

李文志, 龙友华, 莫飞旭, 等. 叶面施钾、钠对猕猴桃品质及贮藏性的影响 [J]. 福建农业学报, 2020, 35 (12): 1312–1320.
LI W Z, LONG Y H, MO F X, et al. Effects of Foliar Spraying of Potassium and Sodium on Quality and Shelf Life of Kiwifruits [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 35 (12): 1312–1320.

叶面施钾、钠对猕猴桃品质及贮藏性的影响

李文志¹, 龙友华^{1,2*}, 莫飞旭¹, 何立楠¹, 石金巧¹, 冉飞¹

(1. 贵州大学农学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学猕猴桃工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550025)

摘要:【目的】探明钾、钠对猕猴桃果实品质及贮藏性的影响。【方法】以 8 年生贵长猕猴桃为试材, 在常规栽培管理模式, 共设置 9 个不同的磷酸二氢钾和氯化钠处理, 并在室内测定采收后猕猴桃果实品质和贮藏期间果实品质变化。【结果】猕猴桃果实品质随钾、钠肥处理随质量浓度升高呈现先增加后降低的趋势, 钾肥和钠肥混施处理对果实品质改善效果优于单一施用处理, 其中 0.2mg·mL⁻¹ 磷酸二氢钾和 0.1mg·mL⁻¹ 氯化钠混合施用对猕猴桃果实品质改善最显著, 其糖酸比、维生素 C 含量最高, 分别为 14.54、128.13 mg·hg⁻¹, 果形指数和单果质量最大, 分别为 1.65、76.07 g; 0.2% 磷酸二氢钾处理能显著降低果实贮藏过程中的软果率、坏果率, 延长猕猴桃的贮藏时间; 【结论】叶面喷施磷酸二氢钾和氯化钠能改善猕猴桃果实品质、延缓猕猴桃果实贮藏期间营养物质下降速度, 推迟可溶性糖含量到达峰值的时间; 在施钾情况下, 适量施钠对提高猕猴桃果实品质及贮藏性是有益的。

关键词: 猕猴桃; 钾; 钠; 品质; 贮藏性

中图分类号: S 663.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2020) 12-1312-09

Effects of Foliar Spraying of Potassium and Sodium on Quality and Shelf Life of Kiwifruits

LI Wenzhi¹, LONG Youhua^{1,2*}, MO Feixu¹, HE Linan¹, SHI Jinqiao¹, RAN Fei¹

(1. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 2. Engineering and Technology Research Center of Kiwifruit, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: 【Objective】Effects of foliar spraying potassium and sodium solution on quality and shelf life of Kiwifruits were studied. 【Method】Eight-year-old *Actinidia deliciosa* 'Guichang' plants under the conventional cultivation and management were sprayed separately with 9 different concentrations and combinations of potassium dihydrogen phosphate (PDP) and sodium chloride (SC) solutions. Quality of the kiwifruits at harvest and changes during storage in laboratory were evaluated. 【Result】The quality of kiwifruits under treatments improved at first as the PDP and/or SC concentration increased but declined when higher concentrations were applied after a peak on quality enhancement was reached. And, the quality improvement was greater when both PDP and SC were applied in combination. Among the treatments, the 0.2% PDP/0.1% SC combination yielded the most significant enhancement on fruit quality with the highest glycolate-to-acid ratio of 14.54, vitamin C content of 128.13 mg·hg⁻¹, fruit shape index of 1.65, and individual fruit weight of 76.07 g. The presence of 0.2% PDP significantly reduced the occurrence of soft and rotten fruits during storage prolonging the shelf life of the kiwifruits. 【Conclusion】Spraying the kiwifruit plants with a water solution of 0.2% PDP and 0.1% SC improved the quality, delayed the nutrient decline, postponed the soluble sugar peak, and extended the shelf life of the fruits.

Key words: Kiwifruit; potassium; sodium; quality; storage

收稿日期: 2020-06-28 初稿; 2020-09-20 修改稿

作者简介: 李文志 (1995-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品质量安全 (E-mail: 1126815142@qq.com)

* 通信作者: 龙友华 (1970-), 男, 教授, 博士, 研究方向: 猕猴桃栽培育种、农产品质量安全及有害生物综合防治 (E-mail: gzlyh126@126.com)

基金项目: 贵州省科技计划项目 [黔科合支撑 (2017) 2566-1]; 贵州省修文县科技计划项目 [修猕合同 (2017) 01]; 贵州省修文县猕猴桃产业发展项目 [修猕合同 (2017) 02]

0 引言

【研究意义】猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 是猕猴桃科、猕猴桃属藤本落叶果树^[1]，其果实含有人体必需的多种氨基酸、维生素 C、膳食纤维和矿物营养等，有通便、助消化等多种功效^[2]，具有极高的营养价值。近年来，我国猕猴桃产业发展迅猛，猕猴桃产量跃居世界第一位^[3]。钾作为果实品质元素，对猕猴桃果实品质有着良好的改善作用，然而我国钾矿资源短缺，每年要进口大量钾肥以满足农业生产需要。已有研究表明，适量钠处理能代替钾行使营养功能^[4]，进而减少钾肥的使用量，因此，研究钾、钠处理对猕猴桃果实品质及贮藏性的影响具有重要意义。【前人研究进展】钾是维持作物正常生长发育的三大营养元素之一，被誉为“品质元素”^[5]。它在植物的光合作用、物质合成、同化物运输、水分代谢等生理生化过程中发挥着重要作用^[6-8]。K⁺通过渗透调节保卫细胞膨压进而影响气孔开闭，有利于 CO₂ 的吸收固定，这是施钾能增加果实甜味的的原因之一^[9]；K⁺能提高光合关键酶二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶 (Rubisco) 和 Rubisco 活化酶 (RCA) 的含量和活性，提高光合速率^[10]，还能促进淀粉等高分子化合物的形成，而淀粉作为内容物对细胞起着支撑作用，因此适量施钾能提高果实硬度，果实也更耐贮藏^[11]。猕猴桃对钾的需求量很大，已有研究表明，施钾可提高苹果采收时可滴定酸、可溶性糖及 Vc 含量，增加贮藏过程中可溶性固形物，降低果实软化率及腐烂率，提高果实的贮藏性^[12]，洪克前^[13]等研究显示，菠萝采收前适量施用硫酸钾可提高果实采收前可溶性固形物、可溶性蛋白、可滴定酸以及可溶性蛋白含量，同时延缓这些指标在贮藏期的下降速度；曹冬梅等^[14]研究发现，根外施钾提高了苹果光合速率，同时延长了苹果养分积累时间，总之，钾在促进果树的生长发育、改善果实品质等方面效果显著。钠被认为是“功能性营养元素”^[15]，一般而言，盐胁迫会降低植物生产力，但低浓度钠盐处理会促进一些作物的生长^[16]；适宜钠可提高植物硝酸还原酶^[17]、谷氨酰胺合成酶^[18]等代谢关键酶活性，促进叶绿素的合成^[19]，已有研究表明，适量钠肥处理可促进可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸等渗透调节物质合成^[20]，在钾素缺乏的土壤中施用适量钠肥，可促进植物对钾素的吸收^[21]，适量的 Na⁺可有效代替 K⁺行使营养功能，起到以钠代钾的作用^[22]。徐进等^[23]研究发现，在番茄营养液中加入 NaCl 提高电导率为 4.5~5.5 mS·cm⁻¹ 时，有利于改善番茄口感

和营养品质；孙红^[24]等研究表明，低浓度盐处理 (50 mmol·L⁻¹) 对果实生长影响不大，但有利于葡萄糖花青素和糖酸的积累，王宁^[25]等研究认为，酸浆果实糖酸、Vc、硬度等指标随 NaCl 浓度的增加先增大后减小，且 NaCl 浓度在 0.20 mol·L⁻¹ 达到最佳效果；低钠盐处理能够增加椰子幼苗、玉米幼苗的叶绿素含量，且部分钠替代钾不影响叶片中的 K⁺含量^[26-27]。【本研究切入点】关于叶面施钠以及钾、钠配施对猕猴桃果实品质及贮藏性的影响，目前未见相关报道。【拟解决的关键问题】本试验研究叶面喷施钾、钠对猕猴桃品质和贮藏性的影响，旨在为钾、钠在猕猴桃生产上的应用提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于贵阳市修文县谷堡乡红星村王丫口金林猕猴桃种植基地，猕猴桃树龄 8 年，长势良好，年均气温 13.2~15℃，无霜期 250~300 d，年降水量 976.6~1350 mm。T 型架栽培，试验期间，各处理管理水平一致，田间管理按照猕猴桃无公害栽培技术进行。试验前在果园随机、多点混合采集深度为 0~60 cm 的土壤样品作为土壤背景值，其 pH 值为 5.73，全氮含量为 1.39 g·kg⁻¹、有机质含量为 27.45 g·kg⁻¹、碱解氮含量为 94.00 g·kg⁻¹、有效磷含量为 4.10 mg·kg⁻¹、有效钾含量为 0.52 mg·kg⁻¹、速效钾含量为 31.00 mg·kg⁻¹、有效锌含量为 1.81 mg·kg⁻¹、有效铁含量为 50.12 mg·kg⁻¹、有效锰含量为 18.10 mg·kg⁻¹、全锌含量为 52.36 mg·kg⁻¹、全镉含量为 0.53 mg·kg⁻¹、全铜含量为 17.13 mg·kg⁻¹、全铬含量为 80.11 mg·kg⁻¹、全铅含量为 28.39 mg·kg⁻¹。

1.2 试验材料

供试猕猴桃品种：8 年生贵长猕猴桃。

供试肥料：磷酸二氢钾 (KH₂PO₄，纯度≥99%，成都金山化学试剂有限公司生产)，氯化钠 (NaCl，纯度≥99.5%，天津市大茂化学试剂厂生产)。

1.3 试验设计

试验小区随机区组设计，采用钾、钠肥分别单独施用和二者配施的方法，共设 10 个处理，3 次重复，共 30 个试验小区，每个小区选用 3 株生长势基本一致，树龄相同的猕猴桃植株，采用背负式喷雾器在晴朗无风的上午进行叶面喷施，每小区施药液 3 kg，第一次喷施在 2017 年 6 月 17 日，第二次施肥在 2017 年 8 月 16 日，前后 2 次药液施用量相同，试验各处理喷施质量浓度见表 1。

表 1 不同喷施处理方案及实际喷施质量浓度

Table 1 Design of spray treatments and actual solution concentration applied

处理 Treatments	药剂名称 Pharmacy name	喷施质量浓度 Spray concentration/ (mg·mL ⁻¹)
A	KH ₂ PO ₄	0.1
B	KH ₂ PO ₄ +NaCl	0.1+0.1
C	NaCl	0.1
D	KH ₂ PO ₄	0.2
E	KH ₂ PO ₄ +NaCl	0.2+0.1
F	KH ₂ PO ₄ +NaCl	0.1+0.2
G	NaCl	0.2
H	KH ₂ PO ₄ +NaCl	0.1+0.3
I	KH ₂ PO ₄ +NaCl	0.3+0.1
CK	清水 Water	-

1.4 测定指标及方法

1.4.1 果实性状测定 于 2017 年 9 月 27 日采收试验处理果实，采收当天每株猕猴桃随机采集 20 个果，每个处理共采集 60 个果，分别测量各重复果实最大单果质量、单果质量、横径、纵径，并计算果形指数，果形指数=纵径/横径。

1.4.2 果实品质测定 9 月 27 日采收时测量各处理果实维生素 C 和蛋白质含量，随后每处理随机选取 200 个大小均匀、无病虫害和机械损伤的果实作为贮藏试验用果，置于相同环境下室温贮藏，间隔 7 d 测量一次果实可溶性糖、可滴定酸、维生素 C、蛋白质含量变化，共测量 7 次，并统计软果率、坏果率

及贮藏时间。

1.4.3 猕猴桃品质指标的测定方法 可溶性糖含量：采用 GB/T 6194—1986 水果、蔬菜可溶性糖测定法；可滴定酸含量：采用 GB 12293—1990 水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定方法；维生素 C 含量：采用 GB 6195—1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法（2,6-二氯酚酚滴定法）；蛋白质含量：GB 50095—2010 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定方法；果实糖酸比按以下公式计算：果实糖酸比=可溶性糖含量/可滴定酸含量。

1.5 数据处理

采用 DPS7.05 统计分析软件和 EXCEL 2010 进行数据分析和制图。

2 结果与分析

2.1 不同钾、钠处理对果实性状的影响

由表 2 可知，不同钾、钠处理对猕猴桃果实外观品质产生了不同程度的影响，猕猴桃单果质量随钾、钠质量浓度升高呈先增加后降低趋势；其中 E（0.2K+0.1Na）处理显著增加了猕猴桃单果质量和最大单果质量，分别为 76.07、107.92 g，单果质量较清水对照增加 9.72%，其次为 D（0.2K）处理，单果质量较对照增加了 7.88%；数据显示，低质量浓度的钠处理能在一定程度上增加单果质量，虽然效果不及钾显著，但对猕猴桃果实品质改善是有益的；高钠、钾（H、I）处理都导致猕猴桃果重下降、外观品质变差，且高钠处理影响更明显；果形指数是评价猕猴桃果实外观品质的重要指标，在各处理中，以 E 处

表 2 不同处理对猕猴桃果实外观品质的影响

Table 2 External appearance of kiwifruits as affected by treatments

处理 Treatments	最大单果质量 Maximum single fruit quality/g	单果质量 Single fruit quality/g	横径 Transverse diameter/mm	纵径 Longitudinal diameter/mm	果形指数 Fruit shape index
A（0.1K）	91.59±5.43 cd	73.19±1.49 abc	44.23±0.33 a	68.04±0.25 a	1.54±0.01 b
B（0.1K+0.1Na）	98.61±1.15 bc	73.45±1.75 abc	44.17±0.72 a	69.7±0.47 a	1.58±0.04 ab
C（0.1Na）	91.06±4.72 cd	72.40±2.00 abc	43.65±0.27 ab	66.21±0.63 b	1.52±0.02 b
D（0.2K）	104.09±7.38 ab	74.79±2.91 ab	43.98±0.52 ab	69.59±1.01 a	1.59±0.04 ab
E（0.2K+0.1Na）	107.92±5.44 a	76.07±3.90 a	41.98±0.98 b	69.28±0.33 a	1.65±0.05 a
F（0.2Na+0.1K）	87.42±3.03 de	71.76±1.71 bc	42.78±0.44 ab	68.67±0.49 a	1.60±0.03 ab
G（0.2Na）	87.28±6.68 de	71.27±2.41 bc	42.66±0.72 ab	68.15±0.60 a	1.60±0.04 ab
H（0.3Na+0.1K）	80.37±4.39 e	69.25±1.21 c	42.8±0.88 ab	66.37±0.75 b	1.55±0.05 ab
I（0.3K+0.1Na）	86.54±3.40 de	71.39±1.95 bc	43.7±0.28 ab	68.37±0.26 a	1.56±0.01 ab
CK	83.88±1.65 de	69.33±1.33 b	43.49±0.24 ab	69.16±0.16 a	1.59±0.01 ab

注：同列不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ），表 3 同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$), the same as table 3.

理对猕猴桃果形指数改善效果最佳，果形指数达 1.65，显著高于清水对照，其他处理间果形指数差异不明显；综上所述，单施钠对果重影响不及钾显著，在施钾同时配施低质量浓度的氯化钠 ($0.1\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) 对改善果实外观品质具有促进作用，但高质量浓度的钾、钠处理则相反。

2.2 不同钾、钠处理对猕猴桃果实品质的影响

表 3 数据显示，叶面施钾、钠显著提高了猕猴桃果实品质，叶面施钾对果实品质的改善效果优于叶面施钠，采收时 E ($0.2\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 处理维生素 C 含量最高，其含量为 $128.13\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ，显著高于对照，较对照处理增加了 17.26%；D (0.2 K) 处理次之，维生素 C 含量为 $123.68\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ，较对照增加了 13.19%，而清水对照 (CK) 维生素 C 含量仅为 $109.27\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ；采

收时 D (0.2 K) 处理蛋白质显著高于其他处理，为 $1.35\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ，其次分别为 B ($0.1\text{ K}+0.1\text{ Na}$)、E ($0.2\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 处理，蛋白质含量分别为 1.34 、 $1.32\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ；在果实贮藏期间，E ($0.2\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 处理峰值期可溶性糖含量最高，为 15.42%，可滴定酸含量最低，为 1.06%，糖酸比高达 14.54，较对照提高了 83.59%，口感提升明显；其次为 D (0.2 K) 处理，峰值期可溶性糖含量为 14.18%，可滴定酸含量为 1.07%，糖酸比为 13.18，较对照提高了 66.41%；高钠、高钾处理 H ($0.3\text{ Na}+0.1\text{ K}$)、I ($0.3\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 不利于维生素 C 和蛋白质的形成，贮藏期间峰值期可溶性糖含量也低于对照处理，可滴定酸含量增高，糖酸比较低，导致果品下降。

表 3 不同喷施处理对猕猴桃内在品质的影响
Table 3 Intrinsic quality of kiwifruits as affected by treatments

处理 Treatments	维生素C Vitamin C/ $\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}$	可溶性糖 Soluble sugar/%	可滴定酸 Titratable acid/%	糖酸比 Sugar-acid ratio	蛋白质 Protein/ $\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}$
A (0.1 K)	119.03 ± 4.16 abcd	11.68 ± 0.65 c	1.09 ± 0.06 cd	10.70 ± 0.51 c	1.27 ± 0.04 abcd
B ($0.1\text{ K}+0.1\text{ Na}$)	120.06 ± 6.41 abc	13.58 ± 1.09 b	1.10 ± 0.01 cd	12.29 ± 0.04 b	1.34 ± 0.06 ab
C (0.1 Na)	115.33 ± 4.07 bcd	9.73 ± 0.25 e	1.20 ± 0.04 bc	8.11 ± 0.35 d	1.24 ± 0.03 cd
D (0.2 K)	123.68 ± 6.00 ab	14.18 ± 0.75 ab	1.07 ± 0.01 d	13.18 ± 0.10 b	1.35 ± 0.03 a
E ($0.2\text{ K}+0.1\text{ Na}$)	128.13 ± 6.71 a	15.42 ± 0.98 a	1.06 ± 0.04 d	14.54 ± 0.57 a	1.32 ± 0.03 abc
F ($0.2\text{ Na}+0.1\text{ K}$)	113.47 ± 5.64 bcd	11.26 ± 0.74 cd	1.35 ± 0.04 a	8.31 ± 0.27 d	1.3 ± 0.06 abc
G (0.2 Na)	112.93 ± 4.68 cd	10.19 ± 0.62 de	1.19 ± 0.03 bc	8.48 ± 0.21 d	1.26 ± 0.04 bcd
H ($0.3\text{ Na}+0.1\text{ K}$)	109.27 ± 7.32 d	9.19 ± 0.75 e	1.37 ± 0.01 a	6.71 ± 0.05 f	1.21 ± 0.03 d
I ($0.3\text{ K}+0.1\text{ Na}$)	110.23 ± 3.59 cd	9.34 ± 0.79 e	1.30 ± 0.05 ab	7.13 ± 0.24 ef	1.24 ± 0.05 cd
CK	109.46 ± 4.61 d	10.51 ± 0.46 cde	1.32 ± 0.04 a	7.92 ± 0.28 de	1.20 ± 0.05 d

注：表中可溶性糖为贮藏期间最大值，可滴定酸为对应时间的测定值；维生素C和蛋白质为采收时测定值。
Note: Soluble sugar content is the peak value during storage, titratable acid at time of sampling, and vitamin C and protein contents upon harvesting.

2.3 不同钾、钠处理对果实贮藏期间品质变化的影响

2.3.1 可溶性糖含量变化 如图 1 所示，在贮藏过程中，猕猴桃可溶性糖含量随贮藏时间延长先增加后降低，各处理可溶性糖含量达到峰值时间不尽相同。A (0.1 K)、B ($0.1\text{ K}+0.1\text{ Na}$)、D (0.2 K)、E ($0.2\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 处理可溶性糖含量峰值期较对照处理延后 7 d，且峰值期可溶性糖含量显著均高于对照处理 (CK)；H ($0.3\text{ Na}+0.1\text{ K}$)、I ($0.3\text{ K}+0.1\text{ Na}$) 处理在贮藏 15 d 时可溶性糖含量达到峰值，可溶性糖含量峰值期较对照处理提前，且可溶性糖含量低于对照处理 (CK)；在钾肥质量浓度为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时，随着钠肥质量浓度增加 ($0.1\sim 0.3\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)，猕猴桃峰值期可溶性糖含量逐渐下降，且可溶性糖

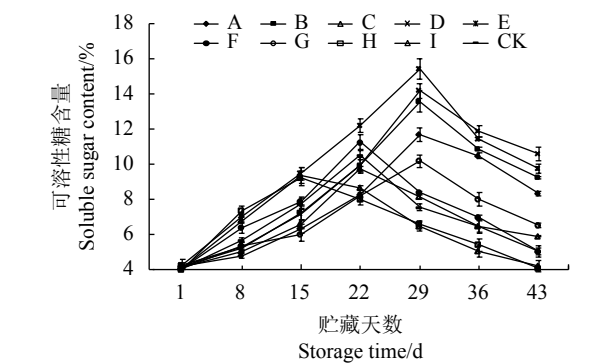


图 1 不同喷施处理对猕猴桃果实可溶性糖含量变化的影响
Fig.1 Soluble sugar content of kiwifruits as affected by treatments

峰值期提前, 这说明较高质量浓度的钠离子会限制钾离子吸收, 不利于果实品质形成; 当钠肥质量浓度为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 随着钾肥质量浓度增加 ($0.1 \sim 0.3 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$), 猕猴桃峰值期可溶性糖含量呈先增后降趋势, 同样地, 高质量浓度的钾 ($0.3 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) 导致峰值期可溶性糖提前, 也不利于果实品质形成; 在施钾情况下, 增施适量的钠肥有利于改善猕猴桃果实品质, 提高猕猴桃果实贮藏性, 本试验中以 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 钾肥和 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 钠肥混用效果最好, 而钠、钾质量浓度过高均不利于贮藏期可溶性糖的形成。

2.3.2 维生素 C 含量变化 如图 2 所示, 猕猴桃果实维生素 C 随着贮藏时间延长逐渐缓慢下降, 贮藏 15 d 以前, 维生素 C 下降相对较缓, 贮藏 15 d 后维

生素 C 下降速度相对较快; 钾、钠处理均能延缓维生素 C 下降速度, E ($0.2 \text{ K}+0.1 \text{ Na}$) 处理延缓效果最佳, D (0.2 K) 处理次之; 贮藏至 43 d 时, 除 H ($0.3 \text{ Na}+0.1 \text{ K}$) 处理维生素 C 低于对照处理外, 其他处理 V_C 含量都高于对照处理, 且 E 处理维生素 C 损失率最小, 其含量由贮藏初期的 $128.13 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$ 下降到 $89.09 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, 维生素 C 损失率为 30.47%; 其次为 D 处理, 损失率为 33.57%; H ($0.3 \text{ Na}+0.1 \text{ K}$) 处理维生素 C 损失率最大, 为 55.44%。进一步分析发现, 单施钾、钠质量浓度在 0.2% 以内时对延缓 V_C 下降效果较好, 且钾处理效果好于钠, 超过这个质量浓度延缓效果变差, 在喷施 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 钾肥的同时配以 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 钠肥对延缓 V_C 下降具有促进作用。

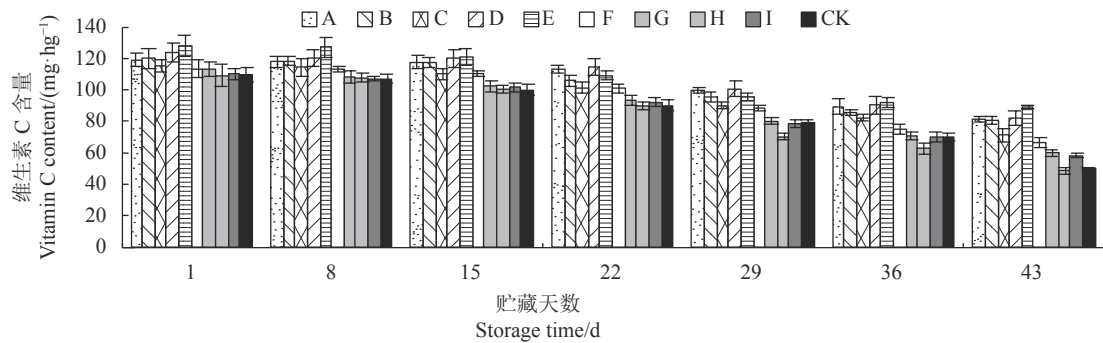


图 2 不同处理对猕猴桃果实维生素 C 含量变化的影响

Fig. 2 Vitamin C content of kiwifruits as affected by treatments

2.3.3 蛋白质含量变化 如图 3 所示, 在贮藏过程中, 猕猴桃蛋白质含量变化趋势与维生素 C 含量的变化相似。低质量浓度钾、钠处理均能显著增加猕猴桃蛋白质含量, 并延缓贮藏期间蛋白质下降速度; 贮藏 43 d 时, D (0.2 K) 处理果实中蛋白质含量为 $0.94 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, 其果实蛋白质损失率最小, 为 30.37%; 其次为 B ($0.1 \text{ K}+0.1 \text{ Na}$) 处理, 蛋白质损失率为 32.09%; H ($0.3 \text{ Na}+0.1 \text{ K}$) 处理果实蛋白质含量由贮藏初期 $1.20 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$ 下降到 $0.61 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, 其

果实蛋白质损失率最大为 49.17%。低质量浓度钠处理能在一定程度上增加蛋白质含量, 但在贮藏期间相较于钾处理蛋白质下降速度较快; 高质量浓度的钠、钾处理导致果实蛋白质含量明显降低, 贮藏期间下降速度加快, 不利于改善猕猴桃果实品质和贮藏性能。

2.4 不同钾、钠处理对果实贮藏性的影响

2.4.1 贮藏时间 表 3 数据显示, 不同钾、钠处理对猕猴桃果实贮藏时间影响差异明显, 不同处理贮藏

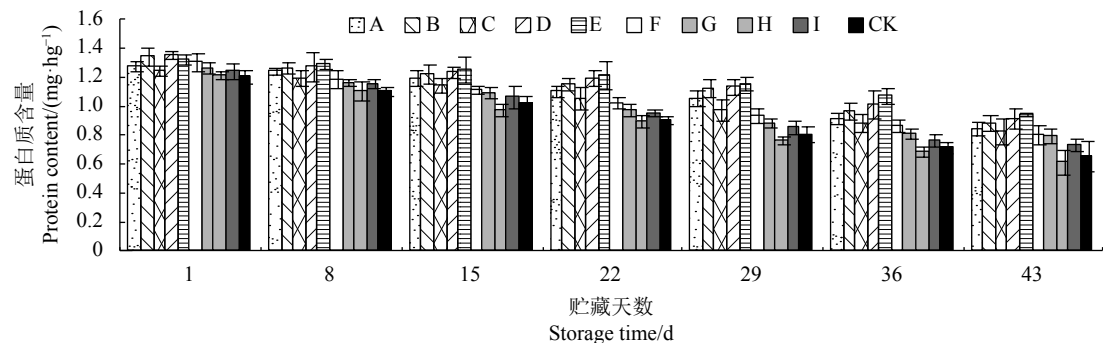


图 3 不同处理对猕猴桃果实蛋白质含量变化的影响

Fig. 3 Protein content of Kiwifruits as affected by treatments

时间各不相同，其中 D (0.2 K) 处理较对照处理延长 10 d 的贮藏时间，明显优于其他处理，此外 F (0.2Na+0.1K) 和 G (0.2 Na) 处理也能较好的增加猕猴桃果实贮藏时间，分别较对照延长 8 d、7 d 的贮藏时间；而高质量浓度的钾、钠处理 H (0.3 Na+0.1 K)、I (0.3 K+0.1 Na) 均减少果实贮藏时间，不利于猕猴桃果实贮藏。

2.4.2 果实软果率 如图 4 所示，在贮藏过程中，不同处理的猕猴桃软果率变化差异明显。贮藏第 8 d 果实开始软化，D (0.2 K) 处理果实软化率最低，为 6%；其次为 E (0.2 K+0.1 Na) 处理，软化率为 7.5%；贮藏 15~36 d，不同处理果实软化率增长速度加快，其中 H (0.3 Na+0.1 K) 处理软化率上升最为明显，贮藏 43 d 时，其软化率最高，为 95%，显著高于其他处理，对照处理软化率为 92%，此时期 D 处理软化率最低为 71.5%，单施氯化钠处理也能较好的

表 4 不同处理对果实贮藏时间的影响
Table 4 Shelf life of kiwifruits as affected by treatments

处理 Treatments	贮藏时间 Storage time/d	处理 Treatments	贮藏时间 Storage time/d
A (0.1K)	55	F (0.2Na+0.1K)	56
B (0.1K+0.1Na)	56	G (0.2Na)	61
C (0.1Na)	54	H (0.3Na+0.1K)	45
D (0.2K)	63	I (0.3K+0.1Na)	47
E (0.2K+0.1Na)	60	CK	53

降低猕猴桃果实贮藏期软果率，但效果不及磷酸二氢钾处理好；由此可见，磷酸二氢钾和氯化钠处理能不同程度的降低果实软果率，提高猕猴桃果实的耐贮性，其中以 0.2 mg·mL⁻¹ 磷酸二氢钾处理效果最好。

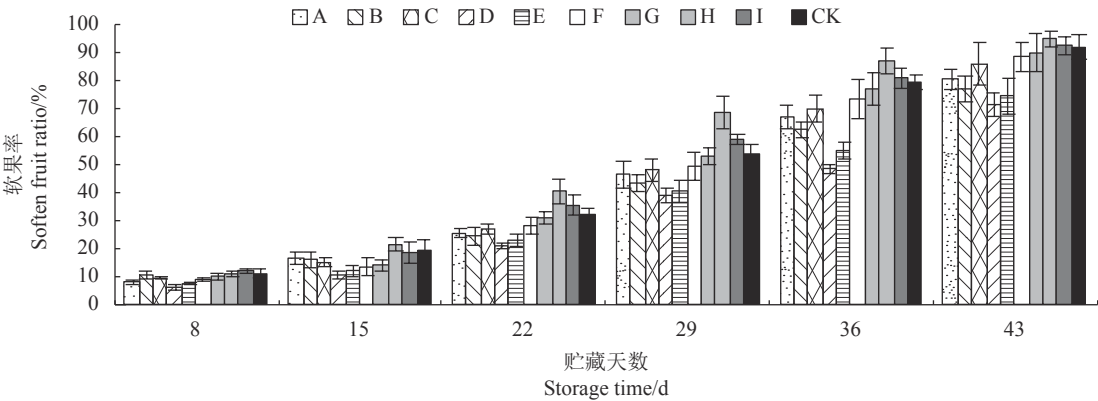


图 4 不同喷施处理对猕猴桃果实软果率的影响
Fig. 4 Occurrence of softened kiwifruits as affected by treatments

2.4.3 坏果率 如图 5 所示，猕猴桃果实随贮藏时间的延长逐渐软化腐烂，而叶面施钾、钠处理的果实坏果率要明显低于对照处理；单一施用低质量浓度

(0.1、0.2 mg·mL⁻¹) 钾、钠处理都能降低贮藏期间果实腐烂率，但施钾能更好地降低坏果率，说明与同质量浓度的钠肥处理相比，钾肥能更好地降低果

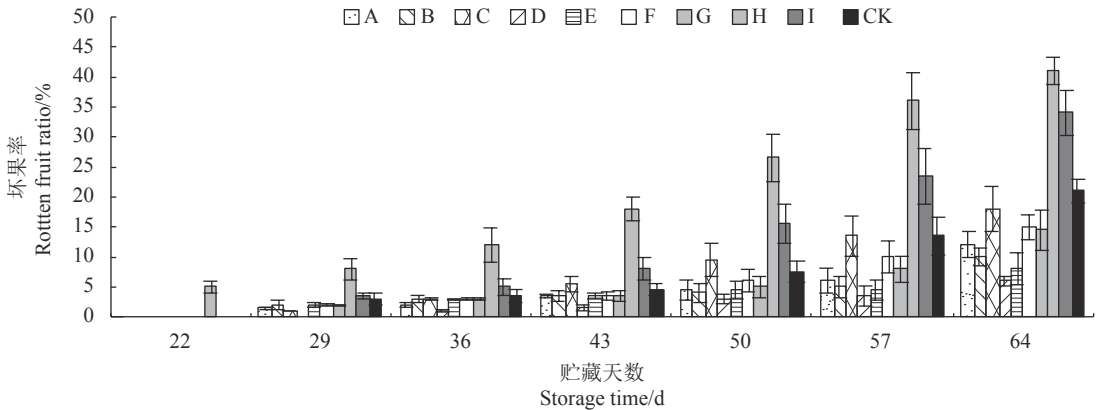


图 5 不同喷施处理对猕猴桃果实坏果率的影响
Fig. 5 Occurrence of rotten kiwifruits as affected by treatments

实腐烂率, 延长果实贮藏寿命; 贮藏至 22 d 时 H (0.3 Na+0.1 K) 最先出现坏果, 坏果率为 5%, 贮藏至 64 d 时, 该处理的坏果率高达 41%, 其次为 I (0.3 K+0.1 Na) 处理, 坏果率为 34%, 而对照处理为 21%, D (0.2 K) 处理坏果率最低, 仅为 6%, 由此可见, 适宜质量浓度的钾、钠对于降低果实贮藏期间坏果率具有良好效果, 而高质量浓度的钾、钠处理都导致坏果率增加, 特别是高钠低钾 (0.3 Na+0.1 K) 处理, 这说明高质量浓度的钾、钠离子已经干扰了果实的正常物质代谢, 破坏了植物体的渗透平衡, 细胞膜透性增加, 因而耐贮性明显下降。

3 讨论

3.1 钾、钠与果实品质

钾是作物营养中的“品质元素”, 其在改善果实品质, 提高贮藏性能及增加产量上都起到十分重要的作用。本试验中适量施钾处理显著改善了猕猴桃果重、 V_C 、蛋白质、可溶性糖含量等果实品质, 这与前人在苹果^[28]、葡萄^[29]、猕猴桃^[30]、番茄^[31]等果蔬上的研究结果一致; 本试验中单施低质量浓度的氯化钠也在一定程度上改善了猕猴桃果实品质, 这表明在缺钾情况下, 低质量浓度的钠部分替代了钾的功能, 这与焦妍妍^[32]等研究结果一致。本试验中 $0.2\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 磷酸二氢钾和 $0.1\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化钠混合叶面喷施对改善猕猴桃果实品质效果最好, 这可能与低质量浓度氯化钠处理促进了钾的吸收有关, 已有研究表明, 低质量浓度钠处理可促进流苏根系向地上部运输 K^+ 的能力, 且随着 NaCl 浓度的增加, 流苏幼苗叶片可溶性糖、可溶性蛋白含量总体呈上升趋势^[33]; 而高钾低钠 (0.3 K+0.1 Na) 和高钠低钾 (0.3 Na+0.1 K) 均不利于果实品质改善, 本试验中高钾低钠处理钠可能抑制了钾的吸收^[34]; 在高钠低钾情况下, 钠占据主导地位限制了钾的吸收、破坏了植物体渗透平衡, 导致生理代谢受阻, 高质量浓度的钠可能抑制了与光合作用有关的酶, 导致植株的光合能力下降, 此外, 高质量浓度氯化钠处理还会导致植株积累一定量的 Cl^- , 危害植物生长器官, 植物生长受到抑制^[35]。

3.2 钾、钠与果实耐贮性

本研究发现适宜质量浓度的钾处理推迟了可溶性糖到达峰值的时间, 这可能与钾促进了淀粉等高分子化合物形成有关, 施钾处理果实采收时淀粉含量要高于对照, 因此采后淀粉等物质分解为可溶性糖的时间延长, 可溶性糖含量峰值期较对照处理延后; 黄文源^[36]等研究表明, 施钾可推迟猕猴桃贮藏过程中可溶性糖含量峰值期; 适宜质量浓度的钾处

理还可以延缓蛋白质、 V_C 的下降速度, 并延长果实贮藏时间, 这与洪克前^[13]、黄伟^[37]等在菠萝、小南瓜上的研究结果一致; 高钾处理导致果实贮藏性变差, 已有研究证实, 高质量浓度的钾会抑制 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收, 而果实硬度与钙含量呈正相关关系^[38], 因此推测高钾处理果实钙含量下降, 果实硬度、果肉密度下降, 导致贮藏期间果实软化率、坏果率增加; 目前关于叶面施钠对果实贮藏品质的研究相对较少, 陆红飞^[39]等研究发现, 盐分胁迫可增加番茄果实的果皮厚度, 但在成熟期坏果率却有所上升, 这可能与盐分胁迫抑制了 Ca^{2+} 的吸收有关, 本试验中低质量浓度钠处理也能在一定程度上减缓果实营养品质下降速度, 减少软果率、坏果率, 而高质量浓度钠处理明显加速贮藏期间果实品质损失, 软果率和坏果率显著增加, 与陆红飞等人研究结果类似。

4 结论

本试验研究了钾、钠处理对猕猴桃果实品质及贮藏性的影响, 结果表明, 猕猴桃叶面施钾、钠能显著改善果实品质, 提升果实的耐贮性; 单施钠肥能在一定程度上提升猕猴桃果实品质, 可部分替代钾的营养功能, 在施钾情况下, 适量施钠对提高猕猴桃果实品质及贮藏性是有益的; $0.2\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 磷酸二氢钾处理可明显增加猕猴桃贮藏时间, 降低贮藏期间果实软化率、坏果率。总之 $0.2\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 磷酸二氢钾和 $0.1\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化钠混合叶面喷施对改善猕猴桃果实品质及贮藏性效果最佳, 而高钾、高钠处理都导致猕猴桃果实品质及贮藏性变差。本次研究初步探明了钠、钾配施在改善猕猴桃果实品质、提高产量及贮藏性等方面的作用, 但关于钠、钾离子在猕猴桃植株中的分布、钠钾离子在根、茎、叶中含量变化等未做相关研究, 可作今后研究方向。

参考文献:

- [1] 陈子文, 孟怡璠, 江海, 等. 猕猴桃研究进展及其产业在汉中的发展应对策略 [J]. 农业与技术, 2019, 39 (10): 11–15.
CHEN Z W, MENG Y F, JIANG H, et al. Research progress of Kiwifruit and its industrial development strategies in Hanzhong [J]. *Agriculture & Technology*, 2019, 39 (10): 11–15. (in Chinese)
- [2] 黄宏文. 猕猴桃驯化改良百年启示及天然居群遗传渐渗的基因发掘 [J]. 植物学报, 2009, 44 (2): 127–142.
HUANG H W. History of 100 years of domestication and improvement of kiwifruit and gene discovery from genetic introgressed populations in the wild [J]. *Bulletin of Botany*, 2009, 44 (2): 127–142. (in Chinese)
- [3] 杨红, 伍小雨, 唐江云. 猕猴桃产业现状与发展对策分析 [J]. 中国

- 果业信息, 2018, 35 (3): 16-19.
- YANG H, WU X Y, TANG J Y. Analysis of kiwifruit industry status and Development countermeasures [J]. *China Fruit News*, 2018, 35 (3): 16-19. (in Chinese)
- [4] 赵明城. 营养元素的生理功能及其在植物抗旱性中的作用综述 [J]. *现代农业科技*, 2015 (12): 213-215.
- ZHAO M C. Review on the physiological function of nutrient elements and its role in drought resistance of plants [J]. *XianDai NongYe KeJi*, 2015 (12): 213-215. (in Chinese)
- [5] 孙骞, 杨军, 张绍阳, 等. 钾营养与果树光合生理及果实品质关系研究进展 [J]. *广东农业科学*, 2006, 33 (12): 126-129.
- SUN Q, YANG J, ZHANG S Y, et al. Research progress on relationship between potassium nutrition and photosynthesis physiology & fruit quality of fruit trees [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2006, 33 (12): 126-129. (in Chinese)
- [6] 周敏, 曾蓓, 赵玉华, 等. 钾对刺葡萄光合作用的影响 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 43 (2): 156-160.
- ZHOU M, ZENG B, ZHAO Y H, et al Effects of potassium on the photosynthesis of *Vitis davidii* Foëx [J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2017, 43 (2): 156-160. (in Chinese)
- [7] 李延军, 刘孟, 刘宁, 等. 硝酸钾和硝酸钙对芍药切花水分代谢的影响 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24 (6): 314-318.
- LI Y J, LIU M, LIU N, et al. Effects of KNO_3 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ on water metabolism of cut peony flowers [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24 (6): 314-318. (in Chinese)
- [8] 宋志忠, 许建兰, 张斌斌, 等. 叶面喷施钾肥对霞脆桃果实品质及 KUP 基因表达的影响 [J]. *江苏农业学报*, 2018, 34 (5): 1107-1112.
- SONG Z Z, XU J L, ZHANG B B, et al. Effect of foliar spraying of potassium fertilizer on Xiacui peach quality and expression of KUP transporter family genes [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 34 (5): 1107-1112. (in Chinese)
- [9] 陈兴瑶. 接种AMF与商陆间作对猕猴桃钾素吸收及生长代谢的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- CHEN X Y. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Interplanted of Pokeweed on Potassium Absorbtionand Physiological Metabolism of Kiwifruit.[D] Chongqing: Southwest University, 2016. (in chinese).
- [10] 郑炳松, 程晓建, 蒋德安, 等. 钾元素对植物光合速率、Rubisco和RCA的影响 [J]. *浙江林学院学报*, 2002, 19 (1): 104-108.
- ZHENG B S, CHENG X J, JIANG D A, et al. Effects of potassium on Rubisco, RCA and photosynthetic rate of plant [J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2002, 19 (1): 104-108. (in Chinese)
- [11] 密扬, 陈剑秋, 王瑞霞, 等. 不同施钾量对淀粉型甘薯光合特性、淀粉含量及产量的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2020, 48 (12): 68-74.
- MI Y, CHEN J B, WANG R X, et al. Influences of different potassium application rates on photosynthetic characteristics, starch content and yield of starch-type sweet potato varieties [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48 (12): 68-74. (in Chinese)
- [12] 湛琛, 同延安, 路永莉, 等. 不同钾肥种类对苹果产量、品质及耐贮藏性的影响 [J]. *植物营养与肥科学报*, 2016, 22 (1): 216-224.
- CHEN C, TONG Y, LU Y L, et al. Effects of different potassium fertilizers on production, quality and storability of Fuji apple [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2016, 22 (1): 216-224. (in Chinese)
- [13] 洪克前, 徐函兵, 王俊宁, 等. 采前施用钾肥对菠萝果实贮藏特性的影响 [J]. *热带作物学报*, 2013, 34 (3): 408-412.
- HONG K Q, XU H B, WANG J N, et al. Effects of application of potassium fertilizer before harvest on storage quality of pineapple fruit [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2013, 34 (3): 408-412. (in Chinese)
- [14] 曹冬梅, 王云山, 康黎芳, 等. 根外施钾对苹果树光合速率的影响研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2004, 12 (1): 80-82.
- CAO D M, WANG Y S, KANG L F, et al. Effect of foliage top-dressing of potassium on the photosynthetic rate of apple trees [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12 (1): 80-82. (in Chinese)
- [15] 李三相, 周向睿, 王锁民. Na⁺在植物中的有益作用 [J]. *中国沙漠*, 2008, 28 (3): 485-490.
- LI S X, ZHOU X R, WANG S M. Positive functions of sodium in plants [J]. *Journal of Desert Research*, 2008, 28 (3): 485-490. (in Chinese)
- [16] ZOUHAIER B, MARIEM M, MOKDED R, et al. Physiological and biochemical responses of the forage legume *Trifolium alexandrinum* to different saline conditions and nitrogen levels [J]. *Journal of Plant Research*, 2016, 129 (3): 423-434.
- [17] LIU A R, ZHAO K F. Effects of salt stress on the growth and the nitrate reductase activity in *Thellungiella Halophila* [J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31 (5): 469-476.
- [18] 王俊玲, 王梅, 高露, 等. 营养液中添加氯化钠降低硫浓度对韭菜硝酸盐累积的减控效应 [J]. *植物营养与肥科学报*, 2020, 26 (6): 1135-1145.
- WANG J L, WANG M, GAO L, et al. Decrement of nitrate accumulation in Chinese chives through adding NaCl and reducing SO_4^{2-} concentration in the nutrient solution [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2020, 26 (6): 1135-1145. (in Chinese)
- [19] 王金平, 张金池, 岳健敏, 等. 氯化钠胁迫对香樟幼苗光合色素和叶绿素荧光参数的影响 [J]. *安徽农业大学学报*, 2017, 44 (4): 617-622.
- WANG J P, ZHANG J C, YUE J M, et al. Effects of salt stress on photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence parameters of camphor seedlings [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2017, 44 (4): 617-622. (in Chinese)
- [20] 贾鹏燕, 田福平, 刘一帆, 等. 短期盐胁迫对苦苣菜幼苗叶片抗逆生理指标的影响 [J]. *西北植物学报*, 2017, 37 (7): 1303-1311.
- JIA P Y, TIAN F P, LIU Y F, et al. Response of leaf physiological indexes to short-term salinity stress for seedlings of *Sonchus oleraceus* L [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2017, 37 (7): 1303-1311. (in Chinese)
- [21] 李景生, 黄韵珠. 浅述植物的耐盐生理 [J]. *植物学通报*, 1995 (3): 15-19.
- LI J S, HUANG Y Z. The salt tolerance physiology of plants [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 1995 (3): 15-19. (in Chinese)
- [22] 陈川, 张山泉, 孙春梅, 等. 水稻施用钾肥与钠肥对其生长和产量的

- 影响[J]. *安徽农业科学*, 2003, 31 (5): 764-765, 769.
- CHEN C, ZHANG S Q, SUN C M, et al. Effect of application of K- and Na-fertilizer on rice growth and yield [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2003, 31 (5): 764-765, 769. (in Chinese)
- [23] 徐进, 赵鹤, 任爽, 等. 盐胁迫对番茄生长和果实品质的影响[J]. *蔬菜*, 2020 (8): 20-23.
- XU J, ZHAO H, REN S, et al. Effects of Salt Stress on Tomato Growth and Fruit Quality [J]. *Vegetables*, 2020 (8): 20-23. (in Chinese)
- [24] 孙红, 岳倩宇, 相广庆, 等. 不同浓度的NaCl处理对葡萄果实品质形成的影响[J]. *植物生理学报*, 2018, 54 (1): 63-70.
- SUN H, YUE Q Y, XIANG G Q, et al. Impacts of different concentrations of NaCl on formation of grape berry quality [J]. *Plant Physiology Communications*, 2018, 54 (1): 63-70. (in Chinese)
- [25] 王宁, 李树和, 刘峰, 等. 不同浓度NaCl处理对酸浆植株生长及果实品质的影响[J]. *北方园艺*, 2020 (12): 33-38.
- WANG N, LI S H, LIU Y, et al. Effects of NaCl treatment with different concentration on growth and fruit quality of *Alkekengi* [J]. *Northern Horticulture*, 2020 (12): 33-38. (in Chinese)
- [26] 黄少刚, 孙程旭, 杨伟波, 等. 钠钾离子替代对椰子叶片叶绿素、丙二醛、离子含量的影响[J]. *热带农业科学*, 2013, 33 (3): 13-17.
- HUANG S G, SUN C X, YANG W B, et al. Effect of the replacement of potassium by sodium on contents of chlorophyll, malonaldehyde and ions in the coconut leaves [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2013, 33 (3): 13-17. (in Chinese)
- [27] 王宝增. 低浓度NaCl对玉米幼苗光合作用的影响[J]. *云南植物研究*, 2009, 31 (2): 163-165.
- WANG B Z. Effect of low NaCl level on photosynthesis of *Zea mays* seedlings [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2009, 31 (2): 163-165. (in Chinese)
- [28] 路永莉, 杨宪龙, 李茹, 等. 不同施钾时期对红富士苹果产量和品质的影响[J]. *应用生态学报*, 2015, 26 (4): 1179-1185.
- LU Y L, YANG X L, LI R, et al. Effects of different potassium fertilizer application periods on the yield and quality of Fuji apple [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, 26 (4): 1179-1185. (in Chinese)
- [29] 张朝轩, 杨天仪, 骆军, 等. 不同肥料及施用方式对巨峰葡萄叶片光合特性和果实品质的影响[J]. *西南农业学报*, 2010, 23 (2): 440-443.
- ZHANG C X, YANG T Y, LUO J, et al. Effects of different fertilizers and application methods on photosynthetic characteristics and quality of kyoho grape [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 23 (2): 440-443. (in Chinese)
- [30] 何忠俊, 张广林, 张国武, 等. 钾对黄土区猕猴桃产量和品质的影响[J]. *果树学报*, 2002, 19 (3): 163-166.
- HE Z J, ZHANG G L, ZHANG G W, et al. Effect of potash application on the output and quality of kiwifruit in loess area [J]. *Journal of Fruit Science*, 2002, 19 (3): 163-166. (in Chinese)
- [31] 李娟, 李建设, 高艳明, 等. 不同生育期营养液钾氮比对番茄生长和果实品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2016, 28 (11): 1881-1889.
- LI J, LI J S, GAO Y, et al. Effects of K/N ratio of nutrient solution on growth and fruit quality of tomato in different growth periods [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2016, 28 (11): 1881-1889. (in Chinese)
- [32] 焦妍妍, 陈晨, Muhammad Azher Nawaz, 等. 不同钾钠处理对西瓜生长和生理的影响[J]. *中国瓜菜*, 2016, 29 (12): 14-18.
- JIAO Y Y, CHEN C, MUHAMMAD A, et al. Effect of different potassium and sodium treatments on the growth and physiology of watermelon plants [J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2016, 29 (12): 14-18. (in Chinese)
- [33] 韩丽霞, 欧阳敦君, 张鸽香. NaCl胁迫对流苏幼苗生长、钠钾离子分布及渗透调节物质的影响[J]. *西北植物学报*, 2020, 40 (3): 502-509.
- HAN L X, OUYANG D J, ZHANG G X. Growth, na⁺ and K⁺ distribution and osmotic regulation of *Chionanthus retusus* seedlings under NaCl stress [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2020, 40 (3): 502-509. (in Chinese)
- [34] 陈克文, 黄健琳, 林杭生, 等. 酸性红壤上水稻钾钠配施效应的研究[J]. *中国农业科学*, 1989, 22 (2): 20-27.
- CHEN K W, HUANG J L, LIN H S, et al. Effects of combined application of potassium and sodium on rice growth and nutrient uptake in red acid soil [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1989, 22 (2): 20-27. (in Chinese)
- [35] 李艳迪, 郭建荣, 王宝山. 钠盐和氯化物对真盐生植物盐地碱蓬营养生长的影响[J]. *植物生理学报*, 2018, 54 (3): 421-428.
- LI Y D, GUO J R, WANG B S. Effects of sodium salt and chloride on vegetative growth of euhalophyte *Suaeda salsa* [J]. *Plant Physiology Communications*, 2018, 54 (3): 421-428. (in Chinese)
- [36] 黄文源, 龙友华, 张承, 等. 叶面钾肥对猕猴桃产量及品质的影响[J]. *贵州农业科学*, 2015, 43 (11): 131-134.
- HUANG W Y, LONG Y H, ZHANG C, et al. Effects of different foliar potassium fertilizer on yield and quality of kiwifruit [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2015, 43 (11): 131-134. (in Chinese)
- [37] 黄伟, 张俊花, 李文杰, 等. 钾营养对地膜覆盖小南瓜产量和贮藏特性的影响[J]. *西北农业学报*, 2009, 18 (5): 262-265.
- HUANG W, ZHANG J H, LI W J, et al. The effect of potassium nutrition on yield and storing characteristic of small cushaw under plastic film mulching [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2009, 18 (5): 262-265. (in Chinese)
- [38] 黄艳, 文露, 庞亚卓, 等. 喷施钙肥对‘夏黑’葡萄果实糖酸积累的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2020 (2): 166-172.
- HUANG Y, WEN L, PANG Y Z, et al. Effect of spraying calcium on sugar and acid accumulation in 'Summer Black' grape [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2020 (2): 166-172. (in Chinese)
- [39] 陆红飞, 郭相平, 甄博, 等. 成熟期水盐胁迫对番茄产量和贮藏期品质的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2015, 34 (6): 15-19.
- LU H F, GUO X P, ZHEN B, et al. Effects of water and salt stress in mature period on yield and quality of tomato during storage period [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2015, 34 (6): 15-19. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)