

冬小麦分蘖期氮素亏缺时间 对某些生理特性的影响*

曹翠玲¹, 李生秀¹, 李学俊²

(1 西北农林科技大学 资源环境学院; 2 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 应用含 1/9 强度氮素的 Hoagland 营养液, 对分蘖期小麦分别进行 5、10 和 15 d 的胁迫处理, 以生长在正常 Hoagland 营养液中的小麦为对照, 探讨了氮素胁迫时间对冬小麦叶绿素、硝酸还原酶活性(NRA)、可溶性蛋白、硝态氮、铵态氮以及根系活力的影响。结果表明, 胁迫 15 d 后, 叶绿素含量下降; 硝酸还原酶活性和可溶性蛋白变化趋势基本一致; 胁迫后根系硝酸还原酶活性均低于对照水平; 叶片与根的硝态氮含量在胁迫后均低于对照水平, 但变化趋势一致; 铵态氮含量在胁迫后 5、10 d 高于对照水平; 胁迫 5 d 时根系活力和根系还原活性高于对照且达到最高值。

[关键词] 氮素亏缺; 胁迫时间; 小麦分蘖期; 生理特性

[中图分类号] S512.106.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2002)01-0023-04

20 世纪初, 罗宗洛采用营养液水培技术, 比较详细地研究了铵盐和硝酸盐两种氮源与植物生长的关系。以后又有众多的科学工作者, 研究了作物对铵态氮和硝态氮的吸收^[1,2]、叶片含氮量与光合作用^[3]、氮素形态对刺梨生长发育的影响^[4]、氮肥不同施用量对大白菜产量和品质的影响^[5]等等; 也有人研究了缺氮对作物的生长及生理特性的影响^[6], 较多的则是研究氮素水平对作物的生理效应^[7], 但很少有人研究氮素亏缺时间长短对作物产生的生理影响。为了探究氮素亏缺对作物生理特性所造成的影响, 本文利用水培试验, 初步研究了氮素不同胁迫时间对分蘖期小麦产生的某些生理特性的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于 1999 年冬在西北农林科技大学温室进行。供试小麦(*Triticum aestivum*)品种为小偃 22(弱冬性)。10 月 7 日播种育苗, 10 月 30 日装盆培养(盆钵为 3.4 L 塑料盆, 每盆栽苗 38 株)。移栽后, 先用自来水培养 2 d, 随后用 1/2 强度的 Hoagland(二)营养液培养 5 d。以后培养采用 Hoagland(二)营养液(其中用柠檬酸铁代替酒石酸铁)。培养中均采用 Arnon 的微量元素配方^[4]。营养液用含有硝态氮约

0.5 mmol/L 的自来水^[5]配制而成。每两周更换一次营养液, 同时每天通气 1 h, 并补充相应损失的水分。

11 月 20 日麦苗处于分蘖盛期时, 用 1/9 (1.7 mmol/L) 氮素强度的 Hoagland 营养液进行培养, 以全氮 Hoagland(二)培养液培养的材料为对照(其氮素浓度为 15 mmol/L); 培养 5、10 和 15 d 后, 取样测定各生理指标。各处理重复 3 次。

1.2 试验方法

可溶性蛋白含量测定参照文献[8]的方法; 硝酸还原酶活性用活体比色法测定^[9]; 硝态氮、铵态氮用连续分析仪测定; 根系活力采用 TTC 法测定^[9]; 根系表面铁氰化钾还原活性测定同文献[10]; 叶绿素测定参照文献[11]的方法。

2 结果与分析

2.1 对硝酸还原酶的影响

硝酸还原酶(NR)是植物氮代谢中的关键酶之一, 因其 K_m (米氏常数)较大, 它所控制的反应在氮素同化的无机阶段是一个限速步骤, 直接影响到蛋白质的合成; 另一方面, 因其本身就是蛋白质, 半衰期短, 周转快, 其活性靠酶蛋白的不断合成来维持^[12]。图 1 表明, 随着氮素胁迫时间的推进, 叶和根

* [收稿日期] 2001-03-07

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49890330, 39770425 和 G1999-011707)

[作者简介] 曹翠玲(1960-), 女, 陕西眉县人, 副教授, 博士, 主要从事植物营养生理方面的研究。

的NR活性变化趋势极其一致:胁迫5 d时活性明显降低到对照水平以下,10 d时几乎恢复到对照水平,15 d时又有较大的降低。

2.2 对硝态氮含量的影响

进入植物体内的硝态氮,须经过NRA的还原,

转变成亚硝态氮,进而再转变成铵才能被同化为酰胺、氨基酸等。因此,植物体内的硝态氮含量,在一定程度上能够反映植物吸收、利用和转运硝态氮的能力。由图1,图2可知,随着氮素胁迫时间的推移,植物体内硝态氮含量和NR活性呈相同变化趋势。

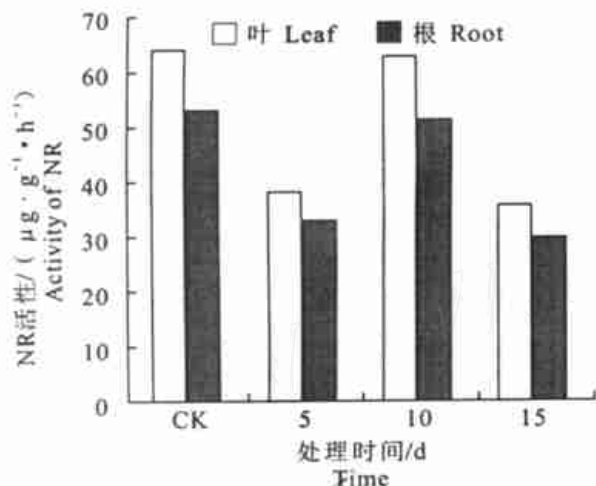


图1 氮素胁迫时间对NR活性的影响

Fig 1 Effect of nitrogen stress time on the activity of NR

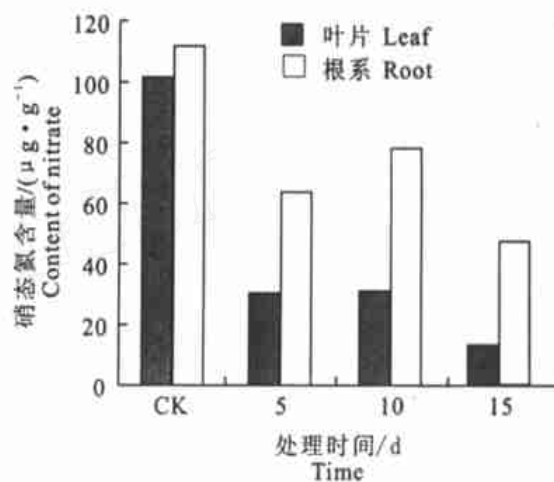


图2 氮素胁迫时间对硝态氮含量的影响

Fig 2 Effect of nitrogen stress on the content of nitrate

2.3 对铵态氮含量的影响

在氮素亏缺后较短时间内(5 d),小麦体内不论是根系,还是叶片,其体内的铵态氮含量均升高到对

照水平以上,以后则随着胁迫时间的推移,其含量下降到对照水平以下(图3)。

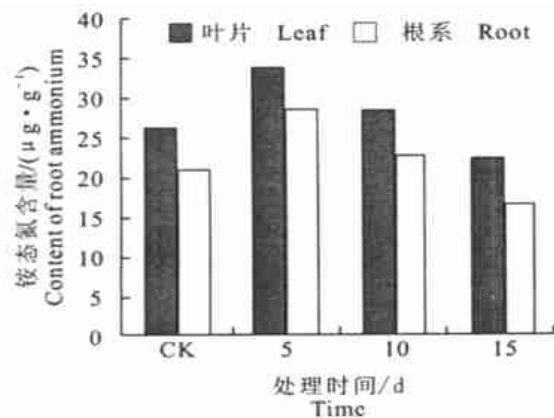


图3 氮素胁迫时间对铵态氮含量的影响

Fig 3 Effect of nitrogen time on the content of ammonium

2.4 对根系活力和根系表面氧化还原活性的影响

对根系活力和根系表面氧化还原活性的测定结果(图4,图5)表明,氮素胁迫后5 d,根系活力、根系表面氧化还原活性均升高到对照水平以上,胁迫10,15 d,其活性下降到对照水平以下,从10 d到15 d,变化则比较小。

2.5 对可溶性蛋白含量的影响

用考马斯亮蓝测定的可溶性蛋白含量的结果(图6)显示,氮素亏缺初期(5 d),叶片蛋白含量即下降到对照水平以下;亏缺时间延长到10 d时,其含量反而略有上升;亏缺时间再延长时,其含量降低到对照水平以下。但是根系蛋白的变化与叶片有较大区别:胁迫5,10 d后,根系可溶性蛋白略有上升,到

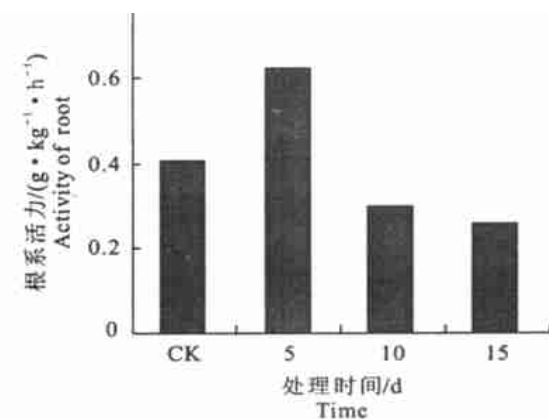


图4 氮素胁迫时间对根系活力的影响

Fig 4 Effect of nitrogen stress time on the activity of root

15 d 时降低到对照水平以下。

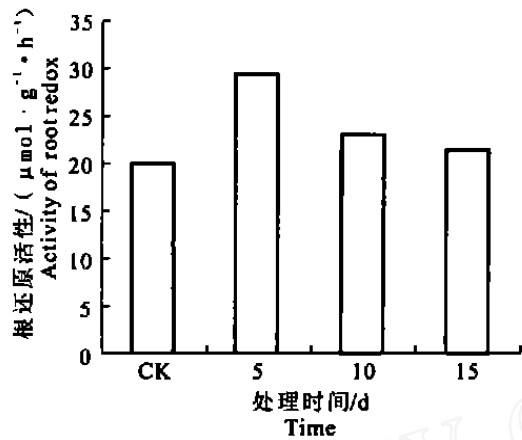


图 5 氮素胁迫时间对根系氧化还原活性的影响

Fig 5 Effect of nitrogen time on the activity of root redox

2 6 对叶绿素含量的影响

氮素胁迫时间对叶绿素含量影响的测定结果(表 1)表明, 氮素亏缺时间长短对叶绿素含量的影响不同。胁迫后 5, 10 d, 叶绿素含量高于对照水平, 胁迫 15 d 后, 其含量低于对照水平。

表 1 氮素胁迫时间对叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of nitrogen time on the content of chlorophyll

处理时间/d Treatment days	叶绿素含量/(mg · g ⁻¹) Content of chlorophyll		
	chl a	chl b	chl
对照 Control	0.381±0.053	0.247±0.040	0.628
5	0.409±0.009	0.268±0.005	0.677
10	0.455±0.045	0.275±0.049	0.830
15	0.360±0.116	0.234±0.109	0.594

3 讨 论

在诸多的环境因子中, 底物对 NR 的影响是显著的。有关 NR 与施氮肥量间关系的研究已早有报道^[13, 14], 本研究结果与前人的研究结果有相同之处, 即在氮素供应不足时, 叶片的 NRA 活性降低到对照水平以下(图 1); 但本文结果还说明叶片 NR 活性不仅与环境中硝态氮浓度有关, 而且极有可能与植物体内硝态氮含量的多寡有关, 这是因为不管环境中硝态氮的浓度有多高, 都必须进入植物体内, 方能被位于细胞质中或细胞膜上的 NR 还原。本研究结果表明, 胁迫后 NR 与硝态氮的变化趋势极其一致(图 1 和图 2), 这也从另一个方面证明了 NR 作为诱导酶的属性, 这与高祖明等^[14]、朱祝军等^[15]

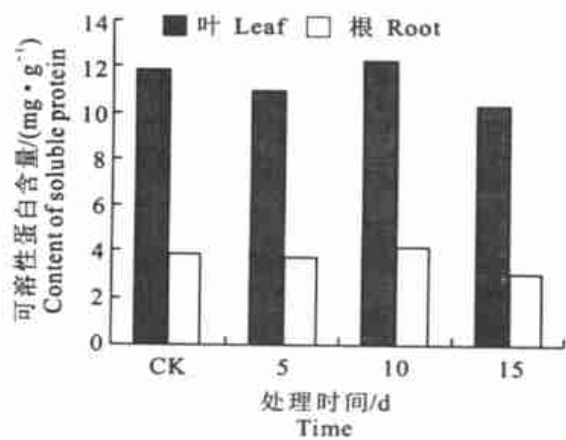


图 6 氮素胁迫对可溶性蛋白含量的影响

Fig 6 Effect of nitrogen time on the content of soluble protein

和林春华等^[6]的报道一致。分析、比较本研究测定的 NR 活性(图 1)、铵态氮含量(图 3)及可溶性蛋白含量的变化, 作者认为在氮素胁迫 5 d 时, NR 活性的降低, 除与 NR 本身酶蛋白含量减少、活性降低、体内硝态氮浓度下降有关外, 很可能还受到反应产物的反馈抑制, 铵态氮积累可能抑制了 NR 的活性^[16]。氮素胁迫 10 d 时系统的含量不变, 根系活力下降, 但是 NR 活性上升, 可能是小麦对氮素不足作出的一种积极响应。15 d 时, NR 活性下降可能是由于酶蛋白不足引起的。

硝态氮进入植物体内后, 在 NR 和 N iR (亚硝酸还原酶) 催化下转变成铵态氮后, 才能进一步与其他化合物结合形成氨基酸或酰胺而为植物所利用。分析本研究的测定结果, 作者认为, 氮素亏缺初期(5 d), 叶片和根系内铵态氮含量的增加, 可能是氮素亏缺导致了小麦体内 GS (谷氨酰胺合成酶)、GO G A T (谷氨酸合成酶) 和 GDH (谷氨酸脱氢酶) 等酶蛋白含量减少, 使其活性降低, 从而使小麦体内铵态氮含量升高; 随着氮素亏缺时间的延长, 作物可能对缺氮已产生了适应性, 但是, 亏缺 15 d 时的铵态氮含量下降, 则是 NR 活性下降、体内硝态氮不足等的综合表现。

Craig 等^[17]、焦新之等^[18]试验指出, 在植物细胞表面存在着氧化 NAD (P) H₂ 和 Fe (CN)₆³⁻ 的氧化还原系统。从本研究结果来看, 氮素亏缺 5 d 后, 根系的 TTC 还原活性及氧化还原活性升高, 很有可能是 2 个方面的原因: 一是氮素不足, 导致氮素同化作用减弱, 因而还原硝态氮的 NAD (P) H₂ 便累积起来, 从而使 TTC 的还原活性和根系氧化还原活

性较高;二是植物对氮素亏缺作出了积极的响应。随着氮素亏缺时间的延长,根系活力、根系氧化还原活性的降低便成为必然;氮素不足也可导致NAD(P) H_2 的缺乏及有氮素参与的酶的减少,因而导致TTC还原活性和根系氧化还原活性的降低。

蛋白质的一个最重要的生物学功能就是作为有机体新陈代谢的催化剂——酶。因此,研究氮素对蛋白含量的影响有重要的生物学意义。本试验结果表明,氮素亏缺5 d,可溶性蛋白含量下降,可能是细胞以蛋白为氮源,以补偿外界供氮的不足;胁迫10 d后,蛋白含量升高,可能是细胞内一些结构蛋白转化为可溶性蛋白的结果;15 d后,蛋白含量下降,是细

胞内氮素严重不足造成的。本试验仅研究了氮素亏缺对蛋白质代谢最终结果即蛋白含量的影响,作者认为还需要从蛋白翻译、转录和合成水平上探讨氮素对蛋白代谢的影响。

叶绿素也是一种含氮化合物。氮素亏缺5, 10 d后,叶片叶绿素含量升高,可能是氮素亏缺影响了叶片的扩张生长而造成单位面积叶绿素增加所致,而非真正的增加。

虽然本研究分析了氮素亏缺时间对小麦的一些生理影响,但还不能完全揭示氮素亏缺对小麦幼苗造成的生理影响,有必要进一步探讨氮素亏缺对小麦体内能量代谢、供氢体及氮同化酶的影响。

[参考文献]

- [1] 杨肖娥, 孙 义. 不同水稻品种 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收动力学[J]. 土壤通报, 1991, 22(5): 307- 315
- [2] 何文寿. 几种作物对铵态氮和硝态氮的相对吸收能力[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学资源环境学院, 1994
- [3] 朱根海, 张荣跃. 叶片含氮量与光合作用[J]. 植物生理通讯, 1985, (2): 9- 12
- [4] 樊卫国, 刘进平. 不同氮素形态对刺梨生长发育的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(1): 27- 32
- [5] 周兆德, 李天贵, 黄启为. 氮肥不同施用量对大白菜产量和品质的影响[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(2): 21- 26
- [6] 林春华, 黄亮华, 陈永泉, 等. 缺氮、磷、钾、钙、镁对芥蓝硝酸盐积累、硝酸还原酶和过氧化物酶活性的影响[J]. 华南农业大学学报, 1998, (4): 55- 58
- [7] 李之林, Sarkar R S, Nayak S K, 等. 施氮对香稻某些生理效应的研究[J]. 华南农业大学学报, 1997, (3): 13- 17
- [8] 李 琳, 焦新之. 应用蛋白质染色剂考马斯蓝D—250测定蛋白质的方法[J]. 植物生理通讯, 1980, (6): 52- 56
- [9] 西北农业大学植物生理生化教研组. 植物生理实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986
- [10] 曹翠玲. 小麦根质膜氧化还原系统及其对水分胁迫的反应[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(2): 106- 110
- [11] 沈其伟. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法[J]. 植物生理学通讯, 1988, (3): 62- 64
- [12] Morilla C A, Boyer J S, Hageman R H. Nitrate reductase activity and polyribosomal content of cone (*Zea mays* L.) having low leaf water potentials[J]. Plant Physiol, 1973, 51: 817- 820
- [13] 方昭希, 王明录, 彭代平, 等. 硝酸还原酶与氮素营养的关系[J]. 植物生理学报, 1979, 5(2): 123- 128
- [14] 高祖明, 张耀东, 张道勇, 等. 氮磷钾对叶菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、过氧化物酶活性的影响[J]. 园艺学报, 1989, 16(4): 293- 297
- [15] 朱祝军, 黄上志, 宋松泉, 等. 氮磷钾对白菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶活性的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1993, (2): 208
- [16] L uchli A, Bielecki Encyclopedia of plant physiology[M]. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1983
- [17] Craige T A, Crane F L. Evidence for transplasma membrane electron transport system in plant cells[J]. Proc Indiana Acad Sci, 1981, 90: 150- 156
- [18] 焦新之, 李 琳, 倪晋山. 花生幼苗下胚轴质膜氧化还原系统[J]. 植物生理学报, 1992, 18(1): 63- 70

The effect of nitrogen stress time on some physiologic characteristics in winter wheat tillering stage

CAO Cu-i-ling¹, LI Sheng-xiu², LI Xue-jun¹

(1 College of Resources and Environment; 2 College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Nutrient solution culture was used to study the effect of nitrogen stress time on the characteristic of wheat in tillering stage. The results showed that after stressing for 15 d, the content of chlorophyll decreased; the changing trend of NRA and content of soluble protein was the same; after N stress, NRA of root was lower than that of the control, the content of nitrate and soluble protein were lowered; after stressing for 5 d and 10 d, content of ammonia increased; stressing for 5 d, the activity of root and activity of root redox increased too.

Key words: nitrogen deficiency; stress time; wheat tillering stage; physiologic characteristic