

北方半干旱区不同水氮供应及种植密度对小南瓜产量的影响

塔娜¹, 崔艳伟¹, 小沢圣², 拾涛¹, 中本和夫³, 王海¹

(1. 中国农业科学院 草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 明治大学, 日本 川崎 2150035;

3. 国际农林水产业研究中心, 日本 筑波 3058686)

摘 要:小南瓜是北方半干旱区增加经济产值的适生作物之一。该试验以日本“赤甘栗”小南瓜品种为试材, 在 3 种密度(1 666、2 500、5 000 株·hm⁻²)、2 个灌溉量(3~4、6~8 mm·d⁻¹)和 4 个牛粪氮添加水平(N 25、50、75、100 kg·hm⁻²)处理下进行大田试验, 研究不同水、氮供应及种植密度对小南瓜产量的影响。结果表明:在中密度和高密度栽培下, 小南瓜产量会随着氮添加量的增加而增加, 但未受灌溉量的影响, 但水分生产率会随着灌溉量增加而降低;在低密度栽培下灌溉量和氮添加量的增加都会导致小南瓜产量的增加, 且水分生产率随着氮的提高会相应提高但未受灌溉量的影响;内蒙古半干旱地区春末夏季气候有利于小南瓜的种植, 在定植密度为 1 667 株·hm⁻²时, 随氮肥的提高小南瓜产量及水分生产率均可增加, 在 3~4、6~8 mm·d⁻¹灌溉水平下小南瓜产量分别为 6.99、15.34 t·hm⁻²。

关键词:小南瓜;产量;密度;灌溉量;氮添加量

中图分类号:S 642.105 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0001-05

小南瓜是粮菜兼用作物, 性喜温暖, 耐干旱和瘠薄, 适应性强, 对土质要求不严, 是北方半干旱区增加经济产值的适生作物。内蒙古四季分明, 具有丰富的光热资源且昼夜温差大, 水资源匮乏但牛粪等有机肥资源丰富;小南瓜营养价值高、品质独特、易栽培管理、易运输储存等优点使其易于种植推广, 可使农牧交错区零星农闲地或自留地得到有效利用^[1-2]。但由于缺乏栽培管理措施和技术指导, 许多菜农盲目追求高产, 加大水肥用量、密植种植, 导致减产, 水肥资源浪费和环境污染等问题^[3]。

除遗传因素外, 作物高产是生态因素和栽培措施协调作用的综合体现^[4]。其中, 水、氮是干旱、半干旱地区影响作物品质、产量的重要因素, 充分利用水肥互作效应, 可达到以肥调水、以水促肥和提高灌溉水利用效率;合理密植则是关键措施之一, 诸多生态因素可以通过改变密度来调控, 达到最优效果^[5]。小麦、玉米和棉花等作物的相关研究指出, 合理的水氮配置可显著提高作物的光合性能、品质与产量水平^[6-8];能够促进果实干物质

积累和氮素吸收;可节水 30%以上。合理密植可使产量构成因素相互协调, 实现作物高产与资源高效利用^[9-10]。该研究主要探讨北方旱作区不同水氮供应及种植密度对小南瓜产量的影响, 旨在为小南瓜干旱、半干旱区推广及高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年 6 月 1 日至 9 月 30 日在位于内蒙古呼和浩特市南郊的中国农业科学院草原研究所农牧交错试验示范基地进行。地处东经 111°45', 北纬 40°36', 海拔 1 055 m, 属于典型的半干旱大陆性气候。具有干旱、少雨、寒冷、多风沙等气候特点。年平均温度 6.2℃, ≥10℃年积温 2 700℃;平均降水量 430 mm, 降雨主要集中在夏季;无霜期 127 d。试验地土质为重粘质砂土, 轻度盐碱土, pH 8.5, 土壤贫瘠。

1.2 试验材料

供试日本“赤甘栗”小南瓜品种由小沢圣教授提供。

1.3 试验方法

1.3.1 田间管理 6 月 1 日在温室内育苗, 2 叶定植, 4 叶后摘心, 采取三蔓整枝爬蔓栽培, 第 8 叶开始授粉留瓜, 9 月 30 日收获。春季能进地时将 16 kg 硫酸亚铁(每 1 m²施 100 g 用于降低土壤 pH)和不同氮添加量的腐熟牛粪

第一作者简介:塔娜(1980-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为草地生态与饲料科学。E-mail: Tana_1980@163.com.

责任作者:王海(1981-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为草地管理与生态评价。E-mail: grassland302@aliyun.com.

基金项目:中日合作资助项目。

收稿日期:2016-03-16

均匀铺撒在播种带地面,并浅翻 30 cm,一次性均匀施入。每行覆 50 cm 宽地膜,旁边铺 1 条滴灌带,南瓜苗定植于膜心。每行行间铺 3 m 宽厚黑 PE 膜,用于防杂草。采用水肥一体化膜下滴灌技术进行灌溉,滴灌系统由水泵、流量器、过滤器、液肥溶液搅拌器、电子水阀、水阀定时开关、总输水管、PE 支管、稳流器、毛管、滴箭等组成。从定植至雨期来临前进行灌溉,雨期来临后不再灌溉。灌溉量以梯度增加,从移栽定植日开始计算分为 4 个阶段:第 1—10 日、第 11—20 日、第 21—30 日、第 31—45(50)日。追肥用硫酸铵,适用于碱性土壤,通过灌溉系统与水一起灌溉,直达作物根部土壤。氮添加量为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,硫酸铵用量为 $4.88 \text{ kg} \cdot (100\text{L})^{-1}$ 。

1.3.2 试验设计 采用三因素试验设计:3 个种植密度 ($1\ 666$ 、 $2\ 500$ 、 $5\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$)、2 个灌溉量 ($3 \sim 4$ 、 $6 \sim 8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$)、4 个牛粪氮添加量 ($\text{N}\ 25$ 、 50 、 75 、 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。处理数为 $3 \times 2 \times 4 = 24$,田间随机区组排列,2 次重复,每重复 6 株。3 个种植密度小南瓜株距分别为 1.5 、 1.0 、 0.5 m ;灌溉量在不同种植密度水平下通过增加滴头数量来实现,由于不能保证所有滴头流量完全一致,误差控制在 1 mm 内。总的氮添加量为牛粪和硫酸铵提供 N 的总和。

1.4 项目测定

收获时称取各处理每个小南瓜鲜样质量,作为实收产量。每日测定土壤水分含量(用土壤湿度计)和灌溉量;从 6 月 22 日至 7 月 24 日通过 SPAD-502 便携式叶绿素测定仪记录指定植株叶绿素含量 10 次;同时用温度计及雨量筒记录空气、土壤温度和降雨量。

1.5 数据分析

试验数据用 Excel 软件处理后进行图表制作,采用 DPS 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 气象数据及土壤温湿度变化

图 1 记录了 6 月 10 日至 9 月 30 日的气温、土壤温度变化,土壤吸水力变化及降水量。结合表 1 的数据可以看出,平均气温基本与呼和浩特地区过去 60 年同期平均气温一致,但日平均最低温度则在 6—8 月低 1°C ,9 月份低 3.4°C ;6—9 月份降雨量虽比过去 60 年同期

平均降雨量略高,但雨量分配不均匀,降雨主要集中在 7 月,而 6、8 月有效降雨非常低。一年中降水分配不均匀会造成农作物产量不稳定。对于不同土壤,凡是土壤水吸力在 $0 \sim -10 \text{ kPa}$ 范围均为过湿, $-10 \sim -30 \text{ kPa}$ 范围为湿润, $-30 \sim -50 \text{ kPa}$ 为干爽, $< -50 \text{ kPa}$ 为干燥^[11]。土壤干燥时作物基本上停止生长。该试验中,6—9 月间, $6 \sim 8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量土壤吸水力基本保持在 $0 \sim -20 \text{ kPa}$,只在降水较少时低于 -40 kPa ,甚至 50 cm 深度土壤会出现过湿情况; $3 \sim 4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量平均土壤吸水力基本在 -30 kPa 水平,可保持较湿润程度。

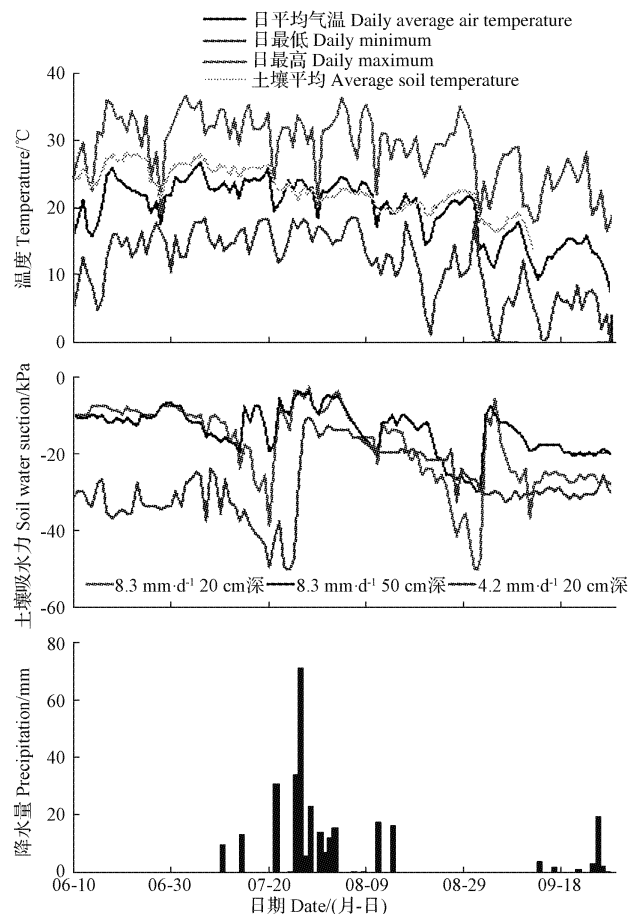


图 1 气象数据及土壤温湿度变化

Fig. 1 Time course of temperatures, soil water suction and precipitation

表 1 呼和浩特地区 1951—2010 年平均气象数据与 2012 年同期对比

Table 1 Meteorological data in Hohhot that compared between 2012 data and mean from 1951 to 2010

月份 Month	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September	
	前 60 年	2012 年	前 60 年	2012 年	前 60 年	2012 年	前 60 年	2012 年
平均气温 Average temperature/ $^\circ\text{C}$	20.7	20.8	22.6	23.3	20.6	20.8	14.7	13.1
平均日最低气温 Average daily minimum temperature/ $^\circ\text{C}$	13.3	12.4	16.4	15.6	14.7	12.5	8.2	4.8
降雨量 Precipitation/mm	48	0	48	210.5	114	62.5	48	32.5

2.2 小南瓜生产效率

图 2 为不同氮添加量水平下的小南瓜产量变化。在

种植密度为 $5\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $2\ 500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平下随着氮添加量的增加小南瓜产量呈线性增加,但不同灌溉水

平的差异未表现出来;同时高密度产量略高于中密度产量,平均产量分别为 $10.08 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $8.31 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在 $1\ 667 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 密度下,不仅表现出了随着氮添加量的增加小南瓜产量呈线性增加,随着灌溉量的成倍增

加,小南瓜产量会按倍数增加; $3 \sim 4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量水平下平均产量为 $6.99 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, $6 \sim 8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量水平下达到 $15.34 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

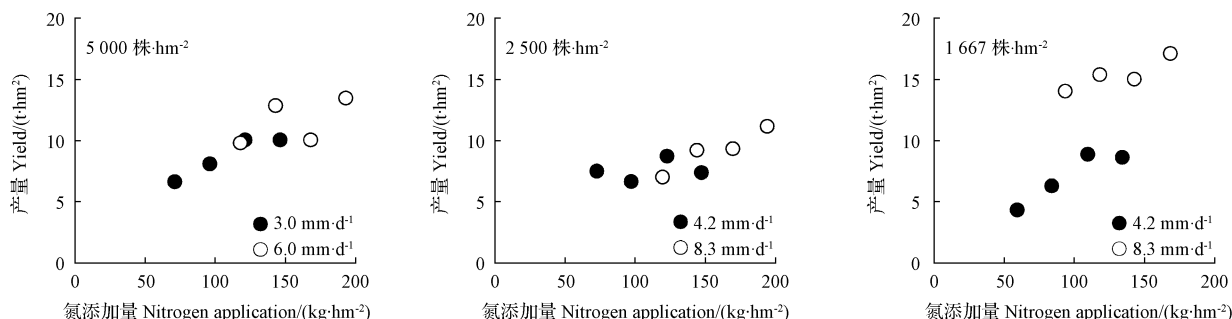


图2 不同水氮供应水平下的小南瓜产量

Fig. 2 Effect of nitrogen application on fruit yield related with difference of irrigation intensity

图3则从灌溉水分生产率的角度更进一步说明了灌溉量与产量的关系。水分生产率是指单位水资源量在一定的作物品种和耕作栽培条件下所获得的产量。水资源量包括降水量、毛灌溉水量、蒸发蒸腾量。灌溉水分生产率指每单位灌溉水所能生产的农产品数量^[12]。种植密度为 $5\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $2\ 500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平下,

$3 \sim 4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量灌溉水分生产率显著高于 $6 \sim 8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 灌溉量水平;在 $1\ 667 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 密度下,灌溉水分生产率要高于另2个种植密度水平,且随着氮添加量的增加会相应增加,但2个种植灌溉量水平间未见明显的差异。

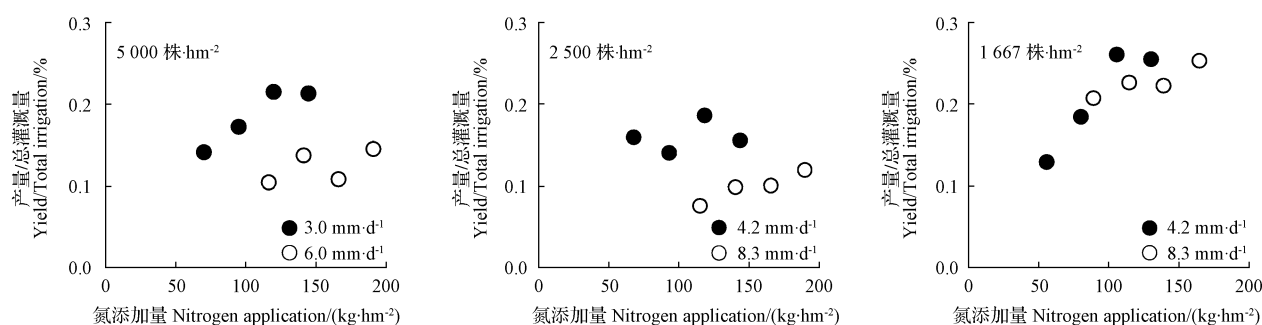


图3 不同水氮供应水平下的灌溉水分生产率

Fig. 3 Effect of nitrogen application on water productivity related with difference of irrigation intensity

2.3 叶绿素水平变化

SPAD 叶绿素仪作为一种快速测定作物叶绿素水平及快速诊断作物氮素水平的工具,得到很多专家的认

可和推广^[13]。图4为不同处理平均 SPAD 值在1个月内变化曲线。在初期(6月22—26日),平均 SPAD 值较高,在40以上;从6月30日至7月13日,降低并保持在35,随后稍有升高,到7月24日又降低至36.2。

3 讨论与结论

关于水氮和密度对棉花生长影响研究中得出,种植密度和水氮用量都是影响棉花生长的关键因子^[6]。在低密度条件下水分是影响棉花生长的关键因素,增加灌溉水量可以显著提高棉花群体干物质积累量;高密度条件下增加水氮用量有助于增加棉花群体干物质积累,但效应不明显。有关种植密度对玉米生长和耗水的影响研究中出现了水分利用效率随着种植密度的增大先增加后减小现象^[14]。

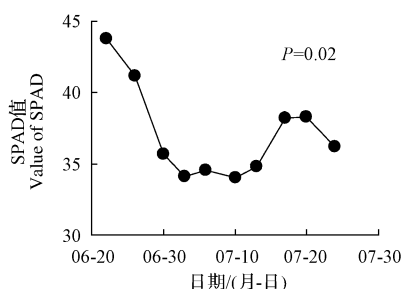


图4 叶绿素含量变化

Fig. 4 Time course of chlorophyll content

该研究中,在中密度和高密度栽培下小南瓜产量会随着氮添加量的增加而增加,但灌溉量对产量没有表现出明显的影响,且水分生产率会随着灌溉量增加而降低;在低密度下灌溉量和氮添加量的增加都会导致小南瓜产量的增加,且水分生产率随着氮的提高会相应提高,但未受到灌溉量的影响。可以说明,种植密度的提高可以起到节约土地的作用,但不能节水,且产量也不会有明显的提高;而低密度栽培可以明显起到节水节肥的作用。KIYOSHI^[15]研究指出,低密度栽培可以促进长根的生长而提高了水分利用效率。刘世全等^[3]对小南瓜根系分析研究中发现,随着灌水量增多,水分利用效率显著下降。

低密度定植没有导致小南瓜的减产,这可能与果实数量虽减少但瓜体变大有关。研究表明,随着株距的增大,瓜球的鲜样质量和干样质量呈逐渐增加的趋势。由于植株间的光、热、水、肥竞争,定植密度越小,单株干物质积累量越大。密度过大引起植株间地上部分对光、热和空间的竞争,影响光合作用,造成单株干物质积累量增长缓慢;所以,南瓜单株瓜蔓干物质积累的趋势均为随着密度的增加而减少。虽然供水量有利于根系干物质质量的积累,但并非供水量越大越好,在正常的降水年份中满足小南瓜生长关键期所需的水分利于根系的生长发育^[1]。在该研究中 $3\sim 4\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 灌溉量即可满足小南瓜的需水量。

叶绿素水平变化说明了氮素供应和吸收情况。水肥一体化系统提供的灌溉量是随着作物生长逐渐提高的。在种植初期,由于灌溉量较小,提供的氮肥也相应较少,因此在定植后叶绿素水平迅速降低。随着雨期来临,20 cm 土壤内水吸力提高并稳定在 -30 kPa 水平,加之牛粪肥氮开始释放,叶绿素含量有了一定的提高;但随着灌溉停止,降雨量下降,叶绿素含量又出现了下降趋势。有关西瓜栽培研究中表明,氮吸收量随灌水量和施氮量的增加而同步提高,氮肥偏生产力和氮肥利用率随灌水量的增加而增加^[16]。该研究中,除了基肥,通过硫酸铵液体追肥氮添加量达到 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,但在后期灌溉停止时,还是出现了氮供应不足的情况。因此,硫

酸铵液体追肥量是否需要增加或后期是否需停水不停肥的情况将在后续的试验中进一步探讨。

内蒙古半干旱地区春末夏季气候有利于小南瓜的种植,在定植密度为 $1\ 667\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,随氮肥的提高小南瓜产量及水分生产率均可增加,在 $3\sim 4$ 、 $6\sim 8\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 灌溉水平下产量分别为 $6.99\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $15.34\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

参考文献

- [1] 张俊花. 冀西北高原南瓜光水资源利用研究[D]. 保定:河北农业大学,2009.
- [2] 李会彬,赵玉靖,王丽宏,等. 冀西北高原食用南瓜平衡施肥研究[J]. 北方园艺,2013(13):197-199.
- [3] 刘世全,曹红霞,张建青,等. 不同水氮供应对小南瓜根系生长、产量和水氮利用效率的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(7):1362-1371.
- [4] 薛吉全,张仁和,马国胜,等. 种植密度、氮肥和水分胁迫对玉米产量形成的影响[J]. 作物学报,2010,36(6):1022-1029.
- [5] 李向岭. 生态因素对玉米产量性能的调控效应及其模型的构建[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2011.
- [6] 郭琛,侯振安,程诚,等. 不同水、氮和密度对杂交棉生长和产量的影响[J]. 新疆农垦科技,2010(3):3-6.
- [7] 郭丙玉,高慧,唐诚,等. 水肥互作对滴灌玉米氮素吸收、水氮利用效率及产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(12):3679-3686.
- [8] 李孟洁,李红兵,王林林,等. 水氮耦合对小麦旗叶光合特性及籽粒产量的影响[J]. 西北农业学报,2015,24(6):34-40.
- [9] 谭华,邹成林,郑德波,等. 施肥水平与种植密度对玉米产量和氮素利用的效应[J]. 中国农学通报,2014,30(21):177-182.
- [10] 燕晓娟,张岁岐,王宗仁,等. 半干旱地区不同年代冬小麦品种根系生长和水分利用效率对种植密度的响应[J]. 水土保持研究,2013,20(6):32-36.
- [11] 刘茂祥,王林,王振东. 浅析水稻节水灌溉技术适宜控制的方法[J]. 水利与建筑工程学报,2005,3(2):56-57.
- [12] 崔远来,熊佳. 灌溉水利用效率指标研究进展[J]. 水科学进展,2009,20(4):590-598.
- [13] 鱼欢,郭华松,王之杰. 利用 SPAD 和 Dualox 快速、无损诊断玉米氮素营养状况[J]. 作物学报,2010,36(5):840-847.
- [14] 窦超银,于秀琴,于景春. 控制灌溉条件下种植密度对玉米中地 77 生长和耗水的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(2):141-145.
- [15] KIYOSHI O. Regulation of plant water and fertilizer absorption due to roots grown in sub-soil[R]. Tohoku National Agricultural Experiment Station,1998.
- [16] 杜少平,马忠明,薛亮. 旱砂田补灌氮水互作对西瓜产量、品质及水氮利用的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(12):3715-3722.

Effect of Planting Density, Irrigation Intensity and Nitrogen Application on Pumpkin Yield in Northern Semi-arid Region

Tana¹, CUI Yanwei¹, KIYOSHI Ozawa², SHI Tao¹, NAKAMOTO Kazuo³, WANG Hai¹

(1. Institute of Grassland Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010010; 2. Meiji University, Kawasaki, Japan 2150035; 3. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan 3058686)

Abstract: Pumpkin is one of suitable crops for increasing economic output in northern semi-arid region. Pumpkin variation 'Red sweet chestnut' was planted under three planting densities ($1\ 666\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$, $2\ 500\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$, $5\ 000\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$),

盐胁迫对樱桃萝卜生长及生理生化指标的影响

姚岭柏, 韩海霞

(集宁师范学院 生物系, 内蒙古 乌兰察布 012000)

摘要:以“红樱桃”萝卜为试材,采用无土基质栽培法,分析了 20~120 mmol·L⁻¹ 浓度的 NaCl 胁迫对樱桃萝卜最大叶长、肉质根直径、可溶性糖、可溶性蛋白质、维生素 C、丙二醛、脯氨酸含量和过氧化物酶(POD)活性的影响,以研究盐渍土对樱桃萝卜生长及生理生化特性的影响。结果表明:盐处理对樱桃萝卜植株生长呈低浓度(20 mmol·L⁻¹)促进,高浓度(80 mmol·L⁻¹以上)抑制的趋势;60~80 mmol·L⁻¹的 NaCl 浓度对樱桃萝卜的胁迫作用明显,随处理浓度升高,樱桃萝卜可溶性糖、叶片可溶性蛋白质、丙二醛、脯氨酸含量和 POD 活性均显著升高,肉质根维生素 C 含量显著下降;当处理浓度高于 100 mmol·L⁻¹时,樱桃萝卜受胁迫程度加深,可溶性糖含量大幅下降,可溶性蛋白质含量和 POD 活性波动下降,丙二醛含量继续升高。

关键词:盐胁迫;生长;营养物质;过氧化物酶;樱桃萝卜

中图分类号:S 631.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0005-04

樱桃萝卜(*Paphanus sativus* L. var. *radculus* Pers.) 属十字花科萝卜属植物,是四季萝卜中的一种^[1]。樱桃萝卜品质细嫩,外形美观,适于直接食用,富含维生素 C、矿物质元素、芥子油、木质素等多种营养成分,现已成为广受消费者欢迎的新型蔬菜^[2]。

樱桃萝卜的栽培遍布全球,我国山东、北京、河北等省市栽培居多^[2]。乌兰察布市地处内蒙古中部,气候条件适合樱桃萝卜生长的要求,但同时该地属于干旱地区,土壤存在盐渍化问题,影响了樱桃萝卜的产量和品质^[3]。

盐胁迫可引起植物一系列生理生化变化,包括有害反应和植物的适应性反应,如吸收水分能力降低、改变

蛋白质合成、阻碍植物吸收营养元素、抗氧化酶系统的启动等^[4-12]。已有研究表明,盐胁迫能显著抑制黄瓜、五角枫、萝卜、茄子等植物的生长^[4-5,8,11-14],可引起黄瓜等植物可溶性糖、可溶性蛋白质、丙二醛含量的异常^[4-9,12-14],同时可调节抗氧化酶的活性^[4-5,7-14]。

为优化樱桃萝卜种植方案,明确盐渍土对樱桃萝卜影响的机理,该试验以不同盐浓度处理樱桃萝卜,探讨盐胁迫对樱桃萝卜生长、主要营养物质和丙二醛(MDA)及过氧化物酶(POD)活性的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为华北地区主栽萝卜品种“红樱桃”。

供试仪器为 722 分光光度计、低温冷冻离心机、恒温水浴锅、磁力搅拌器、电子分析天平、秒表、移液枪、研钵、具塞试管。

第一作者简介:姚岭柏(1979-),男,内蒙古呼伦贝尔人,硕士,讲师,现主要从事植物栽培生理学等研究工作。E-mail:yaolingbai@163.com.

收稿日期:2016-02-14

two irrigation intensities(3-4 and 6-8 mm·day⁻¹), and four cow dung application levels(nitrogen 25, 50, 75, 100 kg·hm⁻²) in fields to evaluate the effects of planting density, irrigation amount and cow dung nitrogen application on pumpkin yield. The results showed that yield increased linearly as nitrogen application increased in plots of planting density 2 500 and 5 000 plants·hm⁻², where yield difference between irrigation intensities was not found and water productivity was more in irrigation intensity 4.2 mm·day⁻¹ than in 8.3 mm·day⁻¹. In the plot of planting density 1 666 plants·hm⁻², water productivity increased linearly as nitro application increased, where water productivity difference between irrigation intensities was not found. It was concluded that with the increasing of nitrogen application, pumpkin yield and water productivity increased linearly under planting density of 1 666 plants·hm⁻². Under the irrigation intensity of 4.2 and 8.3 mm·day⁻¹, pumpkin yield reached to 6.99 t·hm⁻² and 15.34 t·hm⁻², respectively.

Keywords: pumpkin; yield; density; irrigation intensities; nitrogen application