

网络出版日期:2018-05-09

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20180509.1604.024.html>

不同施钾方式对桃树营养及果实产量和品质的影响

郑继成, 白 红, 石 佩, 范崇辉, 赵彩平

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要 比较不同施钾方式对桃树枝叶营养及果实品质和产量的影响, 以期为西北黄土高原地区桃园钾肥的高效利用提供依据。以 11 a 生的桃栽培品种‘阿部白’为试材, 研究不同施钾方式(施肥枪注射施钾和条状沟施钾, 以不施钾为对照)对新梢、叶片和果实中矿质元素和同化养分质量分数、叶片净光合速率(P_n)以及果实品质和产量的影响。结果表明, 与对照相比, 2 种施钾方式均可显著提高‘阿部白’桃叶片和新梢的 K、N、P 质量分数、可溶性总糖、还原性糖和淀粉的质量分数; 同时果实中的 K、N、P 质量分数也显著提高。施肥枪注射的水钾耦合处理的叶片和新梢中的 K、N 质量分数、还原糖和淀粉的质量分数均显著高于传统的条状开沟施肥处理, 而 P 质量分数和可溶性总糖质量分数在 2 施钾处理间无显著差异。与对照相比, 2 种施钾方式均显著提高叶片的 P_n 。在果实采收期‘阿部白’桃果实的单果质量、可溶性固形物质量分数、固酸比和平均单株产量均表现出注射施钾处理 > 条状沟施钾处理 > 对照, 且不同处理间差异均达到显著水平。此外, 注射施钾处理果实硬度显著高于条状沟施处理。注射施钾的水钾耦合处理方式可显著提高钾肥的利用效率, 在改善桃果实品质和提高产量方面的效果显著优于传统的条状沟施钾方式。

关键词 桃; 钾; 注射施肥; 果实品质

中图分类号 S662.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)05-0699-08

桃(*Prunus persica* L.)是中国生产面积和产量仅次于苹果、柑桔和梨的第四大水果^[1]。近 10 a 中国桃生产面积总体呈增长态势, 目前桃产业已进入专业化、集约化、规模化发展轨道, 但是大多数桃园仍然沿用传统的环状开沟施肥方式, 导致肥料利用率较低, 是限制桃产业进一步发展的主要问题之一。“水肥耦合”或“灌溉施肥”的肥水一体化技术可显著提高肥料的利用率^[2-3], 尤其在旱作农业中表现突出^[4]。因此, 研究旱区农业条件下水钾耦合对桃树枝叶营养、果实品质和产量的影响对制定桃园科学合理的肥水管理措施具有重要的理论意义和实际应用价值。

钾在果树生长发育、产量和品质形成中有重要作用^[4-5]。桃树为喜钾树种, 对钾素的吸收量是氮素的 1.6 倍, 尤其以果实的吸收量最大^[6]。增施钾肥可以显著改善桃^[7]、苹果^[8]、梨^[9]、柑橘^[10]等果树叶片光合特性, 促进光合作用产物(碳水化合物)在叶片中的积累和转化。同时, 施钾在提高

果实产量和品质方面已有大量报道^[11-17]。中国西北黄土高原地区干旱少雨, 钾肥利用率低。研究表明, 在干旱时, 增施钾肥可明显提高植物的水分利用率^[18], 而水分也能促进作物对钾肥的吸收^[19]。因此, 水钾耦合可能在提高钾肥利用率方面有重要作用。利用施肥枪注射施肥是一种设备简单、成本低、易操作的施肥方式, 适合在干旱地区利用。吴小宾等^[20]和张林森等^[21]研究表明, 根际注射施氮能够显著提高果树氮素利用率。白红等^[22]研究认为注射施肥既可加快分解土壤中矿化有机物质和提高难溶性无机物的溶解性, 又可以提高土壤酶活性和微生物数量, 改善土壤微环境, 从而提高桃树根系对肥料的吸收和利用。在中国, 大多数桃园采用条状沟施的施肥方式, 关于钾肥的施用方式研究报道较少。本试验通过对陕西关中地区‘阿部白’桃不同施钾方式对比研究, 旨在分析水钾耦合对桃树枝叶营养及果实品质的影响, 以期为西北黄土高原地区桃园钾肥的高效

收稿日期: 2017-12-04 修回日期: 2018-03-06

基金项目: 国家科技支撑计划(2014BAD16B04); 陕西省科技统筹创新工程计划(2015KTCQ02-23)。

第一作者: 郑继成, 男, 硕士研究生, 研究方向为桃树水肥一体化。E-mail: 1415866161@qq.com

通信作者: 赵彩平, 女, 副教授, 研究方向为果树育种与栽培。E-mail: zhcc@nwsuaf.edu.cn

利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在陕西省咸阳市乾县大墙乡邓家村桃园进行。该地处关中平原中段北侧,渭北高原南缘,

气候温和,光照充足,属暖温带大陆性季风气候,年平均气温 13.1℃,无霜期为 224 d,年平均降雨量在 573~590 mm。以 11 a 生中晚熟品种‘阿部白’桃为试材,株行距 4.0 m×4.0 m,南北行向。土壤为砂壤土,pH 7.52。土壤基本理化性质见表 1。

表 1 土壤的理化性质
Table 1 Basic physico-chemical properties in soil

土层/cm Soil depth	全氮/ (g/kg) Total N	全磷/ (g/kg) Total P	全钾/ (g/kg) Total K	速效钾/ (mg/kg) Available K	碱解氮/ (mg/kg) Available N	速效磷/ (mg/kg) Available P	有机质/ (g/kg) Organic matter
0~30	1.25	0.40	13.72	94.34	95.45	55.35	13.56
30~60	0.78	0.28	13.87	69.84	78.72	46.75	10.04

1.2 试验设计

将 18 棵生长健壮、树势一致的桃树随机分为 3 组,每处理 6 棵桃树。试验设对照(不施钾肥)、条状沟施钾(在距离树干 60 cm 处,开两条宽 35 cm,深 20 cm,长 100 cm 的施肥沟,2 次开沟方向分别为南北和东西,施肥后立即灌水 10 L)和注射施钾(将所施肥用 10 L 水溶解后,利用施肥枪在距离树干 60 cm 处的 35 cm 宽环带区域均匀注射入土壤中,注射深度为 20 cm)3 种处理。于果实膨大期追施钾肥,分别在 2016-05-10 和 2016-06-28 将钾肥施入土壤中,每次单株施入钾肥(K_2SO_4 ,其中 $K_2O\geq 50\%$)0.35 kg。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 新梢和叶片中 N、P、K、糖及可溶性淀粉质量分数的测定 于 7 月下旬分别从东、南、西、北 4 个方向,采集树冠外围中部新梢和新梢中部的成熟叶片。样品采下后立即装入冰盒中的自封袋中保存,尽快带回实验室。放入 105℃烘箱中杀青 30 min,然后在 80℃烘箱中至少烘 24 h 后,用粉碎机粉碎后过 1.0 mm 筛,装入样品袋中备用。

N、P、K 质量分数测定: N 质量分数采用凯氏定氮法测定;P 质量分数采用钼锑抗比色法;K 质量分数采用火焰光度法。参照鲍士旦^[23]的试验方法进行。

可溶性总糖、可溶性还原糖以及淀粉质量分数的测定:可溶性总糖和淀粉质量分数用蒽酮比色法测定;还原糖质量分数采用 3,5-二硝基水杨酸法测定。参照李合生^[24]的试验方法进行。

1.3.2 叶片净光合速率的测定 7 月下旬,选择晴朗无风日 9:00—11:00,利用 LI-6400 气体交

换系统测定树冠东、南、西、北 4 个方向外围新梢中部叶片的净光合速率(P_n)。每个处理重复测定 2 次,取其平均值。

1.3.3 果实品质及产量的测定 果实于成熟期(8 月 16 日)采收,分别从树冠东、南、西、北 4 个方向外围采摘果实,每个处理随机选取 30 个果进行果实品质测定,同时计算单株产量。单果质量用百分之一天平测定。单株产量用平均单果质量乘以每株总果个数计算。电子数显游标卡尺测果径。可溶性固形物质量分数用数显糖度计测定。果实含酸量用数显酸度计测定。果实硬度用硬度计测定。果实维生素 C 质量分数用 2-6 二氯酚法测定^[24]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 13.0 对数据进行单因素分析和 LSD’S 多重比较,采用 Excel 2010 绘图。数据以“平均值±标准差”表示。

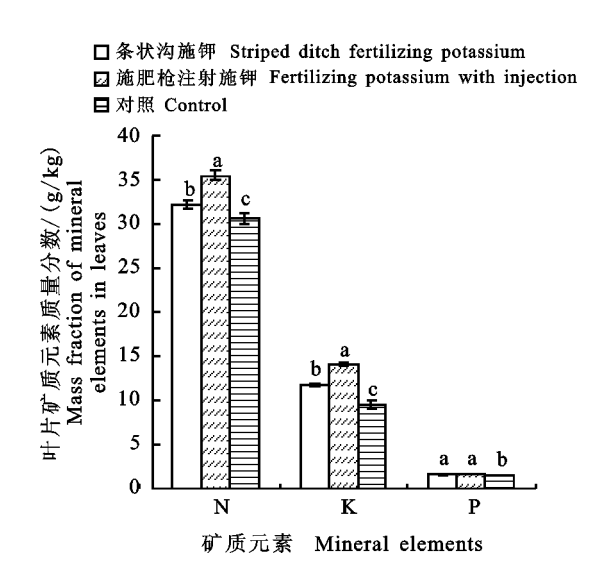
2 结果与分析

2.1 不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片、新梢和果实中 N、P、K 质量分数的影响

如图 1 所示,与对照相比,2 种施钾方式均可显著提高‘阿部白’桃叶片中的 K、N、P 质量分数。施肥枪注射的水钾耦合处理的桃树叶片中的 K、N 质量分数均显著高于传统的条状开沟施肥处理,而叶片 P 质量分数在 2 施钾处理间无显著差异(图 1)。

不同施钾方式对‘阿部白’桃枝条中 K 和 N 质量分数的影响同叶片,均为施肥枪施钾处理显著高于条状开沟施肥处理,且与对照相比,2 种施钾方式均可显著提高枝条的 K、N 质量分数。施

肥枪注射施肥的水钾耦合处理后,‘阿部白’桃枝条中的 P 质量分数显著高于对照,而与传统的条状开沟施钾处理间则无显著差异(图 2)。枝条中 N、P、K 的质量分数均明显低于叶片。



不同小写字母表示处理间在 0.05 水平达显著差异,下同
Different lowercase letters mean significance among treatments at 0.05 level, the same below

图 1 不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片 N、P、K 质量分数的影响
Fig.1 Effects of different fertilization methods on N, P, K mass fraction in ‘Abubai’ peach leaves

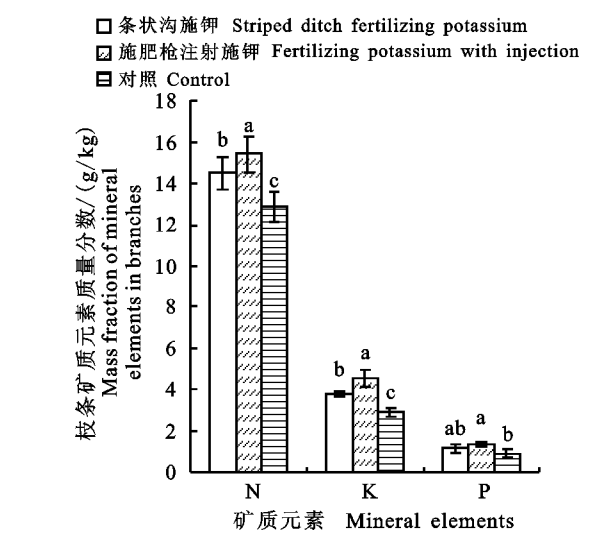


图 2 不同施钾方式对‘阿部白’桃枝条 N、P、K 质量分数的影响
Fig.2 Effects of different fertilization patterns on N, P, K mass fraction in ‘Abubai’ peach branches

Fig.2 Effects of different fertilization patterns on N, P, K mass fraction in ‘Abubai’ peach branches

如图 3 所示,与对照相比,2 种施钾方式均可显著提高‘阿部白’桃果实中的 K、N、P 质量分

数。施肥枪注射的水钾耦合处理桃树叶片中的 K、N、P 质量分数均显著高于传统条状开沟施肥处理,且存在显著差异(图 3)。

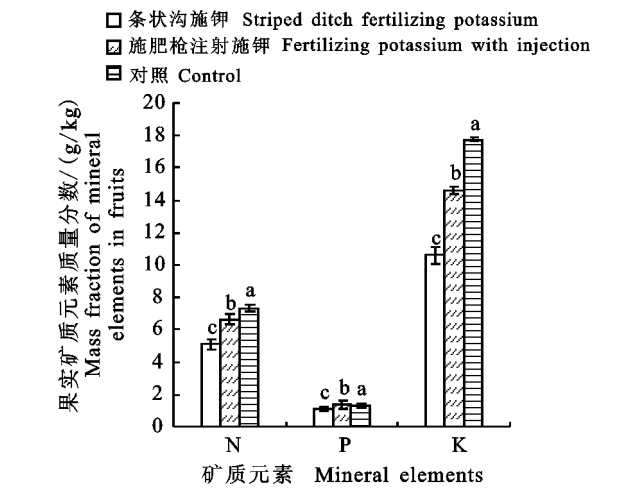


图 3 不同施钾方式对‘阿部白’桃果实 N、P、K 质量分数的影响
Fig.3 Effects of different fertilization patterns on N, P, K mass fraction in ‘Abubai’ peach fruit

Fig.3 Effects of different fertilization patterns on N, P, K mass fraction in ‘Abubai’ peach fruit
2.2 不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片、新梢中糖、淀粉质量分数以及净光合速率的影响

植株器官中可溶性糖、还原性糖质量分数和淀粉不仅反映植株营养状况,还是植株抗逆能力的重要体现。图 4 和图 5 显示,与对照相比,2 种施钾肥处理方式均显著增加叶片和新梢中可溶性

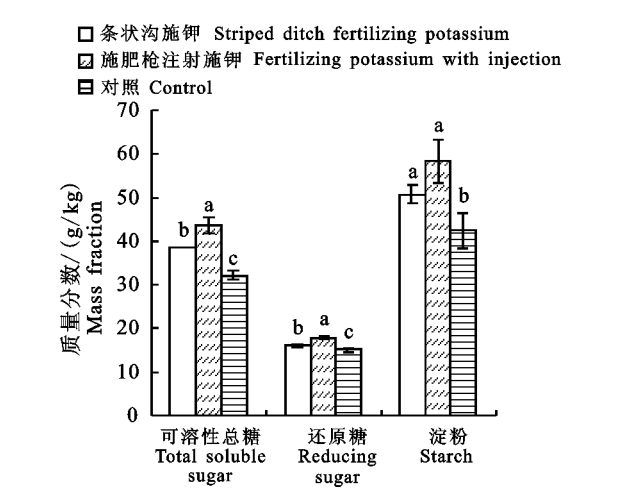


图 4 不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片糖及淀粉质量分数的影响
Fig.4 Effects of different fertilization methods on soluble sugar and starch mass fraction in ‘Abubai’ peach leaves

Fig.4 Effects of different fertilization methods on soluble sugar and starch mass fraction in ‘Abubai’ peach leaves

总糖、还原性糖和淀粉质量分数。叶片和新梢中的还原糖、淀粉质量分数在 2 种施钾方式也存在显著差异,均表现出施肥枪注射的施钾处理显著高于传统的条状开沟施钾处理;且可溶性总糖质量分数差异表现尤为明显,施肥枪注射的水钾耦合处理叶片和新梢中的可溶性总糖分别为 43.70 mg/g 和 36.19 mg/g,较传统的条状开沟施钾处理分别高 13.33%和 22.06%。而叶片和新梢中的淀粉质量分数则在二施钾处理间无显著差异。此外,试验结果显示,叶片中的可溶性总糖质量分数明显高于新梢,而还原性糖和淀粉质量分数则显著低于新梢。如表 2 所示,不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片净光合速率也有一定影响。叶片净光合速率表现出注射施钾处理 > 条状沟施钾处理 > 对照,且各处理间均达到显著差异。

表 2 不同施钾方式对‘阿部白’桃叶片净光合速率的影响

Table 2 Effects of different fertilization on net photosynthetic rate in ‘Abubai’peach leaves

指标 Index	对照 Control	条状沟施钾 Fertilizing potassium in striped ditch	注射施钾 Fertilizing potassium with injection
$P_n/[mol/(m^2 \cdot s)]$	10.08±0.22 c	11.73±0.45 b	12.56±0.41 a

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。
Note:Different letters represent significant difference($P<0.05$). The same below.

2.4 不同施钾方式对‘阿部白’桃果实产量和品质形成的影响

钾元素在果实品质形成中起重要作用。如表 3 所示,本研究结果显示,桃园施钾及不同的施钾方式对果实品质、产量和矿质元素质量分数都有一定的影响。在果实采收期‘阿部白’桃果实的单果质量、可溶性固形物质量分数、固酸比和平均单株产量均表现出注射施钾处理 > 条状沟施钾处

表 3 不同施肥方式对‘阿部白’桃果实品质和产量的影响

Table 3 Effects of different fertilization methods on fruit quality and yield of ‘Abubai’peach

果实品质参数 Fruit quality parameter	对照 Control	条状沟施钾 Fertilizing potassium in striped ditch	注射施钾 Fertilizing potassium with injection
单果质量/g Single fruit mass	197.47±5.14 c	226.64±5.34 b	248.31±2.39 a
果形指数 Shape index	0.87±0.01 a	0.87±0.02 a	0.88±0.01 a
可溶性固形物/% Soluble solids	12.43±0.05 c	13.15±0.04 b	13.76±0.10 a
总酸/% Total acid	0.37±0.01 a	0.36±0.01 ab	0.35±0.01 b
固酸比 TSS-acid ratio	33.19±0.67 c	36.53±0.98 b	39.42±0.62 a
硬度/(kg/cm ²) Rigidity	8.07±0.06 b	8.09±0.03 b	8.23±0.02 a
维生素 C/(mg/hg) Vitamin C	1.60±0.02 b	1.68±0.04 a	1.74±0.04 a
平均单株产量/kg Mean single plant yield	45.34±1.23 c	50.56±2.11 b	58.75±2.40 a

理 > 不施钾处理,且不同处理间差异均达到显著水平。2 种施钾处理果实中维生素 C 显著高于对照,而 2 种不同的施钾方式处理间则无显著差异。此外,注射施钾的水钾耦合处理在果实采收期的硬度最大,为 8.23 kg/cm²,显著高于传统施钾处理和对照。果实的酸质量分数则表现出对照果实显著高于注射施钾处理,而其他处理间无显著差异。

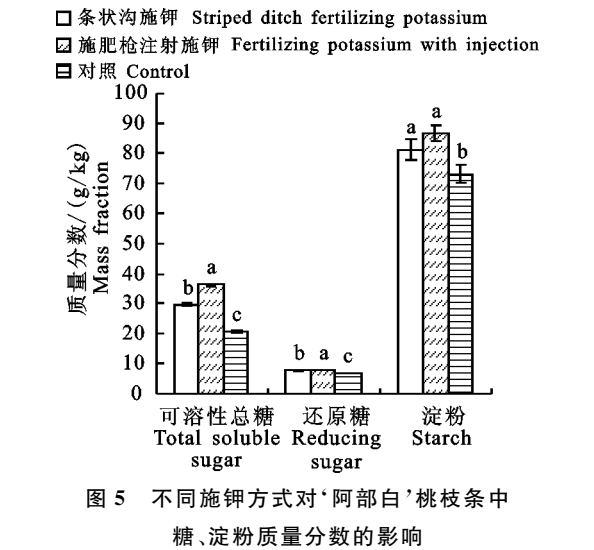


图 5 不同施钾方式对‘阿部白’桃枝条中糖、淀粉质量分数的影响

Fig. 5 Effects of different fertilization methods on sugar and starch mass fraction ‘Abubai’ peach branches

3 讨论

3.1 不同施钾方式对树体 N、K、P 质量分数的影响

钾是植物生长的重要元素,是植物和土壤系统中极其活跃的离子,许多植物生理学家认为钾对植物生理方面的重要性仅次于氮。在植物的不同组织器官中,钾的含量也仅次于氮^[25]。本试验结果表明,增施钾肥不但可以显著提高叶片、新梢和果实中的 K 质量分数,并增加这些器官中的 N、P 质量分数,这与郭雯等^[8]和谌琛等^[14]以苹果为试材的研究结果一致。钾在植物体内通过木质部运输水和营养物质方面起重要作用,当钾供应减少时,硝酸盐、磷酸盐、钙、镁的转移被抑制^[25]。因此,增施钾肥不但提高树体各器官的 K 质量分数,也可能促进 N、P 等营养元素的吸收与利用。试验结果还表明,注射施钾的水钾耦合处理效果要优于传统的条状沟施钾,其原因可能是由于注射施钾提高了钾肥的利用效率。张林森等^[21]利用同位素¹⁵N 示踪技术研究发现根际注射施肥技术可有效提高苹果树体氮素的利用率,降低土壤中的氮素残留。

3.2 不同施钾方式对叶片净光合速率和树体糖、淀粉质量分数的影响

钾肥影响果树光合特性已有较多报道,但研究结果存在一定差异。高清华等^[7]研究认为,施钾肥后桃叶片净光合速率提高。郭雯等^[8]试验结果表明,对红富士苹果树单株施钾肥量达 800 g 时,光合速率显著提高。Bernardi 等^[10]报道,适量施钾可促进柑橘幼树的光合作用。而 Bosa 等^[9]的研究结果则显示钾肥施用量与梨树的叶片光合效率间无相关性。本试验结果显示,与不施钾相比,2 种施钾方式均显著提高桃树叶片的净光合速率。不同的施钾方式对净光合速率的影响也表现出一定的差异。这说明施钾对果树净光合速率的影响可能受钾肥类型、施钾时期、施钾剂量和施用方式等多种因素的影响,导致不同的研究结果。钾也是很多酶系统的激活剂,对糖类的运转与贮存和淀粉的形成非常重要^[26]。本研究中,与注射施钾显著促进叶片的净光合作用相对应,注射施钾后叶片、新梢中的糖、淀粉等碳水化合物质量分数也显著增加,为后期果实品质的提高奠定了基础。

3.3 不同施钾方式对果实品质和产量的影响

钾一直被誉为“品质元素”,在促进果实品质

方面效果尤为突出。本研究结果也显示,2 种施钾方式均可显著提高‘阿部白’桃果实的单果质量、可溶性固形物质量分数、固酸比、维生素 C 质量分数和平均单株产量,同时显著降低果实酸质量分数。这与曾朝辉等^[27]、张绍阳等^[11]和陈栋等^[13]以桃为试材、Malik 等^[28]以甜椒为试材、武晓等^[29]以梨为试材、孔佑涵等^[15]以柑橘为试材的研究结果一致。同时关于钾对果实硬度的影响,不同研究材料和不同研究者间的结果存在较大差异。Zhang 等^[30]研究发现施钾可提高苹果果实硬度。Botella 等^[17]以胡椒为试材的研究结果也表明,在一定钾浓度范围内,果实硬度随着营养液中钾含量的增加而增加。而 Fallahi 等^[31]研究则认为,钾可以提高苹果的大小、酸含量和色泽,但降低果实硬度。谌琛等^[14]研究表明,施钾与否对苹果果实采收时的硬度无显著影响。本研究结果显示,注射施钾的水钾耦合处理在果实采收期的硬度显著高于传统施钾处理和对照,而传统施钾与对照间的果实硬度无显著差异。这说明施钾后果实硬度的变化可能受到施钾时期、浓度、方式等因素的影响,其具体机制还需进一步研究。其次试验结果也表明,注射施钾的水钾耦合处理对改善桃果实品质和提高产量方面效果更好。注射施钾的水钾耦合处理比传统的条状沟施钾处理显著提高桃果实的单果质量、硬度和可溶性固形物含量等品质指标,白红等^[22]研究表明在同一施肥量下,与传统的放射沟施肥相比,注射施肥不仅加速分解土壤中矿化有机物质和提高难溶性无机物的溶解性,显著提高桃树根际 0~20 cm 土层中的速效养分含量,而且通过提高土壤酶活性和微生物数量改善土壤微环境,提高了桃树根系对肥料的吸收利用,从而有利于果实品质的形成。张慧琴等^[32]研究也表明,与传统的施肥方式相比,肥水耦合在提高蓝莓产量和改善品质方面作用更明显。吴小宾等^[20]以桃为试材和张林森等^[21]以苹果为试材的研究均发现,与传统的开放射状沟撒施肥方式相比,施肥枪施肥能使氮素更快地被吸收和运输到各新生器官,显著提高氮素当季利用率。因此,利用施肥枪注射的水钾耦合方式可能通过显著提高新生器官中的钾水平及钾在树体内高效运输,从而提高钾肥的利用率。施肥枪注射的水钾耦合方式使桃树新梢、叶片和果实中的钾含量显著升高,一方面促进光合作用,使碳水化合物数量增多;另一方面加速树体内同化产物和

营养物质运转,从而有利于果实品质的改善,但具体的作用机制还有待于进一步研究。

参考文献 Reference:

[1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴 2015 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
China Agricultural Yearbook Editorial Board. China Agricultural Yearbook 2015 [M]. Beijing, China Agricultural Press, 2016.

[2] NEILSEN D, PARCHOMCHUK P, NEILSEN G H, *et al.* Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science American Society for Horticultural Science*, 1998, 123(4): 706-713.

[3] SHARMA R, BHARDWAJ S, CHOUDHARY M. Fertigation on fruit crops: A review [J]. *Annals of Biology*, 2014, 30(1): 48-53.

[4] 邓兰生, 涂攀峰, 张承林, 等. 水肥一体化技术在香蕉生产中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15306-15308.
DENG L SH, TU P F, ZHANG CH L, *et al.* Application of fertigation technology in banana [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39(25): 15306-15308.

[5] 熊彩珍. 桃安全优质高效栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 59.
XIONG C ZH. Safety and High Quality and Efficient Cultivation Techniques of Peach [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2011: 59.

[6] 马之胜, 贾云云, 王越辉, 等. 施肥和灌水对桃果实大小影响的研究进展[J]. 江西农业学报, 2015(5): 39-41.
MA ZH SH, JIA Y Y, WANG Y H, *et al.* Research advance in effects of fertilization and irrigation on fruit size of peach [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2015(5): 39-41.

[7] 高清华, 叶正文, 章 镇, 等. 钾营养对设施油桃幼树光合特性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27(3): 264-267.
GAO Q H, YE ZH W, ZHANG ZH, *et al.* Effects of potassium fertilizer on photosynthetic characteristics of young nectarine trees in greenhouse [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2005, 27(3): 264-267.

[8] 郭 雯, 李丙智, 张林森, 等. 不同施钾量对红富士苹果叶片光合特性及矿质营养的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(4): 192-195.
GUO W, LI B ZH, ZHANG L S, *et al.* Effects of different fertilization of potassium on photosynthetic characteristics and leaf nutrition of red Fuji apple [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2010, 19(4): 192-195.

[9] BOSA K, JADCZUK-TOBJASZ E, KALAJI M H, *et al.* Evaluating the effect of rootstocks and potassium level on photosynthetic productivity and yield of pear trees [J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2014, 61(2): 231-237.

[10] BERNARDI A C D C, CARMELLO Q A D C, CARVAL-

HO S A D, *et al.* Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization interactions on the photosynthesis of containerized citrus nursery trees [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2015, 38(12): 1902-1912.

[11] 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 SH 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.

[12] 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.
YANG Y, HUO J F. Effects of potassium amount on quality of nectarine [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(26): 84-85.

[13] 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 CH, *et al.* Effects of potassium nutrition on yield and quality of nectarine [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 23(4): 1173-1176.

[14] 谌 琛, 同延安, 路永莉, 等. 不同钾肥种类对苹果产量、品质及耐贮性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 216-224.
CHEN CH, TONG Y A, LU Y L, *et al.* Effects of different potassium fertilizers on production quality and storability of Fuji apple [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2016, 22(1): 216-224.

[15] 孔佑涵, 苑 平, 吴娟娟. 柑橘的钾营养研究进展[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2017, 40(3): 37-41.
KONG Y H, YUAN P, WU J J. Advances on the potassium nutrition in citrus [J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2017, 40(3): 37-41.

[16] SHEN C, DING Y, LEI X, *et al.* Effects of foliar potassium fertilization on fruit growth rate, potassium accumulation, yield, and quality of ‘Kousui’ japanese pear [J]. *Horttechnology*, 2016, 26(3): 270-277.

[17] BOTELLA M, ARVALO L, MESTRE T C, *et al.* Potassium fertilization enhances pepper fruit quality [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2017, 40(2): 145-155.

[18] 曲桂敏, 束怀瑞, 王鸿霞. 钾对苹果树水分利用效率及有关参数的影响[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 257-262.
QU G M, SHU H R, WANG H X. Effect of potassium on water use efficiency and relevant parameters of apple trees [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 37(2): 257-262.

[19] 彭智平, 于俊红, 李文英, 等. 水钾耦合对香蕉养分吸收和产量的影响[J]. 广东农业科学, 2012, 39(2): 63-64.
PENG ZH P, YU J H, LI W Y, *et al.* Coupling effects of water and potassium on the nutrient absorption and yield of banana [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012,

39(2):63-64.

[20] 吴小宾,彭福田,崔秀敏,等. 施肥枪施肥对桃树氮素吸收分配及产量品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):680-687.

WU X B,PENG F T,CUI X M,*et al.* Effects of fertilization with a fertilizer applicator on nitrogen absorption and distribution,and fruit yield and quality of peach [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*,2011,17(3):680-687.

[21] 张林森,李雪薇,王晓琳,等. 根际注射施肥对黄土高原苹果氮素吸收利用及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):421-430.

ZHANG L S,LI X W,WANG X L,*et al.* Effects of fertilization with injection to the rhizosphere on nitrogen absorption and utilization,fruit yield and quality of apple in the Loess Plateau [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*,2015,21(2):421-430.

[22] 白 红,石 佩,郭东花,等. 注射施肥对桃园土壤环境和果实产量品质的影响[J]. 西北植物学报,2017,37(3):541-551.

BAI H,SHI P,GUO D H,*et al.* Effects of injection fertilizing on soil environment,fruit yield and fruit quality of peach orchard [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*,2017,37(3):541-551.

[23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京:中国农业出版社,2005:25-99.

BAO SH D. Soil Analysis in Agricultural Chemistry [M]. 3rd ed. Beijing,China Agriculture Press,2005:25-99.

[24] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003.

LI H SH. Experimental Principle and Technique for Plant Physiology and Biochemistry [M]. Beijing:Higer Education Press,2003.

[25] MALVI U R. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium [J]. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*,2011,24(1):106-109.

[26] ZRB C,SENBAYRAM M,PEITER E. Potassium in agriculture-status and perspectives [J]. *Journal of Plant Physiology*,2014,171(9):656-669.

[27] 曾朝辉,方兴华. 不同氮磷钾肥配比对艳红桃产量及品质的影响[J]. 贵州农业科学,2006,34(增刊):48-49.

ZENG ZH H,FANG X H. Effects of different combination ratios of N,P and K fertilizer on yield and quality of Yanhong peach [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*,2006,34(s):48-49.

[28] MALIK A A,CHATTOO M A ,SHEEMAR G,*et al.* Growth,yield and fruit quality of sweet pepper hybrid SH-SP-5 (*Capsicum annuum* L.) as affected by potassium fertilization and organic manures(FYM) [J]. *Journal of Agricultural Technology*,2011,7(4):1037-1048.

[29] 武 晓,申长卫,丁易飞,等. 黄冠梨果实和叶片钾素积累特征及其对施钾的响应[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(5):1425-1432.

WU X,SHEN CH W,DING Y F,*et al.* Potassium accumulation in ‘Huangguan’ pear fruits and leaves and their response to different potassium application [J]. *Journal of Plant Nutrition & Fertilizer*,2016,22(5):1425-1432.

[30] ZHANG W,ZHANG N S,ZHAO J J,*et al.* Potassium fertilization improves apple fruit (*Malus domestica* Borkh. Cv. Fuji) development by regulating trehalose metabolism [J]. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*,2017,92(5):1-11.

[31] FALLAHI E,FALLAHI B,NEILSEN G H,*et al.* Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples [J]. *Acta Horticulturae (ISHS)*,2010,868:49-59.

[32] 张慧琴,谢 鸣,梁英龙,等. 肥水耦合对蓝莓产量和品质的影响[J]. 中国园艺文摘,2010,26(12):40-41.

ZHANG H Q,XIE M,LIANG Y L,*et al.* Effect of coupling in fertilizer with water on production and quality of blueberry [J]. *Chinese Horticulture Abstracts*,2010,26(12):40-41.

Effects of Different Potassium-fertilization Methods
on Nutrition, Fruit Yield and Quality in Peach

ZHENG Jicheng, BAI Hong, SHI Pei, FAN Chonghui and ZHAO Caiping

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100,China)

Abstract The experiment was conducted to compare the effects of different potassium application methods on nutrition of leaves,shoots,quality and yield in peach, which it would provide theoretical basis to help increase the utilization efficiency of potassium in the orchards of the Loess Plateau in Northwest China. 11-year-old cultivar ‘Abubai’ peach were used as experiment material to study the effects of different potassium application methods (fertilizing potassium with injection, fertilizing potassium in striped ditch, no potassium was used as control) on the mass fractions of mineral elements and assimilating nutrient, net photosynthetic rate (P_n) and fruit quality yield. Compared with the

control without potassium application, the two kinds of potassium application methods could significantly increase the mass fraction of K, N, and P, soluble sugar, could reduce sugar and starch in leaves and new shoots; additionally, K, N, and P mass fraction also showed higher levels in fruits. The mass fraction of K, N, which could reduce sugar and starch in leaves and new shoots under the treatment of fertilizing potassium with injection, were significantly higher than those of traditional striped ditch fertilizing potassium, while there was no significant difference in the mass fraction of P and soluble sugar between the fertilizing potassium with injection and striped ditch. Compared with the control without potassium application, the two kinds of potassium application methods significantly increased the P_n . The fruit mass, the mass fraction of soluble solids, solid acid ratio and yield existed significantly different among the treatments as fertilizing potassium with injection > striped ditch fertilizing potassium > control. In addition, the fruit firmness under the fertilizing potassium with injection treatment was significantly higher than that of the striped ditch treatment. The method of fertilizing potassium with injection could significantly increase the utilization efficiency of potassium, which was better than the traditional striped ditch fertilizing potassium for improving the quality and yield of peach fruit.

Key words Peach; Potassium; Injecting fertilization; Fruit quality

Received 2017-12-04 **Returned** 2018-03-06

Foundation item Key Sci-Tech Plan Project of China (No. 2014BAD16B04); Shaanxi Science & Technology Co-ordination & Innovation Project (No. 2015KTCQ02-23).

First author ZHENG Jicheng, male, master student. Research area: integrative water and fertilizer in peach. E-mail: 1415866161@qq.com

Corresponding author ZHAO Caiping, female, associate professor, Research area: breeding and cultivation technique of fruit trees. E-mail: zhcc@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑: 史亚歌 Responsible editor: SHI Yage)