

土壤-植物系统中光照与氮素的相互关系研究

曾希柏¹, 侯光炯², 青长乐², 谢德体²

(1. 中国农业科学院山区研究室, 北京 100081; 2. 西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 运用盆栽试验, 以莴笋为材料, 在人工气候箱内进行研究, 其结果表明: 光照强度的变化, 不仅会引起莴笋生物量和养分吸收量的改变, 而且也将导致土壤养分状况的差异。不同肥力的 3 种紫色土, 其养分含量受光照强度变化影响的状况是, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量均以大眼泥土 > 沙土 > 石骨子土, 而碱解氮含量的变化则以沙土 > 石骨子土 > 大眼泥土。光照强度的变化亦影响氮肥的施用效果, 在试验光强 ($80 \sim 320 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) 范围内, 光照愈强时莴笋产量愈高, 且其同时对氮肥的需要量也相应由 $0.213\text{g}/\text{pot}$ 增加到 $0.38\text{g}/\text{pot}$ 。本试验的结果, 较为完整地阐述了光照强度的变化与土壤养分、作物营养以及施肥之间的相互关系。

关键词: 光照; 氮素; 作物; 相互关系

Interrelation of light and nitrogen in soil-plant system

ZENG Xi-Bo¹, HOU Guang-Jiong², QING Chang-Le², XIE De-Ti² (1. Upland Research Center, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China; 2. College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The result of pot culture experiments of lettuce in artificial climate cases indicated that the change of light intensity not only influenced the change of lettuce yield and the take-up of soil nutrients, but also caused the change of nutrient content in different soils. The change of nutrient contents in three purple soils affected by light were that $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ contents were: in loarnic purple soil > sandic purple soil > gravelic purple soil, but the alkaline hydrolyzable-N contents in them was: sandic purple soil > gravelic purple soil > loarnic purple soil. The efficiency of nitrogen fertilizer was influenced by light intensity. Within the range of test light intensity ($80 \sim 320 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$), the stronger the light intensity, the higher the yield of lettuce. Meanwhile, the required quantity of nitrogen fertilizer was increased from $0.215\text{g}/\text{pot}$ to $0.38\text{g}/\text{pot}$. The result of this research expounded the interrelation between the light intensity and soil nutrient content, and between crop nutrition and fertilizer application rate.

Key words: light; nitrogen; crop; interrelation

文章编号: 1000-0933(2000)01-0103-06 中图分类号: S181 文献标识码: A

光照与养分之间是通过作物产生联系的。光照是作物进行光合作用、并赖以生长的前提条件; 而养分则是作物生长的物质基础, 作物对养分的吸收和利用, 有赖于其生长状况所确定的对养分的需要及其吸收能力。在一定的光强范围内, 作物的光合速率和生长随光照的增强而增加^[1,2], 因而对养分的需要量亦随之增加、且吸收能力增强, 其同时也必将会因此影响土壤的养分状况。光照强度的改变, 将最终导致土壤-植物系统中养分供求关系的变化, 并将在很大程度上决定作物的肥料需要量、需肥比例和相应的所采取的施肥技术。但是, 直到今天, 关于光照变化与土壤养分状况及作物施肥等相互关系的研究, 还没有引起人们足够的重视^[3], 许多方面甚至还是空白, 本研究, 运用盆栽试验的方法, 研究了光照与土壤-植物系统中氮素变化及氮肥施用量之间的相互关系, 本文即是有关研究的初步结果。

本研究得到魏朝富研究员的帮助, 谨致谢意!

收稿日期: 1997-11-25 日期: 1998-03-16

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验选用侏罗系沙溪庙组紫色母岩发育的、肥力差异较大的3种中性紫色土,3种土壤均采自重庆市北碚区,其基本性质如表1所示。

供试作物大白茼蒿笋(*Lactuca sativa* var. *Angustana Irish*),其幼苗购自重庆市北碚区歇马蔬菜苗圃园。

表1 供试3种紫色土的基本性质

Table 1 Basic properties of three purple soils used in experiment

土壤 Soil	pH (H ₂ O)	O. M	全量 Total			速效 Available			CEC (cmol(+) /kg)	<1 μ m 粘 粒 Clay (g/kg)	肥力状况 Fertility state	质地名称 Name texture
			N	P	K	N	P	K				
石膏子土 ^①	7.26	6.95	0.723	0.687	29.82	49.7	1.6	62.4	21.2	36.2	低	轻壤
沙土 ^②	6.94	11.44	0.795	0.889	24.52	63.2	2.4	61.1	22.6	72.6	较低	中壤
大眼泥土 ^③	6.46	16.49	1.030	1.846	27.54	94.7	11.9	105.8	26.7	125.4	高	重壤

①Gravalic soil,②Sandic soil,③Loarnic soil

1.2 试验设计

1.2.1 盆栽试验 以上3种紫色土,在人工气候箱内同时进行,根据人工气候箱内的光强调节能力,设置80、160、320 μ mol/m²·s 3处理,各处理均控制其昼/夜温度为18/12℃、湿度85%±2%,日光照12h^[4,5]。

试验均采用 ϕ 16cm×12cm塑料米氏盆,每盆装过3mm筛的风干土2.0kg,重复5次,其中2次重复供取样分析和观察用。各试验均在茼蒿笋幼苗移栽前1星期施肥,其用量为每千克土中加纯N 0.12g、P₂O₅ 0.10g、K₂O 0.12g,并按其用量分别折算成尿素、过磷酸钙和硫酸钾。试验每盆内定植苗龄一致、长势相近的茼蒿笋幼苗3株,待幼苗成活后(自然条件下处理约1星期),再移入人工气候箱内处理,处理时间为35d。试验过程中,根据茼蒿笋的生长状况,每隔7~11d取样1次,分别测定土壤中的NH₄⁺-N、NO₃⁻-N含量,并记载茼蒿笋的生物量等,为了保证取样时土壤含水量基本一致,在取样前1d用称量法调节各处理的水分状况。试验完后分处理收割、测产,并取茼蒿笋植株105℃杀酶15min,60℃烘干,留作测全氮用。

1.2.2 分别设置5种不同的光照强度和氮肥施用水平,具体如表2所示。

试验亦采用 ϕ 16×12cm塑料米氏盆,供试土壤为上述3种紫色土中的大眼泥土,每盆装过3mm筛的风干土2.1kg,在移栽茼蒿笋幼苗前1w施肥。试验采用完全设计,每种光照强度下均采用随机排列。试验的处理方法及处理时间均同前。试验结束后,将试验结果先进行方差分析,然后再进行回归分析。

1.3 分析方法

土壤和植物中养分的分析方法均参照中国土壤学会农业化学专业委员会编《土壤农业化学常规分析方法》^[6]进行,其中NH₄⁺-N和NO₃⁻-N的含量用新鲜土壤直接测定,并同时用烘干法测定土壤的含水量,作为计算相应养分含量的依据。试验结束后,取各处理土壤混合样,风干过1mm筛后测定其碱解氮含量。

2 结果与讨论

2.1 光照影响下3种肥力紫色土中茼蒿笋的氮素营养状况

不同光照强度下3种土壤中茼蒿笋对氮素的吸收利用状况见表3。从表3可以看出,不同光照强

表2 光照与氮肥施用量相互关系研究设计方案

Table 2 The set-up of light intensity and N application rate in the test

项目 Item	代号 Code	控制水平 Treatment	控制条件 Control method
光照强度设置 Light intensity (μ mol/m ² ·s)	①	80	
	②	160	在人工气候箱内进行,控制条件同试验1。
	③	220	
	④	270	
	⑤	320	
氮肥用量设置 N application rate	N0	不施N肥	肥底为每千克土
	N1	0.05gN/1000g土	中加P ₂ O ₅ 0.10g、
	N2	0.10gN/1000g土	K ₂ O 0.12g,所用
	N3	0.15gN/1000g土	肥料分别用尿素、
	N4	0.20gN/1000g土	过磷酸钙和K ₂ SO ₄

度下,莴笋的生物量是具有较大差异的。在试验处理条件下,以光强为 $160\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时其生物量最高,而以 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时最低;莴笋所吸收的氮量及植株含氮量的变化亦与此一致。但同时还可以看出,其变化幅度无论是生物量、植株含氮量,还是总吸收氮量的变化,均以由光强从 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 至 $160\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时较大,这种结果说明,光照较弱时,莴笋生长和对养分的吸收速度均要慢得多。

表 3 光照强度对 3 种土壤中莴笋氮素营养的影响

Table 3 Effect of light intensity on nitrogen nutrition of lettuce in three purple soils

土壤 Soil	生物量 Biomass (g/pot)	含氮量 N content (g/kg)	总吸氮量 Total N (mg/pot)	生物量 Biomass (g/pot)	含氮量 N content (g/kg)	总吸氮量 Total N (mg/pot)	生物量 Biomass (g/pot)	含氮量 N content (g/kg)	总吸氮量 Total N (mg/pot)
	$80(\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$			$160(\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$			$320(\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$		
石骨子土 ^①	1.24	30.32	37.6	1.89	35.02	66.2	1.46	26.48	38.7
沙土 ^②	1.40	32.09	44.9	3.52	33.54	118.1	2.71	31.46	85.6
大眼泥土 ^③	2.20	31.44	69.2	8.30	32.78	272.0	7.41	29.41	217.9

①Gravelic soil ②Sandic soil ③Loarnic soil

3 种土壤比较,无论是在哪种光强下,莴笋的生物量均以大眼泥土>沙土>石骨子土,且其变化幅度亦然。说明土壤肥力越高,莴笋产量随光照的增强而上升的幅度愈大;而肥力愈低,其产量随光照的增强而上升的幅度愈小。3 种土壤中莴笋植株的含氮量,当光照强度在 80 和 $320\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时均以在沙土中最高,而以在石骨子土中最低;氮在光强为 $160\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时,则反而以在石骨子土中最高,在大眼泥土最低,这种结果显然是受土壤供氮和莴笋的生长状况所决定的。而莴笋在 3 种土壤中吸收的氮量则很显然是以大眼泥土>沙土>石骨子土,这种结果与 3 种土壤的氮素供应状况的有关研究结果是相互吻合的^[7]。

上述光照强度与土壤肥力差异对莴笋氮素营养的影响大小比较,很明显来自土壤肥力方面的影响较大。3 种不同肥力的土壤比较,其吸收氮总量的变化值为 1.19~5.63 倍,而当光强改变时,其相应的变化值则仅为 1.03~3.93 倍,可见,提高土壤肥力对作物的营养和生长所起的作用是十分巨大的。

2.2 光照影响下 3 种肥力紫色土中 NH_4^+-N 的变化

不同光照强度下,3 种土壤中莴笋生长期间 NH_4^+-N 的变化(表 4)表明,在莴笋生长期间 NH_4^+-N 含量的变化是有一定差异的。石骨子土至处理后两星期,其 NH_4^+-N 含量即已下降至 $5\text{mg}/\text{kg}$ 以下,且以后一直维持在含量很低的状态,在处理至三星期左右时甚至 $<2\text{mg}/\text{kg}$,即土壤中的速效氮近于枯竭,虽然至处理结束时土壤中的含量又有所升高,但这实际上是由于其中养分的供应太弱,以至于莴笋基本上停止了生长所引起的土壤氮素的“累积”;沙土中的情况,虽然其含量亦较低,但始终略高于石骨子土,只是在处理结束时反而较石骨子土中低,这正好说明由于其养分的供应状况稍优于石骨子土,因而莴笋生长所受到的影响较小;而大眼泥土中则虽然其含量亦随莴笋的生长而下降,但整个生长期均能维持在较高水平,至处理结束时仍然 $>11\text{mg}/\text{kg}$ (表 4),显然,这亦与 3 种土壤的氮素矿化特征是一致的^①。

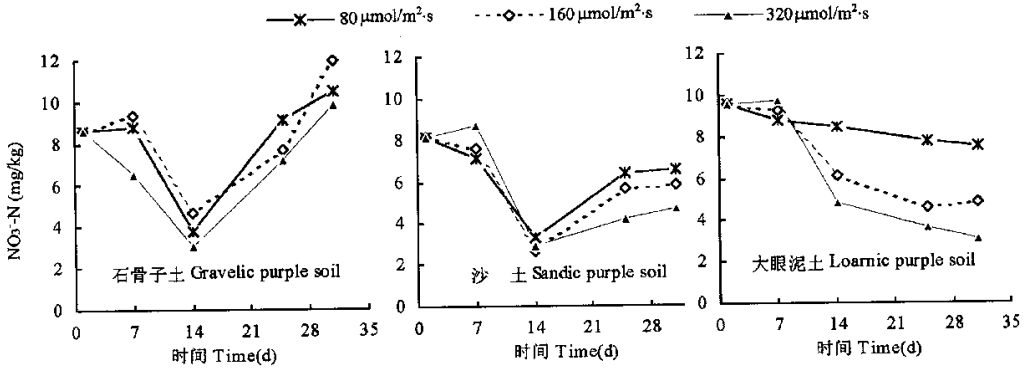
光照强度变化对 3 种土壤中 NH_4^+-N 变化的影响,由表 4 亦可以看出,石骨子土中由于其含量本来就低,相互间差异不大,因而谈不上有什么影响;沙土中有随光照的增强, NH_4^+-N 含量稍低之趋势;而大眼泥土中则可清楚地发现其含量是随光照的增强而下降的,即光照较强时,土壤中 NH_4^+-N 的含量较低。这也就是说,供氮能力强的土壤,由于其中莴笋在光照较强时生长较好、产量较高等,因此,土壤中 NH_4^+-N 下降的幅度也较大、下降速度亦较快。

2.3 光照影响下 3 种肥力紫色土中 NO_3^--N 的变化

不同光照强度下,3 种土壤中莴笋生长期间 NO_3^--N 的变化见图 1。

表 4 不同光照强度下 3 种土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 变化(mg/kg)Table 4 The $\text{NH}_4^+\text{-N}$ change of three purple soils in different light intensity

日期 Date	石骨子土($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Gravelic purple soil			沙土($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Sandic purple soil			大眼泥土($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Loarnic purple soil		
	80	160	320	80	160	320	80	160	320
	1994-12-10	19.6	19.6	19.6	25.9	25.9	25.9	38.8	38.8
1994-12-16	6.1	6.2	5.4	7.8	6.6	7.5	28.0	23.2	24.0
1994-12-23	4.5	3.2	4.3	6.5	6.1	5.9	28.7	22.0	20.9
1995-01-03	1.6	1.2	1.0	5.1	4.5	4.0	23.8	14.7	13.2
1995-01-09	4.5	5.1	6.0	3.5	4.0	4.7	17.6	12.6	11.0

图 1 不同光照强度下 3 种土壤中莴笋生长期间 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化Fig. 1 The $\text{NO}_3^-\text{-N}$ change of three soils in growth of lettuce under different light intensity

从图 1 可以看出,3 种土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化趋势是有所差异的。石骨子土和沙土中在处理开始至第 15d 左右呈下降趋势,以后则又逐渐上升,整个处理期间的变化呈“V”字型,两种土壤比较,石骨子土中含量要稍高于沙土。而大眼泥土中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量则有随处理时间的后移而逐渐下降之势。3 种土壤中之所以会出现这种差异,一方面是由于其中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的矿化速率和矿化量不同,但更重要的原因是由于在莴笋的生长中同时需要 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,且二者必须维持一定的比例^[7,8],如果 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 供应不足,即使 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的供应最好,莴笋的生长也会受到很大程度的影响,对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的吸收亦同时减少。在上述石骨子土和沙土 2 种土壤中,在处理至 10d 左右时,土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量就已经在 5mg/kg 左右,即此时 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的供应已很难满足莴笋生长的需要,莴笋能从土壤中吸收的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 已经不多,对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的吸收也就少了,即此时莴笋吸收的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 量要少于土壤本身所能矿化出的量,因而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 得以在土壤中积累,导致其含量上升。2 种土壤比较,沙土中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量稍高,莴笋吸收的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 亦较多,因而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的吸收量亦相应增多,土壤中累积的量就相对较少,其含量就稍低;而在大眼泥土中,则因 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的供应一直较为充足,相应地,莴笋在 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 吸收量增多的同时,吸收的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 也同样增加,因而仅靠土壤中矿化的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 已难以满足莴笋生长的需要,因此导致土壤溶液中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的不断消耗,致使其含量下降。也就是说,这结果是莴笋生长状况与土壤 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的矿化之间相互作用所引起的。

光照强度对 3 种土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 变化的影响比较,显然以供氮能力较强的大眼泥土中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量变化受光照变化的影响较大,而供氮能力弱的石骨子土中,则其含量变化受光照变化的影响最小。

2.4 光照影响下 3 种肥力紫色土中碱解氮的变化

从表 5 结果来看,与试验前相比较,3 种土壤中的碱解氮含量基本上均是下降的,且光照强度的影响似乎无明显规律;3 种土壤相互比较,以沙土中含量下降较多,其次为石骨子土,而以大眼泥土中含量的下降较小。显然,3 种土壤的氮素矿化等结果是相互一致的。

根据上述光照影响下 3 种土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和碱解氮含量的变化可以认为:光照强度的变化,

首先是影响作物的生长状况和养分的吸收,进而通过作物影响土壤养分状况的变化;而土壤养分供应状况的好坏,亦在很大程度上对作物的生长产生影响,因此其同时也导致作物对光照变化所引起的生长变化能力上的差异,从而又在其本身养分含量的变化上表现出来。即上述结果实际上可以认为是光照和土壤肥力影响下作物生长状况变化所引起的。

表 5 不同光照强度下 3 种土壤中碱解氮的变化 (mg/kg)

Table 5 The alkaline hydrolzable-N change of three purple soils in different light intensity

项目 Items	石骨子土 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)			沙土 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)			大眼泥土 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)		
	Gravelic purple soil			Sandic purple soil			Loarnic purple soil		
	80	160	320	80	160	320	80	160	320
试验前 Before test	49.7	49.7	49.7	63.2	63.2	63.2	94.7	94.7	94.7
试验后 After test	42.8	40.1	41.6	49.6	49.0	50.4	89.7	94.3	95.9
±mg/kg	-6.9	-9.6	-8.1	-13.6	-14.2	-12.8	-5.0	-0.4	+1.2
±%	-13.9	-19.3	-16.3	-21.5	-22.5	-20.3	-5.3	-0.4	+1.3

2.5 光照与氮肥施用量的相互关系

根据表 6 结果,按 2 因素 5 水平完全设计,应用求肥料效应函数模型的有关方法^[9],运用计算机进行模拟与回归,可以求得光照强度、氮肥施用量与莴笋产量三者之间相互关系的回归模型为:

$$Y = -0.375 + 9.421X_1 + 0.0230X_2 + 0.0251X_1X_2 - 17.794X_1^2 - 0.131 \times 10^{-4}X_2^2$$

$$F = 126.04^{**} \quad R^2 = 0.971^{**} \quad (n = 25)$$

式中, Y 为莴笋生物量(干物重 g/pot), X_1 为氮肥施用量(gN/pot), X_2 为光照强度 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。

表 6 光照与氮肥施用量对莴笋生物量的影响*(g/plot)

Table 6 Effect of light intensity and N application rate on yield of lettuce*

光照强度 Light intensity ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	氮肥施用水平 Treatments of nitrogen application				
	N0	N1	N2	N3	N4
	80	1.62	2.25	2.56	2.31
160	2.69	3.64	4.33	3.80	2.91
220	3.94	5.85	6.82	6.74	5.86
270	5.16	6.21	7.03	7.28	6.58
320	5.84	6.83	7.80	8.64	8.21

* 为试验各重复平均值 * Average value.

从所求得的回归模型可以看出,在相同施氮量条件下光照强度的变化,或者相同光照强度下施氮量的变化,都将会导致莴笋生物量的改变。上述光照强度变化与施氮量变化相比较,由于光照强度变化的跨度大得多(几十甚至几百 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$),因而对莴笋生物量的影响亦较大,即光照强度的变化对莴笋生物量的贡献在某种程度上要超过氮肥施用量的变化。根据表 6 的试验结果,将每种光强分为一组,可求得不同光照强度处理下,氮肥施用量(X)与莴笋生物量(Y)的回归方程式及有关参数,结果如表 7。

从表 7 结果可以看出,无论在哪种光照强度处理下,莴笋产量与氮肥施用量之间均具有极显著的相关关系,且这种关系均可用二次多项式形式 $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$ 来表示,但在不同光照强度下,二者之间的相关性是具有一定差异的,其中以光强为 $220\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时相关性最好。氮肥施用量对莴笋产量的影响亦以光强为 $220\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时最大,而以 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时最小,即此时施用氮肥对莴笋产量的效应不大。不同光强下根据氮肥效应方程式所求得的莴笋所能获得的最高生物量及相应的氮肥施用量结果,均是随光照的增强而增加的,即在光照较强时莴笋所能获得的最高生物量较大,其相应的氮肥施用量亦较高,这也就是说,当光照较强时,通过增加氮肥施用量可以相应提高莴笋的生物量。不同光照条件下氮肥的增产效应比较,亦以 $220\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 光强下最大,且基本上有随光强的改变而呈抛物线变化的趋势。此外,从不同光强下氮肥的效应方程式中的 b_0 值与所求得的最高生物量值相比较可以看出,当光照为 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时,

莴笋所能达到的最高产量比光强为 $160\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时的 b_0 值还低,在 $160\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 光强下所能达到的最高产量亦比光强为 $270\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 时的 b_0 值要低,这种结果,说明在光照不足的情况下,莴笋所表现出的产量变化,在很大程度上是无法通过施肥来弥补的。即施肥(氮)所起的作用,只能是调节在既定的土壤及光照等条件下莴笋生长时的光与肥(氮)的平衡状况。

表7 不同光照强度下的氮肥效应方程式

Table 7 The response equation of nitrogen fertilizer in different light intensity

光照强度 Light intensity ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	氮肥效应方程式 N fertilizer response equation	R^2	最高生物量施肥 Application rate (g/pot)	最高生物量 Highest yield (g/pot)	氮肥的增产效应 Increase production (gDF/gN)
80	$Y=1.609+8.517x-19.825x^2$	0.996**	0.215	2.47	3.95
160	$Y=2.654+13.905x-31.746x^2$	0.973**	0.22	4.18	6.95
220	$Y=3.949+22.546x-42.954x^2$	0.999**	0.26	6.91	11.38
270	$Y=5.089+14.799x-20.369x^2$	0.981**	0.36	7.78	7.47
320	$Y=5.755+13.659x-18.076x^2$	0.983**	0.38	8.34	6.79

3 结论

3.1 光照强度的变化,不仅对作物(莴笋)的营养和生长产生了较大的影响,而且也通过作物的吸收和同化等作用影响土壤中养分的变化与作物的施肥量。

3.2 土壤肥力状况的高低,在很大程度上决定了其对作物所需养分供应能力上的差异。土壤肥力越高,其所表现出的、适应光照变化所引起的作物对养分需要的相应变化的能力就强,即在一定的光照范围内,土壤中养分的供应与作物对养分的相应需要之间能达到很好的谐调,因而作物产量较高,而低肥力的土壤则正好与此相反。这也是在农业生产实际中高肥力的土壤在大多数年景下均能获得高产的主要原因。

3.3 施肥对作物产量的影响还表现在于,在不同的光照强度下,这种影响的大小是有差异的,对氮肥而言,在本试验中,光照较强时其影响较大,光照较弱时其影响则相应较小。

3.4 综合上述结论,笔者认为,在土壤-植物系统中,光照与养分之间确实具有某种联系。即受光照、土壤肥力等的影响,土壤养分、作物生长及营养状况等的变化大小亦具有一定的差异。笔者将这种现象及相互间的联系理解为侯光炯教授所提及的“光肥平衡”关系^{[10]①}。

参考文献

- [1] Galston A,等著.戴尧仁,等译.新编植物生理学.北京:北京大学出版社,1989.90~124.
- [2] 户刘义次主编.薛德榕译.作物的光合作用与物质生产.北京:科学出版社,1979.35~236.
- [3] Zagal E. Influence of light intensity on the distribution of carbon and consequent effects on mineralization of soil nitrogen in barley(*Hordeum vulgare* L.)—soil system. *Plant and Soil*,1994,160(1):21~31.
- [4] 蔡俊德,叶丽询研究等编.南方蔬菜栽培技术.北京:农业出版社,1990.161~168.
- [5] 中国农业科学院蔬菜所主编.中国蔬菜栽培学.北京:农业出版社,1987.496~505,1288~1292.
- [6] 中国土壤学会农业化学专业委员会编.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社,1989.79~94.
- [7] 王正根,李联铁,熊海灵.紫色土施氮对莴笋营养效应的研究.植物营养与肥料学报,1996.2(2):153~161
- [8] 田中明编.作物比较营养生理.(日)东京:学会出版センター,1982.197~220.
- [9] 李仁岗编著.肥料效应函数.北京:农业出版社,1989.88~148.
- [10] 侯光炯.种地养地结合培肥地力,不断提高单位面积产量和产品质量.见:陈俊生主编.建设高产稳产高效优质农业.北京:中国农业出版社,1994.409~417.