

# 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜光合特性与叶绿素含量及品质的影响

张亚娟<sup>1</sup>, 闫芳<sup>1</sup>, 李翊华<sup>1</sup>, 高宏<sup>1</sup>, 郭有燕<sup>1</sup>, 王勤礼<sup>1,2</sup>

(1. 河西学院 河西生态与绿洲农业研究院, 甘肃 张掖 734000; 2. 河西学院 河西走廊设施蔬菜工程技术研究中心, 甘肃 张掖 734000)

**摘要:**为了探讨不同施氮水平对大蒜光合作用及品质特征的影响,以“民乐紫皮”大蒜为试材,采用盆栽试验,研究了4种施氮水平下其光合特性参数、叶绿素含量和品质指标的变化。结果表明:在0~240 kg/hm<sup>2</sup>施氮水平范围内,随施氮量的增加,大蒜叶片叶绿素含量、净光合速率、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度及蒸腾速率随施氮量的增加而升高,至施氮量240 kg/hm<sup>2</sup>时达最高,其后降低。大蒜鳞茎品质指标大蒜素以240 kg/hm<sup>2</sup>氮处理最高,除6 g/盆施氮处理以外分别比不施氮处理增加3.98%、4.56%和6.82%。说明增施一定的氮肥能显著提高大蒜的光合特性和叶绿素含量,改善光合性能,最终影响到大蒜的品质。所有处理中以240 kg/hm<sup>2</sup>对叶片净光合速率、叶绿素含量和大蒜素的效果最佳,表明240 kg/hm<sup>2</sup>的施氮量更有助于降低大蒜的蒸腾作用,提高叶片的叶绿素含量、光合速率和水分利用效率,并获得较高的大蒜品质。

**关键词:**大蒜;施氮;光合特性;品质

**中图分类号:**S 633.406<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)07-0031-04

研究植物光合作用有助于采取适当的栽培措施,提高植物的光合生产力,从而提高产量<sup>[1]</sup>。光合作用是自然界中一个十分重要而复杂的过程<sup>[2]</sup>。光合速率受到外部因素和内部因素的影响<sup>[3-5]</sup>。影响光合速率的外界条件主要包括光照、水分、二氧化碳、温度以及养分等。在干旱地区,养分是限制作物光合速率的一个重要因子<sup>[6-7]</sup>。肥料是植物生长生产重要的物质基础<sup>[8]</sup>,同时也是决定系统植被结构和功能的重要因素,因此养分常常被认为是生态学过程中的“货币”<sup>[9]</sup>。由于外源施加限制养分可以改善土壤理化特性,可能刺激植物的生长,提高限制资源的利用效率,因而其可能也将成为干旱地区恢复植被的潜在措施<sup>[10]</sup>。但是迄今为止,尽管对干旱区植物施肥的研究有了相当的积累,但结论却大相径庭。一些研究发现施肥可以有效促进植物生长<sup>[11-12]</sup>,而

一些研究结果认为在干旱情况下施肥常常抑制植物生长,从而导致较高的幼苗死亡率<sup>[13-14]</sup>,另一些研究表明施肥对植物生物量积累及生长并无显著影响<sup>[15]</sup>。这些不一致的认识一方面说明了施肥对植物生长的复杂性,另一方面也充分说明在干旱区展开施肥对作物的影响的重要性以及必要性<sup>[10]</sup>。

大蒜(*Allium sativum* L.)属百合科葱属一二年生草本植物,是主要的辛辣菜之一。中国已有2 000多年的栽培历史,是世界最大种蒜国,种植面积约6.5万hm<sup>2</sup>,蒜头产量50余万t,产量居世界首位<sup>[16]</sup>。甘肃省张掖市民乐县所产紫皮大蒜因瓣肥、质嫩、味辣、耐贮藏等优良品质闻名遐迩<sup>[1]</sup>。有关土壤中不同施氮量以及氮肥对大蒜生长品质的影响已有报道<sup>[17-18]</sup>,但是关于氮肥对大蒜光合特性的研究较少,因此该研究主要探讨不同氮素用量对大蒜苗期光合生理参数、叶绿素含量及品质的影响,以期为大蒜合理施肥、制定大蒜优质高产栽培技术提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为张掖市民乐县紫皮大蒜。

### 1.2 试验方法

试验在河西走廊张掖市河西学院研究站大棚内进行(北纬38°57'05",东经100°26'14",海拔1 500 m),5月上

**第一作者简介:**张亚娟(1979-),女,甘肃会宁人,博士,副教授,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail: yajuan418@163.com.

**责任作者:**王勤礼(1966-),男,硕士,教授,现主要从事园艺植物育种及栽培的教学与研究工作。E-mail: wangqinli66@163.com.

**基金项目:**甘肃省教育厅甘肃省高等学校科研资助项目(2013A-112)。

**收稿日期:**2015-12-14

旬开始进行盆栽试验。试验用盆内径 26 cm, 高 25 cm, 每盆装入等量的风干土(7 kg)。供试土壤选用地表土, 其主要理化性状为 pH 8.1、有机质 2.3 g/kg、水解氮 123.7 mg/kg、速效磷 11.84 mg/kg、速效钾 237.0 mg/kg、有效铜 0.03 mg/kg。选择大小一致的大蒜种球移入盆内, 在充足供水条件下培养, 每盆 5 株。出苗 10 d 后, 进行供养处理。该试验设 4 个 N 浓度梯度, 对照 CK(0 g/盆)、低氮 N1(1 g/盆)、中氮 N2、N3(2、3 g/盆)和高氮 N6(6 g/盆), 分别相当于 0、80、160、240、480 kg/hm<sup>2</sup>, 所用氮肥为尿素, 一次性施入, 每个处理设 3 次重复。

### 1.3 项目测定

1.3.1 光合指标的测定 处理 60 d 后, 使用 CIRAS-2 光合仪, 在晴天 09:30—11:00 对每个处理分属不同植株顶部的 3 片叶子进行测定, 获得叶片净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $E$ )等数值。

1.3.2 叶绿素含量的测定 待大蒜成熟后, 采用丙酮提取法<sup>[19]</sup>测定大蒜的叶绿素含量。

1.3.3 大蒜品质指标的测定 大蒜成熟后, 及时进行品质指标的测定, 大蒜素采用半胱氨酸法<sup>[20]</sup>测定。

### 1.4 数据分析

采用完全随机设计, 重复 3 次。处理间的方差分析、Duncan 多重比较均采用 SPSS 16.0(美国)统计软件, 图片采用 Origin 8.0 绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜光合特性的影响

由图 1A 可知, 不同氮素水平对大蒜叶片  $P_n$  值有显著影响。叶片光合速率随着施氮量的增加呈先增加后下降的趋势, 在 240 kg/hm<sup>2</sup> 时达到高峰之后逐渐下降。说明适量氮肥施用量有利于提高叶片光合速率。

由图 1B 可知, 随着施氮量的增加,  $G_s$  值表现先升高后下降的趋势, 在 240 kg/hm<sup>2</sup> 达到最高值。与不施氮处理(对照)相比, 施氮处理 N1、N2、N3 的  $G_s$  值均有显著提高, 其中 N3 处理高于 N1、N2 处理。说明适量的氮素对维持气孔开度, 提高气孔的光合气体交换能力有积极意义, 这不但与氮素营养水平有关, 而且可能与叶片的水分状况有关。

由图 1C 可知, 各处理的  $C_i$  值均呈先升高后降低变化趋势。总体上, N3 处理的  $C_i$  值较高。4 个处理  $C_i$  值不同, 表现为 N3 处理 > N2 处理 > N6 处理 > N1 处理 > 对照(不施氮), 这说明  $C_i$  值随着施氮量的增加先升高而后降低。

蒸腾速率的大小一定程度上取决于气孔导度的大小, 二者呈正相关关系。从图 1D 可知, 施氮后大蒜叶片蒸腾速率的变化趋势与气孔导度( $G_s$ )基本一致。与对照相比, 施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时, 叶片蒸腾速率明显增加; 施氮量超过 240 kg/hm<sup>2</sup> 时, 蒸腾速率随施氮量的提高而降低。

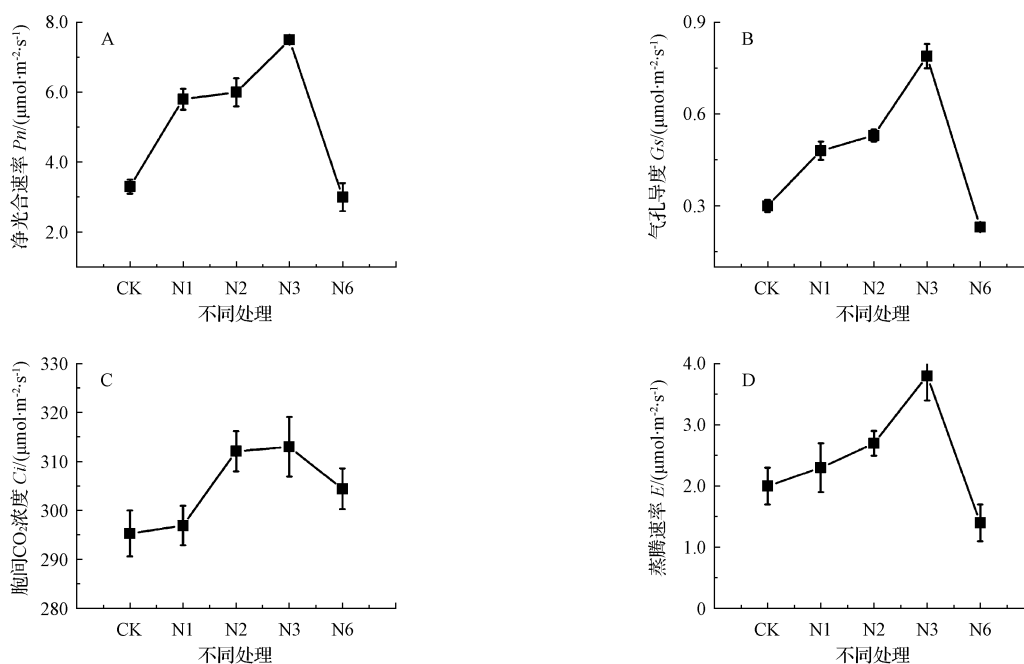


图 1 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜光合参数的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen levels on the photosynthetic parameters of *Allium sativum* L. 'Minlezipi'

## 2.2 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜叶绿素含量的影响

叶绿素是光合作用中能量转化的物质基础,其含量是衡量叶片衰老和光合功能的一个重要参数,不同氮素水平对叶绿素相对含量有显著影响。由表 1 可知,施氮处理叶绿素总含量均高于不施氮处理(对照),N1、N2、N3、N6 处理的叶绿素和类胡萝卜素相对含量平均提高幅度分别为 8.26%、21.90%、57.02%和 22.73%以及 7.22%、8.58%、70.65%和 1.35%,各施氮处理间叶绿素含量和类胡萝卜素含量整体提高幅度大小为 N3 处理>N2 处理>N6 处理>N1 处理>对照(不施氮),说明适量增施氮肥有利于提高大蒜叶绿素含量,促进光合作用。

表 1 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜  
叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of different nitrogen levels on chlorophyll content of  
*Allium sativum* L. 'Minlezipi' mg/g FW

| 处理 | 叶绿素 a         | 叶绿素 b         | 叶绿素 a+b      | 类胡萝卜素 Car    |
|----|---------------|---------------|--------------|--------------|
| CK | 0.484±0.013c  | 0.242±0.068c  | 0.726±0.207b | 0.443±0.059b |
| N1 | 0.517±0.019bc | 0.265±0.082bc | 0.786±0.217b | 0.475±0.065b |
| N2 | 0.620±0.014b  | 0.302±0.074b  | 0.885±0.249b | 0.481±0.065b |
| N3 | 0.775±0.018a  | 0.365±0.010a  | 1.140±0.318a | 0.756±0.059a |
| N6 | 0.605±0.065b  | 0.286±0.064bc | 0.891±0.257b | 0.449±0.054b |

## 2.3 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜品质的影响

由图 2 可知,随着施氮量的增加,除大蒜中大蒜素的含量呈现先升高后降低的趋势,适量的施氮可以提高大蒜中大蒜素的含量,以 240 kg/hm<sup>2</sup> 时最大,N1、N2、N3 处理分别比不施氮(对照)高出 3.98%、4.56%和 6.82%,N6 处理其大蒜素含量低于对照,以上结果说明增施氮肥对大蒜营养品质的影响显著,但过量施氮也会减小大蒜的营养品质。

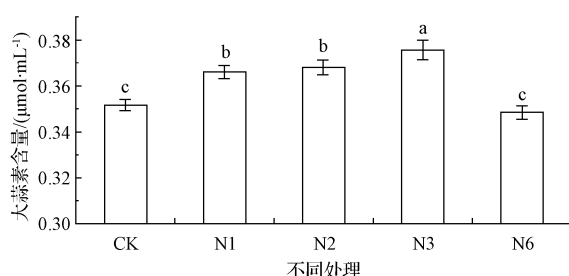


图 2 不同施氮水平对“民乐紫皮”大蒜大蒜素含量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen levels on the garlic alliin content of *Allium sativum* L. 'Minlezipi'

## 3 讨论

植物叶片的光合速率是影响其产量和品质的重要因素,它反映了植物的物质积累程度,与生产性能密切相关,因此光合性能的提高,有利于光合产物的积累,为产量提高打下基础<sup>[1]</sup>。植物体内的氮素营养水平直接或间接的影响着植物的光合作用,氮素不仅是植物叶绿

素的一个重要组成部分,而且对植物光合作用中光反应和暗反应的一系列酶的活性有重要影响。有研究发现,增施氮肥时,在一定范围内,植物叶片的光合速率随氮素营养水平的提高而提高,而当增施氮素超过一定的临界值后,其光合速率反而有下降的趋势<sup>[21]</sup>。该研究结果显示,适量的氮能显著提高大蒜叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度;高氮或低氮均造成光合效率下降,240 kg/hm<sup>2</sup> 的施氮量能使大蒜保持最佳的光合状态;缺氮或高氮时,大蒜叶片净光合速率下降,气孔导度下降,同时胞间 CO<sub>2</sub> 浓度也下降,说明高氮导致光合速率下降的原因是气孔限制<sup>[22]</sup>。这与魏猛等<sup>[21]</sup>在叶菜型甘薯以及邹振华等<sup>[23]</sup>在南荻上的研究结果相似。

叶绿素含量是影响大蒜光合效率的重要因素,其含量高低直接影响作物光合能力的强弱,同时叶绿素含量的变化对光合作用产生直接影响。氮是植物体内叶绿素和类胡萝卜素等光合色素的重要组成部分,其水平影响着二者的含量及组成<sup>[24]</sup>。试验结果表明,在测定范围内,随着施氮量的增加大蒜植株叶绿素及类胡萝卜素含量增加,但不同施氮处理间存在显著差异,其中 240 kg/hm<sup>2</sup> 施氮处理叶绿素和类胡萝卜素含量较高。说明施氮有利于提高叶片叶绿素含量和稳定性,促进植物的光合作用。

大蒜素是衡量大蒜品质的一个重要指标<sup>[25]</sup>。试验研究表明,随着施氮量的增加,大蒜中大蒜素的含量呈现先升高后降低的趋势,其中以 240 kg/hm<sup>2</sup> 处理最大,除 N6 处理外,施氮处理比不施氮处理(对照)分别高出了 3.98%、4.56% 和 6.82%,试验数据更进一步证实了增施氮肥能促进大蒜的光合作用,进而提高了大蒜的营养品质,但过量的氮肥会影响大蒜的营养品质。

综上,在该试验条件下,增施适量氮肥能改善大蒜叶片光合状况和提高大蒜品质,施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup>,大蒜的光合性能最好,对大蒜叶绿素含量和品质的提高效果最佳;说明增施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时最利于增加大蒜光合作用的形成和叶绿素含量的增加,以及提高大蒜的营养品质。

## 参考文献

- [1] 杨智超,李彩霞,高海宁,等.海拔对民乐紫皮大蒜植株光合特性及鳞茎品质的影响[J].甘肃农业大学学报,2014,49(2):106-111.
- [2] 白宝璋,徐仲.植物生理学[M].北京:中国科学技术出版社,1995:65-66.
- [3] BOYER J S. Plant productivity and environment[J]. Science,1982,218:443-448.
- [4] ZHANG Y J,XIE Z K,WANG Y J,et al. Effect of water stress on leaf photosynthesis, chlorophyll content and growth in oriental lily[J]. Russian Journal of Plant Physiology,2011,58(5):844-850.
- [5] TEZARA W,MITCHELL V J,DRISCOLL S D,et al. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP [J]. Nature,1999,401:914-917.

- [6] BARBAULT R, DOUCET M C. Mycorrhizas and seedling growth of slow-growing sclerophylls from nutrient-poor environments[J]. Acta Oecol, 1993, 14: 577-587.
- [7] SARDANS J, RODÀ F, PEÑUELAS J. Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field[J]. Environ Exp Bot, 2005, 53: 1-11.
- [8] 胡明芳, 田长彦, 马英杰. 不同水肥条件下棉花苗期的生长、养分吸收与水分利用状况[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 35-37.
- [9] GALLARDO A, COVELO F. Spatial pattern and scale of leaf N and P concentration in a *Quercus robur* population[J]. Plant Soil, 2005, 273: 269-277.
- [10] 吴福忠. 干旱胁迫与施 N 条件下白刺花(*Sophora davidii*)幼苗生长及其适应机制[D]. 成都: 中国科学院成都生物研究所, 2008.
- [11] FIFE D N, NAMBIARM E K S. Changes in the canopy and growth of *Pinus radiata* in response to nitrogen supply[J]. Forest Ecol Manage, 1997, 93: 137-152.
- [12] SANEOKA H, MOGHAIEB R E A, PREMACHANDRA G S, et al. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds[J]. Environ Exp Bot, 2004, 52: 131-138.
- [13] CHAPIN F S. Integrated responses of plants to stress: A centralized system of physiological responses[J]. Bio Science, 1991, 40: 29-36.
- [14] ARORA A, SINGH V P, MOHAN J. Effect of nitrogen and water stress on photosynthesis and nitrogen content in wheat[J]. Biol Plantarum, 2001, 44(1): 153-155.
- [15] EGHBALL B, MARANVILLE J W. Root development and nitrogen in flux of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses[J]. Agron J, 1993, 85: 147-152.
- [16] 陈昆, 刘世琦, 张自坤, 等. 钾素营养对大蒜生长、光合特性及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 506-512.
- [17] 张文君, 刘兆辉, 江丽华, 等. 氮素对大蒜生长及养分吸收的影响[J]. 中国蔬菜, 2006(12): 20-23.
- [18] 李雪松, 崔超, 陈乃存. 氮肥对影响大蒜二次生长的效果试验[J]. 上海蔬菜, 2008(4): 94-95.
- [19] LICHTENTHALER H K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes[J]. Methods Enzymol, 1987, 148: 350-382.
- [20] 朱巍, 应惠芳. 大蒜中大蒜素含量简便测定法[J]. 食品科技, 2008(8): 202-204.
- [21] 魏猛, 唐忠厚, 陈晓光, 等. 不同氮素水平对叶菜型甘薯光合作用及生长特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 87-91.
- [22] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [23] 邹振华, 党宁, 王惠群, 等. 不同氮素水平对营养生长期南荻植株光合特性的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(3): 255-259.
- [24] 胡单, 杨永红. 不同施氮对冬青裸幼苗光合色素·生物量及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(24): 14561-14563, 14585.
- [25] 张丽霞, 张国强. 大蒜素含量的测定方法研究[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(3): 713-714.

## Effect of Different Nitrogen Levels on Photosynthesis Characteristics, Chlorophyll Content and Quality of *Allium sativum* L. 'Minlezipi'

ZHANG Yajuan<sup>1</sup>, YAN Fang<sup>1</sup>, LI Yihua<sup>1</sup>, GAO Hong<sup>1</sup>, GUO Youyan<sup>1</sup>, WANG Qinli<sup>1,2</sup>

(1. Hexi Ecological and Oasis Agricultural Research Institute, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000; 2. Engineering and Technical Research Center for Greenhouse Vegetable Production in Hexi Corridor, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000)

**Abstract:** In order to investigate the effects of different nitrogen levels on photosynthesis and quality characteristics of garlic, the *Allium sativum* L. 'Minlezipi' was used as test material, using of pot experiment to study under 4 kinds of nitrogen levels of photosynthetic parameters, chlorophyll content and quality indicators change. The results showed that the chlorophyll content, net photosynthetic rate ( $P_n$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), intercellular  $CO_2$  concentration ( $C_i$ ) and transpiration rate ( $E$ ) were increased in nitrogen rate range of 0—240 kg/hm<sup>2</sup>. The parameters were the highest at level of 240 kg/hm<sup>2</sup> nitrogen application and then reduced. The highest of garlic allicin was 240 kg/hm<sup>2</sup> nitrogen supply. Except 6 g/pot N treatment, nitrogen treatment increased 3.98%, 4.56% and 6.82%, respectively. It was said that adding some N fertilizer could significantly improve photosynthetic characteristics and content of chlorophyll of garlic, the photosynthetic performance improvement, and ultimately affect the quality of garlic. The 240 kg/hm<sup>2</sup> treatment was the best on leaf net photosynthetic rate, chlorophyll content and allicin at all treatments. The 240 kg/hm<sup>2</sup> treatment increased the chlorophyll content, photosynthetic rate and transpiration rate, and obtain a higher of garlic quality.

**Keywords:** *Allium sativum* L. 'Minlezipi'; N supply; photosynthetic characteristics; quality