

黄土丘陵区旱作山地红枣氮磷钾施肥效应研究

舒 洲¹, 徐福利^{1,2}, 王渭玲³, 林 云¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 7212100;

2. 西北农林科技大学, 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 7212100;

3. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨凌 7212100)

摘要: 采用 N、P、K 三因素 D 饱和和最优设计, 在黄土高原丘陵区秸秆覆盖条件下进行了矮化密植枣树 N、P、K 肥效及优化施肥模式田间试验。结果表明: 氮磷钾施肥对红枣产量的综合效应表现为 K 肥 > N 肥 > P 肥。试验建立了黄土高原丘陵区秸秆覆盖条件下矮化密植枣树优化施肥模式, 根据优化施肥模式, 提出了在 18 000 ~ 25 000 kg·hm⁻² 范围内红枣高目标产量的 N、P、K 优化施肥方案: 施 N 用量为 267.8 ~ 518.6 kg·hm⁻², 施 P₂O₅ 用量为 83.7 ~ 360.04 kg·hm⁻², 施 K₂O 用量为 438.0 ~ 491.0 kg·hm⁻²。氮磷钾施肥处理比不施肥处理提高红枣可滴定酸、总糖、还原糖、可溶性固形物的含量, 依次为 32.5%、0.82%、1.8%、1.01%, 而氮磷钾施肥处理与不施肥处理相比红枣黄酮含量相对降低, 其降低百分比为 40.4%, 表明红枣施氮磷钾肥比不施肥品质好。

关键词: 旱作; 红枣; 施肥模式; 红枣品质

中图分类号: S147.21 **文献标志码:** A

Model of fertilization on jujube under dry farming condition in mountainous region of Loess Hilly in North Shaanxi

SHU Zhou¹, XU Fu-li^{1,2}, WANG Wei-ling³, LI Yun¹

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 7212100, China;

2. ISWC, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 7212100, China;

3. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 7212100, China)

Abstract: Upon the employment of a three-factor and D-optimum reperussion layout for the use of N, P and K fertilizers, a field experiment was carried out to explore the optimal rates of fertilizer application and the responding models for mountain jujube under the condition of straw mulching to the fertilizers in the loess plateau in north Shaanxi province. The results showed that the combined effects of NPK fertilizers on jujube yield followed the order of K > N > P fertilizers. Through the field experiment, the responding models of mountain jujube under the condition of straw mulching to N, P and K fertilizers were found out and the effects of N, P and K fertilizers on mountain jujube under the condition of straw mulching were explored. Based on the responding models of yields to N, P and K fertilizers, an optimized fertilization plan on N, P and K fertilizers was put forward for a high target yield of 18 000 ~ 25 000 kg·hm⁻², specific as the follows: N fertilizer rate of 267.8 ~ 518.6 kg·hm⁻², P₂O₅ fertilizer rate of 83.7 ~ 360.0 kg·hm⁻², and K₂O fertilizer rate of 438.0 ~ 491.0 kg·hm⁻². NPK fertilizer treatments had increased the contents of titratable acid, total sugar, reducing sugar, and soluble solids by 32.5%, 0.82%, 1.8%, and 1.01%, relatively from no fertilization treatments. But NPK fertilizer treatments relatively decreased date flavonoid content by 40.4% from no fertilizer treatments. In conclusion, NPK fertilizers resulted in better quality jujube than no fertilizers.

Keywords: dry farming; Jujube; fertilization model; Jujube quality

收稿日期: 2015-05-13

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2014KTCCG01-03)

作者简介: 舒 洲(1990—), 男, 四川广安人, 硕士, 主要从事生态系统物质循环与环境效应、旱作节水农业、植物营养学与施肥原理、水土保持与生态恢复技术研究。E-mail: 260896281@qq.com。

通信作者: 徐福利(1962—), 男, 陕西富平人, 研究员, 博士生导师, 主要从事生态系统物质循环与环境效应、旱作节水农业、植物营养学与施肥原理、水土保持与生态恢复技术研究。E-mail: xfl@nwsuaf.edu.cn。

科学合理施肥是提高作物产量、改善品质和保护生态环境的一项重要措施^[1-6]。作物健壮生长需要从土壤和肥料中吸收充足的氮、磷、钾和其它微量元素,土壤中养分供应不足或不平衡,就会导致作物生长慢,产量低,品质差,病害严重;枣树施肥研究也是此种结果^[7-14]。研究施肥模式是确立平衡施肥的一个重要的手段^[15-16],而有关丘陵区枣树施肥研究的资料缺乏,特别是针对黄土高原枣树施肥模式研究更少,缺乏对枣树高产优质施肥的指导。红枣是黄土高原丘陵区的特色果品,其经济价值高,发展前景良好。但是,由于该区域干旱、土壤贫瘠以及管理技术落后,枣树产量及效益低,发展缓慢^[17]。近年来,针对黄土高原水土流失与干旱缺水并存的现实,以提高山地枣树综合生产效益为目标,运用保墒技术与微灌技术,提高用水效率,实现在控制水土流失与提高水资源综合利用效率的基础上,为黄土丘陵区生态经济建设,以及退耕还林(草)工程持续发展提出新的思路与模式^[18-24],发展红枣产业。以前关于山地枣树施肥研究甚少,而对山地秸秆覆盖保墒条件下矮化密植枣树施肥研究未见报道。本研究目的是通过田间试验,研究黄土丘陵区旱作保墒山下矮化密植枣树的氮、磷和钾施肥用量及优化施肥模式,为黄土丘陵区旱作保墒下山地枣树高产优质施肥管理提供科学依据。

表 1 黄土丘陵区旱作山地密植枣树试验土壤的颗粒组成

Table 1 Soil particle composition of hillside close-planting jujube field on the Loess Plateau

土层 Soil depth /cm	砂粒/% Sand (1~0.05 mm)	粉砂粒/% Silt particle (0.05~0.001 mm)	粘粒/% Clay (<0.001 mm)	物理性粘粒/% Physical clay (<0.01mm)
0~20	28.7	68.0	2.0	17.5
20~40	28.2	68.0	2.4	16.4
40~60	32.2	65.3	2.3	15.8

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 本试验采用三因素饱和 D-最优设计(饱和 D-最优设计是试验设计中精确度较高的试验设计,其理论值与实测值之间具有极高的相关性),设计了 10 个施肥处理,施肥因素包括 N、P、K 三种元素,如表 2 所示。每个处理重复三次,每棵试验树两旁选择保护树。

1.2.2 试验实施与管理 试验于 2013 年 3 月 15 日开始设计选点,2013 年 4 月 10 日开始布置,并于 2013 年 4 月 12 日第一次施肥(按照表 1-2 施磷肥、钾肥、氮肥施用量的一半),覆盖秸秆。其中秸秆覆

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西省榆林市米脂县银州镇孟岔村,北纬 37°43'~38°08',东经 100°15'~110°16',为典型的黄土丘陵沟壑区。年平均温度 8.9℃~10℃,日照时数 2 716 h,无霜期 160~170 d。1976—2012 年平均降雨量为 420.2 mm,2013 年降雨量为 393 mm,降水年际变率为 17.3%,降水季节性分布不均匀,4—6 月降水量少,且多为 10 mm 以下的无效降雨,而 6—9 月则占到降水量的 74.3%,且多暴雨,强度大,易于形成径流失。试验区土壤为黄绵土,土壤的颗粒组成见表 1,土壤容重 1.21 g·cm⁻³,土壤有效 N、P 含量分别为 34.73 mg·kg⁻¹和 2.90 mg·kg⁻¹,土壤有机质含量为 2.1 g·kg⁻¹,pH 为 8.6,土壤为壤土。

1.1.1 试验作物 供试红枣品种为 7 年生山地矮化密植梨枣。栽植密度为 2 m×3 m,110 株·667m⁻²。

1.1.2 试验肥料 供试肥料为尿素(含 N 46%),过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%),氯化钾(含 K₂O 60%)。

1.1.3 覆盖材料 保墒覆盖材料为玉米秸秆,在枣树树盘做成直径为 1.0 m 的鱼鳞坑,在上边覆盖玉米秸秆,数量为每株树 6 kg,覆盖时间是 2013 年 4 月 5 日。

盖区为沿每株树树盘用玉米秸秆覆盖,规格为 1 m×1 m,数量为每株树 6 kg。分别于 2013 年 4 月 12 日和 2013 年 9 月 20 日测定枣树地径,在芽期、花期、坐果期、果实膨大期、成熟期测定叶片叶绿素含量、叶片叶面积和新梢生长量,0~100 cm 土壤含水量(每 10 cm 测一次数据)。在红枣花期和坐果期测定开花数和坐果数,计算坐果率。

试验于 2013 年 7 月 20 日进行追肥,追施一半 N 肥,用量参照表 2。于 2013 年 9 月 22 日收获,收获时测定单株产量,并计算成单位产量。

表 2 山地枣树施肥设计方案(二次饱和 D-最优设计)

Table 2 The fertilization design of jujube in hillside field

处理 Treatment	编码值 Encod	施尿素量 Urea /(kg·hm ⁻²)	编码值 Encod	施过磷酸钙量 Ordinary Super phosphate /(kg·hm ⁻²)	编码值 Encod	施氯化钾量 Potassium Sulfate /(kg·hm ⁻²)
CK	-1	0	-1	0	-1	0
N ₃	1	892.6	-1	0	-1	0
P ₃	-1	0	1	450.1	-1	0
K ₃	-1	0	-1	0	1	500.3
P ₂ K ₂	-1	0	0.1925	268.1	0.1925	297.7
N ₂ K ₂	0.1925	531.3	-1	0	0.1925	297.7
N ₂ P ₂	0.1925	531.3	0.1925	268.1	-1	0
N ₁ P ₃ K ₃	-0.2912	316.3	1	450.1	1	500.3
N ₃ P ₁ K ₃	1	892.6	-0.2912	159.5	1	500.3
N ₃ P ₃ K ₁	1	892.6	1	450.1	-0.2912	177.3

1.2.3 测定方法:

红枣产量测定:成熟时每株全部采收,依据密度折合单位面积产量。

红枣水分含量测定:在 70℃下,采用干燥法测定^[25]。

红枣可溶性固形物测定:在 20℃下,采用手持糖度计测定。

红枣还原糖含量测定:采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[25]。

红枣总糖含量测定:采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定^[26]。

红枣可滴定酸含量测定:采用滴定法测定^[27]。

红枣黄酮含量测定:采用亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠显色法测定^[25,28-29]。

1.2.4 数据处理 试验结果运用 Excel、Dps、Lnt 软件进行统计分析。Dps 处理红枣方差部分,Lnt 程序处理红枣产量回归部分。

2 结果与分析

2.1 回归模式建立

旱作下红枣产量结果见表 3,表中显示不同施肥处理之间红枣产量有明显差异,不施肥产量最低。

为了得出黄土丘陵区旱作保墒山地红枣优化施肥模式,对表 3 结果进行统计分析,建立了旱作山地红枣优化施肥模式。氮、磷、钾肥料编码值为自变量,产量为因变量,进行二次多项式逐步回归分析,得出红枣产量与氮、磷、钾肥料之间的优化施肥模式:

$$Y = 13569.96 - 1826.314X_1 - 1290.126X_2 + 2767.346X_3 - 3783.139X_1^2 - 2005.375X_2^2 + 2554.896X_3^2 - 3836.186X_1X_2 + 362.839X_1X_3 +$$

$$460.003X_2X_3 \quad R^2 = 0.99$$

式中,Y 代表枣树产量,X₁ 代表 N 肥,X₂ 代表 P₂O₅,X₃ 代表钾肥。

表 3 秸秆覆盖施肥红枣产量结果

Table 3 Yields of jujube with fertilizers under the condition of straw mulching

处理 Treatment	均值 Average	5%显著水平 The significance level of 5%	1%极显著水平 The significance level of 1%
N ₁ P ₃ K ₃	17279.1 ± 1013.3	a	A
N ₃ P ₁ K ₃	14834.3 ± 104.3	b	B
N ₃ P ₃ K ₁	14116.6 ± 912.3	c	BC
N ₂ K ₂	13653.6 ± 126.1	c	C
N ₂ P ₂	12603.5 ± 135.4	d	D
P ₂ K ₂	12242.5 ± 175.8	de	DE
P ₃	11844.1 ± 153.8	ef	DE
K ₃	11561.0 ± 1211.5	fg	EF
N ₃	10966.1 ± 1023.4	g	F
CK	7672.0 ± 912.2	h	G

对该优化施肥模式进行检验,F 值为 24.02,回归方程大显著水平,说明该优化施肥模式能够反映施肥量与产量之间的关系,故模式对红枣产量有良好的预测作用。

2.2 模式分析

2.2.1 因子主效应分析 由于氮、磷、钾肥对产量的回归方程已经过无量纲编码代换,故直接比较各偏回归系数绝对值的大小,可反映各因子的重要程度。从氮、磷、钾肥与红枣产量和品质回归模式的一次项可以看出,氮、磷、钾的绝对值系数分别为 1 826.314、1 290.126、2 767.346,说明在秸秆覆盖保墒旱作下钾肥对红枣产量的影响最大,氮肥其次,磷

肥最小。

2.2.2 单因子效应分析 将红枣产量回归模式中三个自变量中的任意两个固定在 0 编码值,可以得到剩余自变量与目标函数的关系,即氮、磷、钾与红枣产量关系的单因子效应模式。分别为:

$$1) Y_{\text{氮}} = 13569.96 - 1826.314X_1 -$$

$$3783.139X_1^2$$

N 肥施用量对红枣产量的增长趋势见表 4。从表 4 可以看出,随着 N 肥施入量的增加,红枣产量先增加再减少,当编码值为 -0.241 时,即施肥为 $792 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量最高。

表 4 不同 N 肥水平的红枣增产量

Table 4 Yield increments of jujube at different N rates

增产量 Yield increment	N 肥编码水平 Code of N				最优编码 Best code
	-1	-0.2192	0.1925	1	
比 0 水平增量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ Yield add compare with code 0	-1956.8	211.0	-491.7	-5609.4	-0.24
增加量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ The amounts of yield add	5739.9	376.9	-3282.8	-9392.5	

$$2) Y_{\text{磷}} = 13569.96 - 1290.126X_2 - 2005.375X_2^2$$

P 肥施用量对红枣产量的增长趋势见表 5。从表 5 可以看出,随着 P 肥的加入产量先增加然后又开始随着 P 肥的加入而减少。当编码值为 -0.322 时,即施磷肥 $1324.95 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量最高。

$$3) Y_{\text{钾}} = 13569.96 + 2767.346X_3 + 2554.896X_3^2$$

K 肥施用量对红枣产量的增长趋势见表 6。从表 6 可以看出,随着 K 肥的加入产量先减少后又逐渐增加产量,当编码值为 -0.542 时,即施肥 $221.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量最高。

表 5 不同 P 肥水平的红枣增产量

Table 5 Yield increments of jujube at different P rates

增产量 Yield increment	P 肥编码水平 Code of P				最优编码 Best code
	-1	-0.2192	0.1925	1	
比 0 水平增量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ Yield add compare with code 0	-715.2	205.6	-322.6	-3295.5	-0.32
增加量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ The amounts of yield add	2720.6	-122.1	-2062.1	-5300.8	

表 6 不同 K 肥水平的红枣增产量

Table 6 Yield increments of jujube at different K rates

增产量 Yield increment	P 肥编码水平 Code of P				最优编码 Best code
	-1	-0.2192	0.1925	1	
比 0 水平增量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ Yield add compare with code 0	-212.4	-589.2	627.3	5322.2	-0.54
增加量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ The amounts of yield add	-2342.4	1279.3	3750.9	7877.1	

2.2.3 因素交互作用分析

1) 当 K 肥编码水平取零时,N 肥和 P 肥的交互效应模式如下:

$$Y = 13569.96 - 1826.314X_1 - 1290.126X_2 - 3783.139X_1^2 - 2005.375X_2^2 - 3836.186X_1X_2$$

N P 对红枣产量的交互效应见表 7。当 P 编码值固定时候,产量都是随着 N 的增加而先增加后降低,说明 N 不是越多越好。符合报酬递减定律。当 N 编码值固定的时候,当 N 取 -1 时,与 P 有正交互

作用,当 N 取 -0.2912 - 0.1925 时,产量先增加再减少。当 N 取 1 时,产量一直减少。说明 NP 配施应该 N P 适中。

2) 当 P 肥施用量编码值取零时,N 肥与 K 肥的交互反应模式如下:

$$Y = 13569.96 - 1826.314X_1 + 2767.346X_3 - 3783.139X_1^2 + 2554.896X_3^2 + 362.839X_1X_3$$

N K 对红枣产量的交互效应见表 8。当 K 编码值固定的时候,随着 N 肥的逐渐加入产量都是先增

加又减少,符合报酬递减。当 N 编码固定的时候,随着 K 肥的逐渐加入产量都是先减少又增加。所以 N K 配施 N 肥要少,K 肥要多。

表 7 N P 交互效应对红枣产量的影响

Table 7 Effects of the interactions between N and P on jujube yields ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

N 肥编码水平 Nitrogen code	P 素编码水平 Phosphorous code			
	- 1	- 0.2192	0.1925	1
- 1	7061.7	10701.6	12028.9	12153.8
- 0.2912	11948.6	13661.3	13673.3	11602.5
0.1925	13101.4	13498.8	12613.3	9044.2
1	11081.0	9283.2	6899.3	828.8

表 8 N K 交互效应对红枣产量的影响/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$

Table 8 Effects of the interactions between N and K on jujube yields

N 肥编码水平 Nitrogen code	K 素编码水平 Potassium code			
	- 1	- 0.2192	0.1925	1
- 1	11763.5	11129.5	12170.6	16572.5
- 0.2912	13674.1	13222.5	14388.0	18997.5
0.1925	12795.9	12468.6	13719.0	18740.2
1	7385.2	7265.6	8657.7	13645.0

3) 当 N 肥施用量编码值取零时,P 肥与 K 肥的交互反应模式如下:

表 10 红枣目标产量在 18 000~25 000 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 之间的 N、P、K 优化施肥方案

Table 10 Optimal rates of N, P and K fertilizers for objective yield of 18 000~25 000 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$

编码值 Encod	N		P_2O_5		K_2O	
	出现次数 Appear time	出现频率 Frequency /%	出现次数 Appear time	出现频率 Frequency /%	出现次数 Appear time	出现频率 Frequency /%
- 1	3	50	2	33.33	0	0
- 0.2912	2	33.33	1	17.7	0	0
0.1925	0	0	1	16.7	0	0
1	1	16.7	2	33.33	6	100
平均值 Average	- 0.3689		- 0.0141		0.8571	
标准误差 Standard error	0.1433		0.3132		0.054	
95% 置信区间 95% believe region	- 0.40~0.162		- 0.628~0.600		0.751~0.963	
最佳施肥量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ The best fertilizer rate	267.8~518.6		83.7~360.0		438.0~491.0	

2.3 施氮磷钾肥对红枣品质的影响

为探明氮磷钾施肥效应对黄土丘陵区旱作山地红枣的影响,进行了施氮磷钾肥对山地红枣的品质实验研究,进而明确黄土丘陵区旱作山地红枣受氮磷钾肥的影响程度,为红枣价格和市场在品质上的

$$Y = 13569.96 - 1290.126X_2 + 2767.346X_3 - 2005.375X_2^2 + 2554.896X_3^2 + 460.003X_2X_3$$

P K 对红枣产量的交互效应见表 9。当 P 编码值固定时,产量随着 K 肥的增加先增加后减少。当 K 编码固定时,随着 P 的增加先减少后增加。所以当 P K 配施的时候 K 肥要适中,P 肥要多一些。

表 9 P K 交互效应对红枣产量的影响/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$

Table 9 Effects of the interactions between P and K on jujube yields

K 肥编码水平 Phosphorous code	P 肥编码水平 Potassium code			
	- 1	- 0.2192	0.1925	1
- 1	13102.2	12399.4	13393.5	17716.9
- 0.2912	13697.1	13225.4	14377.2	18963.8
0.1925	12946.3	12632.3	13891.7	18658.0
1	9602.0	9551.3	10990.4	16056.7

2.2.4 秸秆覆盖优化施肥模式下红枣产量寻优分析 根据 N、P、K 肥的肥效反应模式计算,在给定的目标产量条件下的寻优结果见表 10,从中可以看出,在黄土高原现有土壤肥力水平下,在 18 000~25 000 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 范围内红枣高目标产量的 N、P、K 优化施肥方案:施 N 肥用量为 267.8~518.6 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,施 P_2O_5 用量为 83.7~360.0 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,施 K_2O 用量为 438.0~491.0 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

竞争提供理论依据。

2.3.1 施氮磷钾肥对旱作山地红枣可滴定酸质量摩尔浓度的影响 由图 1 可知,单施 N、P、K 肥,红枣的可滴定酸质量摩尔浓度降低,与 CK 处理相比分别低 31.6%、27.1% 及 31.5%;NPK 配施处理红

枣可滴定酸质量摩尔浓度最高,较 CK 处理高出 32.5%。说明单施 N、P、K 会降低可滴定酸的质量摩尔浓度,而 NPK 肥配施可以提高可滴定酸的质量摩尔浓度,可得出 NPK 施肥效应有利于旱作山地红枣可滴定酸的积累的结果。

的影响可由图 3 所知。CK 处理的黄酮质量分数最高,比 N、P、K、NPK 处理分别高 20.83%、30.3%、15.8%、40.4%,NPK 处理的质量分数最低(2.72 mg·g⁻¹)。表明施肥会降低红枣中黄酮的质量分数。这与刘璇等^[31]和霍文兰等^[28]研究相符。

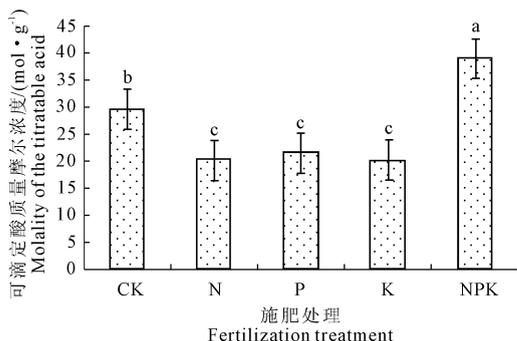


图 1 氮、磷、钾肥对红枣可滴定酸质量摩尔浓度的影响

Fig.1 Effects of N,P and K on the molality of the titratable acid

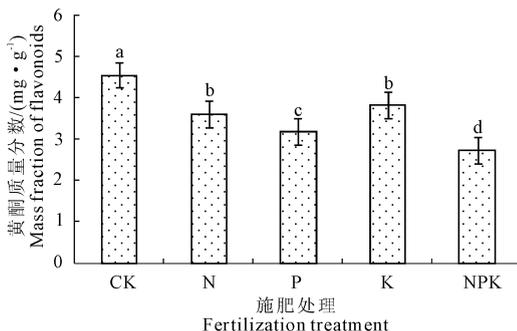


图 3 氮、磷、钾肥对红枣黄酮质量分数的影响

Fig.3 Effects of N, P and K on the mass fraction of the flavonoids

2.3.2 施氮磷钾肥对旱作山地红枣还原糖质量分数的影响 由图 2 可见,不同施肥处理的还原糖质量分数均高于不施肥处理,但差异都不显著。且 NPK 配施处理的还原糖质量分数与其他处理差异不明显,单施 P 肥、K 肥处理的还原糖质量分数差异也不明显,单施 N 肥处理的质量分数略高于单施 P 肥和 K 肥处理。单施 N 处理的还原糖质量分数比 CK 处理高出 5.8%,NPK 处理的还原糖质量分数比 CK 处理高出 1.8%。说明施肥可以提高红枣的还原糖质量分数,其中以施用 N 肥对糖质量分数的提高效应较施用 P、K 肥高,NPK 配施提高红枣的还原糖质量分数不是很显著,这可能受当年气候影响,这与前人的研究基本一致。

2.3.4 施氮磷钾肥对旱作山地红枣水分含量、可溶性固形物及总糖含量的影响 水分是水果中含量最高的组分,水果的感官性状和结构很大程度都受水分含量的多少影响,水分含量也很大程度影响红枣品质。红枣水分含量高,其口感也好,但不易储藏,这也对红枣市场有相当重要的影响。由表 11 表明,施肥以后,红枣的水分含量略有增加,但各处理间没有显著性差异($P > 0.05$)。总糖含量是鲜食枣的一个重要的评价指标。红枣总糖含量:(8.30 ± 0.26)%(P)~(10.08 ± 0.37)%(NPK)。与 CK 处理相比,除 P 处理以外,其它施肥处理均能提高红枣的总糖含量,其中 N、K 和 NPK 处理分别提高了 0.65%、6.69%和 8.85% ($P > 0.05$)。可溶性固形物反映的是水果中所有的可溶性物质,其包括糖、矿物质的营养物质等,是反映水果品质的重要指标之一。所测定红枣的可溶性固形物含量:(14.27 ± 0.15)%(CK)~(15.86 ± 0.33)%(K),施肥处理均能

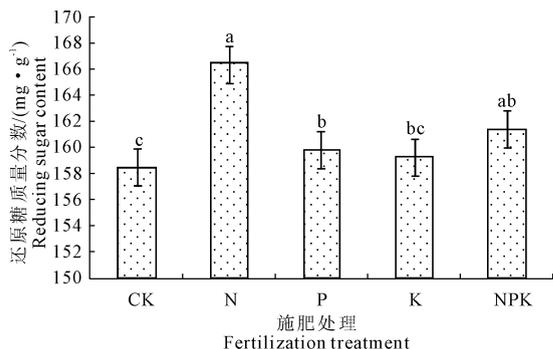


图 2 氮、磷、钾肥对红枣还原糖质量分数的影响

Fig.2 Effects of N, P and K on the mass fraction of reducing sugar

2.3.3 施氮磷钾肥对旱作山地红枣黄酮质量分数的影响 红枣中的黄酮含量较高,黄酮也是红枣营养品质中的重要指标之一^[30],对黄酮的研究对红枣品质有重大意义。氮、磷、钾肥对红枣黄酮质量分数

表 11 肥料对梨枣水分含量、可溶性固形物及总糖含量的影响

Table 11 Effects of different fertilizers on moisture, total soluble solids and total sugar of pear jujube

处理 Treatment	水分含量/% Water content	总糖/% Total sugar	可溶性固形物/% Soluble solids content
CK	79.36a ± 1.74	9.26cd ± 0.42	14.27e ± 0.15
N	79.59a ± 1.65	9.32cd ± 0.78	14.94e ± 0.09
P	81.16a ± 0.69	8.30d ± 0.26	15.06cd ± 0.15
K	80.93a ± 0.82	9.88c ± 0.45	15.86b ± 0.33
NPK	80.34a ± 0.74	10.08c ± 0.37	15.28c ± 0.21

增加红枣可溶性固形物(TSS)含量,其中K处理提高显著($P < 0.05$),达到11.14%,表明施K肥增加红枣可溶性固形物有显著效果。这也与韩志萍等^[36]对红枣营养成分研究基本一致。

3 讨 论

枣树施肥对枣树出芽和结果等都有明显影响^[1,33-34]。王斌等^[1]研究表明,存在偏施氮肥忽视磷钾肥的地域。氮磷钾比例为2:1:2时,枣树生长合理,能显著增加坐果和产量。氮磷钾比例为2:1.5:3时,果实可溶性固形物含量高,增施不同性质的有机肥可增进品质。曲泽洲等^[34]用盆栽方式研究了氮对枣幼树生长的效应,发现氮素供应水平与生长有密切的动态关系,并且生长量跟最适浓度仍有一定的相关关系,氮的最适浓度为 $210 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。王永惠等^[35]提出每产100 kg鲜枣需施入氮约1.5 kg,磷约1 kg,钾约1.1~1.3 kg。Persson等^[36]研究表明,北方森林植物可吸收并利用不同种类的氨基酸态氮,其吸氮量的比率与森林植物的种类有关。这与彭勇,吴普特等^[2-3,12-13,18-24]的研究相符。本研究表明,N、P和K单因素及相互之间对黄土高原在秸秆覆盖保墒旱作下山地枣树的产量具有明显的影响。在开始施用N、K肥时,施用N、K肥的增产效果特别明显,随着N、K肥的继续施用,当N、K肥施用过量时,降低了红枣的产量。研究也说明,P肥单因素对枣树的产量影响不明显。这用单因素和多因素交互模式可以得到证实。从回归系数分析,黄土高原在秸秆覆盖保墒旱作下山地枣树生产施肥应采用N、P、K配合施用。

土壤肥力水平和滴灌条件等都会影响山地枣树的生长和经济效益。研究发现尿素施用量与NR活性并无显著相关性,这可能与NR受 NO_3^- 诱导会饱和的研究基本一致^[37]。Lahiri等^[33]研究表明,在土壤干旱状况下施用氮肥可以促进作物对深层土壤水分的利用并提高产量;这与前人研究也是相一致的^[9-10,16,19-24,33]。杨平等^[7]研究台湾青枣的优化施肥,发现N肥对其生长影响作用最大,其次是K肥,最后是P肥;其生长量达到最大的施肥量是m(N)135 g、m(P)9.90 g、m(K)93.60 g,即N、P、K最佳施肥配比为 $m(\text{N}) : m(\text{P}_2\text{O}_5) : m(\text{K}_2\text{O}) = 1 : 0.17 : 0.84$ 。本研究表明,黄土高原山地枣树在秸秆覆盖保墒旱作下,并把土壤肥力水平和滴灌条件相结合,用N、P及K的肥效反应数学模式分析,提出不同枣树产量下的N、P及K合理配比和肥料用量。枣树产量目标产量在 $18\ 000 \sim 25\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 之间的N、P、

K优化施肥方案,施N肥用量为 $267.8 \sim 518.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施 P_2O_5 用量为 $83.7 \sim 360.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施 K_2O 用量为 $438.0 \sim 491.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,即为设定的最高产目标产量的最佳施肥量。

红枣品质越来越备受人们关注,其品质高低也成为决定红枣价格和市场的因素。高小军等^[29]研究认为,生长旺盛枣树氮、磷、钾较适宜的施量为 $\text{N} : \text{P}(\text{P}_2\text{P}_5) : \text{K}(\text{K}_2\text{O}) = 1 : 0.6 : 0.4$ (质量比),本试验氮磷钾配施比例在此范围内。闫亚丹等^[4]和徐福利等^[12-13,31]研究发现,坡地枣园土壤肥力低,氮、磷严重缺乏,钾相对充足。因此,如何进行合理配施肥减少投入及降低施肥对果园土壤的不良影响,以维持果园的养分均衡,已迫在眉睫。本试验研究发现,单施氮、磷、钾降低红枣的可滴定酸质量摩尔浓度和黄酮质量分数,提高红枣还原糖含量;而黄酮的质量分数显著减少,相比对照处理低于40.4%。红枣的黄酮质量分数最高为 $4.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与席峰等^[30]和韩志萍等^[32]测定的质量分数相差不大,这可能受品种或地域及生长环境影响而致。通过与魏荔等^[38]对西瓜的糖质量分数的测定结果研究对比发现,其结果一致,还可说明磷肥对糖度积累效应不明显。施氮磷钾肥可显著增加红枣的可溶性固形物和总糖含量,这与李吉进对增施有机肥可提高番茄品质的研究结论类似^[39];K肥对红枣的可溶性固形物和糖的积累有促进作用,前人也得到相类似研究结论^[40-42]。总体分析可知,NPK配施红枣品质好。此外,果树自身具有贮藏营养的特性,且有很强的养分调节系统,对肥料的反应不敏感^[39]。短时间的试验很难得到相对准确的研究结果。因此,对红枣品质影响研究还有待进一步验证。

4 结 论

根据在陕北榆林米脂银州孟岔村黄土高原黄绵土上进行的氮磷和钾在秸秆覆盖保墒旱作下对山地枣树产量的影响研究结果,建立了黄土高原在秸秆覆盖保墒旱作下山地枣树N、P和K的优化施肥模式,提出了黄土高原在秸秆覆盖保墒旱作下山地枣树的优化施肥方案,即在 $18\ 000 \sim 25\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围内枣树高目标产量的N、P、K优化施肥方案,施N肥用量为 $267.8 \sim 518.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施 P_2O_5 用量为 $83.7 \sim 360.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施 K_2O 用量为 $438.0 \sim 491.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,即为设定的最高产目标产量的最佳施肥量。对于红枣品质研究发现,在NPK施肥条件下,氮磷钾施肥有利于红枣的总糖、可滴定酸、还原糖、可溶性固形物的含量积累,而黄酮含量却减少,施氮

磷钾肥红枣品质好。

参考文献:

- [1] 王 斌,张月华,王玉奎,等.氮磷钾施肥比例对枣幼树生长和结果的影响[J].园艺学报,2007,34(2):473-476.
- [2] 彭 勇,彭福田,周 鹏,等.冬枣对不同形态氮素的吸收与利用[J].应用生态学报,2007,18(6):1265-1269.
- [3] 彭 勇,田福忠,张小燕,等.冬枣果实膨大期追施尿素对叶片氮代谢的影响[J].西北农业学报,2007,16(5):163-166.
- [4] 闰亚丹,蒋中波,徐福利,等.黄土高原坡地密植枣园土壤质地与肥力状况分析[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):174-178.
- [5] Ranjan Bhattacharyya. S. C. Pandey S. Chandra. Fertilization effects on yield sustainability and soil properties under irrigated wheat-soybean rotation of an Indian Himalayan upper valley[J]. Nutr Cycl Agroecosyst, 2010, 86: 255-268.
- [6] Manna MC, Swarup A, Wanjari RH. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustain-ability under sub-humid and semi-arid tropical India. Field Crops Res, 2005, 26: 264-280.
- [7] 杨 平,孙向阳,王海燕,等.施肥对台湾青枣营养生长的影响[J].北京林业大学学报,2007,29(6):211-214.
- [8] 张 进,姜远茂,赵登超,等.沾化冬枣萌芽前枝条对尿素的吸收、分配及再利用特性[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):420-423.
- [9] 赵雨明.旱地枣树蒸腾作用研究[J].东北林业大学学报,2001,29(4):120-124.
- [10] 付明胜,刘立斌,刘红梅.陕北山旱地枣园平衡施肥技术的研究[J].土壤肥料,2002,(3):3-6.
- [11] 张宇胜,王建军,丛日武.枣树经济施肥与氮素营养诊断的初探[J].辽宁林业科技,2003,(5):5-8.
- [12] 徐福利,王 振,徐慧敏,等.日光温室滴灌条件下黄瓜氮、磷、有机肥肥效与施肥模式研究[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):177-182.
- [13] 王 振,王渭玲,徐福利.膜荚黄芪氮磷钾优化施肥模式研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):552-557.
- [14] 黄东风,王 果,李卫华,等.不同施肥模式对蔬菜生长、氮肥利用及菜地氮流失的影响[J].应用生态学报,2009,20(3):631-638.
- [15] 吕殿青,张文孝,谷 洁.渭北旱塬东部氮、磷、水之间的耦合模型影响研究[J].西北农业学报,1994,3(3):27-32.
- [16] 金 轲,汪德水,蔡典雄,等.旱地农田肥水耦合效应及其模式研究[J].中国农业科学,1999,32(5):104-106.
- [17] 赵聚宝,李克煌.干旱与农业研究[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [18] 吴普特,汪有科,辛小桂,等.陕北山地红枣集雨微灌技术集成与示范[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):1-7.
- [19] 马 强,宇万太,沈善敏,等.旱地农田水肥效应研究进展[J].应用生态学报,2007,18(3):665-673.
- [20] 徐学选,陈国良,穆兴民.水分和肥料对春小麦单产的协同效应[J].干旱地区农业研究,1995,13(2):34-38.
- [21] 刘作新,郑昭佩,王 建.辽西半干旱区小麦、玉米水肥耦合效应研究[J].应用生态学报,2000,11(4):540-544.
- [22] 李法云,宋 丽,官春云.辽西半干旱区农田水肥耦合作用对春小麦产量的影响[J].应用生态学报,2000,11(4):535-539.
- [23] 朱德兰,王文娥,楚 杰.黄土高原丘陵区红富士苹果水肥耦合效应研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):152-154.
- [24] 王进鑫,张晓鹏,高保山.水肥耦合对矮化富士苹果幼树的促长促花作用研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):47-50.
- [25] 孙 群,胡景江.植物生理学研究技术[M].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2006.
- [26] 孙伟伟,曹维强,王 静.DNS 法测定玉米秸秆中总糖[J].食品研究与开发,2006,27(6):120-123.
- [27] 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- [28] 霍文兰,刘步明,曹艳萍.陕北红枣总黄酮提取及其抗氧化性研究[J].食品科技,2006,(10):45-47.
- [29] 高小军.黄土丘陵枣园平衡施肥技术[J].山西农业科学,2009,37(12):86.
- [30] 李铭芳,席 峰,李清龙,等.红枣中生物黄酮的提取及分析方法研究[J].江西农业大学学报,2009,(6):1156-1159.
- [31] 刘 璇,王渭玲,徐福利,等.氮、磷、钾对黄土丘陵区山地滴灌红枣品质的影响[J].西北农业学报,2012,21(1):127-129.
- [32] 韩志萍,刘步明,曹艳萍.陕北不同产地红枣营养成分分析及评价[J].安徽农业科学,2007,(31):9830-9831.
- [33] Lahiri A N. Interaction of water stress and mineral nutrition on growth and yield[C]//Turner N C. Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. New York: Wiley - InterScience, 1980.
- [34] 曲泽洲,王永惠,申莲英.不同氮素供应水平对枣幼树生长的影响[J].河北农业大学学报,1990,13(2):20-25.
- [35] 王永惠,彭士琪,李树林,等.枣树栽培[M].北京:农业出版社,1992:145.
- [36] Persson J, Nasholm T. Regulation of amino acid uptake in conifers by exogenous and endogenous nitrogen[J]. Planta, 2002, 215: 639-644.
- [37] Lea H J, Titus J S. Nitrogen accumulation and nitrate reductase activity in MM. 106 apple trees as affected by nitrate supply[J]. J Hort Sci, 1992, 67: 273-281.
- [38] 魏 荔,张怀文,赵国龙.不同氯磷钾用量对西瓜产量及品质的影响[J].北京农业,2010,(s1):136-139.
- [39] 李吉进,宋东涛,邹国元,等.不同有机肥料对番茄生长及品质的影响[J].中国农学通报,2008,24(10):300-305.
- [40] 席瑞卿.不同施肥水平对苹果产量、品质及养分平衡的影响[J].西北农业学报,2010,19(2):141-145.
- [41] Bussi C, Besset J, Girard T. Effects of fertilizer rates and dates of application on apricot (cv. Bergeron) croppilag and pitburn[J]. Sdentia Horticulturae, 2003, 98: 139-147.
- [42] 何忠俊,同延安,张国武,等.钾对黄土区砀山酥梨产量及品质的影响[J].果树学报,2002,19(1):8-11.