

不同氮处理对切花玫瑰生长和 光合特性及产量的影响

梁志奇, 高博, 彭权权, 徐文珍, 谭磊, 赵婷, 胡鑫祖, 杨国荣
(兰州新区农业科技开发有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 通过进行不同施氮量对兰州新区切花玫瑰生长发育、产量及光合特性的影响试验, 以明确兰州新区切花玫瑰适宜的施氮量。以切花玫瑰洛神为试验材料, 设置5个施氮浓度(0、600、900、1200、1500 mg/L), 研究了对切花玫瑰生长发育、光合特性及产量的影响。结果表明, 随着施氮浓度的增加, 洛神玫瑰的株高和花梗长呈现上升的趋势; 茎粗、叶幅、节间数、花朵横径、花朵纵径、叶绿素a、叶绿素b、叶绿素a+b、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率均呈现先升后降的趋势; 胞间CO₂浓度呈现先降后升的趋势。相比不施氮对照, 不同氮浓度处理的洛神玫瑰各指标上升和下降幅度均有所差异, 表明各施氮处理对洛神玫瑰具有明显的浓度效应, 且以施氮浓度为900 mg/L时效果最佳, 叶绿素a(Chl a)、叶绿素b(Chl b)、叶绿素a+b(Chl a+b)分别较对照不施氮提高了53.32%、37.98%、45.74%; 叶片净光合速率(P_n)为14.17 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 较不施氮对照提高了73.47%; 气孔导度(G_s)为0.068 $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 较不施氮对照提高了51.41%; 蒸腾速率(T_r)为183.60 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 较不施氮对照提高了40.49%; 叶片的胞间CO₂浓度(C_i)达到最低值, 为619 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 较不施氮对照降低了12.94%; 产量最高, 为24枝/ m^2 , 较不施氮对照增产33.33%。由此可见, 施氮浓度为900 mg/L时不仅可以显著提高洛神玫瑰产量, 改善其品质和性状, 还可以促进洛神玫瑰的光合能力, 是兰州新区玻璃温室鲜切玫瑰洛神的最佳施氮量。

关键词: 切花玫瑰; 洛神玫瑰; 施氮量; 生长; 光合特性; 产量

中图分类号: S685.12

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)08-0740-07

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.08.008

Effects of Different Nitrogen Treatments on Growth, Photosynthetic Characteristics and Yield of Cut Flower Roses

LIANG Zhiqi, GAO Bo, PENG Quanquan, XU Wenzhen, TAN Lei, ZHAO Ting, HU Xinzu, YANG Guorong
(Lanzhou New District Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: In order to select suitable nitrogen application rate, effects of different nitrogen application rate on growth, yield and photosynthetic characteristics of cut flower rose in Lanzhou New District were studied. Using Roselle rose as experimental material, 5 nitrogen application rates (0, 600, 900, 1200, 1500 mg/L) were set to determine the effects of different nitrogen concentrations on growth, photosynthetic characteristics and yield of cut flower roses. The results showed that the plant height and pedicel length increased with the increase of nitrogen concentration. Stem diameter, leaf width, internode number, flower transverse diameter, flower longitudinal diameter, contents of chlorophyll a (Chl a), chlorophyll b (Chl b), chlorophyll a+b (Chl a+b), net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s) and transpiration rate (T_r) all increased first and then decreased. Intercellular CO₂ concentration (C_i) decreased first and then increased. Compared with no nitrogen application, the increase and decrease of each index were different under different nitrogen concentration treatment, it showed that nitrogen treatment had obvious concentration effect, and the effect was most obvious under 900 mg/L treatment in which contents of chlorophyll a(Chl a), chlorophyll b(Chl b), and chlorophyll a+b (Chl a+b) increased by 53.32%, 37.98%, and 45.74%, respectively compared to the non-nitrogen control; the net photosynthetic rate of leaves (P_n) was 14.17 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, an increase of 73.47% compared to the non-nitrogen control; stomatal conductance (G_s) was 0.068 $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, an increase of 51.41% compared to the non-nitrogen control; transpiration rate (T_r) was 183.60 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, an increase of 40.49% compared to the non-nitrogen control; the intercellular CO₂ concentration (C_i) of the leaves reached its lowest value at 619 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, a decrease of 12.94% compared to the non-nitrogen control; the highest yield was 24 stems/ m^2 , an increase of 33.33% compared to the non-nitrogen control. Therefore, the application of N at 900 mg/L can significantly improve the yield of

收稿日期: 2023-08-16; 修订日期: 2024-03-25

基金项目: 国家玫瑰鲜切花全产业链标准化示范区(SFQ11-87)。

作者简介: 梁志奇(1992—), 男, 甘肃兰州人, 助理农艺师, 主要从事设施环境调控下切花月季种植管理工作。Email: 1244256363@qq.com。

通信作者: 高博(1991—), 男, 甘肃和政人, 农艺师, 主要从事设施环境调控下切花月季种植管理工作。Email: 903921985@qq.com。

fresh-cut rose, improve the quality of rose, and promote the photosynthetic capacity of Roselle, which is the best nitrogen application amount for fresh-cut Rosellerose in glass greenhouse.

Key words: Fresh-cut rose; Roselle rose; Nitrogen application amount; Growth; Photosynthetic characteristic; Yield

玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb)为蔷薇科(Rosaceae)蔷薇属植物,栽培遍布全国^[1-3]。设施玫瑰是一种多次采收的作物,生长周期较长,生长需要大量的营养物质。氮素是植物体生长发育十分重要的营养元素,其对植物的生长和品质影响最大,植株对氮肥的反应也最敏感^[4-5]。合理的氮肥不仅有利于植物各种养分的吸收,而且还能促进植物的生长发育。郑洪波等^[6]研究发现氮素施入量会对草莓株高、茎粗、叶面积、产量等性状产生影响。氮是叶绿素合成必不可少的营养元素,张吉立^[7]研究表明,施氮量的高低与植物叶绿素含量之间关系密切。充足的氮素供应可以显著提高叶绿素含量,进而有利于光合速率和含氮光合产物含量的提高,促进植物生长发育^[8-10]。杨阳等^[11]在黄瓜上研究表明,增施氮肥可以显著提高黄瓜产量,但随着施肥量的逐渐增加,产量呈逐渐下降的趋势。Thompson 等^[12]研究表明,滴灌施肥条件下,增大施氮量降低了黄瓜品质。王刚等^[13]以红颜草莓为研究对象,发现设施草莓生产较佳施氮量为 93 kg/hm²。胡国智等^[14]的研究认为,随着施氮量的不断增加,氮肥利用率逐步降低。因此,实行氮肥精细化管理成为保证作物生长、改善品质、提高氮肥利用效率、减少氮肥资源浪费和环境污染的关键。近年来,有关不同施氮量对各类作物的研究越来越多,但在温室鲜切玫瑰上的研究相对较少。为探究不同施氮水平对温室切花玫瑰生长发育、光合特性和产量的影响,我们进行了不同施氮量的洛神玫瑰种植试验,以期为兰州新区鲜切玫瑰温室栽培氮肥减量与提质增产提供技术支持,进而推进当地智能温室切花玫瑰产业高质量发展。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示切花玫瑰品种为洛神玫瑰,由兰州新区农业科技开发有限责任公司提供。供试肥料为磷酸二氢铵(NH₄H₂PO₄,含 N 12.17%、P₂O₅ 48.26%)、硝酸钾(KNO₃,含 N 13.86%、K₂O 46.53%)、磷酸(H₃PO₄,含 P₂O₅ 72.45%)、硫酸钾(K₂SO₄,含 K₂O 54.02%),均由四川易普润生物肥料科技有限公司

提供。供试岩棉块规格为 75 mm × 75 mm × 65 mm,由南京彤天岩棉有限公司提供。试验所用营养液参考 Sonneveld^[15]的营养液配方,并根据玫瑰养分吸收特点和试验需要对营养液配方进行了适当调整。灌溉方式为滴灌。

1.2 试验方法

试验于 2023 年 6—7 月(从萌芽到采花整个生育周期)于兰州新区现代农业博览园 5 号智能玻璃温室进行。试验共设 0、600、900、1 200、1 500 mg/L 等 5 个施氮浓度处理,分别记为 CK(不施氮)、T1 处理、T2 处理、T3 处理、T4 处理。每处理 3360 株,3 次重复。以滴灌体系下洛神玫瑰的区域岩棉块苗(株距为 7 cm)为试材进行试验,选取长势基本一致、无病虫害的洛神玫瑰于采花期从距第 2 个芽点上 1 cm 处剪去原花枝,当天记为花枝发育第 0 天,株高、茎粗、冠幅、花梗长、节间数等指标均计为 0,按试验设计进行不同浓度施氮处理。试验以 NH₄H₂PO₄ 和 KNO₃ 作为 N 源,并设置 NH₄⁺:NO₃⁻=5:5 的比例施用,利用 H₃PO₄ 和 K₂SO₄ 补足各处理中的 P、K 元素。各处理营养液中除氮素浓度不同外,其他大量元素和微量元素均保持一致。用 HCl、NaOH 调节各处理 pH 均为 5.5。并根据玻璃温室光积累量进行灌溉次数的调整,并在温室中进行统一管理。处理期间除施肥外,其他田间管理均保持一致。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状的测定 每小区随机取样 10 株使用卷尺测定株高(植株采花期茎基部至花朵顶端的高度);用游标卡尺测定茎粗(枝条直径);用卷尺分别测量植株平面上最大长、宽,取其平均值为直径,并计算周长为冠幅;用卷尺测定花梗长(顶端第 1 片叶至花萼之间的距离);采花期每小区随机取样 10 株进行节间数统计并测量花朵的纵、横径;所有数据均取平均值。各小区随机取样 10 株计产,并折算单位面积(m²)产量。

1.3.2 叶绿素含量的测定 采花期每处理按小区随机取样 10 株选取 6~7 节位(从顶部向下数)功能叶,用蒸馏水擦洗表面污物并去除叶脉部分,称

取 0.2 g 新鲜样品剪碎于试管, 加入 10 mL 80% 丙酮浸提 24 h。分别测定在波长 663、645 nm 下的吸光度。将测定得到的吸光值代入以下公式, 据此即可得到叶绿素 a(Chl a)和叶绿素 b(Chl b)含量, 二者之和为叶绿素 a+b 含量(Chl a+b)^[16]。

$$\text{Chl a} = 12.7 A_{663} - 2.59 A_{645}$$

$$\text{Chl b} = 22.9 A_{645} - 4.67 A_{663}$$

$$\text{Chl a} + \text{Chl b} = 20.3 A_{645} - 8.04 A_{663}$$

式中, A_{663} 为波长 663 nm 下的吸光值, A_{645} 为波长 645 nm 下的吸光值。

1.3.3 光合参数的测定 每个处理每小区固定选取 10 株采用便携式光合仪(LI-6400, USA)于采花期 9:00 ~ 13:00 时, 选取向阳枝条上的成熟、叶片测定其净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s), 光合仪系统控制叶片温度在 25 °C, 测定系统采用开放式气路, 自然光源, 光合有效辐射为 400~600 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, 叶室内空气流量设定为 500 mL/min, 室内 CO_2 浓度为 $(385 \pm 10) \mu\text{L/L}$ 。

1.4 数据处理与分析

用软件 Origin 8.0 进行数据处理及作图, 并采用 SPSS 22.0 进行单因素 Duncan 检验方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮浓度对植株性状的影响

不同浓度施氮处理对洛神玫瑰株高、茎粗和冠幅等生长指标的影响较为明显, 随着施氮浓度的增加, 株高呈现逐渐上升的趋势, 但不同浓度施氮处理其上升幅度不同, 各施氮处理间差异均达显著水平, 且均显著高于 CK, T1、T2、T3、T4 处理的株高分别较 CK 提高了 8.07%、14.62%、16.47%、19.16%(图 1-A)。

随着施氮浓度的增加, 茎粗和冠幅均呈现先升后降的趋势, 且不同浓度氮处理, 其上升幅度有所差异, 均显著高于 CK, 并均在 T2 处理时达到最大值。其中 T1、T2、T3、T4 处理的茎粗分别较 CK 提高了 10.53%、33.33%、26.32%、19.30%, T2 处理与 T3 处理差异不显著, 但与其他处理均差异显著; T3 处理与 T4 处理差异不显著, 但与 T1 处理、CK 差异显著; T4 处理、T1 处理、CK 之间均差异显著。T1、T2、T3、T4 处理的冠幅分别较 CK 提高了 6.81%、34.75%、23.17%、16.87%, 其中 T2 处

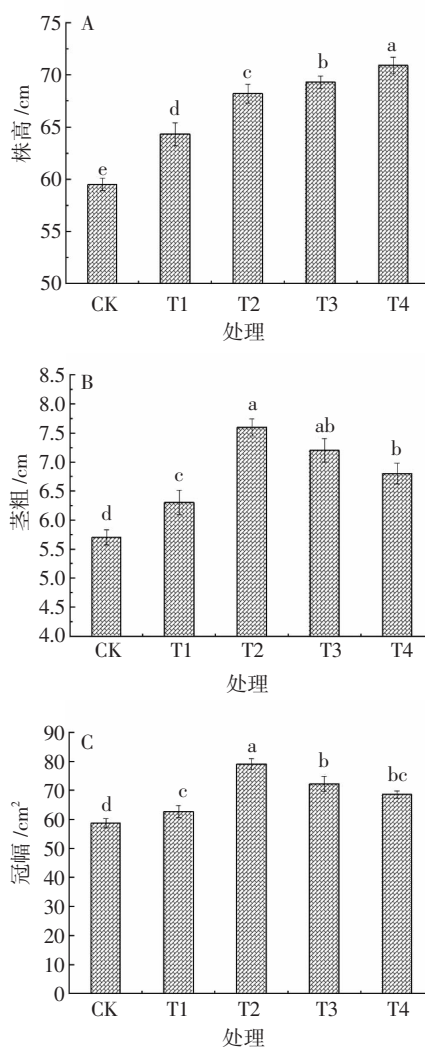


图 1 不同氮浓度对洛神玫瑰植株性状的影响

理与其余处理间差异均达显著水平; T3 处理与 T4 处理差异不显著, 但与 T1 处理、CK 差异显著; T4 处理与 T1 处理差异不显著, 但与 CK 差异显著; T1 处理与 CK 差异达显著水平(图 1-B、图 1-C)。

2.2 不同氮浓度对品质特性的影响

由图 2-A 可以看出, 洛神玫瑰的花梗长随着施氮浓度的增加呈现逐渐上升的趋势, 不同浓度氮处理的上升幅度不同, 但均显著高于 CK, T1、T2、T3、T4 处理的花梗长分别较 CK 提高了 37.70%、60.65%、72.13%、83.60%, 各处理间差异均达显著水平。由图 2-B、图 2-C、图 2-D 可以看出, 洛神玫瑰的节间数、花朵横径、花朵纵径均随着施氮浓度的增加呈现先升后降的趋势, 均在 T2 处理时达到峰值, 且均显著高于 CK。节间数 T1、T2、T3、T4 处理分别较 CK 提高了

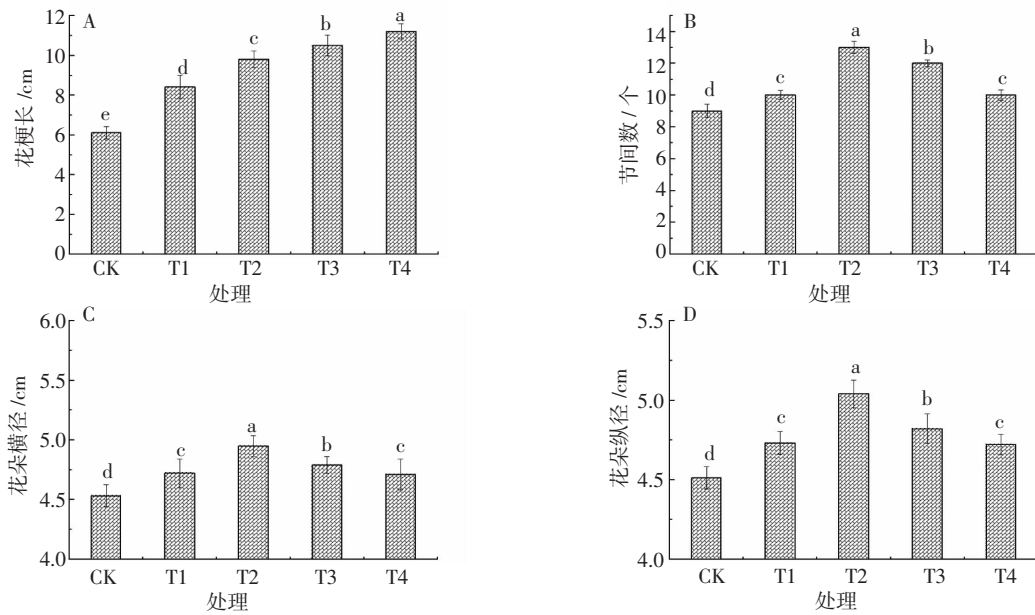


图2 不同氮浓度对洛神玫瑰品质特性的影响

11.11%、44.44%、33.33%、11.11%，除 T1 处理与 T4 处理无显著差异外，其余处理间均差异显著。花朵横径 T1、T2、T3、T4 处理分别较 CK 提高了 4.19%、9.27%、5.73%、3.97%，除 T1 处理与 T4 处理无显著差异外，其余处理间均差异显著。花朵纵径 T1、T2、T3、T4 处理分别较 CK 提高了 4.88%、11.75%、6.87%、4.66%，除 T1 处理与 T4 处理无显著差异外，其余处理间均差异显著。由此可以看出，施氮浓度 T1 水平（600 mg/L）和 T4 水平（1 500 mg/L）对洛神玫瑰的节间数、花朵横径、花朵纵径的影响不明显，但施氮浓度在 T2 水平（900 mg/L）时的提升效果最明显。

2.3 不同氮浓度对叶片叶绿素含量的影响

由图 3 可以看出，不同浓度氮处理的对洛神玫瑰叶片叶绿素含量的影响存在显著差异，随着施氮浓度的增加，洛神 Chl a、Chl b、Chl a+b 均呈现先升后降的趋势，均在 T2 处理时达到峰值，且显著高于 CK。T1、T2、T3、T4 处理的 Chl a 分别较 CK 提高了 19.36%、53.32%、25.79%、15.28%，除 T1 处理与 T4 处理差异不显著外，其余处理间均差异显著。T1、T2、T3、T4 处理的 Chl b 的含量较 CK 分别提高了 9.99%、37.98%、27.20%、16.43%，T2 处理显著高于其他处理，T3 处理与 T4 处理差异不显著，与 T1 处理、CK 差异显著，T4 处理与 T1 处理差异不显著，与 CK 差异显著，T1 处理与 CK 差异显著。T1、T2、T3、T4 处理的 Chl a+b 分别较

CK 提高了 14.74%、45.74%、26.49%、15.84%，除 T1 处理与 T4 处理差异不显著外，其余处理间均差异显著。由此可见，施氮浓度在 T2 处理水平（900 mg/L）时对叶绿素含量提升效果最明显，而施氮浓

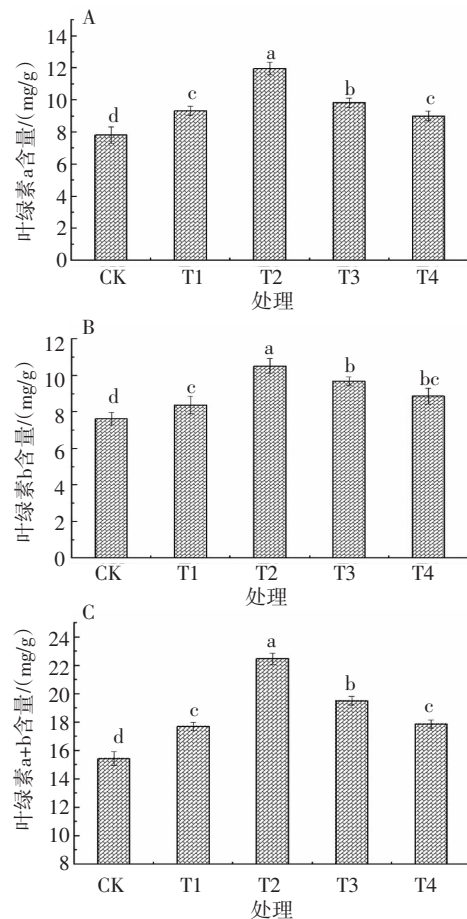


图3 不同氮浓度对洛神玫瑰叶片叶绿素含量的影响

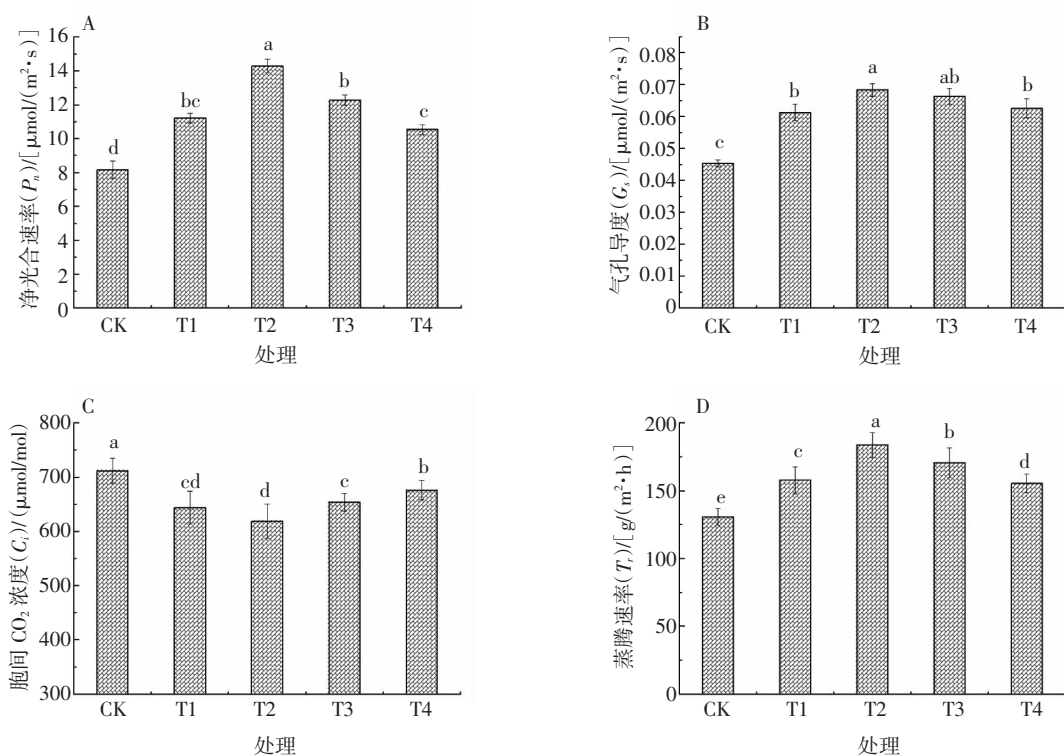


图 4 不同氮浓度对洛神玫瑰叶片光合特性的影响

度为 T1 水平(600 mg/L)和 T4 水平(1 500 mg/L)时二者间的叶绿素含量差异不显著。

2.4 不同氮浓度对叶片光合特性的影响

由图 4-A、图 4-B、图 4-D 可以看出,不同浓度氮处理对洛神叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)的影响存在显著差异,随着施氮浓度的增加, P_n 、 G_s 、 T_r 呈现先升后降的趋势,显著高于 CK,并在 T2 处理时均达到最高值,其中 P_n 最高为 $14.17 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, G_s 最高为 $0.068 \text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, T_r 最高为 $183.60 \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。T1、T2、T3、T4 处理的 P_n 分别较 CK 提高了 35.92%、73.47%、48.98%、28.61%,其中 T1 处理与 T3 处理、T4 处理间差异不显著,其余处理间差异均达显著水平; G_s 分别较 CK 提高了 35.89%、51.41%、46.97%、38.86%,其中 T2 处理与 T3 处理差异不显著,但显著高于其他处理,T1 处理、T3 处理、T4 处理间差异不显著,但均与 CK 差异均达显著水平; T_r 分别较 CK 增加了 20.66%、40.49%、30.57%、19.01%,各处理间差异均达显著水平。

由图 4-C 可以看出,洛神叶片的胞间 CO_2 浓度(C_i)随着施氮浓度的增加呈现先降后升的趋势,且均显著低于 CK,在 T2 处理时达到最低值,为

$619 \mu\text{mol}/\text{mol}$, T1、T2、T3、T4 处理的 C_i 分别较 CK 降低了 9.56%、12.94%、8.06%、4.92%,T1 处理、T2 处理、T3 处理间差异不显著,但均与 T4 处理、CK 差异显著,T4 处理与 CK 差异显著。

2.5 不同氮浓度对产量的影响

由图 5 可知,洛神玫瑰产量随着施氮浓度的增加呈现先增加后降低的趋势,在 T2 处理达到最高,为 24 枝/ m^2 。T1、T2、T3、T4 处理的产量分别较 CK 提高了 17.78%、33.33%、26.67%、10.00%,T2 处理显著高于其他处理;T3 处理与 T1 处理差异不显著,与 T4 处理、CK 差异显著;T1 处理与 T4 处理差异不显著,与 CK 差异显著;T4 处理与 CK 差异显著。可见,适宜的施氮浓度对洛神玫瑰有明显的增产效果。

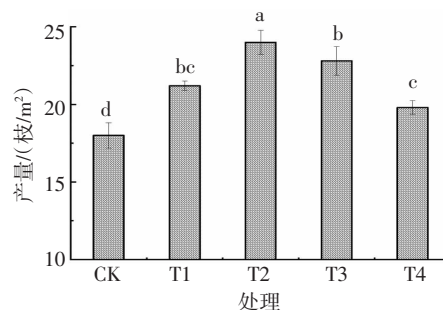


图 5 不同氮浓度对洛神玫瑰产量的影响

3 讨论与结论

氮素是植物生命活动中不可缺少的重要元素, 氮素的多少会对植株的各种性状造成很大的影响^[17-18]。本研究表明, 随着施氮浓度的增加, 洛神玫瑰的茎粗、叶幅、节间数、花朵横径、花朵纵径呈现先升后降的趋势, 相比不施氮对照均有不同程度的增加, 且在施氮浓度为 900 mg/L 时达到峰值, 表明适宜浓度的氮素能促进洛神玫瑰的生殖生长, 促进开花, 提升花朵质量, 并且随施氮浓度的增加会促进洛神玫瑰的生长, 增加洛神玫瑰的叶面积, 从而提高其旗叶净光合速率。这与王刚等^[13]在设施草莓上的研究结果相似。研究同时表明, 洛神玫瑰的株高和花梗长随施氮浓度的增加呈现上升趋势, 这可能是由于过量施氮会影响植株对其他矿质元素的吸收, 氮素吸收过饱和, 致使洛神玫瑰徒长。这与徐苏男等^[19]在结缕草上的研究结果一致。

叶绿素是绿色植物进行光合作用的主要色素, 其含量多少在一定程度上反映光合作用水平, 直接影响叶片光合作用能力的强弱^[20]。氮在叶绿素合成过程中起着至关重要的作用。本研究通过不同浓度的施氮处理, 结果表明洛神玫瑰叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量相比不施氮对照均有不同程度的上升, 分别提高了 53.32%、37.98%、45.74%, 说明增施氮肥对叶绿素含量的提高有一定的促进作用, 且随着施氮浓度的增加, 叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量呈现先升后降的趋势, 这可能是因为过低或过高地供应氮素抑制了植物中叶绿素的合成。该研究结果与刘迁杰等^[21]在复合沙培番茄上的研究结果一致。

叶绿素含量高低直接影响植物光合速率和最终光合产物的形成^[11]。前人研究指出, 植物叶片叶绿素含量与光合速率间呈密切正相关^[22]。Farquhar 等^[23]认为净光合速率下降主要包括气孔限制和非气孔限制, 气孔限制是由于 CO₂ 进入叶片受阻所致, 当胞间 CO₂ 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)同时降低则表示净光合速率(P_n)降低是由气孔因素引起, 非气孔因素是由于光合细胞机构和功能受到损害而致, 这与本研究结果一致, 随着施氮浓度的增加, 洛神叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)呈现先升高后降低的趋势, 胞间 CO₂

浓度(C_i)呈现先降后升的趋势, 即气孔导度(G_s)下降的同时伴随着胞间 CO₂ 浓度(C_i)上升, 说明施氮浓度为 1 500 mg/L 时洛神叶片净光合速率(P_n)下降是由非气孔因素造成的, 可能是由于光合细胞机构和功能受到损害而致。这与冯兆忠等^[24]在小麦上的研究结果不一致。本试验研究果表明, 施氮浓度为 900 mg/L 时净光合速率 (P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率 (T_r)达到最大值, 其中 P_n 为 14.17 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, G_s 为 0.068 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, T_r 为 183.60 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 分别较不施氮对照提高了 73.47%、51.41%、40.49%; 叶片胞间 CO₂ 浓度 (C_i)达到最低值, 为 619 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 较不施氮对照降低了 12.94%。说明在一定范围内存在能使洛神叶片净光合速率显著提升的适宜氮浓度, 主要是因为施氮可显著增加植株叶片数、促进叶面积增大, 增加光合有效面积, 从而间接影响其光合特性, 但施氮量过多会减弱植株光合特性, 可能是由于过量施氮肥会引起洛神前期生长过剩, 干物质积累多, 后期叶片之间互相遮挡, 直接影响光合作用的进行及光合产物的转运^[25-26]。

氮肥对植株产量的影响起着至关重要的作用, 适宜的氮肥可以增加植株叶片数, 增大叶面积, 促进植株的光合能力, 进而提高植株产量^[27]。王进斌等^[28]研究表明, 适宜的施氮使玉米产量显著增加。相关研究表明, 在施氮量达到 225 kg/hm^2 时, 草莓的品质最佳、产量最高^[29]。本研究表明, 随着施氮量的增加, 洛神玫瑰产量呈现先升后降的趋势, 说明适宜的施氮量能促进洛神玫瑰的生殖生长, 提升其产量, 在施氮浓度为 900 mg/L 时洛神玫瑰的产量达到最大值, 为 24 枝/ m^2 。而过量施氮会影响洛神玫瑰植株对其他矿质元素的吸收, 氮素吸收过饱和, 致使洛神玫瑰植株徒长, 产量下降。这与葛君等^[30]在小麦上的研究结果相似。

综上所述, 各施氮处理以施氮浓度为 900 mg/L 的处理效果最佳, 其能显著提高洛神玫瑰植株性状, 改善玫瑰品质特性, 促进玫瑰的光系统活性、增强光合能力, 进而提高产量。由此可见, 在试验设计范围内, 施氮浓度为 900 mg/L 是兰州新区玻璃温室鲜切玫瑰洛神的最佳施氮量。

参考文献:

- [1] CZYZOWSKA A, KLEWICKA E, POGORZELSKI E, et al.

- Polyphenols, vitamin C and antioxidant activity in wines from *Rosa canina* L. and *Rosa rugosa* Thunb[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, 39: 62–68.
- [2] 代立兰, 赵亚兰, 张怀山, 等. 玫瑰套种对土壤养分及杂草的影响[J]. *草原与草坪*, 2022, 42(3): 73–80.
- [3] 张 玲, 徐宗大, 汤腾飞等. ‘紫枝’玫瑰 (*Rosa rugosa* ‘Zi zhi’) 开花过程花青素相关化合物及代谢途径分析[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(13): 2600–2611.
- [4] 朱 锦. 不同氮肥对设施栽培西兰花生长、品质及氮代谢相关基因表达的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- [5] 吴 燕, 刘长干, 高青海. 氮素对花卉生长及品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2007(5): 1417–1418.
- [6] 郑洪波, 李亚莉, 耿庆龙, 等. 不同氮素水平下的草莓生长状况研究[J]. *新疆农业科学*, 2017, 54(1): 104–109.
- [7] 张吉立. 不同硝酸铵处理对草地早熟禾叶绿素含量及生长的影响[J]. *草原与草坪*, 2018, 38(5): 83–86; 92.
- [8] ECHEVARRIA, CRISTINA, GARCIA–MAURINO, et al. Phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) and PEPC–kinase (PEPC–k) isoenzymes in *Arabidopsis thaliana*: role in control and abiotic stress conditions[J]. *Planta An International Journal of Plant Biology*, 2016, 244(4): 901–913.
- [9] 张吉立. 冬季4种针叶树色素动态变化研究[J]. *青海农林科技*, 2020(2): 103–106.
- [10] ZHONG S, XU Y, MENG B, et al. Nitrogen Addition Increases the Sensitivity of Photosynthesis to Drought and Re–watering Differentially in C3 Versus C4 Grass Species [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2019(10): 815.
- [11] 杨 阳, 宋炳彦, 刘 云, 等. 不同追氮量对设施黄瓜产量及品质的影响[J]. *华北农学报*, 2017, 32(S1): 256–259.
- [12] THOMPSON T L, DOERGE T A, GODIN R E. Nitrogen and Water Interactions in Subsurface Drip –Irrigated Cauliflower: 1. Plant response[J]. *SOIL, SOC AMER J*, 2000, 64(1): 412–418.
- [13] 王 刚, 于进步, 姜继元, 等. 不同施氮量对设施草莓生长状况的影响[J]. *蔬菜*, 2021(9): 20–23.
- [14] 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.
- [15] VOOGT W. Fertigation in the greenhouse industry[C]. *Proc. Int. symp. Fertigation*. Beijing, China, 2005: 116–129.
- [16] 贾婷婷, 常 伟, 范晓旭, 等. 盐胁迫下 AM 真菌对沙枣苗木光合与叶绿素荧光特性的影响[J]. *生态学报*, 2018, 38(4): 1337–1347.
- [17] 张文英, 杨立军, 田再军, 等. 苗期水分胁迫对谷子主要农艺性状的影响[J]. *河北农业科学*, 2012, 16(9): 1–3.
- [18] 赵化田, 王瑞芳, 许云峰, 等. 小麦苗期耐低氮基因型的筛选与评价[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(5): 1199–1204.
- [19] 徐苏男, 范丽霞, 何 月, 等. 不同施氮量对结缕草生长及光合荧光特性的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2013(5): 46–50.
- [20] CROFT H, CHEN J M, LUO X, et al. Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity [J]. *Glob Change Biol*, 2017, 23(9): 3513–3524.
- [21] 刘迁杰, 贾 凯, 陈 健, 等. 不同施氮量对复合沙培番茄叶绿素含量及光合特性日变化的影响[J]. *北方园艺*, 2020(5): 8–14.
- [22] 盖琼辉, 郭其龙, 杨晋丽. 小麦顶三叶与主要农艺性状的相关性分析[J]. *农业科学研究*, 2017, 38(1): 10–13.
- [23] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. *Annual Review of Plant Physiology*, 1982, 33(01): 317–345.
- [24] 冯兆忠, 王效科, 段晓男, 等. 不同氮水平对春小麦光合速率日变化的影响[J]. *生态学杂志*, 2003, 22(4): 90–92.
- [25] 朱 荣, 慕 宇, 康建宏, 等. 不同施氮量对花后高温春小麦叶绿素含量及荧光特性的影响[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(4): 609–615.
- [26] 郑雪娇, 于振文, 张永丽, 等. 施氮量对测墒补灌小麦冠层不同层次光截获和干物质分布的影响[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(2): 531–537.
- [27] 张纪波, 陈 燕. 不同施氮量对草莓产量及品质的影响[J]. *农业工程技术*, 2023, 43(10): 49–50.
- [28] 王进斌, 谢军红, 李玲玲, 等. 氮肥运筹对陇中旱农区玉米光合特性及产量的影响[J]. *草业学报*, 2019, 28(1): 60–69.
- [29] 钱 玲, 任建青, 童江云, 等. 不同施氮量对草莓生长发育、果实品质及产量的影响[J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2020, 35(3): 530–534.
- [30] 葛 君, 姜晓君. 施氮量对小麦旗叶光合特性、SPAD 值、籽粒产量及碳氮代谢的影响[J]. *天津农业科学*, 2019, 25(3): 1–4.