

不同施肥处理对红早酥光合特性及果实品质的影响

韩多红^{1,2}, 周德峰³, 张鹏举³

(1. 河西学院生命科学与工程学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省河西走廊特色资源利用省级重点实验室, 甘肃 张掖 734000; 3. 甘州区西城驿林场, 甘肃 张掖 734000)

摘要:以7年生的红早酥梨为试材, 研究不施肥($N_0P_0K_0$)、缺氮(N_0PK)、缺磷(NP_0K)、缺钾(NPK_0)和氮磷钾全施(NPK)的5个施肥处理对红早酥光合特性和果实品质的影响, 为农业生产上合理施肥提供参考。结果表明: 氮肥对叶片净光合速率、气孔导度和水分利用效率影响较大, 磷肥对叶片蒸腾速率、饱和水汽压差影响较大, 钾肥对胞间 CO_2 浓度影响较大; 氮磷钾全施与不施肥相比, 叶片中的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度和水分利用效率分别增大了87.76%、69.95%、104.81%、78.68%和57.14%; 缺钾对果实可溶性固形物、总酸、可溶性糖含量影响明显; 净光合速率与气孔导度、水分利用效率和果实果径均存在正相关性, 胞间 CO_2 浓度与果实果径、可溶性固形物含量和总酸呈显著的正相关($P<0.05$)。

关键词:红早酥; 施肥处理; 光合特性; 果实品质

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)01-0112-05

Effects of Different Fertilization Treatments on Photosynthetic Characteristics and Fruit Quality of "Hongzaosu" Pear

HAN Duohong^{1,2}, ZHOU Defeng³, ZHANG Pengju³

(1. College of Life Sciences and Engineering, Hexi University, Zhangye 734000; 2. Key Provincial Laboratory of Universities in Gansu Province for Characteristic Resources Utility in Hexi Corridor, Zhangye 734000; 3. Forest Farm of Xichengyi, Zhangye 734000, China)

Abstract: The effects of $N_0P_0K_0$, N_0PK , NP_0K , NPK_0 and NPK on the photosynthetic characteristics and fruit quality of the seven-year-old "Hongzaosu" pear were studied, so as to provide a reference for rational fertilization in agricultural production. The results showed that nitrogen fertilizer have a great influence on net photosynthetic rate, stomatal conductance and water use efficiency. Phosphate fertilizer have a great influence on transpiration rate and saturation vapor pressure difference, and potash fertilizer have a great influence on intercellular CO_2 concentration. The net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO_2 concentration and water use efficiency of the leaves with NPK were increased by 87.76%, 69.95%, 104.81%, 78.68% and 57.14%, respectively, compared with $N_0P_0K_0$. The effect of potassium deficiency on soluble solid, total acid and soluble sugar content was obvious. The net photosynthetic rate was positively correlated with stomatal conductance, water use efficiency and fruit diameter, and intercellular CO_2 concentration was significantly positively correlated with fruit diameter, soluble solid content and total acid ($P<0.05$).

Key words: "Hongzaosu" pear; Fertilization treatment; Photosynthetic characteristics; Fruit quality

红早酥梨是早酥梨的红色芽变品种, 属于白梨品种, 其果实红色, 成熟期早, 品质优, 耐贮性强^[1]。红早酥梨自引入河西地区进行试栽以来, 由于其适应性强, 抗寒抗旱, 丰产稳产, 果实外观

及品质较优, 已成为当地主栽梨树品种之一。当前, 在河西走廊的梨树栽植区, 果农大多凭借经验施肥, 致使土壤板结、肥料利用率低、施肥量增多、果实品质不一致等问题频频出现, 对当地梨产业的发展造成了严重影响。N、P、K为植物生长发育的三大元素, 是植物生长过程中必需的矿质元素, 还是提高果树产量和品质的重要途径之一^[2]。近年来, 对于红早酥的研究主要集中在栽

收稿日期: 2019-12-29

基金项目: 甘肃省林业和草原科技计划项目(2019kj028)

作者简介: 韩多红(1977-), 男, 副教授, 主要从事特色果品产业研究。

培技术^[3-4]、日光合变化^[5]等方面,而不同施肥对其光合特性及果实品质的影响则未见报道。本研究通过调控氮磷钾施肥量,测定作物的各项光合参数和果实品质等指标,旨在探讨红早酥对氮磷钾肥的响应程度,以期为河西地区红早酥栽培中的科学合理施肥提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于河西走廊中段的张掖市甘州区,38°32'~39°25' N,100°04'~100°52' E。气候属大陆性荒漠气候,降雨量为130.2 mm,年平均蒸发量2 048.4 mm;多年平均气温为7℃,太阳年辐射总量为5 514.08 MJ/m²,年平均日照时数3 086 h;历年最高气温37.4℃,最低气温-28℃;≥0℃积温3 388℃·d,≥10℃积温2 896.6℃·d,无霜期150 d,昼夜温差大;灾害性天气有大风、沙尘暴、干热风、干旱、晚霜冻等。土壤类型为灰棕漠土、盐土和风沙土,保水保肥能力差。

1.2 试验材料与设计

本试验于2019年在张掖市甘州区老寺庙农场梨园内进行,选用7年生红早酥梨树,株行距为5 m×6 m,树形为圆柱形。选取长势相近的树体,每个处理为5棵树,每处理重复3次,采用常规统一管理方式。单因素随机区组设计,设置5个处理:对照(N₀P₀K₀)、缺氮(N₀PK)、缺磷(NP₀K)、缺钾(NPK₀)和氮磷钾全施(NPK),详见表1。肥料选用尿素(N:46%)、重过磷酸钙(P₂O₅:46%)和硫酸钾(K₂O:51%),尿素施用量在果树萌芽前、果前期分2次各施入50%,磷肥和钾肥在萌芽前一次性施入,施用方式为沟施。

表1 各处理施肥量设计

处理	单株施肥量(g)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
N ₀ PK	0	276	102
NP ₀ K	368	0	102
NPK ₀	368	276	0
NPK	368	276	102

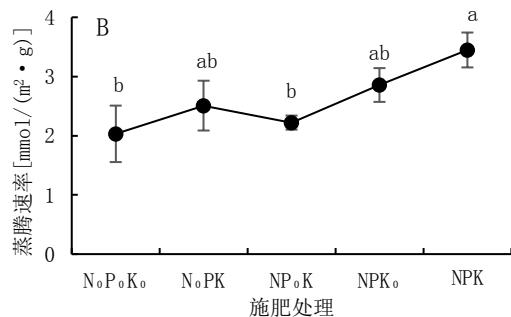
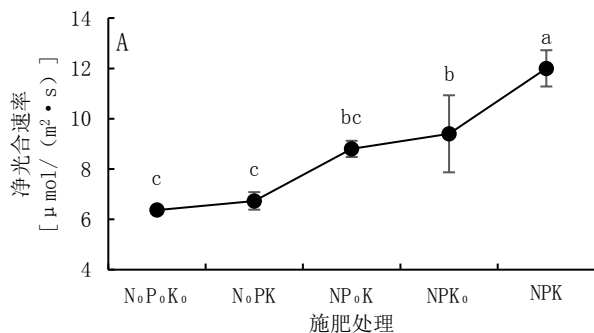


图1 不同施肥处理对红早酥净光合速率和蒸腾速率的影响

(NPK₀)和氮磷钾全施(NPK),详见表1。肥料选用尿素(N:46%)、重过磷酸钙(P₂O₅:46%)和硫酸钾(K₂O:51%),尿素施用量在果树萌芽前、果前期分2次各施入50%,磷肥和钾肥在萌芽前一次性施入,施用方式为沟施。

1.3 测定方法

1.3.1 红早酥光合指标的测定

于2019年7月采用LI-6400便携式光合系统测定光合指标,选择晴天无云、太阳辐射强的天气条件测定,时间段为9:00~10:00,气温28~30℃,空气相对湿度40%,每个试验树种测试6个样叶,每个样叶记录数据6次,结果取平均值。光合参数包括净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO₂浓度、水分利用效率和饱和水汽压差。

1.3.2 红早酥果实品质的测定

于8月30日果实成熟期采集果实样品,从每棵树的东南西北四个方位树冠外围采集无病虫害、果面洁净的果实20个,采后带回实验室。单果质量采用电子天平称量法测定;果实果径测定采用游标卡尺测量;可溶性固形物用手持糖度计直接测定;可溶性糖采用蒽酮比色法测定;总酸采用氢氧化钠滴定法测定;果肉硬度采用果实硬度计进行测定。

1.4 数据处理

采用SPSS 20.0统计分析软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著法(LSD)检验其差异显著性($P<0.05$),Pearson相关性分析,Origin 8.0绘图。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对红早酥叶片光合参数的影响

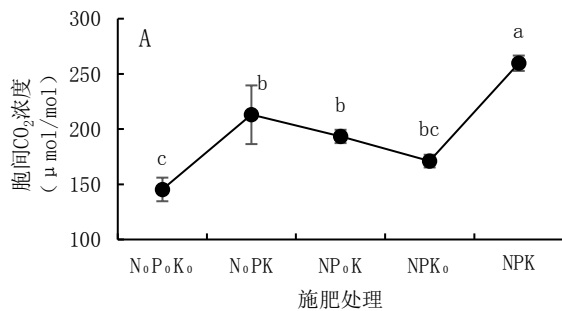
2.1.1 对净光合速率和蒸腾速率的影响

由图1A可知,叶片的净光合速率在NPK处理下最大[11.96 μmol/(m²·s)],N₀P₀K₀最小[6.37 μmol/(m²·s)],NPK比N₀P₀K₀增大了87.76%。

NPK、NPK₀与N₀P₀K₀差异显著($P<0.05$), N₀PK、NP₀K与N₀P₀K₀差异不显著。由图1B可知,NPK处理的蒸腾速率最大[3.45 mmol/(m²·s)],N₀P₀K₀最小[2.03 mmol/(m²·s)],二者差异显著($P<0.05$); NPK与NP₀K差异显著($P<0.05$),但N₀PK、NPK₀与N₀P₀K₀差异不显著。

2.1.2 对胞间CO₂浓度和气孔导度的影响

由图2A可知,NPK处理的胞间CO₂浓度最大



259.67 [μmol/(m²·s)],比N₀P₀K₀增大了78.68%; NPK₀、N₀P₀K₀的胞间CO₂浓度较小,分别为145.33、171.01[μmol/(m²·s)],二者间差异不显著($P>0.05$);由图2B可知,NPK处理的气孔导度最大[212.33 mol/(m²·s)],较N₀P₀K₀增加了104.81%;与N₀P₀K₀相比,N₀PK、NP₀K和NPK₀的气孔导度分别增大了42.11%、58.19%和91.31%;各施肥处理的气孔导度均与N₀P₀K₀间差异显著($P<0.05$)。

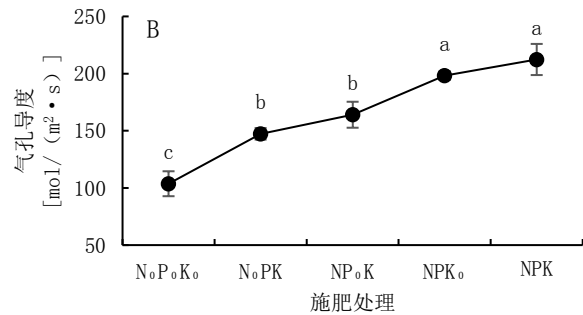


图2 不同施肥处理对红早酥胞间CO₂浓度和气孔导度的影响

2.1.3 对水分利用效率和饱和水汽压差的影响

由图3A可知,在不同施肥处理中,NPK的水分利用效率最大(3.63 μmol/mmol),N₀P₀K₀最小(2.31 μmol/mmol),NPK比N₀P₀K₀增大了1.32 μmol/mmol,增幅为57.14%;N₀PK、NP₀K和NPK₀间

差异不显著($P>0.05$)。由图3B可知,NPK处理的饱和水汽压差最小(3.23 kPa),N₀P₀K₀最大(4.43 kPa),NPK较N₀P₀K₀下降了37.15%;NP₀K与N₀P₀K₀差异不显著,其余各施肥处理与N₀P₀K₀间均存在显著性差异($P<0.05$)。

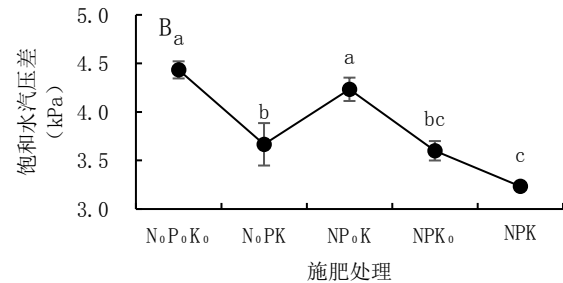
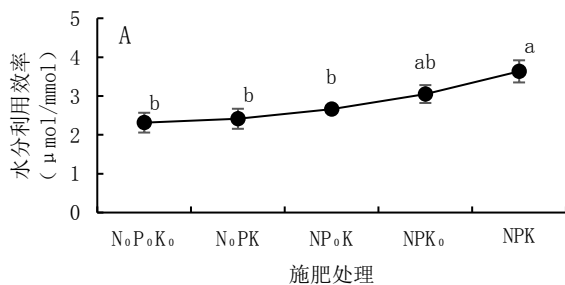


图3 不同施肥处理对红早酥水分利用效率和饱和水汽压差的影响

2.2 不同施肥处理对红早酥果实品质的影响

2.2.1 对单果质量和果径的影响

由图4A可知,N₀P₀K₀处理的单果质量最小(210.84 g),NPK最大(282.70 g),N₀PK、NP₀K和NPK₀处理分别较N₀P₀K₀增加了19.66%、11.65%和

25.60%,其中NP₀K较N₀P₀K₀增幅较小,两者间无显著性差异。由图4B可知,NPK处理的果实果径最大(7.93 cm),N₀P₀K₀最小(7.38 cm),N₀PK、NP₀K和NPK₀的果径为7.54~7.57 cm,与N₀P₀K₀间均无显著性差异。

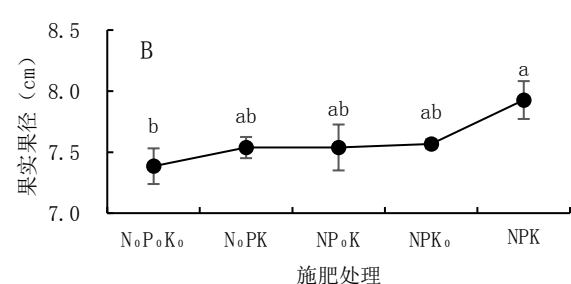
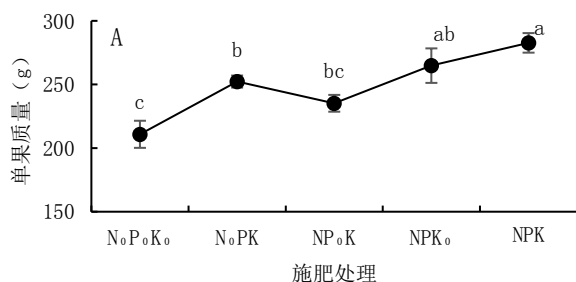


图4 不同施肥处理对红早酥单果质量和果实果径的影响

2.2.2 对果实可溶性固形物和可溶性糖的影响

由图 5A 可知, N₀P₀K₀ 处理的果实可溶性固形物最小 (10.77%), NPK 最大 (13.44%), 两者间差异显著 ($P < 0.05$); N₀PK 和 NP₀K 的可溶性固形物含

量均较高 ($\geq 12\%$), NPK₀ 含量较低 (11.00%)。由图 5B 可知, NPK 和 NP₀K 的可溶性糖均较高 (≥ 7.67 mg/g), N₀PK、NPK₀ 和 N₀P₀K₀ 的可溶性糖均较低 (≤ 7.37 mg/g), 三个处理间差异不显著。

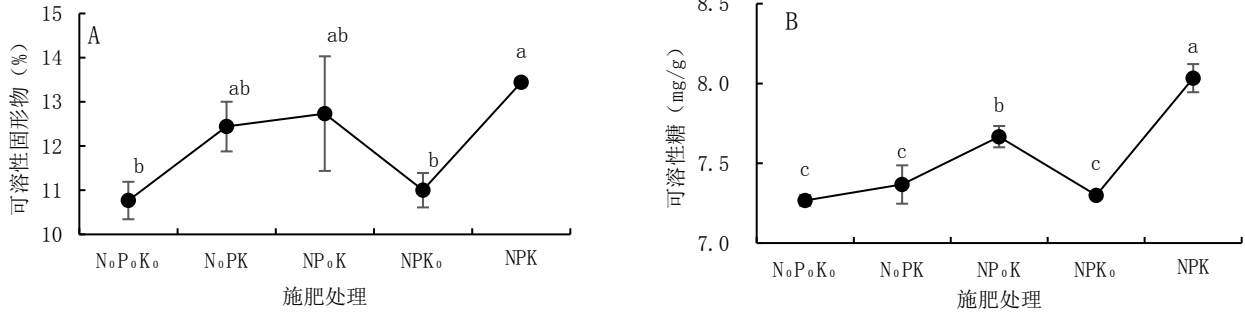


图 5 不同施肥处理对红早酥果实可溶性固形物和可溶性糖的影响

2.2.3 对果实总酸和果肉硬度的影响

由图 6A 可知, N₀P₀K₀ 和 NPK₀ 的果实总酸含量均较低 (≤ 0.275 mg/g), N₀PK、NP₀K 和 NPK 的总酸含量均较高 (≥ 0.30 mg/g); 其中 N₀P₀K₀ 的总酸含量

最低 (0.253 mg/g), NPK 最高 (0.31 mg/g)。由图 6B 可知, N₀P₀K₀、N₀PK 和 NPK₀ 的果肉硬度均较高 (≥ 13 N/S), 且三个处理差异不显著, NPK 的果肉硬度最小 (7.12 N/S)。

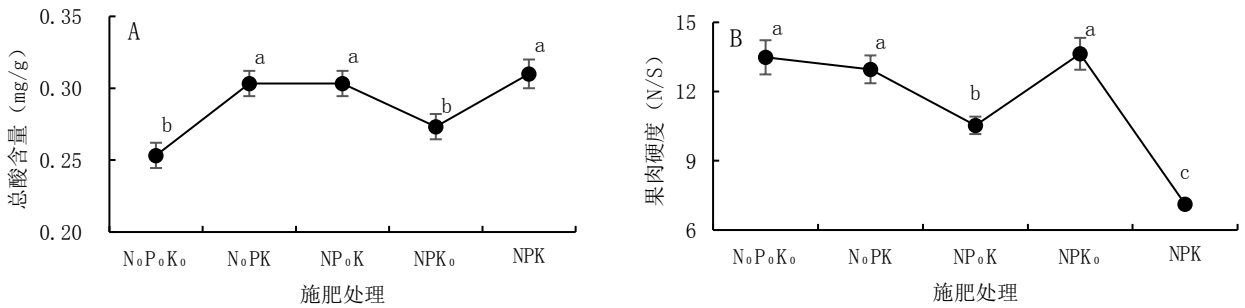


图 6 不同施肥处理对红早酥果实总酸和果肉硬度的影响

2.3 红早酥光合参数和果实品质的相关性分析

Pearson 相关性分析 (表 2) 表明: 净光合速率与气孔导度、果径呈显著正相关 ($P < 0.05$), 与水分

利用效率呈极显著正相关 ($P < 0.01$); 蒸腾速率与气孔导度呈显著正相关 ($P < 0.05$), 与饱和水汽压差呈显著负相关 ($P < 0.05$); 胞间 CO₂ 浓度与果径、

表 2 红早酥叶片光合参数与果实品质的相关性

相关参数	净光合速率	蒸腾速率	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度	水分利用效率	饱和水汽压差	单果质量	果实果径	可溶性固形物	可溶性糖	总酸	果肉硬度
净光合速率	1											
蒸腾速率	0.871	1										
气孔导度	0.911*	0.885*	1									
胞间 CO ₂ 浓度	0.701	0.777	0.667	1								
水分利用效率	0.981**	0.937	0.912*	0.696	1							
饱和水汽压差	0.715	-0.953*	0.835	0.784	-0.799	1						
单果质量	0.810	0.957	0.929	0.788	0.862	-0.978**	1					
果实果径	0.915*	0.934	0.835	0.909*	0.928*	0.848	0.878	1				
可溶性固形物	0.587	0.519	0.513	0.924*	0.512	0.512	0.560	0.759	1			
可溶性糖	0.826	0.654	0.623	0.851	0.759	0.509	0.581	0.879	0.879*	1		
总酸	0.518	0.500	0.570	0.886*	0.447	0.566	0.623	0.684	0.954*	0.736	1	
果肉硬度	0.815	0.652	0.592	0.842	0.755	0.499	0.560	0.876	0.860	-0.997**	0.701	1

注: “*”表示在 $P < 0.05$ 水平时差异显著, “**”表示在 $P < 0.01$ 水平时差异显著

可溶性固形物和总酸含量呈显著正相关($P<0.05$),可溶性固形物与可溶性糖、总酸含量呈显著正相关($P<0.05$),果肉硬度和可溶性糖呈极显著负相关($P<0.01$)。

3 结论与讨论

氮、磷、钾被称为“植物营养三要素”,是作物生长发育、产量形成和品质提升不可或缺的物质基础^[6];植物的光合作用是植物生长过程中的物质和能量基础,提高植物光合生产力和光能利用率是提高植物产量的根本途径^[7]。

本试验中NPK处理的红早酥叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO₂浓度和水分利用效率均高于缺氮、缺磷、缺钾和不施肥处理,表明适宜的氮磷钾肥可有效增强梨树的光合性能。在不同施肥处理后,氮肥对叶片净光合速率、气孔导度和水分利用效率影响较大,这与张亚鸽等^[8]对骏枣光合特性的研究结果一致,可能与缺氮导致叶片中叶绿素的合成受阻,最终影响了叶片的光合效率有关;磷肥对叶片蒸腾速率、饱和水汽压差影响明显,这与柴仲平等^[9]对香梨光合特性的研究一致,可能与缺磷导致蛋白质合成受阻,树体生长受抑制有关;钾肥对胞间CO₂浓度影响明显,这与钾肥可调节作物叶片气孔的开闭有关。

单果质量和果径能反映果实大小,是影响果实外观、商品品级的重要外在品质指标。果实中糖和有机酸组分及其含量与比例是影响果实风味的关键因素^[10-11];本试验中红早酥的单果质量、可溶性固形物等指标均在不施肥处理下最小,氮磷钾全施后最大,这与谭博等^[12]对葡萄果实品质的研究结果相似,说明合理施肥能提高红早酥的果实内在品质。缺钾处理下,果实中可溶性固形物、可溶性糖含量均较低,可能与缺钾导致气孔的关闭而影响光合产物的合成有关;相关性分析

表明,净光合速率与气孔导度、水分利用效率和果实果径间存在正相关性,说明光合参数间有协同作用进而影响光合作用效率;胞间CO₂浓度与果实果径、可溶性固形物和总酸含量呈显著正相关,表明胞间CO₂浓度对果实内在品质的影响较大。

综上所述,在氮磷钾全施处理下,红早酥的光合参数和果实品质均高于其他处理,不施肥处理的各项参数均较差;在肥料种类中,氮肥对光合特性的影响较大,钾肥对果实品质的影响较大。

参考文献:

- [1] 付凝,王斐,欧春青,等.‘红早酥’梨在辽宁喀左的引种表现及栽培技术[J].中国果树,2020(3):99-100.
- [2] 孟凡钢,崔明元,闫晓艳,等.N、P、K后移追肥对大豆产量和农艺性状的影响[J].东北农业科学,2020,45(4):1-4.
- [3] 张艳珍.‘红早酥’梨在内蒙古巴彦淖尔的引种表现及丰产栽培技术[J].中国果树,2020(1):94-96.
- [4] 王玮,李红旭,赵明新,等.红早酥梨在甘肃景泰的引种试验初报[J].甘肃农业科技,2017(12):9-12.
- [5] 韩多红,周德峰,孟好军.干旱荒漠区早酥和红早酥梨夏季光合作用日变化规律研究[J].河南农业科学,2020,49(4):120-123.
- [6] 闫鹏科,于茹,王丹青,等.‘同心圆枣’树氮、磷、钾含量及需肥规律年动态变化[J].果树学报,2020,37(1):77-87.
- [7] 赵许朋,刘燕,魏加练,等.不同浓度MeJA对头花蓼光合和荧光特性的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):37-42,109.
- [8] 张亚鸽,吴正保,史彦江,等.不同施肥处理对骏枣光合特性及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):83-87.
- [9] 柴仲平,王雪梅,孙霞,等.不同施肥处理对香梨膨果期光合特性的影响[J].水土保持研究,2013,20(2):151-155.
- [10] 杜瑞瑞,田海青,梁振旭,等.‘京白梨’不同序位果实发育动态及成熟期内在品质差异分析[J].山东农业科学,2020,52(7):46-49.
- [11] 于振良,朗杰,王超,等.西藏林芝两种野生草莓果实质量的评价研究[J].东北农业科学,2019,44(4):63-65.
- [12] 谭博,曹晓艳,刘怀峰,等.不同施肥方式对全球红葡萄光合日变化及品质的影响[J].新疆农业科学,2014,51(3):410-416.

(责任编辑:刘洪霞)