植物营养与肥料学报 2001,7(2):189～193
Plant Nutrition and Fertilizer Science

施氮量对生姜群体光合特性及产量和品质的影响

徐　坤，郑国生，王秀峰
(山东农业大学园艺系，山东泰安 271018)

摘要：幼苗期随施 N 量的增加，生姜群体扩展加快，盛长期过多的 N 不利于生姜生长，而以施 N 600kg/hm^2 处理最佳。不同施 N 量处理的生姜群体光合速率(CPn)的季节变化为单峰曲线；日变化在幼苗期为双峰曲线，盛长期为单峰曲线。施 N 水平可显著影响生姜产量与品质，施 N 600kg/hm^2 处理产量达 45330kg/hm^2，较不施 N 及施 N 1200kg/hm^2 处理分别增产 61.1% 和 23.7%。

关键词：生姜；氮素；群体光合特性；产量与品质
中图分类号：S632.506.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X(2001)02-0189-05

生姜产量与群体大小密切相关。生产上群体主要靠种植密度调节，高密度虽然扩大了群体，提高了群体光合速率，使生姜产量增加，但由于单位面积株数增加，单株产量反而下降[1,2]，降低了生姜外观商品品质。在较低密度下，通过其它栽培管理措施，扩大生姜群体，增加群体光合速率，以提高生姜产量显得十分重要。本试验以氮素作为调控生姜群体的手段，研究了不同氮素用量对生姜群体结构、群体光合速率及产量品质的影响，以期为生姜的高产优质栽培提供依据。

1　材料与方法

试验于 1996～1998 年在山东省莱芜市寨里镇进行。供试生姜为莱芜大姜(*Zingber officinale* Rosc.)；供试土壤有机质含量为 1.58%，速效 N、P、K 分别 99.2、27.6、107.7mg/kg。田间试验设施 N 量(kg/hm^2)为：0(CK)、300 (T_1)、600 (T_2)、900(T_3)、1200(T_4)等 5 个处理，氮肥分 4 次施用，其中基肥(5 月 1 日)、提苗肥(6 月 10 日)、大追肥(7 月 28 日)、补充肥(9 月 6 日)各占 30%、20%、40%、10%。小区面积为 66m^2，随机排列，重复 3 次。生姜栽植密度为 55cm×20cm，其它田间管理同常规生产。

试验在生姜旺盛生长中期，以大田切片法调查其群体结构，并以 LI—188 型量子辐射计测定不同冠层光量子通量密度。生姜群体光合速率(CPn)的季节变化与日变化均以自制同化箱(100cm×50cm×80cm)与美国 LICOR 公司产 LI-6200 型光合仪测定，并于旺盛生长期，以 T_2 处理为基准，对田间同化箱分别用不同层数的白纱布进行遮光处理，测定不同光强下生姜的 CPn；向固定密封的同化箱内注入足量高浓度 CO_2，以光合仪自动监测，CO_2 浓度每下降 100μL/L 左右测定一次，以测定生姜 CPn 对 CO_2 的响应。每次测定均重复 4～6 次，同时测定土壤呼吸，以校正所测数据。

试验采用比色法测定可溶性糖及淀粉[3]；用考马斯亮兰 G-250 比色法测定蛋白质[3]；用酸洗涤法测定纤维素[4]；蒸馏法测定挥发油[5]等生姜品质指标。

收稿日期：1999-12-06
作者简介：徐　坤(1964—)，男，山东安丘人，博士，教授，主要从事蔬菜栽培生理研究。

2 结果与分析

2.1 施氮量对生姜群体结构及冠层内部光强的影响

9月中旬生姜旺盛生长中期地上茎叶基本稳定时,各处理生姜群体结构见表1。从表1可以看出,随施N量的增加,茎鲜重增加,且其在0～20cm内的分布显著上升;叶面积随施N量的增加亦显著增加,CK、T_1、T_2、T_3、T_4的叶面积指数分别为4.80、5.89、7.54、7.52、7.45;叶面积的空间分布有明显的层次性,各处理均以40～60cm分布最多,但该层叶面积占总叶面积的百分数随施N量的增加而逐渐下降,各处理依次为51.5%、48.6%、46.0%、44.5%、43.5%。

生姜冠层内光强的变化随施N量的增加而逐渐减弱,CK冠层中部及基部相对光强分别为51.7%和19.9%,而T_1、T_2、T_3、T_4依次为43.3%、40.3%、36.3%、36.9%和15.1%、12.1%、11.5%、9.3%。

表1 施N量对生姜群体结构及冠层光强的影响(1997)

Table 1 Effects of nitrogen rates on the colonial structure and light intensity in ginger canopy

处理 Treatment	群体层高 Height of canopy(cm)														
	0～20			20～40			40～60			60～80			>80		
	SFW	LA	RLI	SFW	LA	RLI	SFW	LA	RLI	SFW	LA	RLI	SFW	LA	RLI
CK	942a	0.14a	19.9d	763a	1.41a	34.4e	302a	2.48a	51.7d	32a	0.73a	80.1c	0	0.00a	100d
T_1	1288b	0.21b	15.1c	914b	1.66b	27.2d	403b	2.88b	48.3c	63b	1.04b	76.9b	0	0.12b	95.4c
T_2	1446c	0.24bc	12.1b	1017c	2.04c	23.5c	468c	3.47c	43.3b	83d	1.52c	71.7a	0	0.27c	91.6ab
T_3	1583d	0.26c	11.5ab	1024c	2.07c	16.9b	489cd	3.73d	36.3a	71c	1.53c	68.2a	0	0.30d	89.2a
T_4	1602d	0.32d	9.3a	1034c	2.18c	13.5a	495a	3.24c	36.9a	64b	1.45c	69.8a	0	0.26c	92.2b

注:SFW、LA、RLI分别表示茎鲜重(g/m^2)、叶面积(m^2/m^2)、相对光强(%);表中不同字母表示达5%显著差异水平,下同。

Note: SFW、LA、RLI means fresh weight of stems(g/m^2)、leaf aera(m^2/m^2) and relative light intensity(%), respectively; The different letters means significant at 5% level, same as follows.

2.2 施N量对生姜群体光合速率(CPn)的影响

2.2.1 季节变化 表2表明,生姜生长前期,CPn随施N量的增加而增加,而生长中后期则以T_2处理的CPn最高。这是由于前期幼苗生长缓慢,群体较小,而N素有利于叶面积的扩展,在一定程度上扩大了群体,从而使CPn随N量的增加而增加;中后期生姜生长加快,过多的N素影响了生姜的正常生长,而且群体过大,下层叶受光差,不利于CPn的进行。但不管何种处理,其CPn均随生长期延长而逐渐升高,至9月中旬盛长中期达最高,进入10月上旬稍有降低。10月下旬后,因气温较低,光照较弱,植株衰老,CPn迅速降低,故而不管施N量多少,生姜CPn的季节变化均呈单峰曲线。

2.2.2 日变化 各处理CPn日变化曲线均表现单峰曲线(图1a),其光合作用的适宜时间为上午11时至中午13时。这是由于早晨气温低、光照弱,CPn较低,其后随温度升高及光照增强,CPn上升,至中午前后,尽管高温、强光、低湿等环境不利于单叶光合的进行,但对群体来说,此期恰好使中下部叶达到最适光合环境,因而群体光合速率最高。下午15时以后,由于光强迅速下降,CPn亦随之降低,这与已报道的单叶Pn显著不同[6]。

表 2　施 N 量对生姜群体光合速率季节变化的影响(CO_2 μmol·m^{-2}·s^{-1}，1996 测定)

Table 2　Effects of nitrogen rates on seasonal changes of CPn in ginger

处理 Treat.	测定日期(日/月)Date(day/month)						
	22/6	16/7	8/8	23/8	15/9	8/10	23/10
CK	3.4a	4.5a	6.3a	8.6a	10.2a	8.8a	4.2a
T_1	3.6a	5.4b	7.1b	9.7b	11.4b	10.9b	5.3bc
T_2	4.3b	6.2c	8.5c	12.4c	14.4c	13.1d	6.1c
T_3	4.8c	6.5cd	8.8cd	12.6cd	13.9c	12.6c	5.8c
T_4	4.9c	6.8d	9.1d	9.1d	13.7c	12.0c	5.0b

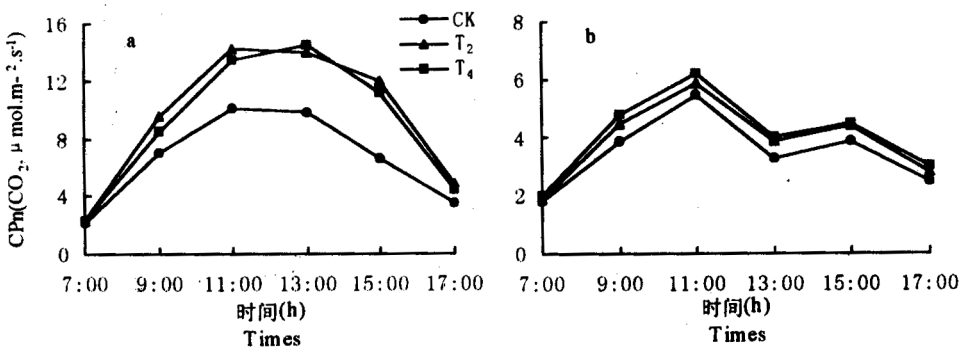

图 1　施 N 量对生姜群体光合速率日变化的影响(1996)

Fig.1　Effects of nitrogen amount on diurnal changes of CPn in ginger

生姜群体光合速率日变化并非在任何生长时期均表现单峰曲线变化。幼苗期与盛长期不同，CPn 为双峰曲线(图 1b)，表明幼苗期群体光合亦有明显“午休”现象。这是由于幼苗期群体小，冠层内部的叶片也极易受外界高温强光的影响。

2.3　群体光合速率对光强及 CO_2 的响应

生姜 CPn 随光强(PFD)的增加而增加，尤其 PFD 在达到 750μmol·m^{-2}·s^{-1}之前，CPn 近乎呈直线增加，超过此值 CPn 增幅减缓，但即使达到 1250μmol·m^{-2}·s^{-1}时，CPn 仍有增加的趋势(图 2)，这显然已大大超出了单叶的光饱和点[6]，说明生姜群体对强光的适应性远高于单叶。

CO_2 作为光合作用的原料，对 CPn 的影响也极为显著。结果表明，CO_2 在 600μL/L 范围内，CPn 随 CO_2 浓度的增加

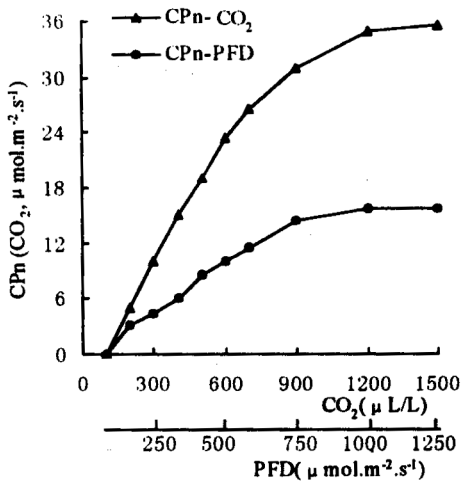

图 2　生姜群体光合速率对光强及 CO_2 的响应(1997)

Fig.2 The response of CPn to PFD and CO_2 concentration in ginger

而显著增加,之后增幅减缓,约在 1500μL/L 左右时,CPn 不再随 CO_2 浓度增加而增加。生姜群体的 CO_2 饱和点与单叶相近[6]。

2.4 施氮量对生姜产量及品质的影响

表 3 显示,在相同密度条件下,生姜产量因施 N 量不同而表现出显著差异,CK 的产量为 28140kg/hm^2,而 T_2 达 45330kg/hm^2。但 N 素用量过多时,产量下降,T_4 处理的生姜产量仅 36645kg/hm^2。生姜单块重的变化与群体产量变化一致。可见适宜的 N 素用量,可提高商品外观性状。对生姜内在品质指标的分析表明,N 素增加,根茎蛋白质含量升高,纤维素减少,不同 N 水平下淀粉含量无明显差别。挥发油作为生姜品质的主要指标,也随 N 量的增加而增加,但过多的 N 肥,也会使挥发油含量下降。

表 3 施氮量对生姜产量及品质的影响(1998)

Table 3 Effects of nitrogen amount on the yield and qualities of ginger

处理 Treat.	产量 Yield (kg/hm^2)	根茎重 Rhizome wt. (g/plant)	淀粉 Starch (%)	可溶糖 Soluble sugar (%)	纤维素 Cellu. (%)	蛋白质 Protien (%)	挥发油 Volatile oil (mL/kg,FW)	经济系数 Econ.Coef.
CK	28140a	253a	37.2a	24.6d	10.5b	8.5a	2.12a	0.512c
T_1	36195b	326b	39.7b	22.5c	9.3b	10.6b	2.31b	0.521d
T_2	45330d	408d	40.6b	21.2bc	8.2a	11.8c	2.54d	0.506c
T_3	43605c	393c	39.6b	20.1b	8.3a	12.4c	2.51d	0.491b
T_4	36645b	337b	39.5b	18.7a	8.2a	13.3d	2.43c	0.472a

注:经济系数是经济产量与生物产量的比值。

Note: Economical coefficient is the proportion of economical yield to biological yield.

3 讨论

3.1 调控生姜群体的技术措施

群体是产量形成的基础,群体光合作用是群体在特定结构下干物质生产能力的反映,因而建立适宜的生姜群体,对提高生姜产量有重要意义。以前研究结果表明,生姜以栽植 120000 株/hm^2 较为适宜,在该条件下,生姜的分枝数在 150 枚/m^2 左右,LAI 不低于 6,反映了以种植密度调控生姜群体的可行性[1,2]。但由于生姜根茎大小是影响其外观商品性状的重要指标,高密度尽管群体产量增加,但单株重下降[1]。本试验在种植密度为 90000/hm^2 条件下,以施 N 量调控生姜群体取得了理想的效果。对照的分枝数 91.8 枚/m^2,LAI 仅 4.80,单株根茎重 253g;而 T_2 处理的生姜分枝数达 144.9 枚/m^2,LAI 达 7.54,单株根茎重 408g,比高密度高产田单株根茎重 330g 显著增加[1]。充分说明除栽植密度外,合理使用 N 肥,可建立良好的生姜群体结构。

3.2 生姜群体光合特性与生姜需光规律

本试验结果表明,生姜 CPn 的季节变化为单峰曲线,与以前研究的单叶 Pn 季节变化相同[6],但日变化则因生长时期不同而异。在幼苗期,CPn 日变化呈双峰曲线变化,表现出明显的光合"午休",这与幼苗期温度高、光照强、湿度低有关。此外生姜幼苗期群体小,也极易受外界环境的影响。但在盛长期,CPn 呈单峰曲线变化,光合高峰期在上午 11 时至中午 13

时，这与此期群体大，绿色面积分布在不同层次有关。中午的高温、强光、低湿等使上部叶的Pn下降，但中下部叶则可能处于光合作用的适宜环境条件。

光作为能源对光合作用是至关重要的，但每种作物均有光饱和点，作物受光超出光饱和点时，过剩的光能便会抑制光合作用，即发生光抑制甚至是光氧化现象[7,8]。本研究在群体条件下测定生姜对光的需求规律发现，在PFD达1250$\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$左右时，CPn仍有所上升，表明生姜群体尤其盛长期群体较大时，对光强要求较高。这就揭示了长期以来种植生姜前期遮光而后期无需遮光的理论依据。因此从生产实践看，生姜群体的需光量远高于单叶的需光量，以生姜群体需光规律指导生姜生产更有现实意义。

3.3　氮肥用量与生姜产量及品质的关系

合理施用氮肥促进了生姜的生长，扩大了生姜群体，改善了叶片的光合性能和植株的营养状况，增产显著。而氮素用量过多，虽然生物产量下降幅度较小，但主要促进了地上茎叶生长，而根茎重却显著下降，故而经济产量与生物产量之比，即经济系数降低，限制了生姜的生长和产量的提高。增施氮肥可在一定程度上促进植株对氮的吸收，使碳水化合物更多地合成蛋白质，从而降低了糖及纤维素的含量。但氮素过多或过少，均不利于挥发油的形成，因而合理施用氮肥，不仅增加生姜产量，还可提高生姜品质。

参 考 文 献：

[1]　于贤昌、徐坤．生姜群体及其光合作用与产量形成关系研究[J]．山东农业大学学报，1996，27(1)：83-86.
[2]　赵德婉、陈利平．生姜的需光特性与合理群体密度研究[J]．中国蔬菜，1988，(1)：5-8.
[3]　邹琦．植物生理生化实验指导[M]．北京：中国农业出版社，1995.53-72.
[4]　华尔捷尔(徐建安，冯志诚译)．植物生理学附生物化学原理及实验指导[M]．北京：农业出版社，1965.156-163.
[5]　徐坤．生姜与大蒜[M]．北京：中国农业科技出版社，1994.72-73.
[6]　赵德婉，徐坤，陈利平．生姜光合特性的研究[J]．园艺学报，1991，18(1)：55-60.
[7]　Demming-Adams B. Photoprotection and other response of plants to high light stress[J]. Ann. Rev. Plant Physiol., 1992, 43:599-626.
[8]　Powles S B. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light[J]. Ann.Rev. Plant Physiol., 1984,35:15-44.

Effects of nitrogen rates on colonial photosynthesis, yield and qualities of ginger

XU Kun, ZHEN Guo-shen, WANG Xiu-feng
(*Horticultural Dept., Shandong Agric. Univ., Taian 271018, China*)

Abstract: A field experiment was conduced to study on the application of nitrogen fertilizer on ginger growth. The results showed that the colony of ginger developed rapidly with nitrogen fertilizer increase at seedling stage, but too much nitrogen was not favorable to the growth of ginger at vigorous growth stage, and application of N 600kg/hm^2 on ginger growth was suitable. The seasonal changes of colonial photosynthesis(CPn) with different nitrogen rates was in a single peak curve, the diurnal changes of CPn was a double peak curve at seedling stage and in a single peak curve at vigorous growth stage. The yield and qualities of ginger was significantly affected by nitrogen level, the yield of ginger was 45330kg/hm^2 in application of N 600kg/hm^2, which was 61.1% and 23.7% higher than the control and application of N 1200kg/hm^2, respectively. The ginger yield with high nitrogen level decreased due to economic coefficient reduced.

Key words: ginger; nitrogen; colonial photosynthesis; yield and quality.