

# 红富士苹果树施用氮磷钾化肥的效果\*

李辉桃<sup>1</sup> 周建斌<sup>1</sup> 温小卫<sup>1</sup>

党涛<sup>2</sup> 马文哲<sup>2</sup> 雷正贤<sup>2</sup>

(1、西北农业大学, 陕西杨陵, 712100)  
(2、宝鸡县桑果站, 陕西宝鸡, 721300)

**摘 要** 在渭北旱塬的3个红富士果园, 进行 N、P、K 化肥试验, 结果表明: 随 N 肥用量增加, 新生枝长度、叶厚、叶重、茎粗和叶片含 N 量不断提高, K 肥对增加茎粗, P 肥对提高叶片含 P 量有显著作用。在供试条件下, N 肥的效应函数是:  $y = 5.6 + 40.5N - 22.0N^2$ , 最佳施氮量为 0.89kg/株。平均每 kg  $K_2O$  增产苹果 4.2kg,  $K_2O$  的较适宜施用量是 0.4 kg/株。每株施用 0.9 kg  $P_2O_5$  或 0.45kg  $P_2O_5$  和 0.52kg  $K_2O$  配合施用, 比单施 0.45kg  $P_2O_5$  有显著的增产效果; P、K 肥再加倍施用测减产。

**关键词** 渭北旱塬 红富士苹果树 化肥试验 肥料效应

## The Effect of Nitrogenous, Phosphatic, and Potassium Fertilizers on Fuji Apple Trees

Li Huitao<sup>1</sup> Zhou Jianbin<sup>1</sup> Wen Xiaowei<sup>1</sup>  
Dang Tao<sup>2</sup> Ma Wenzhe<sup>2</sup> Lei Zhengxian<sup>2</sup>

(1、Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)  
(2、Mulberry and Fruit Station of Baoji County, Baoji, Shaanxi, 721300)

**Abstract** Experiments of N, P and K fertilizers were laid out in 3 Fuji apple orchards in Weibei rainfed highland. Results show that with the increase in N application, there are continuing increases in the length of the newly-grow branches, leaf thickness, leaf weight, stem diameter as well as N content in leaves. There are significant positive effects of K fertilizers on stem diameter and of P fertilizers on P content in leaves. In experimental condition the function of N fertilizer effect is  $y = 5.6 + 40.5N - 22.0N^2$  and the optimum N application is 0.89kg/tree. 1 kg  $K_2O$  brings an average increase of 4.2kg apples and the more optimum  $K_2O$  application is 0.4kg/tree. The increase is more obvious when 0.9 kg  $P_2O_5$  or 0.45 kg  $P_2O_5$  and 0.52 kg  $K_2O$  are given to each tree than only 0.45 kg  $P_2O_5$ . However, the yield decreases if P, K fertilizers double.

**Key words** Weibei rainfed highland Fuji apple trees chemical fertilizer experiment fertilizer effect

近年来,渭北旱塬的苹果树种植面积迅速扩大,苹果生产已成为不少农村脱贫致富和振兴经济的支柱产业。但是,由于施肥量和各种肥料配合方面存在经验性和盲目性<sup>[1]</sup>,影响苹果产量、品质 and 经济效益的不断提高。苹果营养诊断和施肥,过去虽有不少研究<sup>[2~5]</sup>,但在渭北旱塬条件下,关于红富士苹果树施用化肥的增产效果,迄今尚未见有报道。为此,我们在渭北旱塬西部地区,选择3个有代表性的红富士果园,分别进行氮、磷、钾化肥肥效试验,以期为苹果生产的合理施肥提供科学依据。

1 材料和方法

试验设在宝鸡县西北部的双白杨乡,属于山、塬地区,土壤由黄土母质发育而成,土层深厚,光照充足,昼夜温差大,适宜苹果生长。但无灌溉条件,且多系坡地或人造梯田,水土流失严重,种植苹果树还有蓄水保墒作用。氮肥用量、钾肥用量和磷、钾肥配合试验,分别安排在龙渠村、李家岸村和张家山村。供试果园试验前0~40 cm 土层土壤肥力状况见表1。

表1 供试果园试验前0~40 cm 土层肥力状况

试验名称	有机质 (g. kg <sup>-1</sup> )	全氮 (g. kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 (mg. kg <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg. kg <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg. kg <sup>-1</sup> )	有效磷 (mg. kg <sup>-1</sup> )	有效钾 mg. kg <sup>-1</sup> )
氮肥	6.6	0.589	24	6	9.0	9.5	184
钾肥	9.4	0.630	27	8	16.0	9.1	164
磷钾肥	10.1	0.659	30	12	9.5	13.2	184

供试苹果树均系1986年定植的红富士,种植密度为3m×4m。施肥试验从1992年秋季开始,至今仍在进行。3个试验的施肥方案见表2。

表2 试验方案及供试肥料的品种数量

试验名称	处理代号	肥料实物量(kg/株. a)				折合纯养分(kg/株. a)		
		尿素	磷酸一铵	氯化钾	过磷酸钙	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
氮肥	N <sub>1</sub>	0.63	2	2	—	0.49	1	0.8
	N <sub>2</sub>	1.26	2	2	—	0.78	1	0.8
	N <sub>3</sub>	1.88	2	2	—	1.06	1	0.8
	N <sub>4</sub>	2.50	2	2	—	1.35	1	0.8
钾肥	K <sub>0</sub>	2	2	0	—	1.12	1	0
	K <sub>1</sub>	2	2	1	—	1.12	1	0.4
	K <sub>2</sub>	2	2	2	—	1.12	1	0.8
	K <sub>3</sub>	2	2	3	—	1.12	1	1.2
磷钾肥	P <sub>1</sub>	2	—	0	3.8	0.92	0.45	0
	P <sub>2</sub>	2	—	0	7.6	0.92	0.90	0
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2	—	1.3	3.8	0.92	0.45	0.52
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	—	2.6	7.6	0.92	0.90	1.04

所用尿素中含N46%;磷酸一铵中含N10%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>50%。氯化钾中含K<sub>2</sub>O 40%,过磷酸钙中含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>12%。尿素秋施1/2,果实膨大期施1/2,其余几种肥料秋季一次施完。秋季施肥采用放射沟施法,追施尿素采用穴施法,施肥深度30~40 cm。3个试验的每个处理都是3次重复,每个重复2株树,随机排列。

果树生长情况的调查于1995年5月中旬进行。当年新生枝长度和树干周长用精度为1 mm 的钢卷尺测定;叶片厚度用精度为0.02mm 的游标卡尺测定。供试叶分析样于1994年8月3日采集,采样、洗涤、烘干、称重、粉碎等均按标准方法进行<sup>[6]</sup>。样品消解用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>法,其中全氮用碱

粉蓝法测定,全磷用钒钼黄法测定,全钾用火焰光度法测定<sup>[7]</sup>。苹果产量系1994年分株收获称重所得。

## 2 结果和讨论

### 2.1 施肥对苹果树营养生长的影响

测定当年新生枝长度、叶厚、叶重和树干增长量,可以衡量不同施肥处理对营养生长的影响,各项的测定结果见表3。

表3 新生枝长度、叶厚、叶重、干周增量平均值

试验名称	处理代号	新生枝长度 (cm)	叶片厚度 (mm/10叶)	叶片干重 (g/100叶)	干周增长量(cm)
氮肥	N <sub>1</sub>	21.2	2.16	31.64	7.5
	N <sub>2</sub>	24.1(13.7)	2.33(7.9)	33.68(6.4)	8.7(16.0)
	N <sub>3</sub>	25.6(20.8)	2.38(10.2)	34.90(10.3)	9.2(22.7)
	N <sub>4</sub>	25.6(20.8)	2.40(11.1)	35.58(12.4)	9.0(20.0)
钾肥	K <sub>0</sub>	26.7	2.43	34.45	8.0
	K <sub>1</sub>	26.9(0.7)	2.37(-2.5)	35.46(2.9)	9.0(12.5)
	K <sub>2</sub>	27.1(1.5)	2.45(0.8)	35.41(2.8)	9.0(12.5)
	K <sub>3</sub>	28.4(6.4)	2.48(2.0)	35.04(1.7)	9.5(18.8)
磷钾肥	P <sub>1</sub>	26.6	2.27	27.75	10.6
	P <sub>2</sub>	26.9(1.1)	2.28(0.4)	29.79(7.4)	10.7(0.9)
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	25.3(-4.9)	2.13(-6.2)	29.47(6.2)	12.8(20.8)
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	28.4	2.38	29.35	12.3

注:干周增长量是1995年5月与1992年秋(试验前)干周长之差,括号内的数据系该处理比第1个处理增长的百分数,表4同。

由表3看出,在施肥量范围内,增加氮肥用量,可以提高当年新生枝长度、叶厚、叶重和干周增长量,4个项目的N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub>和N<sub>4</sub>处理比N<sub>1</sub>相对提高多在10%以上,说明氮肥对营养器官的生长有显著作用。同时还可以看出,4个测定项目各处理的边际增加量是依次降低的,符合氮肥效应的一般规律<sup>[8]</sup>。

在钾肥试验里,K<sub>0</sub>处理的叶片厚度稍有反常,且随钾肥用量增加,当年新生枝长度、叶厚、叶重比对照的相对增长率也很小(多数在2.9%以下)。而干周增长量均提高12.5%以上,说明钾肥对树干加粗有显著作用。

在磷肥和钾肥试验中,P<sub>2</sub>和P<sub>1</sub>处理相比,新生枝长度、叶片厚度和干周增长量基本一致,叶重增加7.4%。本试验增施磷肥对果树营养生长的效果不明显,主要原因是供试田块土壤有效磷的含量相对较高(见表1)。P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理分别与P<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>相比,新生枝长度、叶厚和叶重有升有降,升降比率在-6.2%~6.8%之间,未表现出明显效应。而干周增长量分别提高20.8%和16.0%,说明在供试果园里,磷钾肥配合施用对提高干粗有显著效果,其原因可能有磷钾肥配合产生的正连应,但主要应是一级效应——钾肥的作用,这一现象与上述钾肥试验的结果一致。

### 2.2 不同处理对叶片中氮磷钾含量的影响

刚达到生理成熟且发育正常的叶片,是树体同化代谢功能最活跃的部位,养分供应的变化,在叶片上反映比较明显。因此,叶子是植株营养诊断最常用的器官,李港丽等已制定了苹果树叶内矿质元素含量的标准值<sup>[9]</sup>。我们测定了供试植株叶片中氮、磷、钾的含量(见表4)。研究叶片养分含量和施肥量的关系。

由表4看出,随着氮肥和钾肥施用量增加,相应试验叶片中N或K的含量不断提高。用 $y_N$ 和

$y_N$  表示叶片中 N 或 K 的含量,用 N 和 K 表示每株果树每年施用 N 或  $K_2O$  的 kg 数,两个试验施肥量和叶片养分量的关系是:

$$y_N = 18.42 + 2.12N, \quad r = 0.968 *$$

$$y_K = 9.98 + 1.32K, \quad r = 0.992 * *$$

两式说明,在试验范围内,每株果树每年增加施用 1 kg N 或  $K_2O$ ,叶片中 N 和 K 的含量分别可

表4 各处理叶片中全量 N、P、K 的含量  $g \cdot kg^{-1}$

试验名称	处理代号	N	P	K
氮肥	$N_1$	19.27	1.55	10.6
	$N_2$	20.34(5.6)	1.58(1.9)	11.0(3.8)
	$N_3$	20.73(7.6)	1.55(0)	10.3(-2.8)
	$N_4$	21.16(9.8)	1.54(-0.6)	10.8(1.9)
钾肥	$K_0$	23.15	1.60	9.9
	$K_1$	23.99(3.6)	1.57(-1.9)	10.6(7.1)
	$K_2$	23.40(1.1)	1.58(-1.2)	11.1(12.1)
	$K_3$	21.85(-5.6)	1.49(-6.9)	11.5(16.2)
磷钾肥	$P_1$	20.01	1.62	10.5
	$P_2$	20.04(0.1)	1.93(19.1)	10.6(0.9)
	$P_1K_1$	21.15(5.7)	1.59(-1.8)	11.5(9.5)
	$P_2K_2$	21.02(5.0)	1.92(18.5)	11.4(8.6)
标准值 <sup>[9]</sup>		20~26	1.5~2.3	10~20

提高  $2.12g \cdot kg^{-1}$  和  $1.32g \cdot kg^{-1}$ 。两试验叶片中 N 或 K 的含量与标准值比较,  $N_1$  处理含 N 量不足,  $K_0$  处理含 K 量处于临界浓度。综合分析以上现象,对于氮素来说,这是因为氮肥供试果园土壤氮素含量较低(见表1);对于钾素而言,虽然该地区土壤有效钾含量较高(种植一般农作物时),但苹果园间相比,钾肥供试果园土壤有效钾含量相对较低(见表1)。因此,今后在类似条件下施用氮肥和钾肥时,至少应采用  $N_2$  和  $K_1$  的施肥水平。

在磷肥和钾肥试验中,各处理叶片中的含磷量都在标准值范围内,虽然供试果园土壤有效磷含量相对较高,但  $P_2$  和  $P_2K_2$  处理的叶片含磷量,仍然比  $P_1$  高出 19.1% 和 18.5%,说明施用磷肥可以显著提高叶片的含磷量。另一方面,磷钾肥配合施用,叶片的含钾比单施磷肥提高 8.6% 和 9.5%。除以上外,在 3 个供试果园里,随供试营养元素增加,叶片中其他两种养分的含量变化一般不大,没有出现规律性的促进或拮抗作用。

## 2.4 氮磷钾化肥对苹果产量的影响

2.4.1 氮肥试验 氮肥试验各个处理和重复的产量见表5。

表5 氮肥试验产量结果 (kg/株)

重复	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$
1	17.8	23.8	20.7	21.5
2	20.6	23.5	23.6	19.9
3	22.0	25.9	23.6	20.4
平均	20.1	24.4	22.6	20.6

用一元二次方程模式,对表5试验数据进行回归统计,方差分析和 F 检验,结果得到:

$$y = 5.6 + 40.5N - 22.0N^2 \quad F = 7.25^* \quad F_1 = 13.37^{**} \quad F_2 = 13.74^{**}$$

检验结果说明方程成立。方程中的常数项表示不施氮肥时的产量,供试氮肥的果园土壤有机质含量少,氮素不足(见表1),不施氮肥时产量将很低。一次项系数(40.5)比较大,说明开始增加氮肥

用量时,单位氮肥的效应很大。二次项系数(22.0)也很大,说明氮肥施用量大时,由于其他生长因素的限制,产量下降也很快。这样的果园不能施氮肥过多。目前市售尿素的单价以1.60元/kg计,折合每 kgN3.48元;苹果单价以3.00元/kg计,代入方程得该果园的经济最佳施氮量是0.89kg/株。该施氮量时的苹果产量是24.2kg/株,0.89kgN可增产苹果18.6kg,每 hm<sup>2</sup>施用氮肥的利润是44 295元(840株/hm<sup>2</sup>),施用氮肥的产投比为17.1。对处于初果期或生长结果期的果园来说,这样的施氮肥效益是比较高的。

2.3.2 钾肥试验 钾肥试验产量结果见表6。

表6 钾肥试验产量结果 (kg/株)				
重复	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
1	31.0	33.3	32.8	33.9
2	28.4	31.4	32.9	32.7
3	26.4	29.2	33.0	34.4
平均	28.5	31.3(2.8)	32.9(1.6)	33.7(0.8)

注:括号内的数字是平均边际增产量。

从各施肥水平的平均产量看,钾肥施用量增加,产量以递减率提高,试验结果服从米切利希模式或直线模式<sup>[8]</sup>。为了寻找在施肥量范围内钾肥的平均效果,将钾肥施用量(k<sub>2</sub>O,kg/株)和产量(y,kg/株)进行直线回归和检验,结果是:

$y = 29.1 + 4.2K_2O$   $r = 0.802^{**}$

方程表示,在试验条件下,平均每 KgK<sub>2</sub>O可增产苹果4.2kg,K<sub>2</sub>O和苹果的单价均以3.00元/kg计,仅计算钾肥的平均增产效益时,产投比为4.2,施用钾肥有利可图。但与上述氮肥试验相比,钾肥的增产幅度不大,原因是该地区土壤有效钾含量相对较高。为了增产和提高苹果品质,生产中应该施用钾肥,但不宜施用过多。本试验 K<sub>1</sub>处理的边际增产量比 K<sub>2</sub>高75%,结合上述叶片营养诊断结果,并从经济施肥考虑,K<sub>2</sub>O的施用量可采用0.4kg/株。

2.3.3 磷钾肥试验 磷钾肥试验产量结果见表7。

表7 磷钾肥试验产量结果 kg/株				
重复	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
1	23.0	24.5	23.6	18.9
2	19.2	23.4	22.0	17.1
3	18.9	22.6	22.5	22.1
平均	20.4	23.5	22.7	19.4

由表7看出,P<sub>2</sub>处理比 P<sub>1</sub>平均增产3.1kg/株,相对增产率15.2%,表现出增施磷肥在苹果生殖生长方面有重要作用。P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>处理比 P<sub>1</sub>增产2.3kg/株,增产率11.3%,相当每 kgK<sub>2</sub>O增产苹果4.4kg,与上述钾肥试验结果接近。P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理非但不增产,反而比其它3个处理都减产,原因可能是该地区无灌溉条件,秋季一次大量施用化肥,致使土壤中肥料溶液浓度大,造成肥料中毒。调查中发现,有些树有烧枝现象。因此,施用化肥并非越多越好。在供试条件下,每株每年配合施用 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 K<sub>2</sub>O 的量,不要超过0.45kg和0.52kg比较稳妥。

3 小 结

1、在供试条件下,随氮肥施用量增加,当年新生枝长度、叶厚、叶重和干周增长量不断提高,相对提高率多在10%以上。施用钾肥或磷钾肥配合,可使干周增长量提高12.5%以上。茎、枝、叶

生长茂盛是高产的物质基础,但果树的营养生长不可过旺,以免营养生长和生殖生长不平衡而影响结果。

2、供试果园施用0.49kg/株 N 素和不施钾肥时,叶片中的 N 或 K 的含量低于标准值。随着氮、磷、钾化肥用量增加,叶中相应元素的含量不断提高,其中磷肥的效果最大。不同处理的叶片养分含量,可以作为确定施肥量的依据之一。

3、氮肥和钾肥的增产效应方程分别是:  $y = 5.6 + 40.5N - 22.0N^2$  和  $y = 29.1 + 4.2K_2O$ , 经济最佳施 N 量为0.89kg/株,较优的施  $K_2O$  量为0.4kg/株。磷钾肥配合施用,施用  $P_2O_5$  和  $K_2O$  的量分别不要超过0.45kg/株和0.52kg/株,否则将引起减产。

4、目前渭北旱塬的苹果施肥亟待科学化,本研究对指导生产有重要意义。广大果农把苹果树视为摇钱树,不允许试验减产,所以有的试验不能按最优设计进行。例如,本研究的氮肥试验未能设零水平,磷钾肥试验的处理极不完全,难以获得充分信息。加之苹果树是多年生作物,树体有贮存养分的功能,对养分的再利用有一定的自我调节能力,短期试验往往受干扰。在这些困难情况下,研究得到了一些有意义的结果,这是难能可贵的。同时,这些结果尚需在参考应用中修改和完善。

#### 参考文献

- 1 隋鹏飞,史进元,李文祥. 陕西省红富士苹果果园施肥调查. 土壤肥料,1995,(1):35~37
- 2 全月澳,周厚基. 果树营养诊断法. 北京:农业出版社,1982
- 3 冯思坤,杨儒林. 秦岭北麓国光苹果氮肥施肥量试验. 土壤肥料,1988,(6):25~28
- 4 高德良,左崇法,何为华,邓小兰. 氮磷钾化肥不同配比对矮化中间砧苹果生长、结果和品质影响的研究报告. 果树科学,1984,(2):25~33
- 5 刁凤贵,杨树忱. 苹果树施用不同品种钾肥的效果. 土壤肥料,1984,(5):29~30
- 6 李港丽,张光中. 果树叶分析的采样、洗涤和预处理的标准. 果树文集(5). 北京:北京农业大学出版社,1988,24~30
- 7 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 北京:农业出版社,1980,191~198
- 8 浙江农业大学主编. 作物营养与施肥. 北京:农业出版社,1990,30~58
- 9 李港丽,苏润宇,沈隽. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究. 园艺学报,1987,14(2):81~89