

蓝光对黄化小麦幼苗 NO_3^- 吸收及硝酸还原酶活性的影响*

余让才¹ 范燕萍² 李明启¹

(1 华南农业大学生物技术学院; 2 华南农业大学园艺系, 广州, 510642)

摘要 研究了蓝光对黄化小麦幼苗 NO_3^- 吸收, 植株 NO_3^- 含量及叶片硝酸还原酶活性的影响。结果表明, 蓝光促进幼苗对 NO_3^- 的吸收, 提高幼苗中的 NO_3^- 含量及硝酸还原酶活性, 其作用均比红光和白光强。蓝光可能通过促进幼苗对 NO_3^- 的吸收和转运并增大 NO_3^- 代谢库而提高硝酸还原酶的活性。

关键词 蓝光; 小麦; 硝酸还原酶

中图分类号 Q945.13

光是调节无机氮代谢的一个重要因子 (Beevers et al, 1972)。光通过光合作用为 NO_3^- 吸收, NO_3^- 和 NO_2^- 的还原及 NH_4^+ 合成氨基酸提供还原力, 还为 NH_4^+ 合成氨基酸提供碳源, 因而光可以提高植株氮代谢的速率 (Aslam et al, 1984)。光还可作为一种环境信号, 通过调节氮代谢中关键酶的活性而影响氮代谢。

硝酸还原酶是植物氮代谢的限速酶, 它催化 NO_3^- 还原成 NO_2^- 的反应 (Gurrerero et al, 1981)。黄化植株的硝酸还原酶活性受到光敏色素的调节, 短期红光处理可以诱导硝酸还原酶的产生, 而随后的远红光处理可以消除红光的作用 (Duke et al, 1984)。已有报道表明蓝光处理可以显著地提高硝酸还原酶的活力, 其作用比红光强 (Jones et al, 1974); 而和白光的作用相等 (Rao et al, 1982)。蓝光对硝酸还原酶的影响可能与光合作用或光敏色素无关 (Rao et al, 1982)。Sueyoshi等 (1995) 认为植株对 NO_3^- 的吸收和转运与硝酸还原酶密切相关。蓝光是绿藻 *Monoraphidium braunii* NO_3^- 吸收的一种环境信号, 只有在光合有效辐射中有蓝光时, 它才吸收环境中的 NO_3^- (Aparicio et al, 1990)。但在高等植物中, 蓝光对 NO_3^- 吸收的影响及其与硝酸还原酶活性的关系研究较少。本文拟对这一问题进行探讨。

1 材料与方法

1.1 供试材料

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 种子消毒、洗净后, 用蒸馏水浸种 5~10h, 之后 25℃暗中催芽 1d, 露白后排在尼龙网上, 培养在 0.2 mmol/L CaSO_4 溶液中, 黑暗处理至 5日

1995-12-13收稿

* 本研究得到中国博士后基金会, 广东省博士后基金会资助

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

龄.

1.2 NO₃⁻ 吸收试验

取上述黄化幼苗 15株,置其根于 40mL 1mmol /L的 KNO₃溶液中,分别置于红光、蓝光、白光及黑暗中,吸收 1和 4h后分别测定溶液中 NO₃⁻ 浓度的变化,以此计算小麦幼苗对 NO₃⁻ 的吸收速率.

1.3 植株 NO₃⁻ 含量测定

取上述已吸收 NO₃⁻ 24h的植株,用蒸馏水充分洗净后,分成地上部和根系,105℃下杀青 10min后在 70℃烘干 24h. 取干样研磨,充分混匀,称取 100mg 于试管,加入 10mL蒸馏水,在 40℃水浴中提取 3h,其间搅拌数次. 按 Cataldo等 (1975) 的方法测定 NO₃⁻ 的含量.

1.4 硝酸还原酶活性的体内 (*invivo*) 测定

取上述照光处理 24h的幼苗,剪取第 2片叶,参照 Baer等 (1981) 的方法测定. 反应液中添加 1% 异丙醇. 酶活性用每小时每克鲜重叶片还原形成 NO₂⁻ 的微摩尔数表示.

1.5 光源

蓝光及红光荧光灯由广州灯泡厂特制. 蓝光的波长范围 400~ 500nm, 最高峰 450nm. 红光的波长范围 600~ 700nm, 最高峰 630nm. 白光为普通市售荧光灯发射的光. 调节植物材料与灯管的距离,使各种光辐射到植株的强度均为 28 μ mol /m²· s. 光强用 LI- 1600气孔仪测定.

所有试验均重复 3次.

2 试验结果

2.1 蓝光对黄化小麦幼苗 NO₃⁻ 吸收的影响

不同光质处理对黄化小麦幼苗 NO₃⁻ 吸收速率有很大的影响 (表 1). 蓝光处理可以显著地促进幼苗对 NO₃⁻ 的吸收. 在吸收 1h时,红光和白光处理幼苗 NO₃⁻ 的吸收速率只有蓝光 61. 57% 和 61. 71%, 且均低于黑暗对照; 在吸收 4h时,各光质处理对幼苗 NO₃⁻ 吸收的影响趋势与 1h时一致,也表现为蓝光> 黑暗> 红光或白光,说明蓝光可以促进幼苗对 NO₃⁻ 的吸收,而红光却降低幼苗对 NO₃⁻ 的吸收.

2.2 蓝光处理对黄化小麦幼苗 NO₃⁻ 含量的影响

从小麦幼苗 NO₃⁻ 含量测定结果 (表 2) 可以看出,蓝光处理小麦幼苗无论根系还是地上部的 NO₃⁻ 含量均为最高,黑暗处理居中,而红光或白光处理最低,这与不同光质处理对幼苗 NO₃⁻ 吸收的影响是一致的. 蓝光处理幼苗吸收 NO₃⁻ 速率最大,其苗中的 NO₃⁻ 含量也表现最高,红光或白光处理幼苗 NO₃⁻ 吸收速率较低,因而其苗中的 NO₃⁻ 含量也表现

表 1 不同光质处理对黄化小麦幼苗 NO₃⁻ 吸收的影响

光处理	吸收速率 ⁽¹⁾	
	1h	4h
蓝光	7. 39 (100)	18. 92 (100)
红光	4. 55 (61. 57)	14. 49 (76. 59)
白光	4. 56 (61. 71)	13. 68 (72. 30)
黑暗	6. 91 (93. 50)	15. 61 (82. 51)

(1) 吸收速率用单位鲜重根单位时间内吸收的 NO₃⁻ 的量表示

较低.

2.3 蓝光对小麦幼苗硝酸还原酶活性的影响

不同光质处理 24h后对硝酸还原酶的诱导有一定的差异, 这种差异还与测定时反应液中的 NO_3^- 水平有关 (表 3). 当反应液中 NO_3^- 为 0mmol/L 时, 红光和白光处理幼苗的硝酸还原酶活性只有蓝光处理的 38.26% 和 73.15%; 在反应液中 NO_3^- 浓度为 10mmol/L 时, 红光和白光处理幼苗的硝酸还原酶活性分别为蓝光处理的 85.56% 和 94.06%, 即反应液中 NO_3^- 浓度提高后, 不同光质处理幼苗硝酸还原酶活性的差异减小. 蓝光处理强于红光的结果与 Jones 等 (1974) 的报告一致, 但蓝光与白光的比较结果则与 Rao等 (1982) 的不同.

3 讨论

硝酸还原酶是一种底物诱导酶, 只有在有 NO_3^- 存在时, 才能诱导该酶的合成. 通常在有 NO_3^- 存在下, 黑暗环境中也会有硝酸还原酶形成, 但其活性很低, 只有在照光后, 才会有较强的酶活性产生 (Somers et al, 1983). 光是如何对硝酸还原酶的基因表达进行调控的, 目前仍不十分清楚 (Sueyoshi et al, 1995).

从我们的研究可看出, 与黑暗对照比较, 蓝光可显著地促进小麦幼苗对 NO_3^- 的吸收, 且提高了根系和地上部的 NO_3^- 水平, 硝酸还原酶活性也较高; 红光或白光降低了小麦幼苗对 NO_3^- 的吸收, 根系和地上部的 NO_3^- 水平也较低, 硝酸还原酶活性则低于蓝光处理幼苗, 而高于黑暗处理幼苗. 这些结果说明, 硝酸还原酶的诱导并不完全取决于幼苗对 NO_3^- 的吸收或组织中 NO_3^- 的水平; 但幼苗对 NO_3^- 的高吸收速率及植株中较高的 NO_3^- 水平对硝酸还原酶的诱导有一定的促进作用. 因而光对植株 NO_3^- 吸收的影响可能只是光影响硝酸还原酶活性的一个方面, 光还通过其它途径影响该酶的诱导.

NO_3^- 在植物细胞中呈区域化分布 (Ferrari et al, 1973), 只有代谢库中的部份才被还原. 用硝酸还原酶活性的体内测定法, 在反应液中无 NO_3^- 时, 其 NO_3^- 及 NADH 均由细胞自身提供, 比较体外测定法更能反应硝酸还原酶活性的实际水平, 该状态下的硝酸还原酶活性可反应出代谢库中 NO_3^- 的多少 (许长嵩等, 1990). 本研究表明, 在反应液中无 NO_3^- 时, 蓝光处理幼苗硝酸还原酶活性高于红光和白光处理幼苗, 可能由于蓝光处理比红光和白光更能增大代谢库中的 NO_3^- 含量. 提高反应液中的 NO_3^- 浓度后, 硝酸还原酶活性在各种光质处理中差异变小的结果也说明了这点.

表 2 不同光质处理对小麦幼苗 NO_3^- 的影响

光处理	含量 ⁽¹⁾ $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$	
	根系	地上部
蓝光	117.9 (100)	91.4 (100)
红光	100.9 (85.59)	72.6 (79.43)
白光	56.3 (47.75)	72.8 (79.43)
黑暗	111.4 (94.49)	81.3 (88.95)

(1) 在 1mmol/L KNO_3 溶液中吸收 24h后测定, 以每克干重根或地上部中的 NO_3^- 量表示其含量

表 3 不同光质对小麦幼苗叶片硝酸还原酶活性 (NRA) 的影响

光处理	$\text{NRA} \mu\text{mol} \cdot (\text{g} \cdot \text{h})^{-1}$	
	反应液中 NO_3^- 浓度 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	
	0	10
蓝光	1.49 (100)	4.71 (100)
红光	0.57 (38.26)	4.03 (85.56)
白光	1.09 (73.15)	4.43 (94.06)

本文研究表明, 蓝光提高黄化小麦硝酸还原酶活性, 与蓝光促进了幼苗对 NO_3^- 吸收, 提高了叶片 NO_3^- 水平及代谢库中 NO_3^- 水平有关。

参 考 文 献

- 许长蒿, 倪晋山. 1990. 小麦叶内硝酸还原的代谢库. 植物生理学报, 16 (3): 277~ 283
- Aparicio P J, Quinones M A. 1991. Blue light, a positive switch signal for nitrate and nitrite uptake by the green alga *Monoraphidium braunii*. Plant Physiol, 95 374~ 378
- Aslam M, Huffaker R C. 1984. Dependency of nitrate reduction on soluble carbohydrates in primary leaves of barley under aerobic conditions. Plant Physiol, 75 623~ 628
- Baer G R, Collet G F. 1981. *In vivo* determination of parameters of nitrate utilization in wheat seedlings grown with low concentration of nitrate in the nutrient solution. Plant Physiol, 68 1237 ~ 1243
- Beever L, Hageman R H. 1972. The role of light in nitrate metabolism in higher plants. In Giese A D ed. Photophysiology. New York Academic Press, 85~ 113
- Cataldo D A, Hanson M, Schrader L E, et al. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun Sci Plant Anal, 6 71~ 80
- Duke S H, Duke S O. 1984. Light control of extractable nitrate reductase activity in higher plants. Physiol Plant, 62 485~ 493
- Ferrari T E, Yoder O C, Filner P. 1973. Anaerobic nitrate production by plant cells and tissue: Evidence for two nitrate pools. Plant Physiol, 51 423~ 431
- Gurrerero M G, Vega J M, Losada M. 1981. The assimilatory nitrate-reducing system and its regulation. Ann Rev Plant Physiol, 32 169~ 204
- Jones R W, Sheard R W. 1974. Blue light enhanced nitrate reductase activity in etiolated pea terminal bud. Can J Bot, 52 1433~ 1435
- Rao L V M, Datta N, Guha-Mukherjee S, et al. 1982. The effect of blue light on the induction of nitrate reductase in etiolated excised maize leaves. Plant Sci Letter, 28 39~ 47
- Somers D A, Kuo T M, Kleinhofs A, et al. 1983. Synthesis and degradation of barley nitrate reductase. Plant Physiol, 72 949~ 952
- Sueyoshi K, Kleinhofs A, Warner R L. 1995. Expression of NADH-specific and NAD (P) H-bispecific nitrate reductase gene in response to nitrate in barley. Plant Physiol, 107: 1303~ 1311

EFFECT OF BLUE LIGHT ON ENHANCEMENT OF
NITRATE REDUCTASE ACTIVITY AND NITRATE
UPTAKE IN ETIOLATED WHEAT SEEDLINGS

Yu Rangcai¹ Fan Yanping² Li Mingqi¹
(1 College of Biotechnology; 2 Dept. of Horticulture,
South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

The effect of blue light on the enhancement of nitrate reductase and nitrate uptake in etio-
lated wheat seedlings were examined. The rate of nitrate uptake was higher in wheat
seedlings treated with blue light than those treated with red or white light. On continuous
illumination for 24 hours, blue light had more effect on increase of nitrate reductase activi-
ty and nitrate content in the leaves of wheat seedlings than red or white light. The effect
of blue light on nitrate reductase activity may be achieved through increasing nitrate up-
take and enlarging the metabolic pool size of nitrate.

Key words blue light; wheat; nitrate reductase; nitrate uptake

更正

1996年第 17 卷第 2 期, 第 79 页, 第 10~ 11 行“影响观赏价值 (何清正等, 1991). 指出矮壮素”应
为“影响观赏价值. 何清正等 (1991) 指出矮壮素……”

第 80 页, 第 18 行“321. 5%”应为“了 21. 5%”; 第 31 行“43. 3 (10d) 和 25. 6 (20d)”应为“43. 3%
(10d) 和 25. 6% (20d)”; 图 2 纵坐标“过氧化物酶活性”应为“IAA 氧化酶”

第 81 页, 第 13 行“蒲苞花的株型有了一定影响的改善”应为“蒲苞花的株型有了一定程度的改善”

第 88 页, 第 2 行“木材 B 营养液”应为“木村 B 营养液”

第 89 页, 表 2 内“净珧合速率”应为“净光合速率”

(作者 编辑部)