第3卷 第4期
1997年12月

植物营养与肥料学报
PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE

Vol.3 No.4
Dec. 1997

氮肥施用量对莴笋光合特性影响的研究①

曾希柏

（中国农业科学院山区研究室，北京 100081）

谢德体　青长乐　侯光炯

（西南农业大学资源环境学院，重庆 630716）

摘　要

运用盆栽试验方法，研究了氮肥施用量对作物（莴笋）光合特性的影响。结果表明，不同的氮肥施用量不仅对莴笋产量具有较大的影响，而且在一定程度上影响莴笋的光合速率、光饱和点、光补偿点、叶绿素含量等光合特性。增施氮肥，使其光合速率、光补偿点、叶绿素含量均得到提高，但过量施用氮肥反而会导致光合特性向不利方向变化并引起莴笋产量的下降。

关键词　莴笋　氮肥　光合特性　产量

氮是作物营养的三要素之一，作物氮素营养状况的好坏，直接决定了其产量高低和品质的优劣。虽然氮素与作物产量及品质相互关系的研究很多[1~3]，但是，氮肥施用量对作物光合特性影响的研究还不多，对其相互联系的探讨也很少[4~7]。本文应用盆栽试验，并参照肥料效应函数研究的有关方法与植物生理学中的有关测定技术，初步探讨了氮肥施用量对莴笋产量的效应及对光合特性的影响，以期为相应研究的进一步发展及作物的高产、优质施肥等提供依据。

一、材料与方法

（一）供试土壤和作物

试验选用四川盆地侏罗系沙溪庙组紫色母岩发育的大眼泥土进行。土壤采自重庆市北碚，其主要理化性状：pH 6.46；有机质 16.49g/kg；全氮 1.030g/kg；全磷（P） 0.846g/kg；全钾（K） 27.5g/kg；碱解N 94.7mg/kg；速效P 11.9mg/kg；速效K 105.8mg/kg；CEC 26.7cmol(+)/kg；<1μ m粘粒 12.5%，肥力较高。

试验选用的作物为莴笋（*Lactuca sativa* var. *Angustana irish.*），品种为大白甲，其幼苗购自重庆市北碚歇马蔬菜苗圃园，移栽时约5叶龄。

（二）试验设计

试验共设置了五种不同的氮肥施用水平，分别为：① N_0，不施氮肥；② N_1，每千克土中施纯氮0.05g；③ N_2，每千克土中施纯氮0.10g；④ N_3，每千克土中施纯氮0.15g；⑤ N_4，每千克土中施纯氮0.20g。

试验采用16cm×12cm塑料米氏盆，每盆装充分混匀、并过3mm筛的风干土2.1kg。在莴笋幼苗移栽前一星期按各处理用量施入氮、磷、钾化肥（磷、钾肥的施用量均为P_2O_5 0.10g/kg、K_2O 0.12g/kg），试验重复3次，随机排列，每盆内定植苗龄一致、长势相近的莴笋幼苗3株。从1996年3月17日开始处理，让其在自然光照条件下生长，处理期间定期灌水，并使各处理的灌水量与管理措施等均保持一致。至4月20日时，选择其中长势一致的2

①为第一作者博士学位论文的一部分

收稿日期：1996－04－10

个重复，在室内用人工光照（镝灯和钠灯混合光源），通过调节灯泡组数和测定时莴笋叶片与光源的距离来控制光照强度，测定时温度为18±2℃。用活体植株直接测定不同光照强度下的光合速率，同时测定相应的光照强度、叶片叶绿素含量等[8,9]。测定时每处理测定5株植株，测定部位为最上部第一片完全叶，测定结束后，所得结果参照张振贤等[10]的方法，将光照强度与叶片光合速率二者进行回归分析，求得其关系式（$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$），再应用所得关系式求出其光饱和点和光补偿点。处理50天后按处理分别收割，并将莴笋植株于105℃下杀酶15 min，60℃烘干后测产。

二、结果与讨论

（一）氮肥施用量与莴笋产量的关系

表1为试验中各处理的莴笋产量结果。表明各不同氮肥施用量处理的莴笋产量之间存在极显著的差异。

表 1 氮肥施用量与莴笋产量(g/pot)

Table 1 Yield of lettuce and N application

重复 Repeat	氮肥施用水平 N application					F值 F value
	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	
Ⅰ	9.02	10.78	13.12	14.33	11.85	2283.8 * *
Ⅱ	9.76	12.21	13.68	15.06	12.47	
Ⅲ	8.89	11.89	12.96	14.47	12.62	
产量平均	9.22	11.63	13.25	14.62	12.31	

不同氮肥施用量下莴笋产量的多重比较结果见表2。

表 2 新复极差测验结果

Table 2 The result of Duncan test

处理 Treatments	平均产量 Avg. yield(g/pot)	$\bar{X}$-9.22	$\bar{X}$-11.63	$\bar{X}$-12.31	$\bar{X}$-13.25
N_3	14.62	5.40 * *	2.99 * *	2.31 * *	1.37 * *
N_2	13.25	4.03 * *	1.62 * *	0.94 *	
N_4	12.31	3.09 * *	0.68		
N_1	11.63	2.41 * *			
N_0	9.22				

从表2可以看出，在N_3施氮水平下，莴笋产量达到最高，并且与其它施氮处理之间有极显著差异；而不施氮（N_0）处理，则不仅其产量最低，而且与各施氮处理的产量均具极显著差异。这种结果说明，在其它措施一致的条件下，氮肥施用量的多少，对莴笋产量的作用是决定性的。只有在适宜的施氮量条件下，莴笋产量才能达到最高；当氮肥的施用不合理时，对其产量所带来的负作用是非常显著的。

从表1、2的结果还可以看出，当氮肥施用量达到N_3水平时，再增施氮肥不仅不会导致增产，而且由于莴笋体内氮素营养过剩，莴笋产量反而会降低。氮肥用量(X)与莴笋产量(Y)的回归模型为：

$$Y = 8.98 + 35.101X - 62.779X^2 \quad R^2 = 0.9344$$

表明氮肥施用与莴笋产量二者之间相互关系是呈抛物线形式变化(图1)。这种结果与前人的相应研究是完全一致的[11]

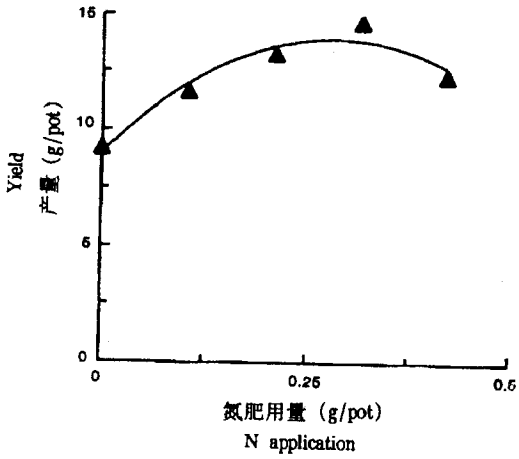


图1 氮肥施用量与莴笋产量相互关系曲线

Fig.1 Cruve of yield lettuce and N application

(二)不同氮肥施用量与莴笋光合特性变化

图2为不同施氮量条件下莴笋的光饱和曲线及相关方程。

从图2可以看出，随着氮肥施用量的增加，莴笋光饱和曲线的最高点依次升高，即莴笋的最大光合速率是随光照的增强而上升的；同时，在相应光照强度下莴笋的光合速率亦随氮肥施用量的增加而上升。根据实际测定的结果，应用相关方程式进行计算，可以得出在不同施氮量条件下莴笋的有关光合特性指标(表3)：

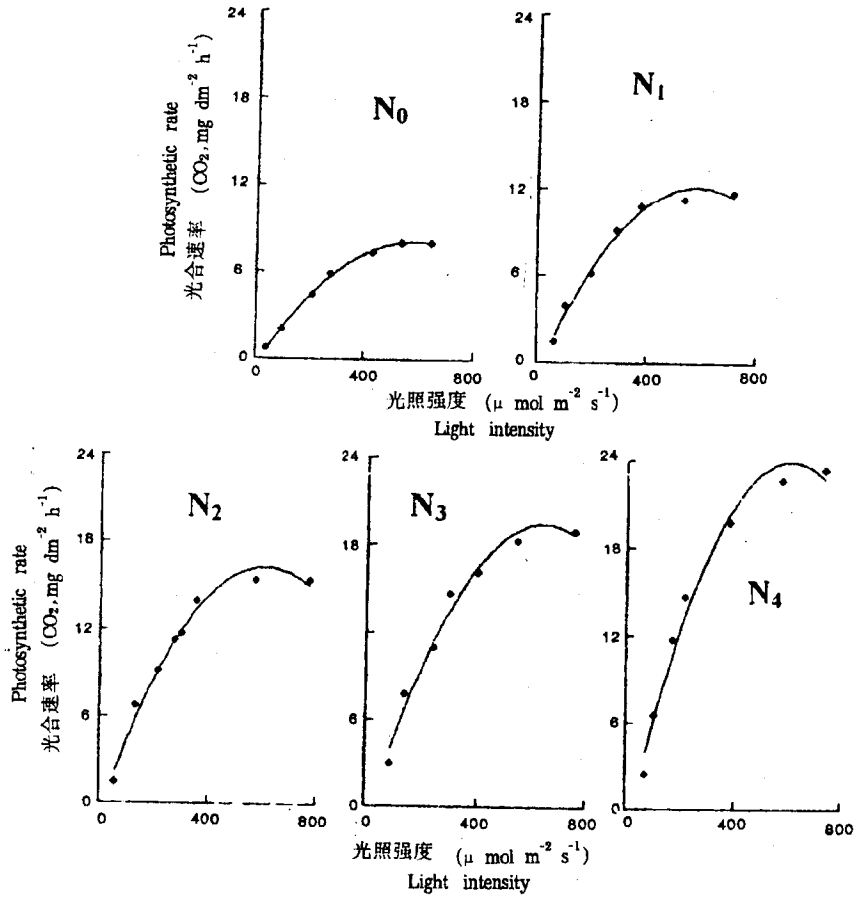
表 3　不同施氮量下莴笋的光合特性

Table 3　Photosynthetic characteristic of lettuce in different N application

处理 Treatments	光饱和点 Light saturation point	光补偿点 Light compensation point	叶绿素含量 Chlorophyll content	光合速率1) Photosynthetic rate	最大光合速率 Biggest photosynthetic rate
	μ mol·m^{-2}·S^{-1}		mg·dm^{-2}	CO_2, mg·dm^{-2}·h^{-1}	
N_0	564	23.0	1.71	6.59	8.23
N_1	592	24.0	2.07	10.25	12.83
N_2	606	25.5	2.13	13.18	16.17
N_3	623	26.9	2.24	16.11	19.77
N_4	578	27.6	2.48	20.50	22.92

1) 光合速率系在20℃、360μ mol·m^{-2}·S^{-1}光强下测定值，最大光合速率系根据模拟方程推算值。
Photosynthetic rate determined under 20℃, 360μ mol·m^{-2}·S^{-1} conditions, biggest photosynthetic rate counted based on equations.

由表3可以看出，不同施氮量下莴笋的光合特性是存在一定差异的。这种差异不仅表现在随着氮肥施用量的增加，莴笋叶片的叶绿素含量相应提高，且同等条件下的光合速率也随之上升。同时还表现在对其光饱和点和光补偿点的影响上，莴笋的光补偿点有随施氮量的增加而上升的趋势，但上升幅度不大，其最大差值仅4.6μ mol·m^{-2}·S^{-1}。光饱和点的变化，氮肥施用量从$N_0 \rightarrow N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3$是依次上升的，其中$N_3$处理与$N_0$(不施氮)比较，莴笋的光饱和点上升了59$\mu$ mol·m^{-2}·s^{-1}，说明从$N_0 \rightarrow N_3$处理，莴笋对强光的利用能力逐渐增强，但N_4处理中莴笋的光饱和点却较N_3处理下降了45μ mol·m^{-2}·s^{-1}，即在N_4处理下，莴笋对强光的利用能力反而减弱。不同施氮处理下莴笋的最大光合速率，同样也是随施氮量的增加而上升的。出现上述现象主要是由于土



N_0: $Y=-0.715+0.0317X-0.281\times10^{-4}X^2$ $R^2=0.998^{**}$

N_1: $Y=-1.106+0.0471X-0.398\times10^{-4}X^2$ $R^2=0.980^{**}$

N_2: $Y=-1.453+0.0581X-0.479\times10^{-4}X^2$ $R^2=0.991^{**}$

N_3: $Y=-1.824+0.0693X-0.556\times10^{-4}X^2$ $R^2=0.959^{**}$

N_4: $Y=-2.361+0.0875X-0.757\times10^{-4}X^2$ $R^2=0.962^{**}$

图2 不同氮肥施用量下莴笋的光饱和曲线

Fig.2 The light saturation curve of lettuce in different N application

壤氮素的供应状况导致了莴笋体内氮素代谢的改变。当氮素供应充足时，莴笋体内氮素代谢旺盛，碳、氮代谢相互之间能基本维持平衡，而且碳代谢随氮代谢的增强而增强，因此莴笋的光合速率、光饱和点和叶片的叶绿素含量均随施氮量的增加而上升。但当氮肥施用量过多时，莴笋体内氮素代谢过于旺盛，造成碳、氮代谢失调，使体内氮素累积过多，因此在光照较强时叶片就出现萎蔫，导致光合速率下降，即对强光的利用能力较弱、光饱和点较低。而光补偿点的变化则明显与莴笋体内氮素代谢的增强有关，即体内氮素代谢增强，光补偿点提高，反之则降低。

在N_1到N_3施氮量范围内，随着氮肥施用量的增加，莴笋的光饱和点、光补偿点、光合速率、叶绿素含量等均随之上升；当施氮量超过N_3水平达到N_4水平时，则其光饱和点反而下降，即对强光的利用能力减弱的现象，说明超过N_3水平时的氮肥施用已经过量，从而使莴笋体内的氮素营养与作物光合作用的相应需要出现了不平衡现象。因此，可以认为，在N_3附近的施氮水平，可能是供试条件下莴笋生长对氮素需要的最高点，这种结果与相应的产量结果是一致的。

三、结　论

不同的氮肥施用量，不但对莴笋的光饱和点、光补偿点、光合速率、叶绿素含量等光合特性产生了一定程度的影响，而且还通过影响莴笋的氮素代谢，对其产量产生相应的影响。在一定的施氮量范围内，增加氮肥施用量，可使作物的光合速率增加、光饱和点提高、叶绿素含量上升，并使其产量增加；但是，过量施用氮肥，则导致作物的光合特性向不利于高产、稳产和维持正常碳、氮代谢的方向发展，而使其产量下降，同时也造成了氮肥的不必要的浪费。

参 考 文 献

1 何念祖、孟赐福编著．植物营养原理．上海科学技术出版社，1987.

2 林葆．充分发挥我国肥料的增产效果．中国土壤学会编，《中国土壤科学的现状和展望》．江苏科学技术出版社，1991，29～36.

3 史瑞和等编著．植物营养原理．江苏科学技术出版社，1989，213.

4 Ekwebelam SA and Reid CPP. Nitrogen fertilization and light effects on growth and photosynthesis of lodgepole pine seedlings. Annals Applied Biology, 1984, 105(1):117～127.

5 Firman DM and Allen EJ. Field measurements of the photosynthetic rate of potatoes grown different amounts of nitrogen fertilizer. Jour. Agri. Sci., 1988, 111(1):85～90.

6 Gimenez C et al. Canopy development, photosynthesis and radiation-use efficiency in sunflower in response to nitrogen. Field Crops Research, 1994, 38(1):15～27.

7 Muchow RC and Sinchair TR. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. Crop Sci., 1994, 34(3):721～727.

8 上海植物生理学会主编．植物生理学实验手册．上海科学技术出版社，1985.

9 A.Galston等著，戴尧仁等译．新编植物生理学．北京大学出版社，1989.

10 张振贤、郑国生等．大白菜光合作用特性的研究．园艺学报，1993，20(1):38～44.

11 李仁岗编著．肥料效应函数．中国农业出版社，1989.

EFFECTS OF PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTIC OF LETTUCE AND NITROGEN APPLICATION

Zeng Xibo

(Upland Research Center, CAAS, Beijing, 100081)

Xie Deti Qing Changle Hou Guangjiong

(College of Resources and Environment, Southwest Agric. Univ., Chongqing, 400716)

Summary

By using the test method of pot planting, author has studied the influence of N application rate on photosynthetic characteristic of lettuce. The study indicates that N application rate has influenced on not only yield of lettuce but also photosynthetic rate, light saturation point, light compensation point and chlorophyll content etc. When N application rate reaches up to about N_3 level (N, 0. 15g/kg), the yield of lettuce turns out to be maximum. Any more N application rate beyond this level will otherwise lead to the decrease of yield of lettuce. Based on the outcome of the test, the relation between N application rate (X) and yield of lettuce (Y) can be obtained as follows:

$Y=8.98+35.101X-62.779X_2$

Although content and photosynthetic rate etc. go up as N application rate increase, light saturation point reaches up to its maximum value 636μ mol · m^{-2} · s^{-1} when N application rate is N_3 level. That is, the utilization of strong light is more efficient. This is consistent with the change trend of yield.

Key words Lettuce (*Lactuca sativa Var. Angastana irish.*) N fertilizer Photosynthetic characteristic Yield