

铵硝比对樱桃番茄生长发育、产量、品质及氮素吸收的影响

马超, 李雪, 马瑞杰, 鄂玉联, 邹向东, 郑继亮

(新疆心连心能源化工有限公司 新疆昌吉 832200)

摘要: 为探明铵硝比对樱桃番茄生长发育、产量、品质及氮素吸收的影响, 促进樱桃番茄果实品质提升, 采用温室大棚育苗移栽的种植方式, 分别设置 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 配比为 100:0(CK)、75:25(T1)、50:50(T2)、25:75(T3)、0:100(T4) 处理, 测定樱桃番茄不同生育期株高、茎粗、叶面积、SPAD 值、植株生物量和果实含氮量、产量及果实品质, 计算氮肥累积利用率等。结果表明, 果实纵径、果形指数、单果质量和果实硬度均随 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例的增加表现为先增加后降低趋势。在果实风味品质方面, T3 处理有利于提高果实中可溶性固形物、可溶性糖、有机酸含量和糖酸比, 分别较全铵处理增加 20.75%、33.10%、34.29% 和 28.88%。樱桃番茄的株高、叶面积和 SPAD 值均随 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例的增加表现出先升高后降低趋势, 除坐果期 T3 处理略低于 T2 处理外, 其余在 T3 处理达到峰值。植株累积吸氮量随 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例的增加表现出先升高后降低趋势, 在 T3 处理达到最大, 为 $113.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。随 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例增加樱桃番茄产量表现出先升高后降低趋势, T3 处理较 CK 处理增产 17.90%, 氮肥累积利用率和氮肥偏生产力分别为 226.66% 和 $126.66 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。综合各项指标来看, 当 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 配比为 25:75 时, 与 CK 相比可显著促进樱桃番茄生长发育, 提高果实产量, 改善果实品质。

关键词: 樱桃番茄; 氮素形态; 生长发育; 产量; 品质

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)03-121-07

Effects of ammonium and nitrate ratio on growth, yield, quality and nitrogen uptake of cherry tomato

MA Chao, LI Xue, MA Ruijie, E Yulian, ZOU Xiangdong, ZHENG Jiliang

(Xinjiang Xinlianxin Energy Chemical Co., Ltd., Changji 832200, Xinjiang, China)

Abstract: To investigate the effects of ammonium and nitrate ratio on the growth, yield, quality and nitrogen absorption of cherry tomato, this experiment adopted the planting method of seedling cultivation and transplanting in the greenhouse, and the ratio of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ was set as 100:0(CK), 75:25(T1), 50:50(T2), 25:75(T3), 0:100(T4), and the plant height, stem diameter, leaf area, SPAD value, plant biomass, fruit nitrogen uptake, yield and fruit quality of cherry tomato at different growth stages were measured. The results showed that all of the fruit longitudinal diameter, fruit shape index, single fruit mass and fruit hardness presented a trend of first increasing and then decreasing with the increase of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio. In terms of fruit flavor quality, T3 treatment was conducive to improve soluble solids, soluble sugars and organic acids content, and sugar-acid ratio in fruits, increasing by 20.75%, 33.10%, 34.29% and 28.88%, respectively, when compared with total ammonium treatment. All the plant height, leaf area and SPAD value of cherry tomatoes firstly increased and then decreased with the increase of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio. Except for the T3 treatment during fruit setting, which was slightly lower than T2 treatment, the peak value of other stages appeared in T3 treatment. With the increase of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio, the cumulative nitrogen uptake of plants increased at first and then decreased, and reached a maximum value of $113.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in T3 treatment. With the increase of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio, the yield of cherry tomato showed a trend of first increasing and then decreasing. Compared with CK, T3 treatment increased the yield by 17.90%, and the cumulative nitrogen utilization rate and nitrogen partial productivity are 226.66% and $126.66 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. According to vari-

收稿日期: 2023-05-16; 修回日期: 2024-01-11

基金项目: 国家重点研发专项(2018YFD0800804); 昌吉回族自治州科技计划项目(2020G01); 新疆昌吉州“庭州创新团队计划”项目(2021CT05)

作者简介: 马超, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为新型肥料产品开发与应用。E-mail: 2398097206@qq.com

通信作者: 郑继亮, 男, 高级农艺师, 研究方向为新型肥料研发与制备。E-mail: 276868614@qq.com

ous indexes, when the ratio of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ is 25:75, it can significantly promote the growth and development of cherry tomatoes, increase fruit yield and improve fruit quality.

Key words: Cherry tomato; Nitrogen form; Growth and development; Yield; Quality

近年来,因樱桃番茄具有较高的营养价值和食用价值,市场对其需求量逐渐增大,已成为我国重要的经济作物和设施栽培蔬菜^[1-2]。樱桃番茄是一种对氮、钾肥需求量较大的蔬菜,过量水肥施用一方面会造成樱桃番茄品质和产量的降低,造成经济损失和资源浪费,另一方面造成土壤肥力降低、生物多样性受到破坏等问题,且存在潜在的环境风险^[3]。因此,科学合理施肥是提高樱桃番茄产量和品质、提高经济和生态环境效益的关键。

氮素是植物体内不可缺少的营养物质之一,是合成植物体内蛋白质、核酸、叶绿素等有机化合物的组成成分,对植物生长起决定性作用。植物对氮素的吸收转运主要取决于氮素形态,不同的氮素形态对植物养分吸收存在偏向选择性^[4]。适当的铵硝配比可促进植物生长发育、产量和品质的提升^[5]。植物吸收利用的氮素多为铵态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)与硝态氮($\text{NO}_3^-\text{-N}$) 2种形态,由于二者之间在分子形态上存在差异,导致对植物的生长产生不同的影响^[6]。研究表明,多数植物相较于单一施用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 或 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,混合施用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 更有利于植物生长发育^[7-8]。当氮素形态配比中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 占比过大时,促进植物对阴离子的吸收,阳离子的吸收会被抑制,并产生毒害作用^[9]。当氮素形态配比中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 占比较大时,促进植物对阳离子的吸收,增加细胞的渗透势,有利于植物生长和氮素吸收代谢^[10]。康利允等^[11]探究不同铵硝比对甜瓜产量品质的影响,认为铵硝配比为 50:50 或 25:75 对提高甜瓜可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C 含量和产量有显著作用。袁媏媏等^[12]通过辣椒盆栽试验研究认为,铵态氮与硝态氮配比为 25:75 时可提高辣椒产量,促进作物养分积累和提高氮肥利用率,降低环境风险。当前铵硝比对作物品质和生长发育的研究多集中于水培和土壤盆栽等方面,而关于温室大棚的铵硝比对樱桃番茄影响的相关研究较少。

因此,笔者以温室樱桃番茄为研究对象,旨在明确铵硝比对樱桃番茄生长发育、产量品质和氮素吸收的影响,为樱桃番茄栽培合理有效施用氮肥、提高植物生产性能提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 研究区概况

试验在甘肃省平凉市泾川县王村镇光明村进行。平凉市位于陇山东麓,泾河上游,属于陇东温和半湿润农业气候区,年均无霜期 243 天,年均温度 6.6 °C,降水量 511.2 mm。本试验区土壤背景值分别为 $\text{pH}(V_{\text{水}}:V_{\text{土}}=5:1)$ 8.1,有机质含量(w ,后同) 18.23 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷含量 15.79 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮含量 25.15 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量 132.34 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 材料

供试樱桃番茄品种为红圣女,由长春鑫硕种业有限公司提供。

1.3 试验设计

为明确氮素形态配比对樱桃番茄品质、生长发育和氮素吸收的影响,以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 配比为 100:0(CK)投入为对照,分别设置 75:25(T1)、50:50(T2)、25:75(T3)、0:100(T4)处理,每个处理 4 个重复,共 20 个小区,小区面积为 56 m^2 (4 $\text{m}\times$ 14 m)。樱桃番茄采用育苗移栽的方式,植株种植方式采用 1 垄双行种植,樱桃番茄株距 0.5 m 。于 2022 年 7 月 13 日采用基质穴盘育苗,5~6 叶 1 心时(8 月 17 日)定植,11 月 6 日收获,12 月 7 日拉秧,整个生育期 112 d。试验所用铵态氮和硝态氮的氮肥分别为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (含 $\text{N}\geq 10\%$) 和 NaNO_3 (含 $\text{N}\geq 15\%$),纯 N 施用量为 195 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ($\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的总和),磷肥为 KH_2PO_4 (含 $\text{P}_2\text{O}_5\geq 52\%$), P_2O_5 施用量为 120 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,钾肥为 KH_2PO_4 (含 $\text{P}_2\text{O}_5\geq 52\%$) 和 K_2SO_4 (含 $\text{K}_2\text{O}\geq 50\%$)。 K_2O 施用量为 240 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,每次施肥量见表 1。8 次追肥时间分别为 8 月 24 日、9 月 3 日、9 月 13 日、9 月 23 日、10 月 3 日、10 月 13 日、10 月 23 日、11 月 2 日。其他田间管理和农艺措施均与农户传统模式保持一致。

表 1 不同处理的施肥量

Table 1 Fertilizer application amount under different treatments ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

肥料 Fertilizer	追肥次数 Topdressing frequency							
	1	2	3	4	5	6	7	8
氮肥 N-fertilizer	30	30	30	25	25	25	15	15
磷肥 P-fertilizer	10	10	20	20	20	20	10	10
钾肥 K-fertilizer	15	15	15	15	45	45	45	45

1.4 测定指标与方法

1.4.1 植株株高和茎粗 分别测定幼苗期、成苗期、开花期、结果期、红熟期樱桃番茄的株高和茎粗,每个试验小区选取5株样本进行测量,株高用卷尺从植株根部开始测量到植株生长点;茎粗利用游标卡尺(精度0.02 mm)在距离地面10 cm处测量。

1.4.2 植株叶面积和叶绿素相对含量(SPAD值) 植株叶面积采用刻度尺测各生育时期第12片真叶(从下向上计数)的叶长和叶宽,叶面积=叶长×叶宽×0.78^[13],同时用SPAD502叶绿素测定仪测定叶片的叶绿素相对含量(SPAD值)。

1.4.3 植株干物质和养分含量 在红熟期对植株进行采集,按器官分为根、茎、叶、果。在75℃条件下烘干36 h至恒质量,记录生物量,将样品粉碎,经H₂SO₄-H₂O₂消煮后,采用凯氏定氮仪法测定植株不同器官的植物含氮量^[14]。

1.4.4 果形指数和果实品质 在果实红熟期,每个试验小区选取5个成熟果实用刻度尺测定纵径和横径,计算果实的果形指数;采用GY-4果实硬度计测定果实硬度,采用手持测糖仪测定可溶性固形物含量,采用钼蓝比色法测定维生素C含量,采用苯

酚法测定可溶性糖含量,采用NaOH滴定法测定有机酸含量,并计算糖酸比^[15]。

1.4.5 产量 在果实成熟期,每个试验小区选取5株样本测定单株果数和单果质量,计算单位面积产量。

氮肥累积利用率/%=施氮处理的植株累积吸氮量/施氮量×100;

氮肥偏生产力/(kg·kg⁻¹)=施氮区樱桃番茄产量/施氮区樱桃番茄氮肥用量。

1.5 数据分析

数据采用单因素方差分析,多重比较采用Duncan法。数据整理所用软件为Microsoft Office Excel 2007,用软件SPSS 23.0进行差异性分析,作图软件为Origin 2018。

2 结果与分析

2.1 氮素形态比对樱桃番茄外观品质的影响

由表2可知,樱桃番茄果实纵径、果形指数、单果质量和果实硬度均随NO₃⁻-N比例的增加表现为先升高后降低趋势,在T3处理达到最大值,分别较CK处理提高30.88%、16.35%、28.17%和28.04%。

表2 氮素形态比对樱桃番茄外观品质的影响

Table 2 Effects of nitrogen form ratio on appearance quality of cherry tomato

处理 Treatment	纵径 Fruit length/mm	横径 Fruit diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	单果质量 Fruit weight/g	果实硬度 Fruit firmness/(kg·cm ⁻²)
CK	29.95±0.43 c	28.80±0.81 b	1.04±0.02 b	17.18±0.96 c	2.14±0.08 b
T1	31.10±1.23 c	29.07±0.59 b	1.07±0.05 ab	18.80±1.37 bc	2.27±0.14 b
T2	34.14±0.46 bc	29.18±0.68 b	1.17±0.07 ab	19.54±1.28 b	2.40±0.19 ab
T3	39.20±1.45 a	30.54±0.61 b	1.21±0.07 a	22.02±0.81 a	2.74±0.05 a
T4	34.82±1.90 ab	32.40±1.22 a	1.20±0.16 a	18.94±1.32 bc	2.58±0.04 ab

注:不同小写字母表示不同处理间差异在0.05水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate that the difference between different treatments is significant at the $p<0.05$ level. The same below.

果实横径表现出随NO₃⁻-N比例的增加逐渐升高的趋势,在T4处理达到最大值,较CK处理提高12.50%。

2.2 氮素形态比对樱桃番茄果实风味品质的影响

由表3可知,与CK相比,除T1处理外,其他处理均可显著提高樱桃番茄果实维生素C、可溶性糖和有机酸含量,各处理均可显著提高樱桃番茄果实可溶性固形物含量及糖酸比。各处理中以T3处理樱桃番茄果实中可溶性固形物、可溶性糖、有机酸含量及糖酸比最高,分别较CK增加20.75%、

33.10%、34.29%和28.88%。樱桃番茄果实中维生素C含量随NO₃⁻-N比例的增加而增加,且T4处理显著高于其他处理(T3除外)。

2.3 氮素形态比对樱桃番茄生长发育的影响

由图1可知,在各生育时期内,樱桃番茄株高随NO₃⁻-N占比的增加表现出先升高后降低趋势,在开花期T3处理显著高于其他处理,坐果期T3处理株高显著高于对照,但与其他处理无显著差异;红熟期T3处理株高显著高于CK和T4处理,但与其他处理无显著差异;各处理茎粗变化趋势与株高变化大体相同,与CK相比,T3处理在成苗期、开花

表3 氮素形态对比对樱桃番茄果实风味品质的影响

Table 3 Effects of nitrogen form ratio on fruit flavor and quality of cherry tomato

处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solid content/%	w(维生素C) Vitamin C content/(mg·100 g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/(g·kg ⁻¹)	w(有机酸) Organic acid content/%	糖酸比 sugar acid ratio
CK	6.36±0.46 c	23.37±2.31 c	46.23±2.42 c	0.35±0.01 b	7.34±0.85 d
T1	6.54±0.36 b	25.13±2.84 c	49.31±2.90 bc	0.40±0.01 b	7.67±0.76 c
T2	7.20±0.31 ab	28.54±1.69 b	53.49±3.80 b	0.42±0.02 a	8.30±0.20 bc
T3	7.68±0.69 a	32.79±2.72 ab	61.53±2.01 a	0.47±0.02 a	9.46±0.95 a
T4	7.14±0.70 ab	33.30±1.58 a	52.84±2.57 b	0.43±0.01 a	8.66±0.73 b

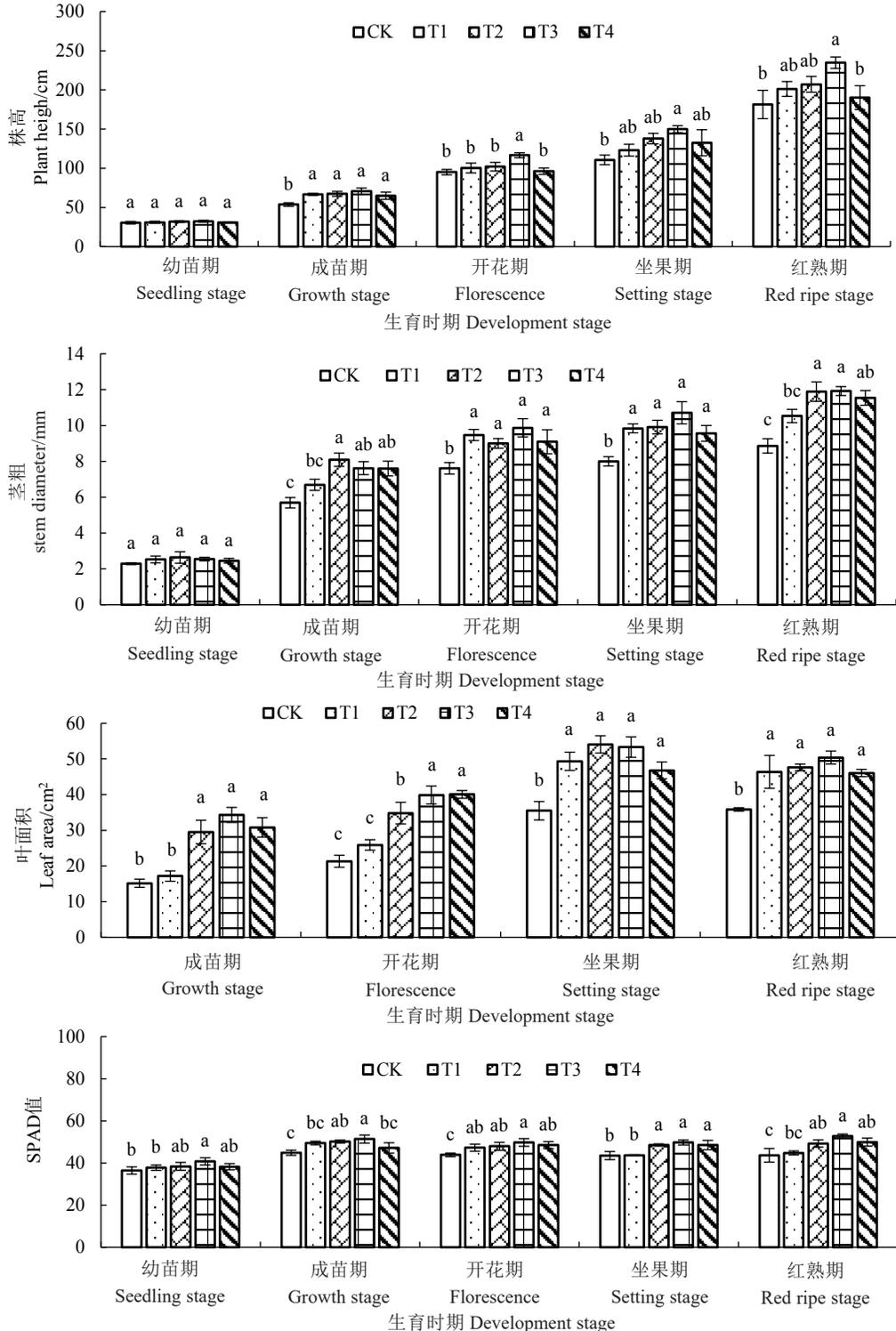


图1 氮素形态对比对樱桃番茄生长发育的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen form ratio on growth and development of cherry tomatoes

期、坐果期和红熟期均显著提高樱桃番茄茎粗,但在开花期和坐果期与其他处理无显著差异,在红熟期与 T2、T4 处理无显著差异。在樱桃番茄生长后期,叶面积受 NO₃-N 比例影响较小,各处理间无显著差异。与 CK 相比,在幼苗期、成苗期、开花期、坐果期和红熟期内樱桃番茄 SPAD 值随 NO₃-N 比例的增加表现出先升高后降低的趋势,且在 T3 处理时 SPAD 值达到最高,分别较 CK 处理增加了 11.88%、14.44%、13.40%、14.24%和 20.80%。

2.4 氮素形态比对樱桃番茄红熟期各器官生物量及含氮量的影响

由表 4 可知,与 CK 相比,除 T1 处理外,其他处理均可显著提高红熟期樱桃番茄茎和果的生物量,各处理均可显著提高樱桃番茄根和叶的生物量。其中,T3 处理根、茎和果的生物量最高,分别较 CK 增加 89.51%、72.94%、87.45%;T2 处理叶的生物量最高,较 CK 增加 54.39%。在含氮量方面,与 CK 相比,随 NO₃-N 比例的增加,根、叶和果均表现

表 4 氮素形态比对樱桃番茄红熟期各器官生物量的影响

Table 4 Effects of nitrogen form ratio on the biomass of cherry tomato organs at red ripening stage

指标 Index	处理 Treatment	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	果 Fruit
生物量 Biomass/(g·Plant ⁻¹)	CK	1.43±0.14 c	27.83±1.91 c	46.90±3.91 c	50.20±2.08 d
	T1	1.95±0.08 b	29.42±1.82 c	53.84±2.82 b	50.85±2.02 d
	T2	2.04±0.18 b	37.55±1.50 b	72.41±0.58 a	71.15±3.25 c
	T3	2.71±0.10 a	48.13±1.08 a	72.02±1.62 a	94.10±6.46 a
	T4	2.57±0.07 a	45.47±1.54 ab	71.73±1.74 a	81.86±2.30 b
w(氮) Nitrogen content/(g·kg ⁻¹)	CK	24.67±0.26 a	19.08±0.19 c	22.18±0.32 b	21.22±0.13 a
	T1	23.49±0.09 b	19.26±0.34 c	23.13±0.25 ab	21.04±0.21 a
	T2	23.34±0.18 b	21.20±0.18 b	23.88±0.05 ab	19.47±0.30 b
	T3	21.99±0.13 c	22.04±0.04 a	25.47±0.47 a	18.78±0.34 c
	T4	22.47±0.30 bc	22.58±0.20 a	23.58±0.99 ab	18.72±0.12 c

出先增加后降低趋势。其中,T4 处理茎的含氮量和 T3 处理叶的含氮量最高,T3 处理的根含氮量最低,T4 处理的果实含氮量最低。

2.5 氮素形态比对樱桃番茄植株累积吸氮量及各器官分配比例的影响

由图 2 可知,T3 处理樱桃番茄累积吸氮量达到了 113.33 kg·hm⁻²,且显著高于其他处理,分别较

CK、T1、T2 和 T4 增加 76.75%、61.30%、19.31%和 9.60%。NO₃-N 占比增加对樱桃番茄根器官分配百分比无明显差异,与 CK 相比,T4 处理可明显提高樱桃番茄茎器官分配百分比,占比 24.00%。在 T2 处理下,叶片累积吸氮量分配百分比明显高于其他处理,果实累积吸氮量分配百分比明显低于其他处理,累积吸氮量分配百分比分别为 44.00%和 35.00%。

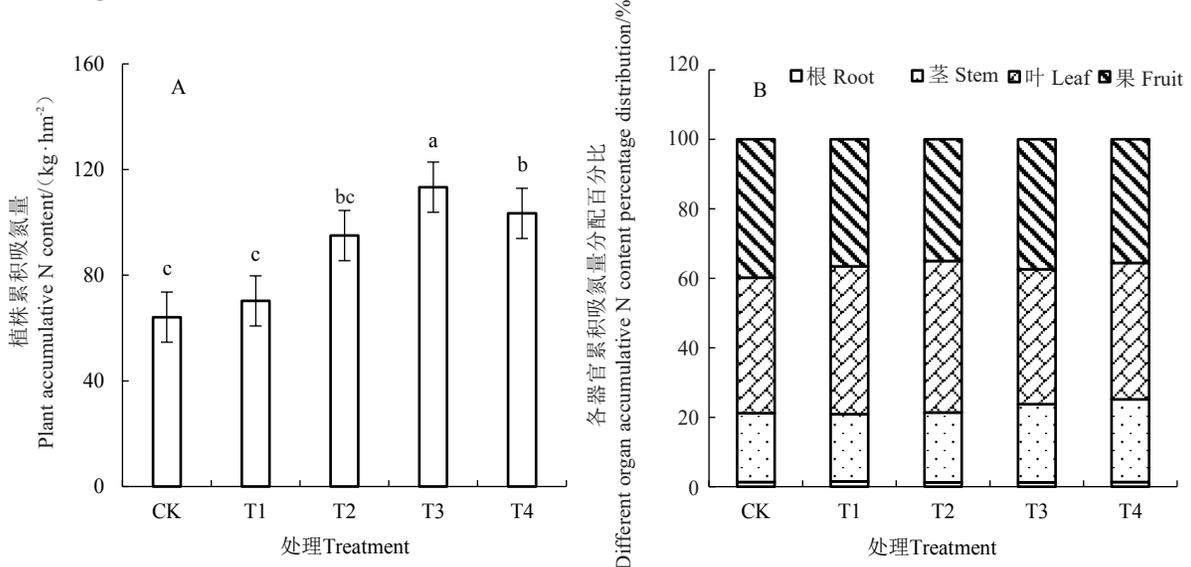


图 2 氮素形态比对樱桃番茄植株累积吸氮量及各器官分配比例的影响

Fig. 2 Effects of nitrogen form ratio on cumulative nitrogen uptake and organ allocation ratio of cherry tomato plants

2.6 氮素形态对比对樱桃番茄产量和氮素吸收的影响

由表 5 可知,不同配比处理对樱桃番茄产量影响不同,整体表现为随 NO₃⁻-N 比例增加樱桃番茄产量表现出先升高后降低的趋势,T3 处理的产量最高,较 CK 提高了 17.90%。对氮肥累积利用率和氮肥偏生产力整体影响与产量一致,均以 T3 处理为最大,分别为 226.66%和 126.66 kg·kg⁻¹。

表 5 氮素形态对比对樱桃番茄产量和氮素吸收的影响

Table 5 Effects of nitrogen form ratio on yield and nitrogen absorption of cherry tomato

处理 Treatment	产量 Yield/(t·hm ⁻²)	氮肥累积利用率 NUE/%	氮肥偏生产力 NEP/(kg·kg ⁻¹)
CK	44.30±3.45 b	128.24±3.88 e	28.24±3.69 e
T1	46.77±3.09 b	140.53±3.04 d	40.40±3.34 d
T2	48.76±4.60 ab	189.99±4.97 c	89.98±5.50 c
T3	52.23±4.52 a	226.66±3.39 a	126.66±4.69 a
T4	48.96±4.31 ab	206.80±4.90 b	106.80±6.41 b

3 讨论与结论

氮素是植物生长发育过程中不可或缺的生命元素,是诸多物质的组成元素。植物对不同氮素形态的吸收偏好间接影响着植物的生长发育、产量和品质等方面^[16]。在本研究中,与 CK 相比,NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 25:75 处理显著促进了樱桃番茄单果质量、果形指数和果实硬度增大,这与前人的研究结果一致^[17],可能是因为不同的氮素形态会影响作物对矿质元素的吸收,NH₄⁺-N 占比过大会拮抗钾、钙、镁等阳离子和微量元素的吸收转运^[18],影响叶绿素的形成,导致植株生长变弱,养分吸收利用能力变小,进而影响到果实发育^[19]。提高可溶性糖含量可以提高作物品质,NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 合理配比有利于果实可溶性糖的积累^[11,20]。在笔者的研究中,与 CK 相比,NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 25:75 的处理可显著提高果实中可溶性固形物、可溶性糖、有机酸含量及糖酸比,可能是因为此氮素形态配比促进了有机酸代谢相关酶的基因表达和活性^[21],有利于植物体内糖类积累^[22],改变糖酸比,进而改善樱桃番茄的品质。

植株的株高、茎粗、叶面积等性状代表了植株体内的生长状况。氮素形态配比在一定程度上可影响植物生长发育^[23]。在本研究中,与 CK 相比较,樱桃番茄的株高和茎粗(除开花期外)随 NO₃⁻-N 比例的增加表现出先升高后降低趋势,在 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 25:75 时更有效地促进樱桃番茄生

长。这可能是因为 NO₃⁻-N 呈氧化性,对其的吸收过程为主动吸收,易到达根系表面。NH₄⁺-N 呈还原性,对其的吸收过程为被动吸收,易被土壤固定和吸附^[24]。有研究表明,单施 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 均对圣女果生长有抑制作用^[25]。因此当 NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N 同时存在时,NO₃⁻-N 可以促进植株对 NH₄⁺-N 的吸收^[26]。另有研究表明^[27-28],氮素是植物叶绿素的一个重要组成部分,不同铵硝对比对提高植物叶绿素含量程度不同。在本研究中,与 CK 相比,T3 处理显著增大樱桃番茄叶面积和 SPAD 值。这可能是因为 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 25:75 时促进 NH₄⁺-N 在 GS-GOGAT 途径中合成谷氨酸^[5],进而显著促进叶绿素的合成^[27],叶绿素含量的增加使叶肉细胞光合活性和吸光强度增高^[29-30],但 NH₄⁺-N 占比过大导致叶肉细胞 NH₄⁺离子累积过多,植物生长会被抑制,使叶片生长和光合作用受阻^[23]。

合理的铵硝配比更有利于圣女果植株对吸收同化的营养物质进行分配。在本研究中,与 CK 相比,NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比达到 25:75 时显著提高了植株根、茎、叶和果的生物量,促进氮素积累,显著提高产量和氮肥累积利用率。这可能是因为,单一形态氮源不利于蔬菜产量的形成甚至可能造成毒害^[12]。适当的 NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N 配比能诱导氮代谢过程中相关酶的表达并提高酶活性,促进果实干物质积累和营养物质的代谢和转运,促进营养生长向生殖生长转化,进一步提高圣女果产量^[31-33]。

综上所述,与 CK 相比,铵硝配比为 25:75 处理显著增大了樱桃番茄的果形指数、单果质量,铵硝配比为 25:75 处理樱桃番茄的产量,可溶性固形物含量、可溶性糖含量、有机酸含量,糖酸比和氮肥累积利用率均高于其他处理。试验结果可为樱桃番茄合理施肥和实际生产提供理论支持。

参考文献

- [1] 陈桂兰,王棉康,蔡景山.圣女果樱桃番茄高产栽培技术[J].农技服务,2008,25(11):38.
- [2] 朱晓琳.生物炭对圣女果品质及产量的影响[J].农家参谋,2020(11):62.
- [3] LU W W, ZHANG H L, MIN J, et al. Dissimilatory nitrate reduction to ammonium in a soil under greenhouse vegetable cultivation as affected by organic amendmengts[J]. Journal of Soils and Sediments, 2015, 15(5):1169-1177.
- [4] 曹超群.¹⁵N 示踪法研究不同灌水下限下辣椒器官氮素分配特性与基质氮素运移规律[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [5] 陈嘉涛,李精华,樊帆,等.不同铵硝对比对蔬菜和烟草产量及品质影响的整合分析[J].中国土壤与肥料,2023(7):8-14.
- [6] 李学俊,文建雷,韩书成,等.氮素形态对玉米幼苗生物机制及

- 生物量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(3):192-196.
- [7] 马超.外源氮素形态对黄瓜生长、氮素吸收及代谢的调控[D].兰州:甘肃农业大学,2020.
- [8] 董海荣,李存东,李金才.不同形态氮素比例对棉花苗期生长及物质积累的影响[J].河北农业大学学报,2003,26(1):9-12.
- [9] 王巧兰,吴礼树,赵竹青,等.植物氮素营养遗传研究进展[J].湖北农业科学,2006,45(5):668-673.
- [10] 曹翠玲,李生秀.氮素形态对玉米幼苗碳水化合物及养分累积的影响[J].华中农业大学学报,2003,22(5):457-461.
- [11] 康利允,李晓慧,高宁宁,等.不同铵硝比对甜瓜叶片生理特性及产量、品质的影响[J].果树学报,2021,38(5):760-770.
- [12] 袁嫚嫚,邬刚,王家宝,等.不同铵硝比对辣椒产量、养分积累和氮肥利用率的影响[J].中国瓜菜,2022,35(2):43-48.
- [13] 翟鹏飞,李受鹏,覃丽霞,等.秸秆与生物炭配施对樱桃番茄生长及产量品质的影响[J].分子植物育种,2022,20(21):7216-7223.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [16] 马道承,庞艳萍,田湘,等.植物不同氮素形态配比施肥及其分子机制研究进展[J].西部林业科学,2022,51(5):164-170.
- [17] 李庆余,徐新娟,顾海龙,等.氮素形态对樱桃番茄果实发育中氮代谢的影响[J].应用生态学报,2010,21(9):2335-2341.
- [18] 王丽雪.氮素形态对比对设施基质栽培韭菜生长、品质及产量的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2021.
- [19] 徐坤,赵青春.甜椒对不同形态氮素的吸收和分配[J].核农学报,1999,13(6):339-342.
- [20] 张婧.铵硝氮素比例影响辣椒生长与果实代谢的机理研究[D].兰州:甘肃农业大学,2020.
- [21] 李庆余,徐新娟,朱毅勇,等.半定量 RT-PCR 研究氮素形态对樱桃番茄果实中有机酸代谢相关酶基因表达的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):341-348.
- [22] 李小龙.不同氮素形态及对比对蔬菜光合特性和品质的影响[J].中国园艺文摘,2015(4):57-58.
- [23] 焦娟,魏珉,谷端银,等.氮素形态及对比对番茄光合、产量和风味品质的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2022,53(1):1-9.
- [24] 王子杰,朱玲,刘文涛,等.添加硝态氮、铵态氮对紫花苜蓿苗期饲用品质的影响[J].草学,2021(6):28-34.
- [25] 屈亚潭,高欣,冯晓东.不同铵硝对比对番茄苗期生长和光合特性的影响[J].延安大学学报(自然科学版),2021,40(3):16-20.
- [26] 曹翠玲,李生秀.氮素形态对作物生理特性及生长的影响[J].华中农业大学学报,2004,23(5):581-586.
- [27] 李成阳,柴沙沙,刘意,等.不同氮素形态对比对甘薯块根形成及光合产物运输分配的影响[J].中国土壤与肥料,2022(7):29-40.
- [28] 黄小辉,吴焦焦,王玉书,等.不同供氮水平核桃的幼苗生长及叶绿素荧光特性[J].南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(2):119-126.
- [29] 袁赫奕,陈明婉,戚金存,等.氮肥形态与用量对槟榔幼苗形态和生理特性的影响[J].分子植物育种,2022,20(16):5553-5563.
- [30] 杨世丽,张凤路,贾秀领,等.水氮耦合对冬小麦叶片叶绿素含量和光合速率的影响[J].华北农学报,2008,23(5):161-164.
- [31] ZHANG J, LU J, XIE J M, et al. Nitrogen source affects the composition of metabolites in pepper (*Capsicum annuum* L.) and regulates the synthesis of capsaicinoids through the GO-GAT-GS Pathway[J]. Food, 2020, 9(2):150.
- [32] 杨同涛.氮素形态对不同品质类型小麦氮素积累转运及产量品质的调控效应[D].山东泰安:山东农业大学,2022.
- [33] 任立军.不同施肥方式对设施土壤氮素形态转化及番茄生长的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2022.