施肥如处理 4、5、6、10 等增产效果更为显著。其中处理 6 产量最高,达到了 13.2 kg/株,相比对照不施肥处理单株增产约 50%,与徐福利等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。

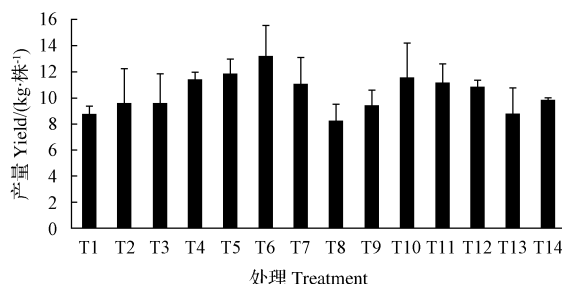


图 1 不同处理对红枣产量的影响

Fig. 1 The effect of different treatments on the yield of jujube

### 2.2 枣树缺素分析

将产量结果中的处理 1、2、4、8、6 挑出组成表 2,即形成不施肥的 0 水平、缺 N、缺 P、缺 K 和施 NPK 处理的结果。由表 2 可知,该试验地单株枣树的基础肥力产量为 8.8 kg,相对产量为 66.67%,这说明该试验地土壤肥力中等,不施肥的减产率为 33.33%,土壤供肥能力为 66.67%。缺 N、缺 P、缺 K 这 3 个处理的相对产量分别为 72.73%、87.12%、62.88%,这说明 3 种肥料对产量的影响依次为  $K>N>P$ 。而陈波浪等<sup>[6]</sup>在新疆的红枣试验的结果为  $K>P>N$ ,结果不一致可能是两地土壤养分与水分差异导致的。

表 2 缺素分析

Table 2 Deficiency analysis

试验编号 Test No.	处理 Treatment	产量 Yield/(kg·株 <sup>-1</sup> )	相对产量 Relative yield/%	减产率 Reducing rate/%
1	0	8.8	66.67	33.33
2	$N_0P_2K_2$	9.6	72.73	27.27
4	$N_2P_0K_2$	11.5	87.12	12.88
8	$N_2P_2K_0$	8.3	62.88	37.12
6	$N_2P_2K_2$	13.2	100.00	0.00

### 2.3 单因素分析

2.3.1 不同施 N 水平对“七月鲜”产量的影响 由表 3 可知,在 K、P 施用量相同的条件下,随着施 N 量的增加,单株“七月鲜”的产量也在增加,但不是一直持续的增加,当施 N 量达到一定程度增长就不明显甚至会降低,这与陈波浪等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。由表 3 还可知,“七月鲜”在  $N_2$  水平产量最高。由表 3 得到回归分析方程为:  $Y = 9.14 + 2.34X - 0.5X^2$ ,  $F = 0.695 > F_{0.05} = 0.535$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。根据当地物价(尿素 2 元/kg,普钙 0.7 元/kg,硫酸钾 4.5 元/kg,红枣 20 元/kg)得到最佳施 N 量为 0.24 kg/株,最佳产量为 11.85 kg/株;最大施 N 量为 0.27 kg/株,最大产量为 11.88 kg/株。这与柴仲平等<sup>[7-8]</sup>的研究结果一致。

表 3 单一氮因素产量分析

Table 3 Single factor for N analysis

试验编号 Test No.	处理 Treatment	N 水平 N level	施 N 量 Nitrogen application rate (kg·株 <sup>-1</sup> )	产量 Yield (kg·株 <sup>-1</sup> )
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	0	9.6
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1	0.115	9.6
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	0.230	13.2
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3	0.345	11.2

2.3.2 不同施 P 水平对“七月鲜”产量的影响 由表 4 可知,在 N、K 施用量相同的条件下,随着施 P 量的增加,单株“七月鲜”的产量呈先升高再降低的趋势,当施 P 量为 0.12 kg/株时,产量达到最高,不施磷肥的产量最低。由表 4 得到回归分析方程为:  $Y = 11.285 + 1.885X - 0.625X^2$ ,  $F = 0.845 > F_{0.05} = 0.610$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。根据当地物价得到最佳施 P 量为 0.077 kg/株,最佳产量为 12.68 kg/株;最大施 P 量为 0.090 kg/株,最大产量为 12.71 kg/株。

表 4 单一磷因素产量分析

Table 4 Single factor for P analysis

试验编号 Test No.	处理 Treatment	P 水平 P level	施 P 量 Phosphorus application rate (kg·株 <sup>-1</sup> )	产量 Yield (kg·株 <sup>-1</sup> )
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	0	0	11.5
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1	0.06	11.9
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	0.12	13.2
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	3	0.18	11.1

2.3.3 不同 K 水平对“七月鲜”产量的影响 由表 5 可知,在 N、P 施用量相同的条件下,随着施钾量的增加,单株“七月鲜”的产量呈先升高再降低的趋势,当施 K 量为水平 2 即 0.2 kg/株时,产量达到最高,不施 K 的产量最低。杨阳等<sup>[9]</sup>研究表明,施用 K 可以促进枣树生长增加产量。由表 5 得到回归分析方程为:  $Y = 7.895 + 3.395X - 0.675X^2$ ,  $F = 1.708 > F_{0.05} = 0.476$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。根据当地物价得到最佳施 K 量为 0.22 kg/株,最佳产量为 12.09 kg/株;最大施 K 量为 0.25 kg/株,最大产量为 12.16 kg/株。

表 5 单一钾因素产量分析

Table 5 Single factor for K analysis

试验编号 Test No.	处理 Treatment	K 水平 K level	施 K 量 Potassium application rate (kg·株 <sup>-1</sup> )	产量 Yield (kg·株 <sup>-1</sup> )
8	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	0	0	8.3
9	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1	0.1	9.4
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	0.2	13.2
10	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	3	0.3	11.6

2.3.4 N、P、K 与红枣产量效应 由图 2 可知,在一定范围内,N、P、K 产量效应趋势呈抛物线形,即随着 N、P、

K 肥用量的增加,红枣的产量也随之增加,但超过一定用量后产量反而下降,说明在试验设计水平范围内 N、P、K 肥施用量都有一个适宜水平,与陈波浪等<sup>[6]</sup>、柴仲平等<sup>[7]</sup>的研究结果一致。在试验设计水平范围内,N、P、K 的正、负效应均较为明显<sup>[10]</sup>。

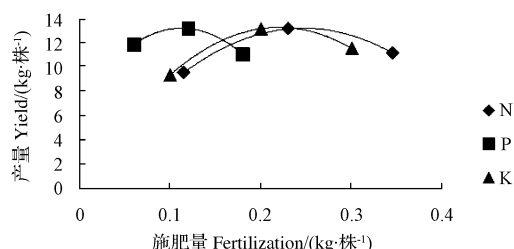


图 2 N、P、K 与红枣产量效应

Fig. 2 The effect of N, P, K on the yield of jujube

## 2.4 二因素分析

2.4.1 二因素 N、K 对“七月鲜”产量的影响 将产量结果列表 6 作回归分析,得到回归分析方程:  $Y = 3.517 + 2.912X_1 + 3.705X_2 - 0.322X_1^2 - 0.419X_2^2 - 0.595X_1X_2$ ,  $F = 1.028 > F_{0.05} = 0.560$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。最佳产量施肥量为  $X_1 = 2.75$ ,  $X_2 = 1.64$ ,施 N 量为 0.316 kg/株,施 K 量为 0.164 kg/株,最佳产量为 11.359 kg/株。最高产量的施肥量为  $X_1 = 3.64$ ,  $X_2 = 1.15$ ,施 N 量为 0.419 kg/株,施 K 量为 0.115 kg/株,最佳产量为 11.067 kg/株。N 没有达到显著水平,而 K 达到显著水平,二者的交互作用不明显。

表 6 N、K 二因素产量分析

Table 6 The two factors analysis of N and K on yield

试验编号 Test No.	处理 Treatment	N 水平 N level	K 水平 K level	N (kg·株 <sup>-1</sup> )	K (kg·株 <sup>-1</sup> )	产量 Yield (kg·株 <sup>-1</sup> )
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	2	0	0.2	9.6
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1	2	0.115	0.2	9.6
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	2	0.230	0.2	13.2
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2	0	0.230	0.0	8.3
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2	1	0.230	0.1	9.4
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	2	3	0.230	0.3	11.6
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3	2	0.345	0.2	11.2
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1	1	0.115	0.1	8.8

2.4.2 二因素 P、K 对“七月鲜”产量的影响 将产量结果列表 7 作回归分析,得到回归分析方程:  $Y = 4.339 + 2.454X_1 + 4.863X_2 - 0.333X_1^2 - 0.651X_2^2 - 0.779X_1X_2$ ,  $F = 1.662 > F_{0.05} = 0.417$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。最佳产量施肥量为  $X_1 = 4.820$ ,  $X_2 = 0$  (负值,不施 K),施 P 量为 0.289 kg/株,最佳产量为 8.43 kg/株。最高产量的施肥量为  $X_1 = 5.098$ ,  $X_2 = 0$  (负值,不施 K),施 P 量为 0.306 kg/株,最高产量为 8.19 kg/株。P、K 二元分析中,P 达到显著水平,K 也达

到显著水平,说明 P、K 二者的交互作用比较明显,要注重 P、K 的配合施用。

表 7 P、K 二因素产量分析

Table 7 The two factors of P and K analysis on yield

试验编号 Test No.	处理 Treatment	P 水平 P level	K 水平 K level	P (kg·株 <sup>-1</sup> )	K (kg·株 <sup>-1</sup> )	产量 Yield (kg·株 <sup>-1</sup> )
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	2	2	0.12	0.2	11.5
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2	2	0.12	0.2	11.9
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	2	0.12	0.2	13.2
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	1	0	0	0	11.1
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2	1	0.06	0.1	8.3
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	3	3	0.18	0.3	9.4
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	2	2	0.12	0.2	11.6
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1	1	0.06	0.1	9.9

## 2.5 三因素 N、P、K 对“七月鲜”产量的影响

对所有处理产量作回归分析,得到回归分析方程:  
 $Y = 8.6896 + 0.4104X_1 - 1.4367X_2 + 2.1783X_3 + 0.5838X_1X_2 - 0.0421X_1X_3 + 0.1054X_2X_3 - 0.2250X_1^2 - 0.02326X_2^2 - 0.3271X_3^2$ 。 $F = 1.5016 > F_{0.05} = 0.3685$  达显著水平,故回归方程能反映施肥对产量的影响。根据当地物价得到最大施 N、P、K 量为 0.47、0.52、0.67 kg/株,即 0.22、0.06、0.34 kg/株,最大产量为 12.02 kg/株。通过模拟方程以及得出的施肥量可以看出,该地区种植红枣要以 N、K 为主,P 为辅。相比试验处理 6 得到的结果,减少了 P 的施用量增加了 K 的施用量。这就需要根据实际物价水平来确定施肥可以提高经济效益。

## 3 结论

通过“3414”试验设计,研究了配合施用 N、P、K 这 3 种肥料对红枣“七月鲜”产量的影响。结果表明,配合施用 N、P、K 能够显著提高红枣“七月鲜”的产量,且比施用单一肥料的产量效果好,其中处理 6 的产量最高,相比对照不施肥处理,产量提高约 50%。对试验进行缺素分析,发现该地土壤肥力中等,肥料效果依次为  $K > N > P$ 。

P。陕北地区对枣树施用的肥料以有机肥为主,辅以 N、P,而 K 很少施用,造成土壤养分比例失调,K 相对缺乏。单一因素分析中,N、P、K 都是随着用量的增加,产量在提高,但之后都会随着施用量的增加而产量增加速度减缓,甚至降低。二因素分析作为单因素分析的补充,发现 N、P 对产量的影响不显著,而 P、K 都显著,说明交互作用强,施肥的时候注意配合施用 P、K,可以达到更好的效果。

实际生产中,要结合该试验中最佳施肥处理 6 的 N、P、K 施用量(N 0.23、P 0.12、K 0.2 kg/株)以及通过肥效分析得到的最高产量施肥量(N 0.22、P 0.06、K 0.34 kg/株)施肥,并参考当地物价水平保证经济效益,同时也不能忽略当地环境及枣树品种树龄等因素,多方面考虑,选择合适的 N、P、K 配方,以提高红枣产量和品质。

## 参考文献

- [1] 曲泽洲,王惠. 中国枣树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社,1993:2-6.
- [2] 郭裕新. 枣[M]. 北京:中国林业出版社,1982:3-5.
- [3] 解进宝,解秉旭. 枣树丰产栽培管理技术[M]. 北京:中国林业出版社,1998:2-3.
- [4] 中国医学院药物研究所. 中药志第三册[M]. 北京:人民卫生出版社,1993.
- [5] 徐福利,汪有科,杨荣慧,等. 陕北丘陵区山地密植枣树高产优质施肥技术[J]. 中国园艺文摘,2009,25(6):124-125.
- [6] 陈波浪,盛建东,李建贵,等. 氮、磷、钾肥对红枣产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2011(3):1-3.
- [7] 柴仲平,王雪梅,孙霞,等. 水氮互作对红枣光合特性与产量的影响[J]. 北方园艺,2010(19):1-4.
- [8] 柴仲平,王雪梅,孙霞. 水氮耦合对红枣产量与品质的影响研究[J]. 节水灌溉,2012(12):24-27.
- [9] 杨阳,郭珍,徐福利. 施用钾肥对黄土丘陵区山地矮化密植红枣产量与品质的影响[J]. 北方园艺,2010(10):36-39.
- [10] 柴仲平,王雪梅,孙霞. 氮、磷、钾施肥配比对红枣光合特性与产量的影响[J]. 农业系统科学与综合研究,2011,27(5):203-208.

## Effect of Balanced Fertilization on Yield of *Ziziphus jujuba*

GAO Jian<sup>1</sup>, ZHENG Xian-feng<sup>1</sup>, GAO Wen-hai<sup>2</sup>, LI Xin-gang<sup>2</sup>

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Taking jujube variety ‘Qiyue Xian’ as material, “3414” fertilization program was used to study the effect of different nitrogen(N), phosphorus(P), potassium(K) ratio on production of jujube. By deficiency analysis and multiple regression analysis, the research got the best yield and maximum yield under the relative amount of fertilizer. The results showed that N, P, K fertilizer could significantly improve the yield of the jujube. The order of the effect was  $K > N > P$ . The fertilization (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) of the best treatment 6 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O were 0.23, 0.12, 0.2 kg/plant) could improve the yield by 50% was 0.23 kg/plant, 0.12 kg/plant, 0.2 kg/plant. The maximum amount of fertilizer were N 0.22 kg/plant, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.06 kg/plant, K<sub>2</sub>O 0.34 kg/plant by model analysis, of which the maximum yield was 12.02 kg/plant.

**Keywords:** jujube; fertilization; yield