

网络出版时间:2017-10-09 09:39

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.11.011

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20171009.0939.022.html>

补充营养液中不同氮钾水平对 甜瓜产量和品质的影响

樊翔宇^{1,2}, 李建明^{1,2}, 蔡东升^{1,2}, 李 惠^{1,2}, 张钧恒^{1,2}

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 农业部西北设施园艺工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】【目的】研究基质栽培条件下补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量和品质的影响, 为温室甜瓜基质栽培的高效生产提供依据。【方法】以甜瓜品种‘绿翠宝’为试材, 以不同氮钾施用量为试验因子, 设置 4 个氮钾水平处理(NK1: 氮 13 mmol/L、钾 4 mmol/L; NK2: 氮 15 mmol/L、钾 6 mmol/L; NK3: 氮 17 mmol/L、钾 8 mmol/L; NK4: 氮 19 mmol/L、钾 10 mmol/L), 开花坐果期按 1/2 倍营养液施肥, 膨果成熟期按 1 倍营养液施肥, 于 04-30 开始每 10 d 各取样 1 次, 测定甜瓜各项生理指标(株高、茎粗、叶绿素含量和净光合速率)。采用连续流动分析仪测定不同器官(根、茎、叶)氮钾元素含量, 同时对甜瓜产量和品质做综合评价。【结果】补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜植株生长发育影响明显, 甜瓜植株株高、茎粗和叶绿素含量随氮钾用量增加表现出上升趋势, 超过一定范围后下降。NK3 处理净光合速率分别比 NK1、NK2 和 NK4 处理高 22.5%, 14.2% 和 5.0%。植株各器官氮钾吸收量表现为叶>茎>根, 各处理氮钾吸收量表现为 NK3>NK4>NK2>NK1。补充营养液中氮钾水平过高或过低均使甜瓜产量下降, NK3 处理产量最高, 为 28.09 t/hm², 分别比 NK1、NK2 和 NK4 处理高 19.4%, 16.5% 和 7.4%。甜瓜果实中可溶性糖含量随氮钾水平升高而增加, 可溶性固形物、可溶性蛋白和维生素 C 含量均呈现先增加后减少趋势, 且均以 NK3 处理最高。【结论】综合考虑产量、品质等因素, 补充营养液 NK3 处理(氮 17 mmol/L、钾 8 mmol/L)甜瓜的生长效果最好, 可作为最优的营养液氮钾施肥方案。

【关键词】 甜瓜; 补充营养液; 氮钾水平; 元素吸收; 产量; 品质

【中图分类号】 S652

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2017)11-0085-08

Effect of nitrogen and potassium levels in nutrient solution on yield and quality of muskmelon

FAN Xiangyu^{1,2}, LI Jianming^{1,2}, CAI Dongsheng^{1,2}, LI Hui^{1,2}, ZHANG Junheng^{1,2}

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

2 Key Laboratory of Protected Horticulture Engineering in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This paper studied the effects of nitrogen and potassium levels in nutrient solution on yield and quality of muskmelon under substrate cultivation to provide basis for efficient production of muskmelon by substrate in greenhouse. 【Method】 Muskmelon ‘Lvciuiba’ was planted with four nitrogen and potassium levels (NK1: nitrogen 13 mmol/L, potassium 4 mmol/L; NK2: nitrogen 15 mmol/L, potassium 6 mmol/L; NK3: nitrogen 17 mmol/L, potassium 8 mmol/L; and NK4: nitrogen 19 mmol/L, potassium 10 mmol/L). Plants were fertilized by 1/2 nutrient solution in flowering stage, and 1 times nutrient solution in fruiting stage. The physiological indexes (plant height, stem diameter, chlorophyll and net pho-

【收稿日期】 2016-09-08

【基金项目】 国家科技支撑计划项目(2014BAD14B06); 农业部“948”项目(2015Z-36)

【作者简介】 樊翔宇(1991—), 男, 河南安阳人, 硕士, 主要从事设施作物生理生态研究。E-mail: 147448999@qq.com

【通信作者】 李建明(1966—), 男, 陕西洛川人, 教授, 博士生导师, 主要从事设施园艺研究。E-mail: lijianming66@163.com

tosynthetic rate) were measured 10 d, 20 d, 30 d after treatment. The contents of nitrogen and potassium in different organs (root, stem and leaf) were measured by continuous flow analyzer and the comprehensive evaluation was conducted on muskmelon yield and quality. **【Result】** Nitrogen and potassium levels had significant effects on growth and development of muskmelon. Plant height, stem diameter and chlorophyll increased with the increase of fertilizer, then declined over a certain increase. Photosynthetic rate of NK3 treatment was 22.5%, 14.2% and 5.0% higher than those of NK1, NK2 and NK4, respectively. The absorption quantity of N and K in organs was in the order of leaf > stem > root, while in the order among treatments was NK3 > NK4 > NK2 > NK1. The yield of muskmelon declined in too low or too high levels of nitrogen and potassium. The yield of NK3 treatment was 28.09 t/hm², which was 19.4%, 16.5% and 7.4% higher than those of NK1, NK2 and NK4. The content of soluble sugar in muskmelon increased with the increase of fertilizers, but the contents of soluble solid, soluble protein and vitamin C decreased after initial increase, and content of NK3 treatment was highest. **【Conclusion】** Comprehensively considering yield and quality of muskmelon, formula NK3 (nitrogen 17 mmol/L and potassium 8 mmol/L) was the optimal choice of nutrient solution.

Key words: muskmelon; nutrient solution; nitrogen and potassium level; elements absorption; yield; quality

随着我国设施栽培技术的发展,甜瓜生产区迅速扩大,已成为发展高效、精品农业的首选作物之一^[1]。近些年无土栽培技术发展迅速,营养液配方浓度对无土栽培作物的产量与品质影响显著。由于作物在不同的施肥量下对养分的吸收有一定差异,产量与品质也不同,因此,进一步研究温室基质栽培中补充营养液施肥的技术,对于提高作物产量和品质、提升经济效益有着十分重要的意义。国内外就施肥对甜瓜的生长、产量以及品质的影响已经做了大量的研究,这些研究发现,适宜施肥量可增加甜瓜产量,改善果实品质^[2]。Cabelló 等^[3]、薛亮等^[4]研究发现,增施氮肥对甜瓜产量和品质的提升作用显著。林多等^[5]研究表明,钾肥对提高甜瓜果实品质有良好作用,能够有效增加果实中的可溶性糖和 Vc 含量。陈波浪等^[6]、胡国智等^[7]研究发现,甜瓜对钾的需求量最高,氮次之,磷最少,全生育期内对氮、磷、钾的吸收比例为 1:0.30:2.53,施肥量过高或过低均可能限制其正常发育,进而影响产量和品质。有机基质袋式栽培是一种简易的无土栽培,是将农业废弃物发酵后按一定比例配成的复合基质装进栽培袋,并将作物种植在栽培袋中的新型种植模式。作物生长所需的部分养分来自于栽培基质,其余的矿质营养可通过营养液施肥供给^[8]。这种栽培方式能有效克服土壤连作障碍问题,提高作物产量、品质以及经济效益,也可以避免土壤深层渗漏和土面蒸发导致的水分流失。目前,关于基质配方的筛选已有大量研究报道,有关施肥对甜瓜生长发育等方面

的报道也很多,而较少见涉及基质栽培中营养液补充施肥对甜瓜组织器官养分吸收和产量品质方面的研究。因此,本研究以甜瓜品种‘绿翠宝’为试材,探究补充营养液中不同氮钾水平对袋培甜瓜的生长发育、产量及品质的影响,以期为基质栽培甜瓜的高产优质提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验于 2015-03-10—06-30 在西北农林科技大学北校区园艺场内进行。该试验地属于暖温带半干旱半湿润大陆性季风气候,年均气温 12.9℃,年均积温 4 811℃,日照时数 2 196 h,年均辐射总量 479.9 kJ/m²,年降水量 660 mm,年蒸发量 993 mm。试验所用的大跨度非对称酿热温室(国家专利号 201420836431.7)跨度 17~19 m,脊高 5.1~5.4 m,东西走向,南屋面投影 10~12 m,北屋面投影 7~8 m。屋面选用透光率较高的防水无滴膜覆盖,温室内部的光照、温度及湿度条件较为一致。

供试甜瓜品种为薄皮甜瓜‘绿翠宝’,由陕西杨凌德信盈农业公司提供。栽培供试基质为前期育苗试验所筛选的优势配方(V(菇渣):V(牛粪):V(蛭石):V(珍珠岩)=3:3:2:2),经腐熟后的菇渣、牛粪由陕西康熙农业公司提供,蛭石、珍珠岩购自杨凌新天地设施农业开发有限公司。基质袋为无土栽培自制长条袋(规格为 12 m×0.4 m,材质为外白内黑的 PE 膜)。将菇渣、牛粪和蛭石混匀配制成复合基质

装入长条基质袋,其基本理化性质如下:容重 0.34 g/cm³,总孔隙度 54.8%,pH 6.77,EC 值2.43 mS/cm,速效氮 1 792.85 mg/kg,速效钾3 047.18 mg/kg。水肥一体化系统主要由水源、储水(肥)桶、水泵、PE 主管道、毛管、箭式滴头等组成,利用自吸泵所产生的负压,将养分随同水分以水滴状滴入基质^[9]。

1.2 试验设计

甜瓜幼苗长至 4 叶 1 心时,选取生长健壮且一致的幼苗定植。单行定植,行距和株距分别为 80 cm 和 20 cm,单蔓整枝立式栽培,侧蔓结瓜,每株留 3 个瓜,分别在第 8~10 节、第 12~14 节和第 16~18 节,摘除坐果节位以下的侧枝,主蔓第 25 节摘心。营养液施肥参考霍格兰(Hoagland)和阿农(Arnon)配方^[10],营养液中大量元素含量如表 1 所示。微量元素采用通用配方:Na₂Fe-EDTA 20 mg/L、MnSO₄·H₂O 2.13 mg/L、ZnSO₄·7H₂O 0.2 mg/L、CuSO₄·5H₂O 0.08 mg/L、(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 0.02 mg/L。试验调节 Hoagland 营养液配方中的 KNO₃ 用量,设置氮钾水平 4 个处理,具体如表 2 所示。按照随机区组进行排列,共设 12 个小区,每小区定植 80 株甜瓜,3 次重复。

实际生产中各处理营养液中氮钾的用量算法如下:根据 Hoagland 和 Arnon 的结果,正常生长的甜瓜整个生长季 N、K 的吸收量分别为 10~12 和 10~17 g/株,扣除复合基质中的速效氮、速效钾含量,可知,每株甜瓜需要补充的 N、K 量分别为 601.02 和 279.63 mmol,然后根据整个生长期的灌水量算出营养液中氮钾的含量(表 2),其中 NK2 处理为对照,与 Hoagland 营养液配方中氮钾浓度相同。

表 1 本试验营养液通用配方

Table 1 General formula of nutrient solution

化合物名称 Name of compound	化合物质量浓度/ (mg·L ⁻¹) Mass concentration	化合物浓度/ (mmol·L ⁻¹) Concentration
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	945	4.0
KNO ₃	607	6.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	493	2.0
NH ₄ H ₂ PO ₄	115	1.0

表 2 不同处理氮钾浓度

Table 2 Concentration of nitrogen and potassium of different treatments

处理 Treatment	氮浓度/ (mmol·L ⁻¹) Nitrogen content	钾浓度/ (mmol·L ⁻¹) Potassium content
NK1	13	4
NK2	15	6
NK3	17	8
NK4	19	10

根据甜瓜的生育特点,将整个生育期划分为伸蔓期(03-24—04-19)、开花坐果期(04-20—05-09)和膨果成熟期(05-10—06-15)。伸蔓期不进行营养液处理,甜瓜生长主要依靠复合基质中的养分,每株浇水 200 mL/d。从 50% 植株开始有花起(开花期的标志),按表 2 营养液水平,各处理开花坐果期按 1/2 倍营养液施肥,每株 400 mL/d;膨果成熟期按 1 倍营养液施肥,每株 700 mL/d。各处理微量元素施入量相同。水肥管理视天气状况做适当调整,各处理除营养液氮钾水平不同外,其余管理措施均相同。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 形态指标的测定 每个处理随机选取 4 株甜瓜作为待测植株并挂牌标记,重复 3 次。从 04-30 起,每 10 d 测 1 次植株的株高、茎粗等,共测量 4 次。株高采用卷尺测定从基质上表面至生长点的高度,用游标卡尺测定第 2 节位以上 1 cm 高度的茎粗。

1.3.2 光合参数的测定 选择开花坐果期的晴天上午 09:00—11:30,利用 LI-6400 型便携式光合测定仪(Li-Cor Inc,USA),每个处理随机选择 3 株,测定净光合速率。采用开放气路,CO₂ 采自温室外 3~4 m 高的空气中,光量子通量密度(photon flux density,PFD)设定为 1 000 μmol/(m²·s),叶室温度控制在 25 ℃,选取生长点下第 7 片功能叶^[11];叶片叶绿素采用手持叶绿素仪 SPAD 测定,04-30 起,每 10 d 测 1 次,共测定 4 次。

1.3.3 植株各器官氮钾含量的测定 从 04-30 起,每 10 d 选取各处理甜瓜植株 3 株,按根、茎、叶 3 部分装入牛皮纸袋后于 110 ℃烘箱中杀青 30 min,然后在 80 ℃下烘至恒质量,千分之一天平称量干质量。将烘干植物样品用微型粉碎机粉碎后过筛(0.5 mm),用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,消煮液用来测定植株养分含量,全氮、全钾含量用连续流动分析仪测定。

各时期养分含量=器官养分含量×对应器官干质量。

1.3.4 产量与品质的测定 称量和计算成熟果实的产量及果实横径、纵径,根据李合生^[12]的方法,测定果实可溶性固形物(数显糖量计 TD-45)、可溶性糖(蒽酮比色法)、可溶性蛋白(考马斯亮蓝 G-250 染色法)和维生素 C(钼蓝比色法)含量。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 和 SPSS 20 软件进行数据分析,不同处理间的多重比较采用 Duncan's 新复极差

法,并用 Excel 2003 软件进行数据统计和作图。

2 结果与分析

2.1 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜植株生长的影响

由图 1 可以看出,从 04-30—05-30,甜瓜植株生长呈现出先快后慢的趋势,4 个处理在 3 个生育期的株高平均增长率为 97.2%(04-30—05-10)、37.8%(05-10—05-20)、27.7%(05-20—05-30),可见植株营养生长逐渐放缓。各处理植株长势整体表

现为 $NK4 > NK3 > NK2 > NK1$,其中 $NK1$ 处理最低, $NK3$ 、 $NK4$ 处理较好,说明提高氮钾施肥量有利于株高增长。从 04-30—05-30, $NK1$ 、 $NK2$ 、 $NK3$ 、 $NK4$ 处理的株高增长量依次为 113.20、117.67、122.50 和 121.62 cm,以 $NK3$ 处理株高增长量最多。

由图 2 可以看出,随着处理时间的延长,甜瓜茎粗增长比较缓慢,各处理变化趋势基本一致。从 04-30—05-30, $NK1$ 、 $NK2$ 、 $NK3$ 、 $NK4$ 处理的茎粗增长量依次为 0.78、1.15、1.34 和 1.20 mm。 $NK1$ 处理显著低于其他处理; $NK3$ 处理甜瓜茎粗增长量最多。

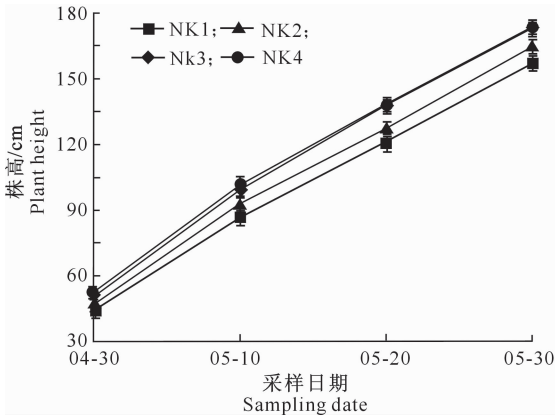


图 1 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜株高的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen and potassium levels on height of muskmelon

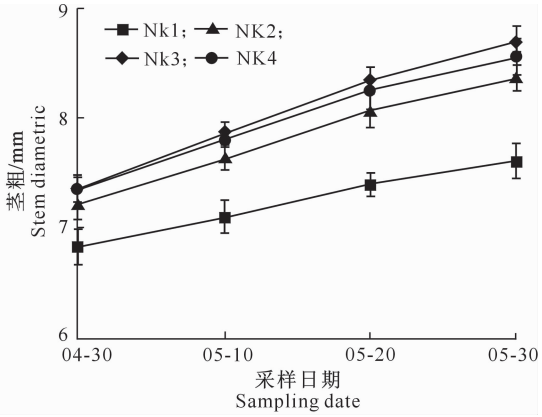


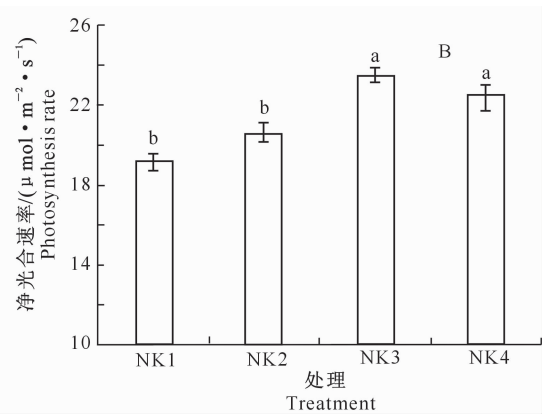
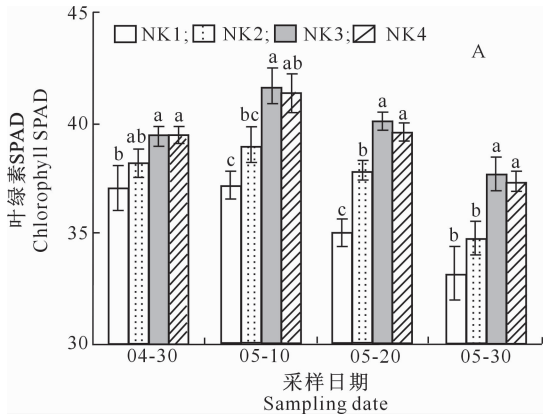
图 2 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜茎粗的影响

Fig. 2 Effect of different levels of nitrogen and potassium on stem diameter of muskmelon

2.2 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜叶绿素和光合作用的影响

从图 3-A 可以看出,甜瓜从开花到果实膨大,各处理植株叶片叶绿素含量均呈先增加后降低的趋势,05-10 前后达到最大值,表现为 $NK3 > NK4 >$

$NK2 > NK1$,其中 $NK3$ 、 $NK4$ 处理明显高于 $NK1$ 、 $NK2$ 处理, $NK1$ 处理叶片叶绿素含量最低, $NK3$ 处理分别比 $NK1$ 和 $NK2$ 处理高了 12.0% 和 6.9%。说明高水平氮钾更有利于植株叶片叶绿素的合成。



同一时期图柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$). The same below

图 3 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜叶片叶绿素含量(A)和净光合速率(B)的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen and potassium levels on chlorophyll (A) and net photosynthetic rate (B) of muskmelon

由图 3-B 可知,在补充营养液不同氮钾水平下,甜瓜叶片净光合速率表现出 $NK3$ 处理最高,为

23.43 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;其次是 NK4 处理,为 22.31 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;NK1、NK2 处理净光合速率均与 NK3、NK4 处理之间有显著性差异,NK3 处理甜瓜叶片的净光合速率比 NK1、NK2 处理分别高 22.5% 和 14.2%。说明高氮钾水平更有利于植株光合作用,促进甜瓜生长发育。

2.3 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜各器官氮和钾含量的影响

从表 3 可以看出,各处理甜瓜植株中叶片氮含量高于根和茎,以根系中氮含量最低。叶片中 NK3、NK4 处理氮含量明显高于 NK1、NK2 处理,其中 NK3 处理在 05-30 时氮含量最大,为 1 235.21 mg/株。根中氮含量随氮钾水平升高总体呈先增加后降低的趋势,茎中总体表现为逐渐增加,其中 NK3 处理在 05-30 时,根、茎中氮含量分别为 62.39

和 184.72 mg/株。NK3、NK4 处理根、茎和叶中氮含量无显著差异,在甜瓜根、茎、叶不同器官中,均以 NK1 处理氮含量最低。

各处理甜瓜植株中各器官钾吸收量也表现为叶>茎>根。其中甜瓜叶片钾含量除 05-10 的 NK3 处理低于 NK4 处理外,NK3 处理钾含量均高于其他处理,05-30 时 NK3 处理钾含量为 2 723.81 mg/株。甜瓜茎中 NK3、NK4 处理钾含量明显高于 NK1、NK2 处理,05-30 时分别达到 862.98 和 897.85 mg/株,2 个处理间差异不显著。根系钾含量随营养液中氮钾水平的升高呈先增加后降低的趋势,其中 NK3 处理最高,05-30 时为 175.03 mg/株,分别比 NK1、NK2 和 NK4 处理高 75.9%,71.6% 和 21.4%,且与 NK1、NK2 处理间差异显著。

表 3 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜各器官氮钾元素含量的影响

Table 3 Effect of different treatments on contents of nitrogen and potassium in different organs

器官 Organ	处理 Treatment	氮含量/(mg·株 ⁻¹) Nitrogen content			钾含量/(mg·株 ⁻¹) Potassium content		
		05-10	05-20	05-30	05-10	05-20	05-30
根 Root	NK1	6.62 a	16.61 b	34.29 b	20.19 a	53.38 a	99.49 b
	NK2	8.11 a	24.99 ab	41.08 ab	20.27 a	62.79 a	102.00 b
	NK3	8.89 a	28.58 a	62.39 a	25.06 a	81.08 a	175.03 a
	NK4	8.13 a	28.98 a	53.56 ab	21.61 a	76.10 a	144.20 ab
茎 Stem	NK1	8.70 b	35.15 b	85.57 b	42.17 b	168.12 c	419.84 b
	NK2	10.56 ab	40.84 ab	106.68 b	56.13 ab	186.53 bc	652.53 ab
	NK3	12.89 ab	54.13 a	184.72 a	65.46 a	298.13 a	862.98 a
	NK4	13.50 a	55.92 a	182.20 a	65.92 a	270.49 ab	897.85 a
叶 Leaf	NK1	59.35 b	207.88 b	510.19 c	182.40 a	640.75 b	1 053.85 c
	NK2	71.03 ab	244.74 b	665.27 bc	211.60 a	884.80 a	1 702.72 bc
	NK3	81.07 ab	417.92 a	1 235.21 a	218.38 a	1 084.81 a	2 723.81 a
	NK4	90.17 a	389.34 a	1 136.87 ab	220.94 a	952.98 a	2 471.07 ab

注:同列数据后不同小写字母表示同器官各处理间差异达显著水平($P<0.05$),下表同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$), the same below.

2.4 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量的影响

补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量的影响见图 4。

图 4 表明,补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量的影响有一定差异,氮钾肥用量增加时可提高甜瓜单位面积产量,但达到一定水平时又会引起产量下降,各处理产量表现为 NK3>NK4>NK2>NK1。NK3 处理产量最高,为 28.09 t/hm²,分别比 NK1、NK2 和 NK4 处理高 19.4%,16.5% 和 7.4%。且 NK3 处理与 NK1、NK2 处理差异显著。

2.5 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜果实品质的影响

从表 4 可以看出,NK1 处理甜瓜的果实横径和纵径均小于其他处理,NK3 和 NK4 处理果实横径和纵径均较大,但二者之间无显著差异。果实横径以 NK3 处理最大,为 103.23 mm;果实纵径以 NK4 处理最大,为 98.87 mm。可溶性固形物含量以

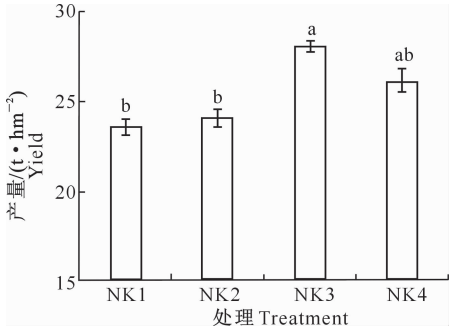


图 4 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen and potassium levels on yield of muskmelon

NK1 处理最低,NK2、NK3、NK4 处理差异不显著。甜瓜果实中可溶性糖含量随营养液氮钾水平的提高而增加,表现为 $NK4 > NK3 > NK2 > NK1$,其中 NK2、NK3、NK4 处理间无显著差异。随着补充营养液中氮钾水平的提高,甜瓜果实中可溶性蛋白和维生素 C 含量呈现先增加后减少的趋势,表现为

表 4 补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜果实品质的影响

Table 4 Effect of different nitrogen and potassium levels on quality of muskmelon

处理 Treatment	果实横径/mm Fruit width	果实纵径/mm Fruit height	可溶性固形物/% Soluble solid	可溶性糖/% Soluble sugar	可溶性蛋白/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Soluble protein	维生素 C/ ($\text{mg} \cdot \text{hg}^{-1}$) Vitamin C
NK1	93.33 b	89.73 b	10.89 b	12.38 b	4.52 c	24.20 c
NK2	98.93 ab	95.89 ab	12.80 a	13.61 a	4.77 bc	28.02 b
NK3	103.23 a	98.56 a	12.97 a	13.75 a	5.44 a	33.88 a
NK4	102.81 a	98.87 a	12.83 a	14.42 a	5.16 ab	32.96 a

3 讨论与结论

施肥量的多少影响植株对水肥的吸收,进而影响植物的形态生长与光合生理过程^[13]。植物光合作用积累的干物质,直接反映在株高、茎粗等形态指标上^[14]。本试验结果表明,甜瓜主蔓打顶前,植株生长速率呈现逐步放缓趋势,中高水平氮钾有利于甜瓜株高和茎粗的增大,低水平氮钾可能由于基质肥力不足,影响了甜瓜株高、茎粗的增加。这与胡国智等^[15]的研究结果相似,即适量的营养施肥有利于增加甜瓜的株高和茎粗,从而保证整个生育期的养分供给。本研究中,从甜瓜开花到果实膨大,植株叶片叶绿素含量呈先增加后降低的趋势,这与陆雪锦^[16]的研究结果相一致;低水平氮钾明显地抑制了叶绿素的合成,高水平氮钾更有利于甜瓜 SPAD 值的增长,净光合速率随叶绿素含量的增加而增强,黄植等^[17]、高静等^[18]的研究在一定程度上解释了本试验的结果。

作物生长发育过程中,施肥量对植株养分吸收与分配的影响很大^[19]。其中氮和钾是植株生长发育需求最多的两种元素,其施用量不足或过量都会影响根系中养分的可利用性和根系活力等,从而影响植株对养分的吸收与利用^[20-21]。本试验中,以 NK3 处理(即氮 17 mmol/L、钾 8 mmol/L)最有利于甜瓜植株营养元素的吸收,低水平氮钾营养液对植物吸收不利,而氮钾肥施用过多时由于养分利用不充分,会加大复合基质的盐渍化,造成根系环境的恶化以及资源的浪费^[22]。因此,要适量进行氮钾施肥。

产量是经济种植活动最直接的体现,合理调控施肥是实现此目标的必要条件。沈晖等^[23]、Meh-

$NK3 > NK4 > NK2 > NK1$ 。NK3 与 NK1 和 NK2 处理甜瓜可溶性蛋白含量有显著差异,NK4 与 NK1 处理有显著差异,以 NK3 处理最高,为 5.44 mg/g;维生素 C 除 NK3 和 NK4 处理外,各处理间差异均达显著水平,NK3 处理最高,为 33.88 mg/hg。

met 等^[24]研究表明,施氮量与施钾量过高、过低都会导致甜瓜产量降低。本研究发现,相比 NK3 处理,低水平氮钾下甜瓜产量显著降低,原因可能是低肥造成甜瓜营养生长受阻、植株弱小、光合干物质积累量少,从而影响其生殖生长^[25]。过高水平氮钾下甜瓜也有一定减产,表明并非养分越多越利于高产。这可能是由于供肥过剩状态下甜瓜营养生长过旺,导致一定程度徒长,相应地抑制了后期的生殖生长。从本试验结果来看,补充营养液 NK3 处理最利于甜瓜的高产,说明合理的施肥量是甜瓜获得高产、高效的保障。

甜瓜果实中含有较多的可溶性糖、可溶性蛋白和维生素 C 等营养物质,这些营养物质的含量是评价果实营养价值和品质的重要指标^[26]。本试验结果表明,随营养液中氮钾水平增加,甜瓜果实中可溶性蛋白、维生素 C 含量呈现先增加后减少的趋势,以 NK3 处理最有利于甜瓜果实中可溶性蛋白和维生素 C 的积累。高水平氮钾 NK4 处理甜瓜果实中可溶性糖含量最高,可能是钾肥促进的结果,这与牛在奎等^[27]的研究结果相似。由此说明,适量的氮钾肥有利于提高甜瓜果实品质,过高或过低都会导致可溶性蛋白、维生素 C 等含量的降低,合理增施氮钾肥才能保证甜瓜果实的优质。

本试验探究了基质栽培条件下补充营养液中不同氮钾水平对甜瓜产量及品质的影响,结果表明,营养液 NK3 处理促进植株营养生长,有利于植株对营养元素的吸收和利用,提高甜瓜的产量和综合品质。综上所述,基质栽培下补充营养液中氮浓度 17 mmol/L、钾浓度 8 mmol/L 栽培甜瓜效果最佳,有利于实现甜瓜的优质、高产,可以在生产中加以推广应用。

[参考文献]

- [1] 李毅杰,原保忠,别之龙,等.不同土壤水分下限对大棚滴灌甜瓜产量和品质的影响[J].农业工程学报,2012,28(6):132-138.
Li Y J, Yuan B Z, Bie Z L, et al. Effects of drip irrigation threshold on yield and quality of muskmelon in plastic greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(6): 132-138.
- [2] 李立昆,李玉红,司立征,等.不同施氮水平对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(3):150-153.
Li L K, Li Y H, Si L Z, et al. Effects of different nitrogen levels on growth and development, yield and quality of muskmelon [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(3): 150-153.
- [3] Cabello M J, Castellanos M T, Romojaro F, et al. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates [J]. Agricultural Water Management, 2009(96): 866-874.
- [4] 薛亮,马忠明,杜少平.沙漠绿洲灌区不同水氮水平对甜瓜产量和品质的影响[J].灌溉排水学报,2012,32(3):132-134.
Xue L, Ma Z M, Du S P. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates in desert oasis area [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2012, 32(3): 132-134.
- [5] 林多,黄丹枫.钾素水平对基质栽培网纹甜瓜光合及品质的影响[J].园艺学报,2003,30(2):221-223.
Lin D, Huang D F. Effects of potassium levels on photosynthesis and fruit quality of muskmelon in medium culture [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30(2): 221-223.
- [6] 陈波浪,吴海华,曹公利,等.不同肥力水平下立架栽培甜瓜干物质累积和氮、磷、钾养分吸收特性[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):146-153.
Chen B L, Wu H H, Cao G L, et al. Characteristics of dry matter accumulation and N, P and K assimilations of trellis cultivated melon under different fertility rates [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2013, 19(1): 146-153.
- [7] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等.不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):760-766.
Hu G Z, Feng J X, Zhang Y, et al. Effects of nitrogen fertilization on nutrient uptake, assignment, utilization and yield of melon [J]. Plant Nutrition and Fertilizer, 2013, 19(3): 760-766.
- [8] Banedjschafie S, Bastani S, Widmoser P, et al. Improvement of water use and N fertilizer efficiency by subsoil irrigation of winter wheat [J]. European Journal of Agronomy, 2008, 28(1):1-7.
- [9] 王鹏勃,李建明,丁娟娟,等.水肥耦合对温室袋培番茄品质、产量及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2015,48(2):314-323.
Wang P B, Li J M, Ding J J, et al. Effect of water and fertilizer coupling on quality, yield and water use efficiency of tomato cultivated by organic substrate in bag [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(2): 314-323.
- [10] 郭世荣.无土栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:77-132,423-425.
Guo S R. Soilless cultivation studies [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 77-132, 423-425.
- [11] 李建明,潘铜华,王玲慧,等.水肥耦合对番茄光合、产量及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2014,30(10):82-90.
Li J M, Pan T H, Wang L H, et al. Effects of water-fertilizer coupling on tomato photosynthesis, yield and water use efficiency [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(10): 82-90.
- [12] 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,2006.
Li H S. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [13] 倪纪恒,毛罕平,马万征.不同营养液浓度对温室黄瓜叶片光合特性的影响[J].农业工程学报,2011,27(10):277-281.
Ni J H, Mao H P, Ma W Z. Effect of different electrical conductivity on photosynthetic characteristics of cucumber leaves in greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(10): 277-281.
- [14] 邹志荣,李清明,贺忠群.不同灌溉上限对温室黄瓜结瓜期生长动态、产量及品质的影响[J].农业工程学报,2005,21(S):77-81.
Zou Z R, Li Q M, He Z Q. Effects of different irrigation maximums on growth dynamics, yield and quality of cucumber during fruit-bearing stage in greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(S): 77-81.
- [15] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等.施氮对甜瓜干物质积累、分配及产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2014(1):29-32.
Hu G Z, Feng J X, Zhang Y, et al. Effect of fertilizing nitrogen on muskmelon's biomass accumulation, distribution, yield and quality [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2014(1): 29-32.
- [16] 陆雪锦.施钾对露地甜瓜养分吸收及产量品质的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.
Lu X J. The effects of potash on melon nutrient absorption and yield quality on open field [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2012.
- [17] 黄植,曹明,杨小锋,等.不同氮肥水平对甜瓜“南海蜜”生长、品质及产量的影响[J].安徽农业科学,2014,42(1):107-109,155.
Huang Z, Cao M, Yang X F, et al. Effects of different ratios of nitrogen nutrient on growth, quality and yield of soilless cultivated melon "Nan Hai Mi" [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(1): 107-109, 155.
- [18] 高静,梁银丽,贺丽娜,等.水肥交互作用对黄土高原南瓜光合特性及其产量的影响[J].中国农学通报,2008(5):250-255.

Gao J,Liang Y L,He L N,et al. Influence of water and fertilizer coupling on photosynthetic characters and yield of pumpkin in Loess Plateau [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2008(5):250-255.

[19] Hebbar S S,Ramachandrappa B K,Nanjappa H V,et al. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. European Journal of Agronomy, 2004,21(1):117-127.

[20] Gratieri L A,Cecilio Filho A B,Barbosa J C,et al. Nitrogen and potassium concentrations in the nutrients solution for melon plants growing in coconut fiber without drainage [J]. Scientific World Journal,2013(6):546594.

[21] 徐 菲,李建明,吴普特,等. 亚低温下水分对番茄幼苗干物质积累与养分吸收的影响 [J]. 中国农业科学,2013,46(15): 3293-3304.

Xu F,Li J M,Wu P T,et al. Effects of water on dry matter accumulation and nutrition absorption of tomato seedling under sub-low temperature [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013,46(15):3293-3304.

[22] Contreras J I,Plaza B M,Lao M T,et al. Growth and nutritional response of melon to water quality and nitrogen potassium fertigation levels under greenhouse mediterranean conditions [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2012,43(1/2):434-444.

[23] 沈 晖,田军仓,宋天华. 旱区压砂地甜瓜平衡施肥产量效应研究 [J]. 节水灌溉,2011(11):5-8.

Shen H,Tian J C,Song T H. Effects of balanced fertilization on the yield for melon in sunada [J]. Water Saving Irrigation, 2011(11):5-8.

[24] Mehmet A D,Turgut Köseoglu A. Effect of potassium on yield, fruit quality, and chemical composition of greenhouse-grown galia melon [J]. Journal of Plant Nutrition,2005,28(1):93-100.

[25] 谢 伟,黄 璜,沈建凯. 植物水肥耦合研究进展 [J]. 作物研究,2007(S1):541-546.

Xie W,Huang H,Shen J K. The research progress of plant fertilizer [J]. Crop Research,2007(S1):541-546.

[26] 薛 亮,马忠明,杜少平. 沙漠绿洲灌区甜瓜氮磷钾用量优化模式研究 [J]. 中国农业科学,2015,48(2):303-313.

Xue L,Ma Z M,Du S P. A study of the optimized model of N, P,K fertilization on muskmelon in desert oasis area [J]. Scientia Agricultura Sinica,2015,48(2):303-313.

[27] 牛在全,刘建辉,杜军志,等. 不同氮、钾供肥量对厚皮甜瓜产量和品质的影响 [J]. 北方园艺,2008(10):8-12.

Niu Z L,Liu J H,Du J Z,et al. Effects of different amounts of nitrogen and potassium on yield and quality of muskmelon [J]. Northern Horticulture,2008(10):8-12.