

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2024.01.14

不同施肥处理对金瑞油桃产量和品质的影响

滑小赞¹, 程 滨¹, 赵瑞芬¹, 侯家富², 冯悦晨¹, 王 森¹

(1. 山西农业大学 资源环境学院, 山西 太原 030031; 2. 山西工程科技职业大学 交通工程学院, 山西 榆次 030619)

摘要:为解决山西油桃园施肥不合理现象, 筛选出适合当地油桃生产的施肥配比和施肥量, 以4年生金瑞油桃为试验材料, 磷肥固定, 氮肥和钾肥各设置4个梯度, 以不施肥为对照, 研究不同施肥处理对运城地区金瑞油桃产量和品质的影响。结果表明, 适量增施氮肥和钾肥均可显著增加油桃的横纵径和单果质量, 提高油桃可溶性固形物、可溶性总糖和维生素C含量, 降低总酸度, 提高果实糖酸比, 改善果实品质和口感; 但施氮量超过240 kg/hm²时, 过量的氮肥会降低油桃可溶性固形物、维生素C和可溶性糖含量, 不利于油桃品质和产量的提升。与不施肥对照相比, 处理N₂PK₂(N 240 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm²和K₂O 240 kg/hm²)和处理N₂PK₃(N 240 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm², K₂O 360 kg/hm²)增产率分别为28.77%和31.34%, 增产值分别为25 440元/hm²和27 720元/hm², 经济效益显著高于其他处理。通过构建施肥模型, 试验地金瑞油桃的钾肥最佳施用量为398 kg/hm²。综上, 不同施肥配比和施肥量对油桃内在品质和产量有较大影响, 试验地油桃适宜的氮、磷、钾施用比例为1.0:0.5:1.0~1.5, 推荐施肥量分别为N 240 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm², K₂O 240~360 kg/hm²。

关键词: 金瑞油桃; 氮磷钾配比; 施肥量; 产量; 品质

中图分类号: S662.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2024)01-0107-08

Effects of Different Fertilization Treatments on Yield and Quality of Jinrui Nectarine

HUA Xiaozan¹, CHENG Bin¹, ZHAO Ruifen¹, HOU Jiafu², FENG Yuechen¹, WANG Sen¹

(1. College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taiyuan, Shanxi 030031; 2. College of Traffic Engineering, Shanxi Vocational University of Engineering Science and Technology, Yuci, Shanxi 030619)

Abstract: To address the issue of unreasonable fertilization in the nectarine orchards of Shanxi province and to determine the appropriate proportion and quantity of fertilizer for nectarine production, four-year-old "Jinrui" nectarines were served as the experimental subject. With a fixed phosphate fertilizer application rate, four nitrogen gradients and four potassium gradients were established, in addition to a control group that received no fertilization to study the impact of different fertilization regimens on the yield and quality of the "Jinrui" nectarines in Yuncheng. The results indicated that the proper increasing application of N and K fertilizers could significantly improve transverse and longitudinal diameters, as well as the weight of individual fruits. The treatments increased the contents of soluble solids, total soluble sugars, and vitamin C, while reduced total acidity and enhanced the sugar-to-acid ratio in nectarine fruits, effectively boosted fruit quality and taste. Nevertheless, when the nitrogen application rate exceeded 240 kg/ha, there was a decrease in soluble solids, vitamin C, and soluble sugar content, which in turn adversely affected nectarine quality and yield. In comparison to the absence of fertilization, the treatment N₂PK₂(N 240 kg/ha, P₂O₅ 120 kg/ha, and K₂O 240 kg/ha) and the treatment N₂PK₃(N 240 kg/ha, P₂O₅ 120 kg/ha, K₂O 360 kg/ha) enhanced the yield by 28.77% and 31.34% respectively, resulting in increased output values of 25 440 RMB/ha and 27 720 RMB/ha correspondingly. These two fertilization treatments yielded economic benefits substantially higher than all other treatments. By creating a fertilizer application model, the optimal potassium rate for "Jinrui" nectarines was identified as 398 kg/ha. In summary, the fertilization ratio and the amount markedly influenced the internal quality and yield of the nectarines. The ideal nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization ratio for nectarines at the test site was 1:0.5:1 to 1:0.5:1.5, with recommended fertilizer quantities being 240 kg/ha of nitrogen, 120 kg/ha of phosphorus, and 240-360 kg/ha of potassium.

Key words: Jinrui nectarines; N, P, K ratio; amount of fertilizer application; yield; quality

收稿日期: 2023-03-20

基金项目: 山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YCX2020305); 山西省果树产业技术体系(SXFRY-2022); 山西农业大学省部共建有机旱作农业国家重点实验室自主研发项目(202105D121008)

作者简介: 滑小赞(1982-), 女, 山西临猗人, 副研究员, 硕士, 主要从事果园土壤培肥和土壤污染修复等研究工作。

通信作者: 程 滨(1963-), 女, 山西汾阳人, 研究员, 主要从事植物营养与土壤污染修复等研究工作。

桃是我国重要的果树产业之一,仅次于苹果、梨,是我国第三大落叶果树^[1-2]。油桃以其果实艳丽美观、果味浓厚脆甜、食用方便且上市早等优点在市场中竞争优势明显,深受消费者的青睐,在促进我国农业产业结构战略性调整和推动农村社会经济快速健康发展中发挥着重要作用^[3-4]。但在油桃生产过程中,存在施肥过多或不足、施肥比例不当等问题,多数农户偏施氮、磷肥而忽视有机肥、钾肥及微量元素肥料的使用,致使油桃果实风味变淡,果面着色欠佳,达不到应有的质量要求,这极大地影响了油桃的市场竞争力^[5-9]。因此,如何通过合理施肥提高油桃产量和品质成为当前研究的热点,对促进油桃产业可持续发展具有重要的理论意义和实际应用价值。

目前,关于桃园施肥现状、果园施肥管理对油桃品质方面的研究报道较多。李付国等^[10]在北京平谷八月脆桃园开展试验,结果表明,当地桃园适宜的氮、磷、钾施肥量分别为 150~300、100、400 kg/hm²;涂美艳等^[3,11]在四川德阳曙光油桃园开展试验,结果表明,氮、磷、钾施肥量分别为 336 kg/hm²N、168 kg/hm² P₂O₅、504 kg/hm² K₂O 时最有利于提高果实品质与叶片总叶绿素含量,并且该施肥条件下油桃产量、增产值以及产投比都最大;陈开富等^[12]通过在贵阳艳红桃园开展“3414”试验,确定了该试验地氮、磷、钾的最佳施肥量分别为 230、74、236 kg/hm²。王日俊等^[13]通过整合分析了我国桃树 2002—2019 年的文献数据,得出当氮、磷、钾肥投入量分别为 N 100~200 kg/hm²、P₂O₅ 20~100 kg/hm²、K₂O 250~500 kg/hm² 时,桃树增产效应较高。从前人的研究结果可以看出,油桃对钾肥的需求量最大,氮肥的需求仅次于钾肥,对磷肥的需求量最少。因不同生态区气候及土壤条件、目标产量和品种差异,油桃园适宜的施肥量存在

差异。

山西省是我国桃的主产区 and 原产地之一,主要种植于运城、临汾、晋中和太原等地区^[5]。关于山西油桃施肥情况已有报道,冯新新等^[5]通过调查太谷区桃园养分投入,发现太谷区桃园养分最佳投入量分别为 N 103~1 368.3 kg/hm²、P₂O₅ 0~637.5 kg/hm²、K₂O 0~361.0 kg/hm²。2019 年,项目组在运城市进行油桃园施肥现状调查中发现,农民普遍施用 N-P-K 平衡肥为 17-17-17 或 15-15-15,纯氮、五氧化二磷和氧化钾施用量平均高达 380 kg/hm²。可以看出,山西省不同桃园间养分投入的差异较大,且氮、磷、钾养分的投入比例失衡。目前,针对山西省油桃园如何进行合理施肥以及不同施肥配比和施肥量对油桃的产量和品质的影响还未见报道。

本研究以中晚熟油桃品种金瑞为试材,通过分析不同施肥处理对金瑞油桃产量和品质的影响,筛选出适合山西省油桃生产的施肥配比和施肥量,以期对山西省油桃园施肥提供理论依据和技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年在山西省运城市临猗县角杯乡石彪村(38°7'53"N、110°29'5"E)进行。该地位于临猗县西北 35 km 处,东与临晋镇接壤,西临滔滔黄河,属于引黄灌溉区,便于灌溉,土地肥沃,物产丰饶。年平均气温 13.5℃,平均降雨量 500 mm,平均日照 2 217 h,无霜期长达 220 d,且昼夜温差大,适宜作物生长及养分贮存。以 4 年生中晚熟品种金瑞油桃为试材,种植密度 900 株/hm²,株行距 2.5 m×4.5 m,南北行向,土壤为黏壤土,基本理化性质如表 1 所示。

表 1 试验地土壤养分含量
Tab.1 Soil nutrient content in the test plots

土层/cm Soil layer	pH	有机质/(g/kg) Organic matter	全氮/% Total nitrogen	有效磷/(mg/kg) Available phosphorus	速效钾/(mg/kg) Available potassium	碱解氮/(mg/kg) Available nitrogen
0~20	8.53	11.60	0.094	3.7	163	46.1
20~40	8.50	8.51	0.069	2.1	101	43.2
40~60	8.57	8.14	0.041	1.4	54	21.1

1.2 试验设计

本研究依据油桃周年养分需求量并结合试验前土壤养分理化性状分析设置最佳施肥量:N

240 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 240 kg/hm²。磷肥固定,氮肥和钾肥各 4 个梯度,设计 8 个施肥处理,详见表 2。

表2 各处理氮磷钾用量及比例
Tab.2 Amount and proportion of nitrogen, phosphorus and potassium in each treatment

处理 Treatment	编码 Code	N/(kg/hm ²)	P ₂ O ₅ /(kg/hm ²)	K ₂ O/(kg/hm ²)	N:P:K
不施肥 No fertilizer	CK	0	0	0	
只施磷钾肥 Application of only P and K fertilizer	N ₀ PK ₂	0	120	240	
只施氮磷肥 Application of only N and P fertilizer	N ₂ PK ₀	240	120	0	
氮磷钾配施 Combined application of N, P and K	N ₂ PK ₂	240	120	240	1.0:0.5:1.0
	N ₁ PK ₂	120	120	240	0.5:0.5:1.0
	N ₃ PK ₂	360	120	240	1.5:0.5:1.0
	N ₂ PK ₁	240	120	120	1.0:0.5:0.5
	N ₂ PK ₃	240	120	360	1.0:0.5:1.5

注:肥料品种为尿素(46% N)、过磷酸钙(12% P₂O₅)、硫酸钾(54% K₂O)。
Note: Fertilizer varieties: urea(46% N), calcium superphosphate(12% P₂O₅), potassium sulfate(54% K₂O).

磷肥(过磷酸钙,含12% P₂O₅)在萌芽期(3月12日)全部施入;氮肥(尿素,含46% N)和钾肥(硫酸钾,含54% K₂O)分别于萌芽期(3月12日)、硬核期(5月28日)和果实膨大期(6月22日)3个时期追施,每个时期施1/3。施肥方式采用穴施,每个试验树于滴水线内侧处挖6个长度和深度均为30 cm的施肥穴,把肥料与土壤混合均匀后,施入施肥穴中,然后覆土。8个处理在施用肥料后实行常规管理,不同处理的管理方式维持一致。

每个处理选择长势和树形相近的6株桃树,留取中间4株进行取样。选取48株作为试验树。

1.3 测定项目及方法

试验地金瑞油桃是两主枝Y字形桃树,在试验树2个主枝中部各选取2个枝条进行田间观察。2021年5月3日完成了田间疏果,从5月4日开始每隔10 d用游标卡尺测量选定枝条上油桃果实纵径和横径。果实成熟期,把选定枝条上的果实采摘后带回实验室用于品质指标测定。单果质量用百分之一天平称量;果实纵横径用电子游标卡尺测量,并计算出果形指数^[14];果实硬度用GY-4型硬度计测定;可溶性固形物含量采用折光仪测定;还原糖和可溶性总糖含量采用直接滴定法;总酸含量采用氢氧化钠滴定法测定;维生素C含量采用2,6-二氯酚测定^[15-17]。单株产量是每个处理4株试验树的实际产量的平均值。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel进行数据整理。利用SPSS 16.0进行统计分析,其中,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和LSD法比较不同处理间的差异显著水平($P < 0.05$),采用相关性分析研究施肥量与产量之间的相关性($P < 0.05$)。

$$\text{果形指数} = \text{果实纵径} / \text{果实横径} \quad (1)$$

$$\text{公顷产量} = \text{单株产量} \times 900 \text{株} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对油桃果实生长发育的影响

从图1~4可以看出,不同施肥量对油桃纵、横径的影响主要通过改变果实幼果期和快速膨大期纵、横径增长速度来实现的。由图1、3可知,磷肥和钾肥施肥量相同的条件下,油桃果实纵横径发育速度由大到小依次是N₂PK₂ > N₃PK₂ > N₁PK₂ > N₀PK₂ > CK。说明随着氮肥施用量的增加,油桃纵横径发育速度先增加后减少。从图2、4可以看出,氮肥、磷肥施肥量相同条件下,油桃幼果期横纵径发育速度由大到小依次是N₂PK₃ > N₂PK₂ > N₂PK₁ > N₂PK₀ > CK,油桃快速膨大期果实横、纵径发育速度由大到小依次是N₂PK₃ ≈ N₂PK₂ > N₂PK₁ > N₂PK₀ > CK。说明随着钾肥施用量的增加,在油桃幼果期油桃发育速度随着施钾量增加而增加。

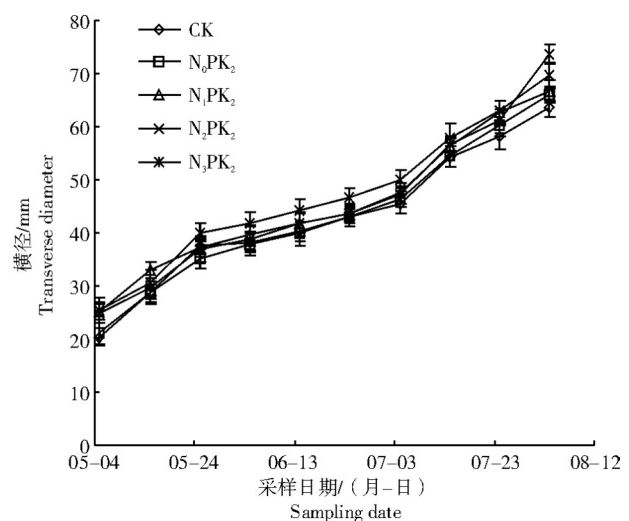


图1 不同施氮水平下油桃果实横径变化
Fig.1 Changes of nectarine transverse diameter under different nitrogen application levels

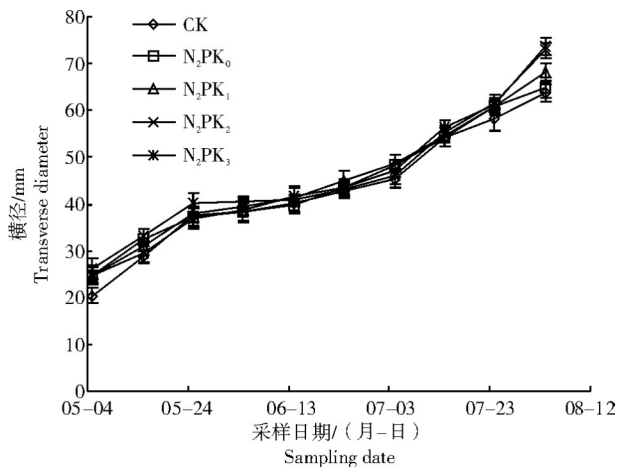


图2 不同施钾水平下油桃果实横径变化
Fig.2 Changes of nectarine transverse diameter under different potassium application levels

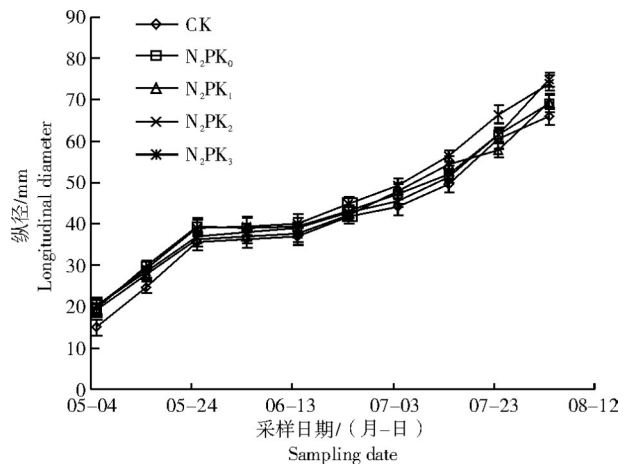


图4 不同施钾水平下油桃果实纵径变化
Fig.4 Changes of nectarine longitudinal diameter under different potassium application levels

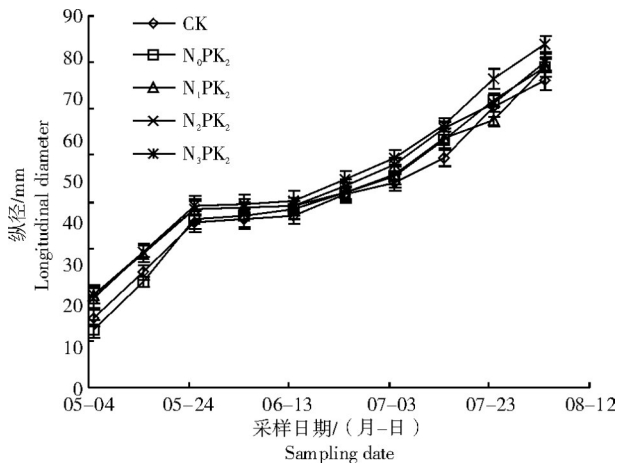


图3 不同施氮水平下油桃果实纵径变化
Fig.3 Changes of nectarine longitudinal diameter under different nitrogen application levels

2.2 不同施肥处理对金瑞油桃产量和外观品质的影响

果实外观品质是衡量油桃商品价值的重要指标^[18]。由表3可知,从单果质量上看,与对照相比,单施磷钾肥(N₀PK₂)可使单果质量增加8.11%;单施氮磷肥(N₂PK₀)可使单果质量增加5.23%。而在磷钾施肥量的基础上,增施氮肥,单果质量表现为先增加后降低。而在氮磷施肥量的基础上,随着钾肥使用量的增加单果质量也增加。从单果质量来看,处理N₂PK₂和N₂PK₃施肥效果较好。不同施肥处理下金瑞油桃的果型指数为1.00~1.12,差异不大,说明不同施肥处理对金瑞油桃果形指数影响不大。

表3 不同施肥处理对油桃外观品质的影响
Tab.3 Effect of different fertilization treatments on appearance quality of nectarine

序号 No.	处理 Treatment	产量/(kg/株) Yield	单果质量/g Single fruit weight	果实横径/mm Fruit transverse diameter	果实纵径/mm Fruit longitudinal diameter	果形指数 Fruit shape index
1	CK	24.6±3.0a	164.3±14.6a	63.76±3.15a	66.07±2.38a	1.03±0.02a
2	N ₀ PK ₂	26.6±2.9ab	177.2±19.2ab	66.18±3.28ab	69.06±3.45ab	1.04±0.02a
3	N ₂ PK ₀	25.9±3.5a	172.9±23.5a	64.96±1.45a	69.13±2.43ab	1.06±0.08a
4	N ₂ PK ₂	31.6±2.3b	209.5±15.4b	73.61±1.13b	74.00±1.05b	1.01±0.03a
5	N ₁ PK ₂	26.9±1.0ab	179.2±4.7ab	66.67±1.62ab	68.89±1.17ab	1.03±0.03a
6	N ₃ PK ₂	27.2±5.7ab	181.3±19.2ab	69.74±1.76ab	70.13±2.43ab	1.01±0.03a
7	N ₂ PK ₁	28.9±3.2ab	184.8±20.8ab	68.13±2.33ab	69.60±3.24ab	1.02±0.04a
8	N ₂ PK ₃	32.3±3.0b	217.3±2.1b	72.83±1.05b	75.07±1.95b	1.04±0.03a

注:不同小写字母表示同一指标不同处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference among treatments for the same index(P<0.05). The same as below.

从果实纵、横径上看,不同处理存在显著性差异,果实横纵径由大到小依次为N₂PK₃>N₂PK₂>N₃PK₂>N₂PK₁>N₁PK₂>N₀PK₂>N₂PK₀>CK。与CK相比,N₀PK₂处理果实横径和纵径分别增加了

3.8%和4.5%,N₂PK₀处理果实横径和纵径分别增加了1.9%和4.6%,N₂PK₂处理果实横径和纵径分别增加了15.4%和12.0%,N₁PK₂处理果实横径和纵径分别增加了4.6%和4.3%,N₃PK₂处理果实横径

和纵径分别增加了9.4%和6.1%, N_2PK_1 处理果实横径和纵径分别增加了6.8%和5.3%, N_2PK_3 处理果实横径和纵径分别增加了14.2%和13.6%。

2.3 不同施肥处理对金瑞油桃内在品质的影响

果实内在品质决定口感与风味^[18]。油桃的酸甜是其果实风味的核心,而油桃口感的酸与甜又主要取决于果实中的可溶性总糖和总酸的含量及它们的比率(即糖酸比)^[19-20]。由表4可知,不同施肥处理的有机酸含量存在差异,但差异不明显,总酸含量由大到小依次是 $N_0PK_2 > N_2PK_0 > N_1PK_2 >$

$CK > N_2PK_1 > N_3PK_2 > N_2PK_2 > N_2PK_3$ 。不同施肥处理的可溶性固形物含量存在显著差异,可溶性固形物含量由大到小依次是 $N_2PK_1 > N_2PK_2 > CK > N_1PK_2 > N_0PK_2 > N_3PK_2 \approx N_2PK_3 > N_2PK_0$ 。糖酸比是水果品质的主要指标,糖酸比由大到小依次是 $N_2PK_2 > N_2PK_3 > N_2PK_1 > N_3PK_2 > CK > N_1PK_2 > N_0PK_2 > N_2PK_0$ 。 N_2PK_2 和 N_2PK_3 中维生素C、可溶性总糖和可溶性固形物含量相对较高,总酸含量相对较低。

表4 不同施肥处理对油桃内在品质的影响
Tab.4 Effect of different fertilization treatments on nectarine intrinsic quality

序号 No.	处理 Treatment	总酸/% Total acid content	维生素C/ (mg/100 g) Vitamin C content	可溶性总糖/% Total soluble sugar content	还原糖/% Reducing sugar content	可溶性固形物/% Soluble solid con- tent	硬度/(kg/cm ²) Firmness con- tent	糖酸比 Sugar/acid
1	CK	0.59±0.04a	7.42±1.23ab	10.41±0.86a	3.34±0.25a	12.2±0.5b	13.51±1.41a	20.73±1.54
2	N_0PK_2	0.69±0.06a	8.19±1.87b	9.43±0.75a	4.81±0.36b	11.8±0.3b	12.88±2.91a	17.17±1.19
3	N_2PK_0	0.66±0.04a	7.55±1.20ab	9.13±0.68a	4.38±0.34b	10.6±0.2a	12.20±2.68a	16.09±0.69
4	N_2PK_2	0.44±0.04a	8.23±1.35b	10.64±0.35a	3.92±0.32ab	13.0±0.4c	11.77±2.31a	29.67±2.37
5	N_1PK_2	0.65±0.03a	6.20±1.02a	9.54±0.66a	3.76±0.16a	12.0±0.4b	14.27±2.18a	18.50±1.37
6	N_3PK_2	0.49±0.06a	7.18±1.25a	10.08±0.95a	4.15±0.22ab	11.0±0.3ab	11.92±2.56a	22.71±3.43
7	N_2PK_1	0.55±0.06a	7.87±1.15ab	10.06±0.18a	3.95±0.18ab	13.4±0.4c	11.39±3.24a	24.54±2.40
8	N_2PK_3	0.42±0.03a	8.50±1.18b	10.10±0.47a	4.50±0.31b	11.0±0.4ab	12.29±3.28a	26.25±1.20

2.4 不同施肥处理对金瑞油桃的增产效果

从表5可以看出,与CK相比,不同施肥处理金瑞油桃增产5.56%~31.34%。在磷钾施肥量固定的基础上, N_0PK_2 、 N_1PK_2 、 N_2PK_2 和 N_3PK_2 处理的增产率分别为8.14%、9.36%、28.77%和12.82%,产投比分别为1.36、1.41、3.96、1.62,可以看出,在施氮量0~360 kg/hm²范围内,随着施氮量的增加,金瑞油桃产量先增加后降低,处理 N_2PK_2 增产效果最

明显,产投比最高。

在氮磷施肥量固定的基础上,与CK相比, N_2PK_0 、 N_2PK_1 、 N_2PK_2 和 N_2PK_3 处理的增产率分别为5.56%、17.85%、28.77%和31.34%,产投比分别为1.06、2.85、3.96、3.79,可以看出,在施钾量0~360 kg/hm²范围内,金瑞油桃的产量随着施钾量的增加而增加,产投比随着施钾量的增加先增加后降低, N_2PK_2 处理产投比最高。

表5 不同施肥处理对金瑞油桃的增产效果
Tab.5 Effect of different fertilization treatments on yield increase of jinrui nectarine

序号 No.	处理 Treatment	产量/(kg/hm ²) Yield	增产量/(kg/hm ²) Yield-increasing amount	增产率/% Yield-increasing rate	增产值/(元/hm ²) Output-increasing value	肥料投入/(元/hm ²) Fertilizer input cost	产投比 The ratio of out- put to input
1	CK	22 110					
2	N_0PK_2	23 910	1 800	8.14	7 200	5 278	1.36
3	N_2PK_0	23 340	1 230	5.56	4 920	4 648	1.06
4	N_2PK_2	28 470	6 360	28.77	25 440	6 426	3.96
5	N_1PK_2	24 180	2 070	9.36	8 280	5 852	1.41
6	N_3PK_2	24 945	2 835	12.82	11 340	7 000	1.62
7	N_2PK_1	26 056	3 946	17.85	15 784	5 537	2.85
8	N_2PK_3	29 040	6 930	31.34	27 720	7 314	3.79

注:金瑞收购价为4元/kg;尿素价格为2.2元/kg,过磷酸钙价格为3.6元/kg,硫酸钾价格为4.0元/kg。

Note: The purchase price of Jinrui was 4 yuan/kg. The prices of urea, calcium superphosphate, and potassium sulfate were 2.2, 3.6, 4.0 yuan/kg, respectively.

2.5 施肥模型建立

利用 SPSS16.0 软件对施肥量与油桃产量进行相关性分析,其中,氮肥施用量与油桃产量的皮尔逊相关性结果为 0.532, P 值为 0.174, 大于 0.05, 表明氮肥施用量与油桃产量相关性不显著;钾肥施用量与油桃产量的皮尔逊相关性结果为 0.716, P 值为 0.046, 小于 0.05, 表明在显著性水平 0.05 时, 钾肥施用量与油桃产量存在显著相关性。因此, 可以通过构建钾肥施用量与产量之间的施肥模型, 指导农业生产。

根据肥料试验结果, 通过构建一元二次模型, 钾肥施用量与油桃产量的函数模型为 $y = -0.0373x^2 + 29.6740x + 23263$ ($R^2 = 0.9941$) (图 5), 可得出钾肥最佳施用量为 398 kg/hm², 此时油桃产量最大, 为 29171 kg/hm²。按照拟合函数, 不施钾肥的理论产量为 23263 kg/hm², 这与实际测得的 23340 kg/hm² 基本相同。

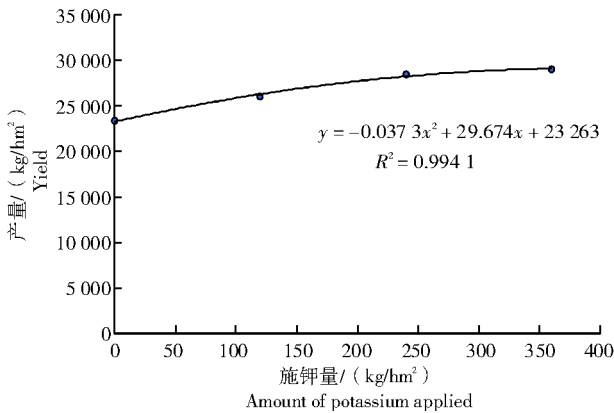


图 5 钾肥施用量与油桃产量的拟合曲线
Fig.5 Fitting curve of potassium fertilizer application amount and nectarine yield

3 结论与讨论

氮素是植物生长发育过程中的主要元素, 合理施用氮肥是提高果树产量和果实品质的重要措施^[11,21]。本研究结果表明, 在低施氮量范围内, 金瑞油桃的横纵径发育速度、平均单果质量和产量均随着施氮量增加而增加, 但超过 240 kg/hm² 的施氮量时, 产量和平均单果质量均有所降低。彭福田等^[22]、朱清华等^[23] 研究认为, 施用氮肥对果树生长发育的影响主要表现在 2 个方面, 一方面施氮可以增加叶片中叶绿素的含量, 增强光合作用, 从而增加碳水化合物的供应水平, 提高果实生长速率; 另一方面施氮可以延长果实生长周期。本研

究中, 不同供氮水平油桃果实成熟期一致, 主要是由于不同施氮量影响油桃果实的生长速度, 通过增加碳水化合物的供应水平影响果实的单果质量, 最终达到产量的增加。在低施氮量范围内, 油桃中维生素 C、可溶性固形物、糖酸比均随着施氮量的增加先增加后降低, 施氮量为 240 kg/hm² 时, 油桃品质最好。说明氮肥供应不足或者过量供应均不利于提高金瑞油桃可溶性固形物、维生素 C 和可溶性糖含量, 与李付国等^[10] 研究相一致, 晚熟品种八月脆桃果实可溶性固形物含量随着施氮量的增加, 表现出先增加后下降的趋势。在磷钾施肥量固定的基础上, 施氮量为 240 kg/hm² 时, 增产率为 28.77%, 产投比为 3.96, 施肥效果最好。该研究结果与杨颖等^[24] 研究结论相一致, 曙光油桃最佳施氮量为 200~300 kg/hm²。

钾素是作物生长必需的大量营养元素之一, 在果树生长发育过程中有着重要的营养和生理作用, 在促进果实品质方面效果尤为突出^[11]。本研究结果表明, 随着施钾量的增加, 油桃果实的发育速度加快, 从而影响了成熟期油桃大小和产量, 与对照相比, N₂PK₂ 处理可使单果质量增加 28.7%; N₂PK₃ 处理可使单果质量增加 32.6%。从不同施肥处理对油桃内在品质的影响来看, N₂PK₂ 和 N₂PK₃ 处理中维生素 C、可溶性总糖、可溶性固形物含量和糖酸比相对较高, 总酸含量相对较低。该研究结果与郑继承等^[2] 相一致, 施钾可显著提高桃果实的单果质量、可溶性固形物含量、固酸比、维生素 C 含量和平均单株产量, 同时显著降低果实总酸。本研究结果表明, 在氮磷施肥量固定的基础上, N₂PK₂ 和 N₂PK₃ 处理的增产率分别为 28.77% 和 31.34%, 产投比分别为 3.96 和 3.79, 增产值分别为 25440 元/hm² 和 27720 元/hm²。可以得出, N₂PK₂ 和 N₂PK₃ 处理的增产效果最好。从钾肥和油桃产量的函数模型可以看出, 试验地金瑞油桃的钾肥最佳施肥量为 398 kg/hm², 因为本试验设置钾肥的最高施用量为 360 kg/hm², 下一步需要验证在这基础上再增施钾肥, 油桃的产量和品质会如何变化。

从油桃品质和产量来看, 处理 N₂PK₂ (N 240 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm² 和 K₂O 240 kg/hm²) 和处理 N₂PK₃ (N 240 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 360 kg/hm²) 增产效果最好, 经济效益显著高于其他处理。综合分析来看, 试验地金瑞油桃氮、磷、钾的最佳施用比例为 1.0:0.5:1.0~1.5, 施

肥量为 N 240 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 240~360 kg/hm²,该研究结果与王日俊等^[13]的研究结果基本一致,氮、磷、钾肥投入量分别为 N 100~200 kg/hm²、P₂O₅ 20~100 kg/hm²、K₂O 250~500 kg/hm²时,桃树增产效应较高。油桃配方施肥技术是一项系统工程,施肥对桃树增产效应与土壤肥力状况、品种、树龄、施肥时期等密切相关,建议在指导农民施肥时应结合上述指标进行合理推荐。

本研究表明,在施氮量 0~240 kg/hm²范围内,金瑞油桃的横纵径发育速度和单果质量等外观品质随着施氮量增加而增加,维生素 C、可溶性固形物和糖酸比等内在品质随着施氮量的增加而增加;但超过 240 kg/hm²的施氮量时,油桃的外观品质和内在品质均有所降低。在施钾量 0~360 kg/hm²范围内,金瑞油桃的横纵径发育速度和单果质量等外观品质随着施钾量增加而增加,维生素 C、可溶性固形物和糖酸比等内在品质随着施钾量的增加而增加。从油桃品质和产量来看,试验地油桃适宜的氮、磷、钾施用比例为 1.0:0.5:1.0~1.5,推荐施肥量分别为 N 240 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 240~360 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 何平,李林光,王海波,等. 叶面喷施钾镁钙肥对桃果实着色、品质及着色相关基因表达的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(10):89-94.
HE P, LI L G, WANG H B, et al. Effects of spraying K, Mg and Ca foliar fertilizers on coloration, quality and coloring related gene expression in Chunxue peach[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2018, 50(10):89-94.
- [2] 郑继成,白红,石佩,等. 不同施钾方式对桃树营养及果实产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(5):699-706.
ZHENG J C, BAI H, SHI P, et al. Effects of different potassium-fertilization methods on nutrition, fruit yield and quality in peach [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2018, 27(5):699-706.
- [3] 涂美艳. 钾素营养对油桃生长发育、产量品质及树体养分的影响研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2009.
TU M Y. Effects of potassium nutrition on growth, yield and quality of nectarine and tree nutrients[D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2009.
- [4] 宋贞富,敖艳飞,钟思玲,等. 叶面喷施磷酸二氢钾对锦绣黄桃叶片性状和果实经济性性状影响[J]. 耕作与栽培, 2020, 40(3):17-18.
SONG Z F, AO Y F, ZHONG S L, et al. Effects of leaf spraying monopotassium phosphate on leaf and fruit economic characters of Jinxiu yellow peach[J]. Tillage and Cultivation, 2020, 40(3):17-18.
- [5] 冯新新,刘韶华,宋宇琴,等. 太谷区桃园养分投入、土壤养分状况及其与桃果品质的关系[J]. 经济林研究, 2021, 39(1):33-40.
FENG X X, LIU S H, SONG Y Q, et al. Analysis of nutrient input, soil nutrient status and their relationship with fruit quality in Taigu peach orchards[J]. Non-wood Forest Research, 2021, 39(1):33-40.
- [6] 刘慧敏,于会丽,邵微,等. 山梨醇和甘露醇与氮磷钾配施对桃生长、果实品质及养分吸收的影响[J]. 果树学报, 2021, 38(6):911-921.
LIU H M, YU H L, SHAO W, et al. Effects of sorbitol and mannitol combined with NPK on the growth, fruit quality and nutrient absorption of peach[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(6):911-921.
- [7] 金睦皓,毛双,刘鹏凌. 我国桃产业出口贸易的现状分析及应对策略[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12):334-338.
JIN M H, MAO S, LIU P L. Analysis and countermeasures of China's peach industry export trade[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(12):334-338.
- [8] 颜振峰,陈丽,林晶晶,等. 施用羊粪对桃果产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(15):129-131.
YAN Z F, CHEN L, LIN J J, et al. Effect of sheep manure application on yield and quality of peach fruit[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(15):129-131.
- [9] 郭超仪. 中国桃主产区施肥现状及氮肥优化研究[D]. 重庆:西南大学, 2019.
GUO C Y. Study on fertilization status and nitrogen fertilizer optimization in main peach producing areas of China[D]. Chongqing: Southwest University, 2019.
- [10] 李付国,孟月华,贾小红,等. 供氮水平对“八月脆”桃产量、品质和叶片养分含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6):918-921.
LI F G, MENG Y H, JIA X H, et al. Effects of nitrogen applied rate on fruit yield, quality and leaf nutrient content of 'Bayuecui' peach[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(6):918-921.
- [11] 涂美艳,江国良,杜晋城,等. 钾素营养对油桃采果期树体营养状况的影响[J]. 北方园艺, 2009(12):29-33.
TU M Y, JIANG G L, DU J C, et al. Effect of potassium on the tree nutrient status in fruit picking period of nectarine[J]. Northern Horticulture, 2009(12):29-33.
- [12] 陈开富,吴道明,陆海,等. 贵阳市桃树“3414”肥效试验分析[J]. 耕作与栽培, 2017(2):25-28, 22.
CHEN K F, WU D M, LU H, et al. Study of "3414" fertilization on peach in Guiyang[J]. Tillage and Cultivation, 2017(2):25-28, 22.
- [13] 王日俊,刘文静,李梦琦,等. 施肥对我国桃树产量与品质影响的整合分析[J]. 中国土壤与肥料, 2022(6):228-235.
WANG R J, LIU W J, LI M Q, et al. Integrated analysis of the effect of fertilization on the yield and quality of peach trees in China[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2022(6):228-235.
- [14] 李杜,杨桦,刘搏,等. 不同成熟度对‘金湘玉’早熟黄桃品质的影响[J]. 湖南林业科技, 2022, 49(3):1-5.
LI D, YANG H, LIU B, et al. Effects of different maturity on the quality of 'Jinxiangyu' early maturing yellow peach[J]. Hunan Forestry Science & Technology, 2022, 49(3):1-5.

- [15] 岳亚康,金朝阳,张铭,等.不同氮钙水平对设施桃果实品质的影响[J].中国果树,2021(4):55-58.
YUE Y K, JIN C Y, ZHANG M, et al. Effects of different nitrogen and calcium levels on fruit quality of peach under protected culture[J]. China Fruits, 2021(4):55-58.
- [16] 张红梅,李鹏鸽,张楚捷,等.不同肥料配施对红凤凰桃果实品质的影响[J].山西农业科学,2019,47(5):845-848,853.
ZHANG H M, LI J G, ZHANG C J, et al. Effects of different fertilizer treatments on the fruit quality of Hongfenghuang peach[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(5): 845-848, 853.
- [17] 郭甜丽,薛杨春,薛艳艳,等.花期管理对红凤凰桃坐果率及果实品质的影响[J].山西农业科学,2016,44(4):498-501.
GUO T L, XUE Y C, XUE Y Y, et al. Effect of blooming period management on fruit setting rate and quality of Hongfenghuang peach[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2016, 44(4):498-501.
- [18] 陈栋,涂美艳,杜晋城,等.不同施钾量对曙光油桃产量和品质的影响[J].西南农业学报,2010,23(4):1173-1176.
CHEN D, TU M Y, DU J C, et al. Effects of potassium nutrition on yield and quality of nectarine[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(4):1173-1176.
- [19] 左覃元,朱更瑞,王力荣.油桃生产发展中应注意的几个问题[J].果树科学,1996(3):206-207.
ZUO Q Y, ZHU G R, WANG L R. Several problems should be paid attention to in nectarine production and development[J]. Journal of Fruit Science, 1996(3):206-207.
- [20] 张绍阳,杨军,刘桂华.钾营养水平对艳光油桃果实品质的影响[J].安徽农业大学学报,2008,35(2):289-292.
ZHANG S Y, YANG J, LIU G H. Effects of K nutrition levels on fruit quality of Yanguang nectarine[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2008, 35(2):289-292.
- [21] 于四海,支金虎,汤智辉,等.不同施氮水平对梨园土壤、叶片养分及果实品质的影响[J].北方园艺,2023(3):15-23.
YU S H, ZHI J H, TANG Z H, et al. Effects of different N application levels on soil, leaf nutrients and fruit quality in pear orchards[J]. Northern Horticulture, 2023(3):15-23.
- [22] 彭福田.氮素对苹果果实发育与产量、品质的调控[D].泰安:山东农业大学,2001.
PENG F T. Regulation of nitrogen to apple fruit development, yield and quality[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2001.
- [23] 朱清华,李宪利,高东升.施氮对设施油桃叶片及果实发育的效应[J].山东农业大学学报(自然科学版),2004,35(1):43-46.
ZHU Q H, LI X L, GAO D S. Effects of nitrogen application on the quality of nectarine's leaves and fruits in the protected cultivation conditions[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 2004, 35(1):43-46.
- [24] 杨颖,火建福.不同施钾量对油桃果实品质的影响[J].安徽农业科学,2015,43(26):84-85,107.
YANG Y, HUO J F. Effects of potassium amount on quality of nectarine[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(26):84-85, 107.