

费 聪, 王维成, 李阳阳, 等. 氮素运筹对滴灌甜菜叶片光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 227–229.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.070

氮素运筹对滴灌甜菜叶片光合特性的影响

费 聪¹, 王维成², 李阳阳¹, 樊 华¹

(1. 石河子大学农学院, 新疆石河子 832003; 2. 石河子农业科技开发研究中心甜菜研究所, 新疆石河子 832011)

摘要:以 Beta356 为供试材料, 通过大田试验研究氮肥运筹对滴灌甜菜叶绿素含量、光合特性以及产量的影响。结果表明, 常规氮素运筹模式处理 N4(4:4:2) 产糖量达到 1.953 万 kg/hm², 显著高出其他处理。该处理下甜菜全生育期叶绿素含量适中, 至生育后期尤其是糖分积累期光合速率显著高于其他处理, 为甜菜最终根产量的形成提供保证。本研究认为, 在生育中后期补充一定氮素, 有利于提高干旱区滴灌甜菜块根经济产量。

关键词:氮素运筹; 滴灌; 甜菜; 光合特性

中图分类号: S636.906 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0227-03

氮是植物所需的大量营养元素之一, 对作物长势、产量和品质具有重要意义^[1]。甜菜叶片的叶绿素含量和光合速率, 直接影响到碳水化合物及其他有机物的合成, 是甜菜产量和品质的重要基础。较高的施氮量可提高 7 月份之前的光合速率, 对于维持 8 月份高而稳定的光合势十分重要。在糖分积累期增施 75 kg/hm² 氮素, 块根、叶柄、叶片分别增加 21.4、9.7、7.99 g, 减少枯叶约 5 g^[2]。然而也有研究表明, 糖分积累期再投入氮肥会导致叶丛徒长, 降低甜菜产量和品质^[3]。“氮

肥后移”是当前大部分作物进一步提高产量的新途径^[4-7], 对于以收获营养器官为主的甜菜而言, 能否通过氮肥运筹实现高产高糖尚不清楚。为此, 本研究通过分析氮素运筹对甜菜叶绿素含量、光合特性以及产量的影响, 确立合理的氮素运筹模式, 为实现干旱区滴灌甜菜的高产优质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2014 年在石河子大学农学院试验站进行。供试品种为 Beta356(美国 BETASEED 公司选育), 供试土壤为灌溉灰漠土, 耕层土壤(0~20 cm)含有机质 13.25 g/kg、全氮 0.89 g/kg、碱解氮 0.058 g/kg、速效磷 0.022 g/kg、速效钾 0.249 g/kg, pH 值 7.3。

1.2 方法

试验按照追肥比例设 N1(叶丛快速增长期、块根膨大期、糖分积累期比例为 N1(7:2:1)、N2(5:4:1)、N3(3:7:0)、

(1):7-12。

[8] 丁 彬. 外源钙在 NaCl 抑制花粉萌发中的作用[D]. 济南: 山东师范大学, 2007。

[9] Ouzounidou G, Ciamporová M, Moustakas M, et al. Responses of maize (*Zea mays* L.) plants to copper stress – I. Growth, mineral content and ultrastructure of roots[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1995, 35(2): 167–176。

[10] 伏 毅, 戴 媛, 谭晓荣, 等. 干旱对小麦幼苗脂类和蛋白质氧化损伤的影响[J]. *作物杂志*, 2010(3): 45–50。

[11] 阎秋洁, 古静燕, 韩文君, 等. 不同浓度 Cu²⁺、Hg²⁺、Zn²⁺ 胁迫对绿豆幼苗超氧化物歧化酶活性的影响[J]. *江苏农业科学*, 2009(5): 98–100。

[12] Cakmak I, Horst W J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*) [J]. *Physiologia Plantarum*, 1991, 83(3): 463–468。

[13] Kochian L V, Hoekenga O A, Piñeros M A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency[J]. *Plant Biology*, 2004, 55: 459–493。

收稿日期: 2015-10-27

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31260299); 教育部科学技术研究重点项目(编号: 212201); 兵团博士基金(编号: 2014BB012); 国际合作项目(编号: 2010DFA32520)。

作者简介: 费 聪(1990—), 男, 山西人, 硕士研究生, 主要从事作物生理生态方面的研究。E-mail: 827117935@qq.com。

通信作者: 樊 华, 副教授, 主要从事作物节水灌溉理论与技术研究。E-mail: fanhua@shzu.edu.cn。

参考文献:

[1] Seregin I V, Ivanov V B. Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants [J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2001, 48(4): 523–544。

[2] 於朝广, 李 颖, 谢寅峰, 等. NaCl 胁迫对中山杉幼苗生长及离子吸收、运输和分配的影响[J]. *植物生理学报*, 2016, 52(9): 1379–1388。

[3] 杨丽丽. 铜胁迫对甜菜幼苗生长和光合特性的影响[D]. 济南: 山东师范大学, 2013。

[4] 刘文英, 周 凤, 戎婷婷, 等. 重金属铜对菠菜生理指标的影响[J]. *农业与技术*, 2016, 36(3): 1–2, 24。

[5] 王 威, 刘宗愉, 蒋悟生, 等. Cu²⁺ 对大蒜生长的影响及大蒜根叶及蒜瓣对 Cu²⁺ 的累积[J]. *西北植物学报*, 2001, 21(2): 306–312。

[6] 周 楠, 陈文荣, 刘 鹏, 等. 黄瓜根边缘细胞生物学特性及其对铝的响应[J]. *园艺学报*, 2006, 33(5): 1117–1120。

[7] 束文圣, 杨开颜, 张志权, 等. 湖北铜绿山古铜矿冶炼渣植被与优势植物的重金属含量研究[J]. *应用与环境生物学报*, 2001, 7

N4(4:4:2,常规施肥)4 个处理,随机排列,3 次重复。小区面积 48 m²。各处理的氮(N:585 kg/hm²)、磷(P₂O₅:345 kg/hm²)、钾肥(K₂O 210 kg/hm²)施用量相同。磷肥和钾肥全部做基肥施入。氮肥的 10% 和其他肥料混匀于播种时基施,其余的 90% 追施。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶绿素含量 将采回的叶片用打孔器(直径为 4 mm)打成小圆片,再用 80% 的丙酮溶液提取(黑暗中放置 24 h),取其上清液用分光光度计比色,测定并计算叶绿素含量。

1.3.2 光合参数 采用 Li-6400 便携式光合作用系统(Li-cor,USA)于甜菜叶丛快速增长期、块根膨大期、糖分积累期,选择完全展开且长势一致的功能叶片,测定光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度及蒸腾速率,每次测定选择晴朗无云的天气于 11:00—13:00 进行。

1.3.3 产量构成与实收 收获期对各处理未取样的小区进行实收,拔出根后削除地上部分及青头,及时称量块根鲜质量,并分别选取 10 株测定各处理块根锤度值。

2 结果与分析

2.1 氮素运筹对滴灌甜菜叶片叶绿素含量的影响

不同氮素运筹下,滴灌甜菜叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 及其总量变化一致,随着生育进程的推进,三者在 N1 和 N2 处理中呈现不断下降的趋势,在 N3 和 N4 处理中呈现先升高后下降的趋势。处理间的叶绿素总量在叶丛快速增长期差异显著($P<0.05$),具体表现为 N1>N2>N4>N3(表 1)。这与相应时期甜菜施氮量变化趋势一致,表明施用氮肥在一定程度上能够调控甜菜叶片的叶绿素含量。N3 处理的叶绿素总量在块根膨大期和糖分积累期均大于其他处理,但在处理间未达到显著差异,可能与氮素过多也不利于叶绿素的代谢有关^[8]。

2.2 氮素运筹对滴灌甜菜叶片光合参数的影响

表 1 氮素运筹对不同生育时期甜菜叶片叶绿素含量的影响

生育期	处理	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	总叶绿素 (mg/g)
叶丛快速 增长期	N1	1.39±0.05a	0.45±0.02a	1.96±0.04a
	N2	1.24±0.05bc	0.34±0.02b	1.77±0.04b
	N3	0.99±0.04c	0.37±0.02b	1.47±0.07c
	N4	1.24±0.03b	0.36±0.01b	1.69±0.04b
块根膨大期	N1	1.18±0.11a	0.46±0.02a	1.63±0.09a
	N2	1.20±0.18a	0.47±0.03a	1.67±0.20a
	N3	1.35±0.17a	0.48±0.09a	1.83±0.25a
	N4	1.32±0.09a	0.42±0.03a	1.73±0.11a
糖分积累期	N1	0.99±0.14a	0.26±0.14a	1.25±0.19a
	N2	0.92±0.06a	0.28±0.07a	1.20±0.11a
	N3	1.10±0.06a	0.30±0.06a	1.40±0.08a
	N4	0.86±0.08a	0.22±0.10a	1.09±0.11a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

不同氮素运筹下,滴灌甜菜叶片光合参数在各生育时期的变化趋势差异较大(图 1)。其中单叶光合速率随着生育进程的推进,在 N1、N2 和 N3 处理下呈现不断下降的趋势,在 N4 处理则表现出先降低后升高的趋势。与其他处理相比,N4 的光合速率在糖分积累期显著高于其他处理($P<0.05$),具体表现为 N4>N2>N3>N1。气孔导度随着生育进程的推进,在 N1、N2 和 N4 处理下呈现先升后降的趋势,在 N3 处理则表现出不断上升的趋势。与其他处理相比,N4 的气孔导度在糖分积累期显著低于其他处理($P<0.05$)。胞间 CO₂ 浓度随着生育进程的推进,在 N1、N2 和 N4 处理下呈现不断增加的趋势,在 N3 处理则表现出先升后降的趋势。与其他处理相比,N4 的胞间 CO₂ 浓度在叶丛快速增长期和块根膨大期略低于其他处理,至糖分积累期则有所提高。各处理蒸腾速率随着生育进程的推进均呈现出不断上升的趋势。与其他处理相比,N4 的蒸腾速率在糖分积累期显著低于其他处理($P<0.05$)。

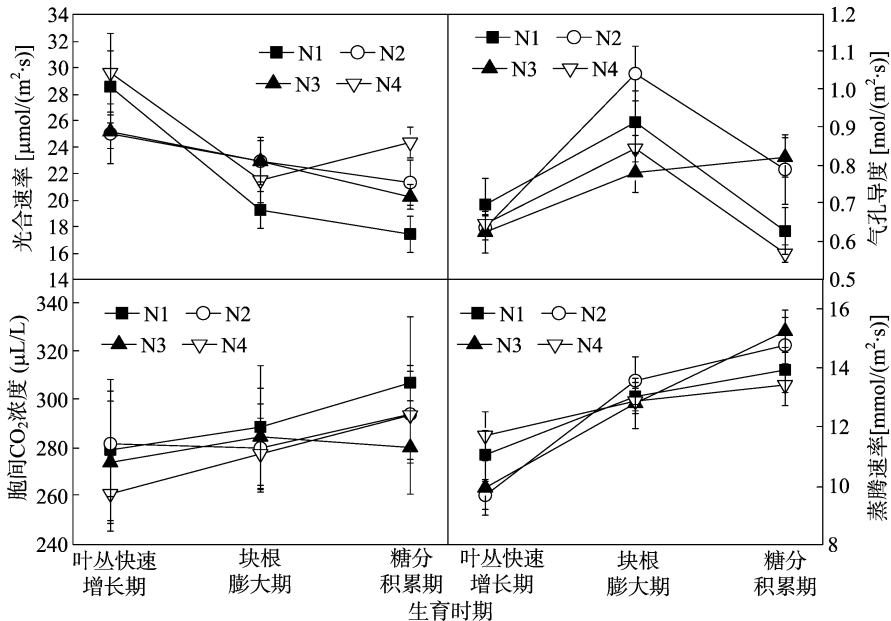


图1 氮素运筹对不同生育时期甜菜叶片光合参数的影响

2.3 氮肥运筹对滴灌甜菜产量及含糖率的影响

滴灌甜菜根产量、含糖率以及产糖量在不同氮素运筹间存在一定差异(表 2),其中 N4 处理下甜菜根产量最高,N1、N2、N3 处理与 N4 处理比较分别下降了 12.31%、13.84% 和 21.85%,但未达到显著差异。块根含糖率表现为 N2 > N4 > N1 > N3,并在 N4 与 N3 处理间达到显著差异($P < 0.05$)。产糖量表现为 N4 > N2 > N1 > N3,与 N4 处理比较 N1、N2、N3 处理分别降低了 14.54%、6.04% 和 29.8%。因此,可将 N4 处理视作 4 种氮素运筹中的最佳施氮模式。

表 2 不同氮素运筹下滴灌甜菜的经济性状分析

处 理	根产量 (万 kg/hm ²)	与 N4 比 (%)	含糖率 (%)	与 N4 比 (%)	产糖量 (万 kg/hm ²)	与 N4 比 (%)
N1	11.476a	-12.31	14.54bc	-2.5	1.669ab	-14.54
N2	11.277a	-13.84	16.27a	9	1.835ab	-6.04
N3	10.228a	-21.85	13.40c	-10.1	1.371b	-29.8
N4	13.088a	0	14.92ab	0	1.953a	0

2.4 甜菜产量与叶片生理指标间的相关分析

甜菜根产量与叶丛快速增长长期的叶片光合速率呈显著正相关,与糖分积累期的叶绿素含量呈显著负相关。此外,甜菜根产量与糖分积累期的叶片光合速率亦呈现正相关的关系,而块根含糖率与叶片光合速率和叶绿素含量均未达到显著相关(表 3)。这可能与叶丛快速增长长期是甜菜干物质积累的重要时期,对于后期光合产物的生成有着重要作用有关^[9]。同时,在糖分积累期保证甜菜功能叶片维持一定的光合速率,有利于提高根产量。

表 3 甜菜产量与叶片生理指标间的相关分析

指标	时期	叶绿素	光合速率
根产量	I	0.352	0.826 *
	II	-0.358	-0.341
	III	-0.948 *	0.622
含糖率	I	0.497	-0.055
	II	-0.658	0.115
	III	-0.665	0.279

注: I、II、III 分别代表叶丛快速增长长期、块根膨大期、糖分积累期;“*”表示差异显著($P < 0.05$)。

3 讨论

氮素既是叶绿素的主要成分,又是构建植物组织的重要物质,直接或间接影响光合作用^[10]。通过本研究发现,甜菜叶片的叶绿素含量与相应时期施氮量变化趋势一致,表明施氮在一定程度上能够调控甜菜叶片的叶绿素含量,进而影响其光合作用。

甜菜块根增长过程中 90% ~ 95% 的有机质是由光合作用转化以及固定的^[11],其中光合速率是衡量光合作用强弱的主要指标之一。本试验中常规氮素运筹模式 N4 处理(4:4:2)下,糖分积累期的光合速率显著高于其他处理,在一定程度上延缓了叶片的衰老,从而获得了最大单产和产糖量。这与前人得到的结论一致,即增施氮肥并不一定会提高单位面积叶片的净光合速率,但可以延长叶片光合速率高峰的持续期^[12]。同时,叶丛快速增长长期的合理施氮能够使这一

时期的光合速率达到最佳水平,也为后期光合产物的形成奠定基础。据 Farquhar 等研究表明,胞间 CO₂ 浓度的大小是评判气孔限制和非气孔限制的依据,光合速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度值同时降低时,光合速率的下降为气孔限制^[13];相反,如果叶片光合速率的降低伴随着胞间 CO₂ 浓度值的提高,说明光合作用的限制因素是非气孔限制。本试验各处理甜菜叶片光合速率与气孔导度、胞间 CO₂ 浓度以及蒸腾速率呈现相反的变化趋势,表明甜菜光合作用不是气孔限制,而是与施氮有关。

甜菜块根产量与叶丛快速增长长期的光合速率呈正相关,表明这一时期光合速率越大,块根产量越高,糖分积累期块根产量与叶绿素含量呈负相关,因此,可通过氮素的追施比例来调控叶丛快速增长长期的光合速率与糖分积累期的叶绿素含量。本试验中 N4 处理的光合速率和产糖量均最大,表明 N4 处理是 4 种氮素运筹下的最佳模式。然而氮素水平调控不仅对甜菜块根产量而且对块根品质具有重要影响,如何在已有试验结果的基础上,进一步提高露播滴灌甜菜块根含糖率,是需要进一步研究的问题。

参考文献:

- [1] Stuart Chapin F III, Matson P A, Vitousek P M. Principles of terrestrial ecosystem ecology [M]. Berlin: Springer - Verlag, 2001: 197 - 223.
- [2] 于海斌,蔡葆. 氮肥对甜菜营养生长的影响[J]. 中国甜菜, 1991(2): 5 - 10.
- [3] 侯振安,刘日明,冶军,等. 不同施氮量对甜菜的产质量效应研究[J]. 中国糖料,2000(4): 36 - 39.
- [4] 吴宏亚,汪尊杰,张伯桥,等. 氮肥追施比例对弱筋小麦扬麦 15 籽粒产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报,2015,35(2): 258 - 262.
- [5] 何昌芳,李鹏,郜红建,等. 配方施肥及氮肥后移对单季稻氮素累积和利用率的影响[J]. 中国农业大学学报,2015,20(1): 144 - 149.
- [6] 宁运旺,马洪波,张辉,等. 甘薯源库关系建立、发展和平衡对氮肥用量的响应[J]. 作物学报,2015,41(3): 432 - 439.
- [7] 郭泰,刘秀芝,郑殿峰,等. 氮素后移施肥对大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学,2015,34(1): 168 - 171.
- [8] Nakaji T, Fukami M, Dokiya Y, et al. Effects of high nitrogen load on growth photosynthesis and nutrient status of *Cryptomeria japonica* and *Pinus densiflora* seedlings[J]. Trees, 2001, 15(8): 453 - 461.
- [9] 越鹏,李彩凤,陈业婷,等. 氮素水平对甜菜功能叶片光合特性的影响[J]. 核农学报,2010,24(5): 1080 - 1085.
- [10] 栗娜娜,郭世荣,李娟,等. 氮素营养对青花菜叶片光合特性的影响[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2007,28(3): 140 - 144.
- [11] 曲文章. 甜菜生理学[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1990: 146 - 240.
- [12] 刘宛,徐正进,陈温福,等. 不同氮素水平对直立穗型水稻品种群体光合特性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(1): 8 - 12.
- [13] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317 - 345.