

王文放,孙亚萍,李占文,等. 氮磷钾配方施肥对灵武长枣果实品质和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):195-202.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.047

氮磷钾配方施肥对灵武长枣果实品质和产量的影响

王文放¹, 孙亚萍¹, 李占文², 万仲武³, 唐文林³, 宋丽华¹

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2. 灵武市林业局, 宁夏银川 751400; 3. 灵武大泉林场, 宁夏灵武 751400)

摘要:对灵武长枣进行氮、磷、钾肥配方施肥试验,测定果实维生素 C 含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、果实纵横径、单果质量及单株产量等指标。结果表明,合理的配方施肥处理可增加果实纵横径,提高果实维生素 C 含量、黄酮含量、可溶性糖含量;与常规施肥相比,果实有机酸含量降低。其中配方组合 $N_2P_2K_2$ 和 $N_2P_2K_1$ 对灵武长枣果实品质的改善效果最佳, $N_2P_2K_2$ ($N:P_2O_5:K_2O=2.53:1.49:1$) 的单果质量及单株产量最高,增产效果最佳,产量 $9\ 360.60\ kg/hm^2$,经济效益为 $40\ 050\ 元/hm^2$ 。

关键词:灵武长枣;配方施肥;果实品质;产量

中图分类号: S665.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0195-07

在生长发育过程中,土壤不断为枣树供给大量的有效养分和水分,同时提供枣树生长发育过程中最适宜的土壤空气和土壤温度,土壤肥力是土壤物理、化学、生物性质的综合反映。测土配方施肥可较好地解决不科学施肥、肥料利用率低、氮磷钾配比不合理、微量元素缺乏等问题^[1-3]。测土配方施肥还可以因土、因时、因树施用肥料,降低成本,增加产量和收入^[4]。不同的配方施肥处理,能提高果实可溶性固形物、总糖含量和维生素 C 等含量,合理施肥也可以提高果实平均单果质量、单株产量及其果实纵横径^[5-9]。灵武长枣作为宁夏回族自治区具有地方优良特色果树品种,已有多年的栽培历史。灵武长枣为长圆柱形或长椭圆形,以个大、味酸甜、营养丰富而驰名,含有丰富的营养物质,尤其是维生素 C 含量非常高,被誉为“活维生素丸”,有“百果之王”之美称^[10]。本试验在对宁夏灵武园艺场灵武长枣园区土壤养分调查、测定与分析的基础上,根据土壤肥力状况和长枣需肥规律,分析测土配方与灵武长枣种植园区土壤特性、营养生长与果实品质的相关性,建立综合评价体系,以灵武长枣需肥规律为基础,筛选适宜灵武长枣的精准、优质、高效的施肥配方,以期灵武长枣田间管理提供科学依据,解决灵武长枣品质下降的问题。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

宁夏灵武市园艺场地处 $106^{\circ}23'26.44''E$, $38^{\circ}5'20.55''N$, 海拔为 $1\ 113.40\ m$ 。试验区土质属于沙壤土,占地面积为 $0.1\ hm^2$,枣树株行距为 $4\ m \times 2\ m$,树龄 14 年生。于萌芽前施

肥,基肥施用全部氮肥和钾肥施用量的 $2/3$ 以及全部磷肥,追肥为全部氮肥及钾肥施用量的 $1/3$ 。试验地土壤有机质、全氮、全磷、全盐含量分别为 7.40 、 0.41 、 0.36 、 $0.14\ g/kg$,碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为 15.37 、 14.93 、 $179.33\ mg/kg$,土壤 pH 值为 8.15 。

1.2 试验设计

供试肥料品种为尿素(含 $46\%\ N$)、过磷酸钙(含 $12\%\ P_2O_5$)、硫酸钾(含 $50\%\ K_2O$)。试验根据研究目的采用“3414”完全实施方案,“3414”是指氮、磷、钾 3 个因素、4 个水平、14 个处理。4 个水平:0 水平,不施肥;1 水平 = 2 水平 $\times 0.5$ (该水平施肥量不足);2 水平,推荐施肥量;3 水平 = 2 水平 $\times 1.5$ (该水平施肥水平过量)。对照(CK)为当地常规施肥量。根据目标产量法确定施肥量(2 水平):施肥量(kg/hm^2) = $15 \times (\text{目标产量所需养分总量} - \text{土壤供肥量}) / (\text{肥料中养分含量} \times \text{肥料当季利用率})$ 。本试验共 15 个处理,将试验地划分 3 个小区(即为 3 个重复),各小区的 15 个处理采用随机区组排列,每处理 3 棵树。施肥分 2 次进行,第 1 次作基肥,第 2 次在开花前期作追肥。试验各水平及各处理施肥量分别见表 1 和表 2。

表 1 各水平施肥量

水平	施肥量(kg/hm^2)		
	N	P_2O_5	K_2O
0	0	0	0
1	146.25	86.25	57.90
2	292.50	172.65	115.65
3	438.75	258.75	173.25

1.3 枣树叶片和果实的采集与测定

采集叶片和果实时,从每株树树冠的 4 个方位等高处随机采集各小区不同处理的枣树叶片,带回实验室烘干后粉碎,用于测定叶片养分含量,从 2017 年 5 月份到 9 月份每隔 30 d 测定 1 次。待 2017 年 10 月上旬枣果成熟后从各小区每个处理的 4 个方位随机采摘 20 颗果实,果实采集后置于自封袋,尽快带回实验室放在冰箱中,根据试验要求进行不同的处理后,用于果实品质指标的测定。

收稿日期:2018-08-26

基金项目:西部一流大学重大创新项目(编号:ZKZD2017008);国家自然科学基金(编号:31760203)。

作者简介:王文放(1994—),女,山东日照人,硕士研究生,研究方向为经济林栽培。E-mail:2909919130@qq.com。

通信作者:宋丽华,硕士,教授,硕士生导师,主要从事林木良种繁育与经济林栽培生理方面的教学与研究工作。E-mail:slh382@126.com。

表 2 试验各处理施肥量

处理	组合	施肥量(kg/hm ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	N ₀ P ₂ K ₂	0	172.65	115.65
2	N ₁ P ₂ K ₂	146.25	172.65	115.65
3	N ₂ P ₀ K ₂	292.50	0	115.65
4	N ₂ P ₁ K ₂	292.50	86.25	115.65
5	N ₂ P ₂ K ₂	292.50	172.65	115.65
6	N ₂ P ₃ K ₂	292.50	258.75	115.65
7	N ₂ P ₂ K ₀	292.50	172.65	0
8	N ₂ P ₂ K ₁	292.50	172.65	57.90
9	N ₂ P ₂ K ₃	292.50	172.65	173.25
10	N ₃ P ₂ K ₂	438.75	172.65	115.65
11	N ₁ P ₁ K ₂	146.25	86.25	115.65
12	N ₁ P ₂ K ₁	146.25	172.65	57.90
13	N ₂ P ₁ K ₁	292.50	86.25	57.90
14	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0

果实单果质量用电子天平进行称量,单位为 g;果实纵横径用电子游标卡尺(沪工 0~20 cm)测定,单位为 cm;黄酮含

量采用紫外分光光度法测定;可滴定酸含量采用 NaOH 中和滴定法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定^[11-13]。

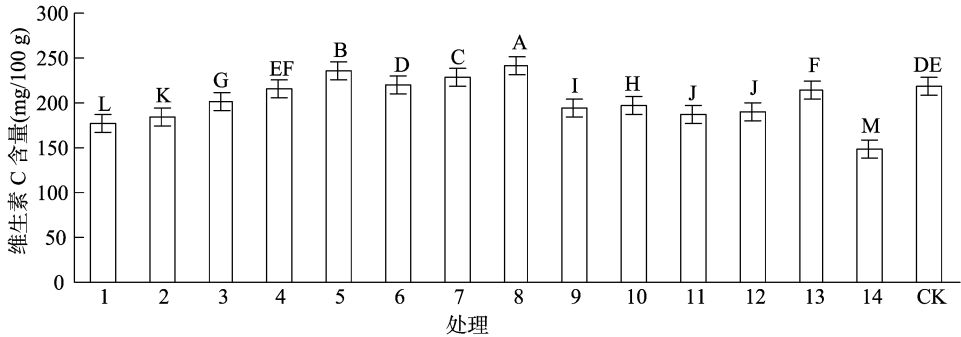
1.4 数据处理

使用 Excel 2010 和 SAS 9.4 进行数据处理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同配方施肥处理对灵武长枣果实品质的影响

2.1.1 对灵武长枣维生素 C 含量的影响 由图 1、图 2 可知,不同配方施肥处理后,灵武长枣果实维生素 C 含量均有所变化,处理 5、6、7、8 的果实维生素 C 含量分别比 CK 提高了 7.56%、0.58%、4.61%、9.78%。其中处理 8 的果实维生素 C 含量最大,处理 14(0 水平)的果实维生素 C 含量最小。试验结果表明,氮肥施用量为 2 水平时的果实维生素 C 含量最大,过少或过多的氮肥施用反而使维生素 C 含量减小,氮肥、钾肥一定时,不同磷肥施用量下维生素 C 含量差异明显。经过方差分析,不同配方施肥处理对灵武长枣果实维生素 C 含量的影响有极显著差异($P<0.01$)。



柱上不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著。下同
图1 配方施肥对灵武长枣维生素 C 含量的影响

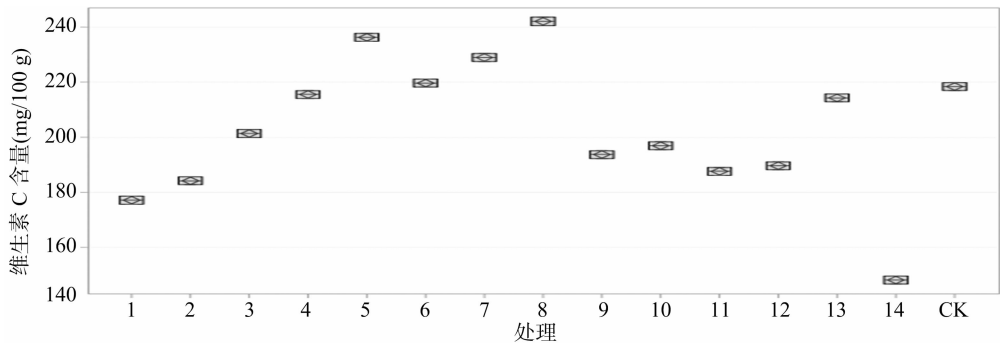


图2 配方施肥对灵武长枣维生素 C 含量影响的差异性

2.1.2 对灵武长枣可溶性糖含量的影响 由图 3、图 4 可知,不同配方施肥处理对灵武长枣果实可溶性糖含量均存在一定的影响,处理 5 的果实可溶性糖含量比 CK 提高了 1.01%。各处理的可溶性糖含量均比处理 14(0 水平)的果实可溶性糖含量高,处理 14(0 水平)的果实可溶性糖含量与各处理相比降低了 4.84%~26.05%。方差分析表明,不同配方施肥处理对灵武长枣果实可溶性糖含量的影响有极显著差异($P<0.01$)。

2.1.3 对灵武长枣有机酸含量的影响 由图 5、图 6 可知,

不同配方施肥处理对灵武长枣果实有机酸含量存在不同程度的影响,处理 4、5、8 的果实有机酸含量比 CK 分别减少了 2.70%、8.11%、13.51%。处理 14(0 水平)的果实有机酸含量最高,处理 8 的有机酸含量最低。处理 14(0 水平)的果实有机酸含量与其他各处理相比增加了 2.08%~33.33%。方差分析表明,不同配方施肥处理对灵武长枣果实有机酸含量的影响有极显著差异($P<0.01$)。

2.1.4 对灵武长枣黄酮含量的影响 从图 7、图 8 中可以看出,不同的施肥处理下,处理 4、5、8、10 的黄酮含量均高于对

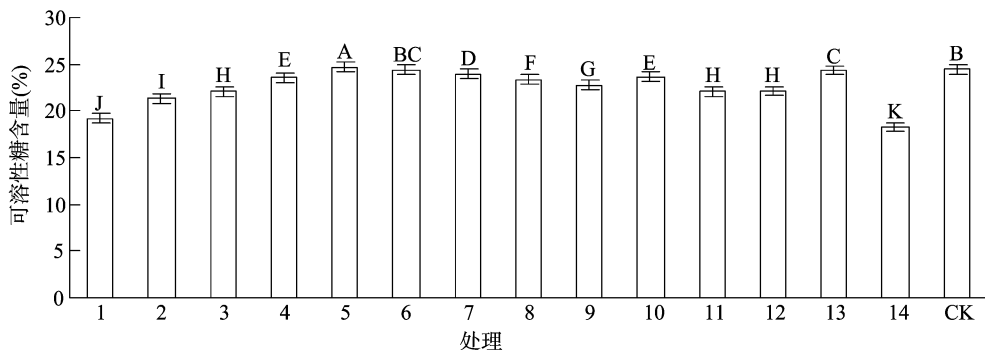


图3 配方施肥对灵武长枣可溶性糖含量的影响

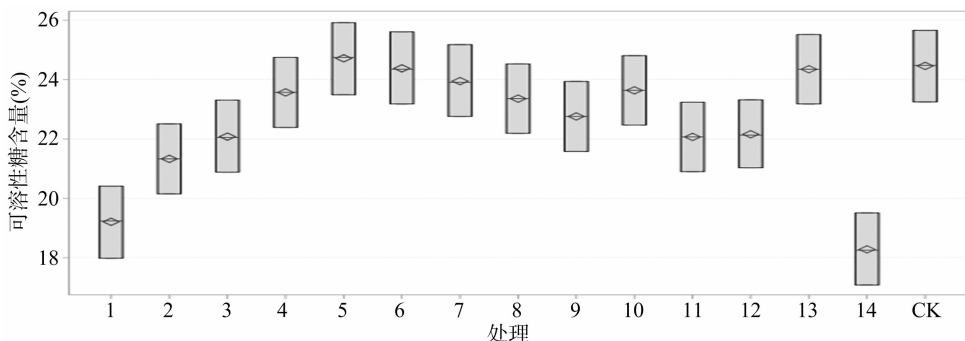


图4 配方施肥对灵武长枣可溶性糖含量影响的差异性

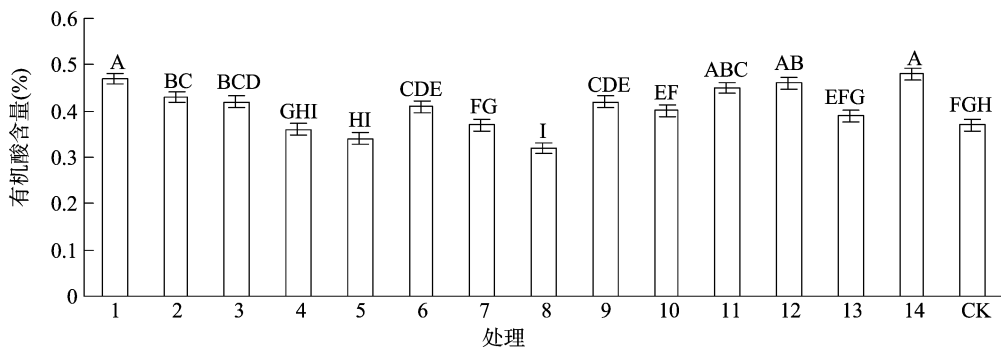


图5 配方施肥对灵武长枣有机酸含量的影响

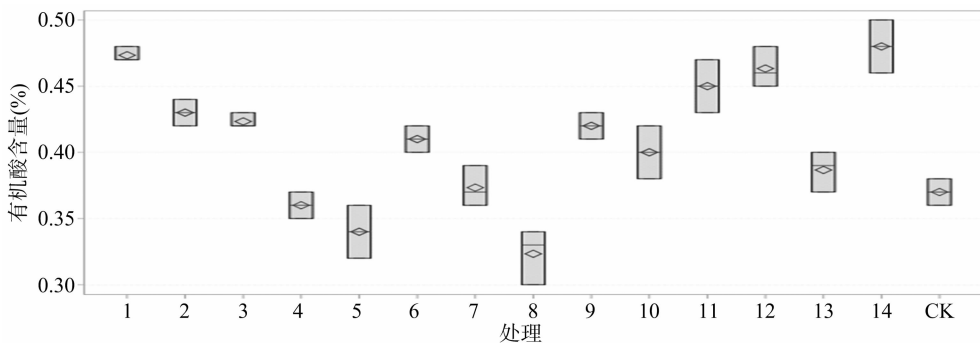


图6 配方施肥对灵武长枣有机酸含量影响的差异性

照处理, 分别比对照增加了 5.72%、3.98%、10.83%、3.40%。各处理的黄酮含量均高于处理 14(0 水平), 处理 8 的黄酮含量最高, 为 3.51%。处理 14(0 水平) 的果实黄酮含量与其他处理相比降低了 26.29%~55.27%。方差分析表明, 不同配方施肥处理对灵武长枣果实黄酮含量的影响有极显著差异 ($P < 0.01$)。

2.1.5 对灵武长枣果实纵径的影响 由图 9、图 10 可知, 不

同的施肥处理下, 处理 5、8、13 的灵武长枣纵径均高于对照处理, 分别比对照增加了 1.31%、1.16%、0.87%。各处理的果实纵径均高于处理 14(0 水平), 处理 5 的果实纵径最大, 为 47.35 mm。处理 14(0 水平) 的果实纵径与各处理相比降低了 1.12%~12.44%。方差分析表明, 不同配方施肥处理对灵武长枣果实纵径的影响有极显著差异 ($P < 0.01$)。

2.1.6 对灵武长枣果实横径的影响 由图 11、图 12 可知,

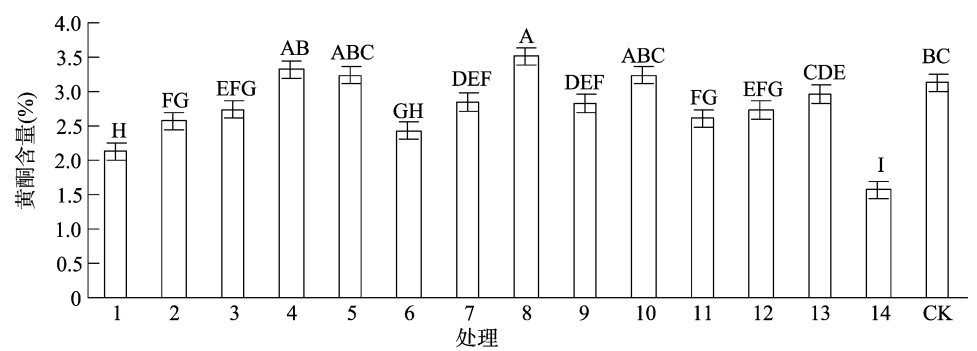


图7 配方施肥对灵武长枣黄酮含量的影响

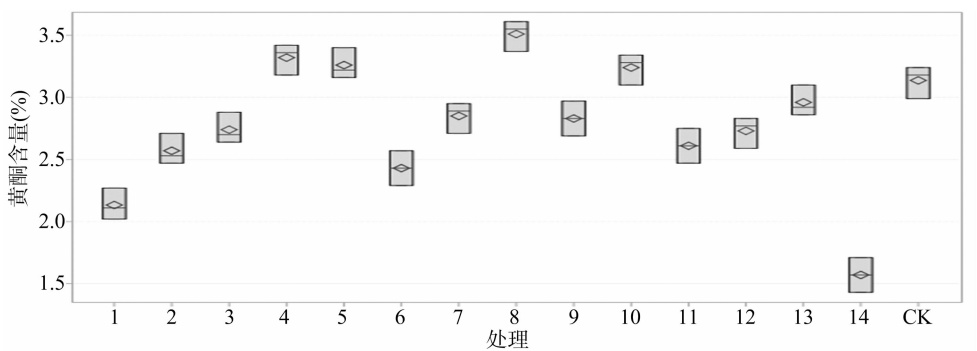


图8 配方施肥对灵武长枣黄酮含量影响的差异性

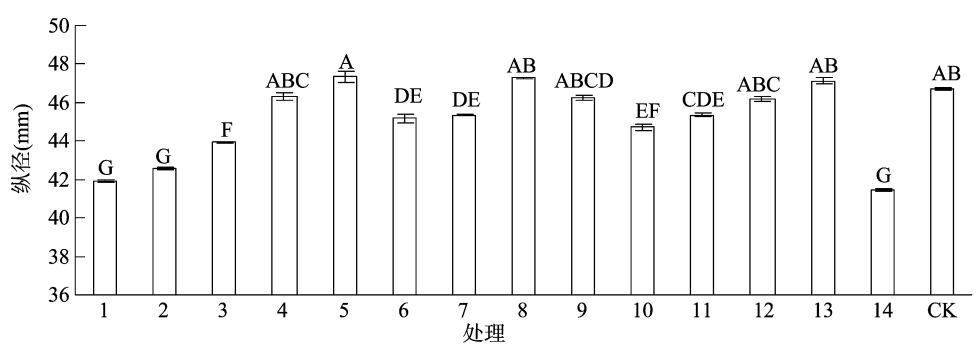


图9 配方施肥对灵武长枣果实纵径的影响

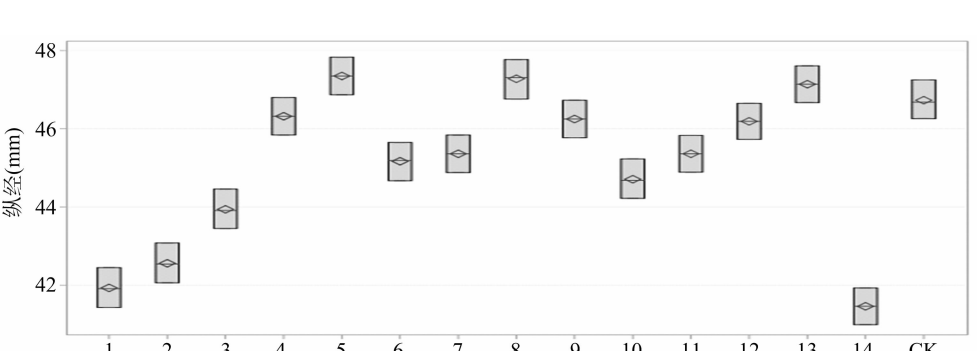


图10 配方施肥对灵武长枣纵径影响的差异性

不同的施肥处理下,处理 5、8、13 的灵武长枣横径均高于对照处理,分别比对照增加了 0.68%、1.46%、1.06%。各处理的果实横径均高于处理 14(0 水平),处理 8 的果实横径最大,为 23.72 mm。处理 14(0 水平)的果实横径与各处理相比降低了 0.38%~12.14%。方差分析表明,不同配方施肥处理对灵武长枣果实横径的影响有极显著差异($P<0.01$)。

2.2 不同配方施肥处理下灵武长枣单果质量及产量分析

在不同配方施肥处理下,处理 4、处理 5、处理 8 的灵武长枣单果质量分别为 12.89、13.71、12.59 g,与对照处理(12.34 g)相比分别增加了 4.46%、11.10%、2.02%。各处理与处理 14(8.78 g)相比,单果质量均显著增大。经方差分析可得,不同配方施肥处理对灵武长枣果实单果质量的影响

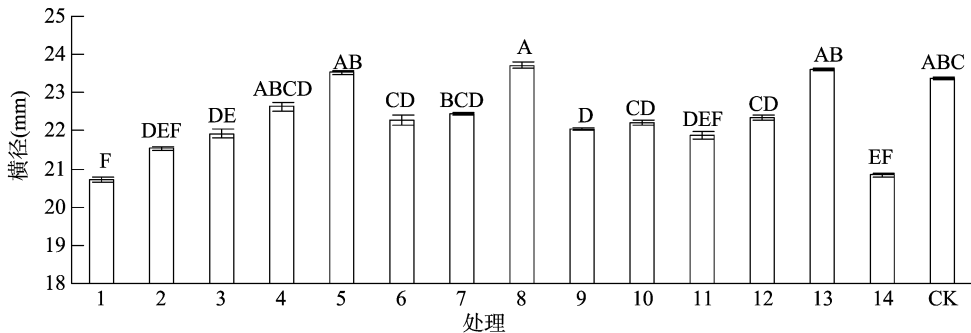


图11 配方施肥对灵武长枣果实横径的影响

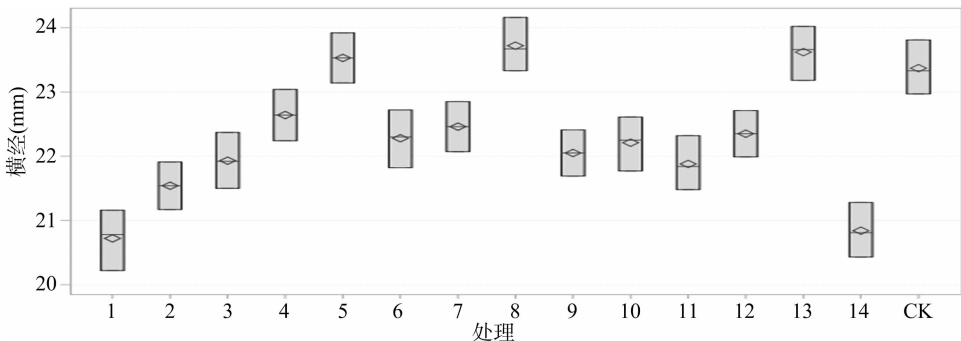


图12 配方施肥对灵武长枣横径影响的差异性

有极显著差异($P < 0.01$)。在不同配方施肥处理下,处理 5、6、7、8 的灵武长枣单株产量分别为 69.34、64.06、64.32、67.30 kg/株,与对照处理(63.16 kg/株)相比分别增加了 9.78%、1.42%、1.84%、6.55%。与处理 14(33.62 kg/株)相比,各处理灵武长枣单株产量均显著增大,其增幅为 21.68% ~ 106.25%。经方差分析可得,不同配方施肥处理对灵武长枣单株产量的影响有极显著差异($P < 0.01$)。与对照处理

(8 618.85 kg/hm²)相比,处理 5、6、7、8 的灵武长枣产量分别增产 741.75、27.45、67.20、466.05 kg/hm²,增产率分别为 8.61%、0.32%、0.78%、5.41%。与处理 14(0 水平)相比,各施肥处理下的果实单果质量和产量均显著增大。经方差分析可得,不同施肥配方处理对灵武长枣产量的影响有极显著差异($P < 0.01$)(表 3)。

表 3 灵武长枣单果质量及其产量

组合	处理	单果质量 (g)	单株产量 (kg/株)	折合产量 (kg/hm ²)
1	N ₀ P ₂ K ₂	11.83 ± 0.23e	50.79 ± 1.670 2f	6 854.40 ± 4.43g
2	N ₁ P ₂ K ₂	11.98 ± 0.23c	61.95 ± 1.665 4cd	8 362.95 ± 3.691e
3	N ₂ P ₁ K ₂	10.06 ± 0.115i	48.93 ± 1.665f	6 608.40 ± 4.452h
4	N ₂ P ₁ K ₂	12.89 ± 0.166b	59.51 ± 1.67de	8 033.55 ± 3.090c
5	N ₂ P ₂ K ₂	13.71 ± 0.216a	69.34 ± 1.670 4a	9 360.60 ± 5.601a
6	N ₂ P ₃ K ₂	12.13 ± 0.118e	64.06 ± 1.67bc	8 646.30 ± 0.102cd
7	N ₂ P ₂ K ₀	11.51 ± 0.23f	64.32 ± 1.665 3bc	8 686.05 ± 4.456cd
8	N ₂ P ₂ K ₁	12.59 ± 0.221e	67.30 ± 1.67ab	9 084.90 ± 2.746b
9	N ₂ P ₂ K ₃	10.97 ± 0.217g	56.82 ± 1.67e	7 671.30 ± 6.156f
10	N ₃ P ₂ K ₂	10.38 ± 0.118h	56.18 ± 1.675 4e	7 581.45 ± 5.1f
11	N ₁ P ₁ K ₂	9.79 ± 0.118j	40.91 ± 1.66g	5 525.25 ± 3.105i
12	N ₁ P ₂ K ₁	9.93 ± 0.118ij	50.04 ± 1.670 2f	6 756.30 ± 4.1gh
13	N ₂ P ₁ K ₁	11.54 ± 0.118f	62.21 ± 1.64 5bcd	8 533.65 ± 4.095de
14	N ₀ P ₀ K ₀	8.78 ± 0.177k	33.62 ± 1.680 2h	4 539.75 ± 3.765j
CK	常规	12.34 ± 0.23d	63.16 ± 1.675 1bc	8 618.85 ± 3.710cd

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 施肥模型建立与肥料最佳施用量分析

2.3.1 各肥料单因素效应分析 对施肥处理的不同产量结果进行一元二次方程拟合,通过氮元素的肥料效应方程(磷肥钾肥水平一致,氮肥不同处理水平时)可以得出,该试验点

最高产量施氮肥量(纯 N)为 248.25 kg/hm²,长枣产量为 9 080.70 kg/hm²。经济最佳施肥量为 236.40 kg/hm²,最佳产量为 9 033.15 kg/hm²。通过磷元素的肥料效应方程(氮肥钾肥水平一致,磷肥不同处理水平时)可求得,该试验点最高

产量施磷肥量 (P_2O_5) 为 189.00 kg/hm², 长枣产量为 9 092.85 kg/hm²。经济最佳施肥量为 156.90 kg/hm², 最佳产量为 9 012.60 kg/hm²。通过钾元素的肥料效应方程(氮肥磷肥水平一致, 钾肥不同处理水平时)可以得出, 该试验点最高产量施钾肥量 (K_2O) 为 71.25 kg/hm², 长枣产量为 9 390.30 kg/hm²。最佳施钾量为 63.60 kg/hm², 最佳产量 9 381.00 kg/hm²。随着氮磷钾肥施用量的增加, 长枣产量逐

渐增加, 但达到一定的施肥量以后, 肥料施用量的增加反而会降低产量。说明在合理的施肥条件下, 增加氮磷钾肥可以提高灵武长枣产量, 随着氮磷钾肥用量的增加, 灵武长枣产量出现先增加后下降的趋势。参考肥料和灵武长枣 2017 年市场价(纯 N 4.57 元/kg, P_2O_5 23.33 元/kg, K_2O 12 元/kg, 灵武长枣 5 元/kg), 根据拟合方程可以求出氮磷钾肥(纯 N、 P_2O_5 、 K_2O)的最佳施用量为 236.40、156.90、63.60 kg/hm²。

表 4 氮磷钾肥料效应方程

因素	处理	产量 (kg/hm ²)	效应方程	<i>r</i>	<i>F</i> 值	<i>F</i> _{0.05}
N	1	6 854.40	$y = -0.576 4x^2 + 19.033x + 449.41$	0.925 9	1 646.708	3.481
	2	8 362.95				
	5	9 360.60				
	10	7 581.45				
P	3	6 608.40	$y = -1.078x^2 + 27.22x + 434.08$	0.954 0	742.481	3.481
	4	8 033.55				
	5	9 360.60				
	6	8 646.30				
K	5	9 360.60	$y = -2.348x^2 + 22.33x + 572.93$	0.895 8	2.479	3.481
	7	8 686.05				
	8	9 084.90				
	9	7 671.30				

2.3.2 各肥料间的互作效应 对各施肥处理的不同产量结果进行二元二次方程拟合可得:

$y = 278.51 + 13.96N + 16.57P - 0.25N^2 - 0.26P^2 - 0.25NP$ (氮肥磷肥间的互作效应);

$y = 295.93 + 18.31N + 17.21K - 0.16N^2 + 0.06K^2 - 1.32NK$ (氮肥钾肥间的互作效应);

$y = 325.96 + 23.29P + 15.96K - 0.20P^2 - 0.39K^2 - 1.51PK$ (磷肥钾肥间的互作效应)。

式中: y 为产量, kg/hm²; N 、 P 、 K 分别为尿素用量、 P_2O_5 用量、 K_2O 用量, kg/hm²。

分析氮肥磷肥间的互作效应拟合方程, 获得复相关系数 (R) 为 0.849 5, 标准误差 (S_y) 为 62.360 1。经方差分析, $F = 4.15 > F_{0.01} = 0.037$, 说明处理产量与氮、磷肥施用量之间在 0.01 水平存在极显著回归关系。根据拟合方程算出的施肥量偏高, 拟合不成功, 此方程不适用于推荐施肥。

分析氮肥钾肥间的互作效应拟合方程, 获得复相关系数 (R) 为 0.780 6, 标准误差 (S_y) 为 73.875 9。经方差分析, $F = 2.49 > F_{0.01} = 0.120 2$, 说明处理产量与氮钾肥施用量之间在 0.01 水平存在极显著回归关系。根据回归方程可以算出, 该试验点最高产量施氮肥量为 209.85 kg/hm², 最高施钾量为 157.05 kg/hm², 长枣产量为 7 718.10 kg/hm²。经济最佳施氮量为 156.90 kg/hm², 最佳施钾量为 160.05 kg/hm², 最佳产量为 7 696.20 kg/hm²。

分析磷肥钾肥间的互作效应拟合方程, 获得复相关系数 (R) 为 0.711 1, 标准误差 (S_y) 为 83.091 6。经方差分析, $F = 1.64 > F_{0.01} = 0.254 8$, 说明处理产量与磷、钾肥施用量之间在 0.01 水平存在极显著回归关系。根据拟合方程算出的施肥量偏高, 拟合不成功, 此方程不适用于推荐施肥。

对施肥处理的不同产量结果进行分析获得氮(N)、磷

(P_2O_5)、钾(K_2O)3 种肥料间的互作效应方程为

$y = 291.17 + 34.02x_1 + 0.82x_2 - 24.60x_3 - 0.30x_1^2 - 0.24x_2^2 - 0.45x_3^2 - 1.10x_1x_2 - 1.28x_1x_3 + 4.44x_2x_3$ 。

式中: y 为产量; x 为肥料用量, x_1 为 N 用量, x_2 为 P_2O_5 用量, x_3 为 K_2O 用量, 单位均为 kg/hm²。同时, 获得复相关系数 (R) 为 0.928 8, 标准误差 (S_y) 为 61.969 7。经方差分析, $F = 2.790 9 > F_{0.01} = 0.167 8$, 说明处理产量与氮、磷、钾肥料施用量之间在 0.01 水平存在极显著回归关系。根据拟合方程算出的施肥量偏高, 拟合不成功, 此方程不适用于推荐施肥。

有研究认为, 三元二次施肥模型在对“3414”试验进行公式拟合计算推荐施肥量时, 试验成功率低、推荐施肥量偏高; 而利用一元二次肥料效应方程推算“3414”试验推荐施肥量时, 拟合成功率高, 结果更为全面合理, 一元肥料效应模型是对三元二次肥料模型拟合的补充和优化。至于养分间存在的交互效应, 一元肥料效应模型拟合“3414”试验时, 将一个“3414”试验分成了 3 个单因素试验, 虽然表面上是单因素试验处理, 但其中已经隐含了肥料间的交互效应, 当考虑其中 1 个因素时, 另外 2 个因素其实是完全满足需要的, 一元肥料效应方程实际上是在交互作用存在的条件下对单一因素的拟合分析^[11-12]。

方程拟合结果表明, 本试验不推荐采用二元二次和三元二次肥效模型, 一元二次肥效模型能更好地表达土壤施肥量与长枣产量间的关系。根据一元二次拟合方程可以求出氮磷钾肥(纯 N、 P_2O_5 、 K_2O)的最佳施用量为 236.40、156.90、63.60 kg/hm², 最佳经济产量为 9 142.20 kg/hm²。

3 讨论与结论

合理搭配使用氮磷钾肥, 做到平衡施肥, 可以提高作物产

量,增加经济效益,在农业生产实践中的意义重大^[13-14]。氮磷钾配施,能够提高果实维生素C、可溶性总糖、可溶性固形物含量及果实产量^[15-16]。有研究发现,合理的氮、磷、钾肥配比施用提高了猕猴桃的维生素C、可溶性糖含量,增产效果显著^[17]。在大田进行施肥配方试验,对尿素、过磷酸钙、硫酸钾3种肥料进行不同水平的配施,探讨施肥对无核白葡萄产量与品质的影响,试验发现,氮磷钾肥合理配施有利于对葡萄树体的营养生长和生殖生长有一定的协调作用,适宜的施肥水平能提高坐果率,提高单果质量和果实产量,并且能够增加果实中维生素C、可溶性固形物和可滴定酸的含量,提升果实品质^[18]。在磷肥和钾肥为2水平的基础上,增施氮肥能有效降低果实中的有机酸含量,增加果实中的可溶性糖含量,而在氮肥和磷肥为2水平的基础上,施钾能增加果实中维生素C、有机酸和可溶性糖的含量^[19]。合理增加钾肥用量对果实中总酸含量的增加有重要的作用,从而改善果实品质,提高葡萄产量^[20-22]。刘璇等的研究结果表明,当尿素施用量为1 176 g/株、过磷酸钙施用量为2 273 g/株、氯化钾施用量为245 g/株时,红枣的还原糖、总糖、还原型维生素C和有机酸的含量均显著增加^[23]。也有人指出,合理的施肥配方能显著增大设施葡萄的纵横径^[24]。本试验结果表明,配方施肥处理下,果实纵横径、维生素C含量、黄酮含量、可溶性糖含量及其有机酸含量与对照相比均有所提高,其中处理5(N₂P₂K₂)的果实可溶性糖含量最高,处理8(N₂P₂K₁)的果实维生素C含量和黄酮含量最高,处理1(N₀P₂K₂)的有机酸含量最高。

王涛等分析比较了影响马铃薯产量的试验因子的主效应和互作效应,计算出了马铃薯的最佳经济化肥施肥用量组合为氮(258.6 kg/hm²)、磷(131.1 kg/hm²)、钾(71.1 kg/hm²)^[25]。钟德卫等进行了玉米“3414”田间肥效试验,对玉米产量进行一元二次肥料拟合方程进行相关分析,得到最佳施肥方案:当纯N、P₂O₅、K₂O分别为244.38、58.75、107.38 kg/hm²时,获得最佳产量6 975.60 kg/hm²,最大效益16 888.58元/hm²^[26]。威士胜等根据三元二次肥料效应方程,得出理论氮、磷、钾肥的最佳施用量分别为154.50、51.00、34.50 kg/hm²^[27]。

在本试验中,对氮磷钾三因素进行单因素一元二次方程拟合,同时参考肥料和灵武长枣2017年市场价(纯氮4.57元/kg, P₂O₅ 23.33元/kg, K₂O 12元/kg, 灵武长枣5元/kg),根据回归方程可以求出氮磷钾肥(纯N、P₂O₅、K₂O)的最佳施用量为236.40、156.90、63.60 kg/hm²。最佳产量为9 142.20 kg/hm²。综上所述,配方施肥能够改善各处理果实品质,提高产量,与前人研究结果一致。

氮磷钾肥合理的配施可提高灵武长枣的果实品质,不施肥、施肥种类不足和过量施肥均会导致果实的品质下降。处理8的果实维生素C含量、黄酮含量、果实横径最大,可溶性糖含量以及果实纵径以处理5效果最佳,处理8的有机酸含量最小。

合理的氮磷钾肥配施对灵武长枣有明显的增产作用,并且产量随氮磷钾肥施用量的增加呈先增后降的趋势。根据一元二次方程求得,氮磷钾肥(纯N、P₂O₅、K₂O)的最佳施用量分别为236.40、156.90、63.60 kg/hm²,最佳产量为9 142.20 kg/hm²。

不同施肥处理下,与CK(常规施肥)相比,处理5(N₂P₂K₂)的单果质量和单株产量最高,分别比CK处理高出11.10%、9.78%。

处理5(N : P₂O₅ : K₂O = 2.53 : 1.49 : 1)的增产效果最佳,产量为9 360.60 kg/hm²,经济效益为40 050元/hm²。故推荐该施肥量为本试验地的最佳施肥量,可作为灵武市园艺场长枣种植园区枣田的施肥方案。

参考文献:

- [1] 闫亚丹,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.
- [2] 杨柏青,李伟,刘学贵. 灵武长枣灌水管理现状的调查与分析[J]. 农业科学研究,2008,29(2):97-98.
- [3] 苏世荣. 果树配方施肥应注意的几个问题[J]. 山西果树,2008(4):25-26.
- [4] 李华,王英,马雪峰,等. 宁夏灵武长枣示范园区土壤养分调查与分析[J]. 北方园艺,2013(17):178-182.
- [5] 黄素平,吴传雪,吕秀兰. 配方施肥对美人指葡萄生长和果实品质的影响[J]. 安徽农业科学,2016,44(33):29-32.
- [6] 陈涛,巩小玲. 配方施肥对黄金梨生长结果的影响[J]. 农业科技通讯,2010(6):91-93.
- [7] 刘国强,郑国栋,彭建平,等. 配方施肥对枇杷产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(25):190-193.
- [8] 穆洪海,杨怀亮,闫明升,等. 配方施肥对白菜产量和品质的影响[J]. 现代农业科技,2010(4):140-141.
- [9] 唐瑞英. 不同施肥措施对荔枝生长及矿质营养影响的研究[D]. 南宁:广西大学,2011.
- [10] 刘永刚. 灵武长枣栽培中存在的问题及解决措施探讨[J]. 宁夏农林科技,2011,52(8):33-34.
- [11] 王圣瑞,陈新平,高祥照,等. “3414”肥料试验模型拟合的探讨[J]. 植物营养与肥料学报,2002(4):409-413.
- [12] 王克安,杨宁,吕晓惠,等. 洋葱氮磷钾肥配施效应模型构建及其推荐用量研究[J]. 中国土壤与肥料,2015(2):57-62.
- [13] Sharma K M, Sharma D, Tomar S S, et al. Balanced fertilization and bioregulators: enhancing productivity and profitability of wheat (*Triticum aestivum*) [J]. Archives of Agronomy & Soil Science, 2012,58(1):61-71.
- [14] Zhang Q Q, Yan L. Regional formula fertilization considering environment information incompleteness [J]. Asian Agricultural Research, 2015,7(11):72-81.
- [15] 邹永翠,王强,彭方明,等. 测土配方施肥对红阳猕猴桃产量和品质的影响[J]. 乡村科技,2016(8):79-80.
- [16] 郝国伟,白牡丹,高鹏,等. 氮、磷、钾配比施肥对玉露香梨果实品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(1):23-27.
- [17] 高义民,同延安. 氮磷钾肥对陕西关中猕猴桃品质、产量和经济效益的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(2):138-140.
- [18] 蒋万峰,周建斌. 氮磷钾化肥配合施用对无核白葡萄品质与产量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009(3):4-8.
- [19] 马海洋,石伟琦,刘亚男,等. 氮、磷、钾肥对卡因菠萝产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(4):901-907.
- [20] Poni S, Quartieri M, Tagliavini M. Potassium nutrition of Cabernet Sauvignon grapevine as affected by shoot trimming [J]. Plant and Soil, 2003,253(2):341-351.

薛晓敏,韩雪平,王来平,等. 负载量水平对矮化中间砧苹果生长发育、光合作用及产量品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):202-206.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.048

负载量水平对矮化中间砧苹果生长发育、光合作用及产量品质的影响

薛晓敏¹, 韩雪平¹, 王来平¹, 丛培建², 聂佩显¹, 王金政¹

(1. 山东省果树研究所, 山东泰安 271000; 2. 山东省荣成市农业农村事务服务中心, 山东荣成 264300)

摘要:以7年生矮化中间砧红富士苹果为材料,研究不同负载量水平对叶片形态和生理指标、光合作用、冠层结构、果实品质及产量等的影响。结果表明,负载量对叶片影响较大,随着负载量升高,叶面积逐步减小,叶绿素含量逐步增大;高负载量时,增加了胞间二氧化碳浓度和羧化效率,从而提高了叶片净光合速率;同时也增大了叶面积指数,减小了叶倾角,使植株受光面积变大,冠层截获的辐射能升高,但直接辐射透过率和散射辐射透过率变小,严重影响了树冠下层光截获能力;随着负载量增大,落果严重,果实品质变差,小果比例升高。综合分析认为,矮化中间苹果以中等负载量水平,即留果4个/cm²,折合为6000 kg/hm²,为较适宜的负载量。

关键词:负载量;苹果;生长发育;品质;产量;光合作用

中图分类号: S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0202-05

矮化密植栽培模式是世界苹果栽培发展的主流方向,具有省力、节本、简单易操作和适于机械化管理等优势,是我国现代果业发展的重要趋势和必然要求^[1-3]。而苹果矮砧密植栽培在我国并非首创,早在20世纪80年代全国曾掀起过苹果矮砧栽培的热潮,有学者统计,1987年全国矮砧苹果栽培面积1.02万hm²,此后迅速发展,到1992年全国矮砧苹果面积达到8万hm²,接近全国苹果总面积的5%,但受当时条件限制,砧木、品种、树形、栽培技术等方面诸多不配套,致使矮砧苹果发展处于停滞状态^[4-5]。其中,矮砧苹果树不高、树势早衰、树干倾斜在多数矮砧果园都有表现,而造成这种现象的一个重要原因就是花果管理不当,幼树期和初盛果期负载过大^[6]。因此,研究矮砧苹果的适宜负载量对于现代苹果矮化

密植栽培模式的稳定发展具有重要意义,关系到当年及以后树体发育、产量、品质及效益。曾有学者对于负载量指标进行过探讨,如利用干周法、干截面法、叶果比法、间距法^[7-10]等,但其应用对象多是在栽培中占主导地位的乔砧苹果,指标是否同样适宜于矮化中间砧苹果,还须进一步验证。为此,本试验在前期研究的基础上^[6,11-14],继续开展不同负载量水平对叶片、光合、冠层、产量及品质的影响,旨在确定盛果期矮化中间砧矮砧适宜负载量水平,为苹果生产提供参考依据。

1 材料与方法

试验于2016年在山东省果树研究所天平湖基地进行。试验品种为天红2号/SH38/海棠。

1.1 试验园概况

果园总面积2.67hm²,试验园采用现代矮砧密植集约栽培模式,2010年春季利用2年生矮化中间砧大苗建园,宽行密植,南北行向,行间生草,钢管铁丝支架栽培,高纺锤树形,株行距4.0m×1.0m,果园土质为沙壤土,肥力中等,灌溉条件良好,管理水平中等偏上,树势健壮,生长整齐。

1.2 试验设计

选取生长势一致、大小相近的植株作为试验树,单株小区,3~5次重复。试验设3个负载量水平:低负载量T1,

红枣品质的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(1):127-129.

[24]王进. 平衡施肥对设施葡萄生长及结果影响研究[D]. 雅安:四川农业大学,2013.

[25]王涛,何文寿,姜海刚,等. 氮磷钾不同用量对马铃薯产量和淀粉含量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(3):80-86.

[26]钟德卫,邓燕,康祝科,等. 不同N、P、K施肥量对玉米生育性状和产量的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(5):88-90.

[27]戚士胜,胡凤桂,李应生,等. 寿县水稻“3414”完全肥料效应田间试验[J]. 安徽农业科学,2016,44(16):131-133.

收稿日期:2018-07-23

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2017CXGC0210);国家重点研发计划(编号:2017YFD0701402-1);农村领域国家科技支撑计划(编号:2014BAD16B02-2);苹果产业技术体系建设专项(编号:CARS-27)。

作者简介:薛晓敏(1979—),女,河北邯郸人,副研究员,主要从事水果遗传育种与栽培研究。E-mail: xuexiaomin79@126.com。

通信作者:王金政,研究员,主要从事水果遗传育种与设施栽培研究。Tel: (0538)8298263; E-mail: wjz992001@163.com。

[21] Ruhl E H. Effect of potassium and nitrogen supply on the distribution of minerals and the composition of grape juice of Sultana vines[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1989, 29(1): 133-137.

[22] Calvert D V. Response of 'Marsh' grapefruit trees in the Indian River area to potassium application yield and fruit quality[J]. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 1974, 86: 13-19.

[23]刘璇,王渭玲,徐福利,等. 氮、磷、钾对黄土丘陵区山地滴灌