

低温对缺钼冬小麦幼苗生长的影响

II. 对氮代谢的影响

李文学¹,王震宇¹,张福锁¹,韩晓日²

(1 中国农业大学植物营养系,北京 100094;2 沈阳农业大学土地与环境学院,辽宁沈阳 110161)

摘要:对三叶一心的缺钼冬小麦进行 24h 低温处理($-5\sim 0^{\circ}\text{C}$),了解其对氮代谢诸方面的影响。结果显示,缺钼对植株全氮含量基本无影响,但能明显影响氮在植株各部位的分配。常温下,供钼显著降低植株地上部全氮含量,但根部全氮量明显增加;低温条件下,供钼与不施钼处理的冬小麦根部全氮量无大差别;无论温度如何,施钼与否,各处理地上部、根中可溶性蛋白含量均无显著差别。常温下,施钼显著提高地上部游离氨基酸含量,低温处理后,施钼和缺钼处理的植株地上部游离氨基酸含量均明显提高,且施钼处理显著高于缺钼处理。通过对硝酸还原酶活性的测定证实,常温下,钼对冬小麦体内硝酸还原酶活性无影响;在低温条件下,缺钼植株地上部、根中硝酸还原酶活性明显低于施钼植株,施钼植株硝酸还原酶活性能保持在较高水平。

关键词:冬小麦;缺钼;低温;氮代谢

中图分类号:SI61.2;S512.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-505X(2001)01-0088-05

钼与植物氮素的同化关系密切。它是硝酸还原酶和固氮酶的组成成分^[1],能促进植物对硝态氮的吸收和豆科作物对氮的固定。施用钼肥已成为豆科植物高产的一项重要措施^[2]。豆科作物缺钼,根瘤数减少,固氮能力下降,从而影响产量;高等植物缺钼会影响体内硝态氮的转化,使植株体内硝态氮含量升高。^[3]

禾本科作物对钼需求量很低,对钼极不敏感,钼氮之间的关系研究还较少。杜应琼等^[3]的试验表明,在酸性土壤上施氮肥过多易引起冬小麦缺钼。此外,冬小麦一般在越冬前并无缺钼症状,只有在温度急剧下降时才逐渐明显。由此可见,施氮肥过量、低温是酸性土壤上冬小麦缺钼的重要因素。本试验在人工控光、控温条件下,利用土培方法,探讨了低温对缺钼冬小麦幼苗体内氮代谢的影响。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与试验方法(见参考文献[4])。

1.2 测定项目及方法

植株全氮含量: $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮,蒸馏法;游离氨基酸:茚三酮比色法;可溶性蛋白:考马斯亮兰 G-250 法;硝酸还原酶活性: α -萘胺比色法。

土壤全氮(半微量凯氏法);碱解氮(碱解扩散法);土壤速效磷($\text{NH}_4\text{F}-\text{HCl}$ 法);土壤速效钾(NH_4OAC 浸提,火焰光度法);土壤有效钼(ICP 法);土壤 pH(水土比 2.5:1)。

收稿日期:1999-08-25

基金项目:国家重点基础研究专项经费资助(G1999011707)。

作者简介:李文学(1973—),男,河南长葛人,博士研究生,主要从事植物营养生理及遗传研究。

2 结果与分析

2.1 低温对缺钼冬小麦体内含氮量的影响

相同的温度条件下,供钼、缺钼植株含氮量虽有微小波动,然而各处理之间无显著差异,说明在本试验条件下,冬小麦幼苗供钼与否对全氮含量无影响;而在钼营养相同的条件下,低温显著降低缺钼植株全氮含量。在常温条件下,施钼处理植株地上部全氮含量显著低于缺钼处理,而低温条件下,施钼处理植株内全氮含量高于缺钼处理,差异达到显著水平。经低温处理后,施钼处理植株全氮量较常温下有所增加,但差异不显著;缺钼植株全氮量较常温处理则显著减少,由 4.00 % 降为 3.66 % (表 1)。

表 1 低温对缺钼冬小麦幼苗全氮量的影响 (%)
Table 1 Influence of low temperature on content of total N in winter wheat seedlings

项目 Items	+ Mo + NT	- Mo + NT	+ Mo + LT	- Mo + LT
全株	3.80ab	4.00a	3.89ab	3.66b
地上部	4.36bc	4.85a	4.60ab	4.26c
根部	2.84a	2.40b	2.60ab	2.82a
地上部含氮量占全氮量的比例	72.28	78.69	75.92	67.76
根部含氮量占全氮量的比例	27.72	21.31	24.08	32.24

表 1 还表明,施钼和低温对小麦根部全氮量的影响与地上部不同。常温下,施钼处理的根中全氮量较高,达到 2.84 %,显著高于缺钼植株;低温条件下,缺钼植株根中全氮含量高于施钼植株,但差异未达到显著水平。低温处理后,施钼的植株根中全氮含量较常温下略有下降,差异也不显著;而缺钼植株根中全氮量则由 2.40 % 增加到 2.82 %,差异达到显著水平。

施钼及低温处理对于氮在植株体内分配的影响十分明显。在常温条件下,缺钼能够促进氮向地上部的运输,使地上部能获得较多的氮素;相反,施钼处理根部得到的氮素较多,显著高于缺钼处理。低温下,情况与常温下则相反,施钼促进氮素向地上部的分配,减少根中的含量。低温处理后施钼植株氮素分配比例变化不大,而缺钼处理变化明显。低温使氮素在缺钼植株根部累积,影响到氮素向地上部的分配,从而降低地上部全氮含量。

2.2 低温对缺钼冬小麦体内可溶性蛋白和氨基酸含量的影响

图 1 看出,无论根部还是地上部,各处理可溶性蛋白含量虽有微小变化,但差异不显著。说明在本试验条件下可溶性蛋白含量不受温度及施钼状况的影响,且与部位无明显关系。

游离氨基酸被公认为是衡量植物抗冻性的一个重要指标。常温下,供钼植株地上部游离氨基酸含量为 $348.18\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (鲜体),比缺钼处理植株提高近 50 %;低温条件下,供钼处理植株为缺钼植株的 1.4 倍左右,差异达到极显著和显著水平。低温下供钼处理,小麦幼苗氨基酸含量由 348.18 增加到 $607.09\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (鲜体),表明钼对于提高冬小麦抗冻性有显著作用。低温与供钼状况对氨基酸含量的增加有交互作用。

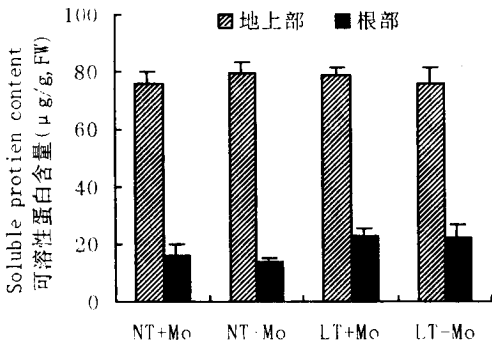


图 1 低温对缺钼冬小麦可溶性蛋白质含量的影响

Table 1 Effect of LT on soluble protein of winter wheat seedlings with Mo deficiency

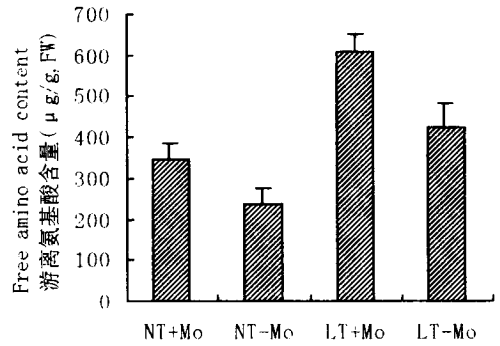


图 2 低温对缺钼冬小麦地上部游离氨基酸含量的影响

Table 2 Effect of LT on free amino acid content of shoot of winter wheat seedlings with Mo deficiency

2.3 低温对缺钼冬小麦体内硝酸还原酶活性的影响

常温下,不同钼处理的冬小麦地上部硝酸还原酶活性相差不大,而在低温条件下,供钼植株硝酸还原酶活性保持在较高的水平,为 NaNO_2 $228.67 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (鲜体),而缺钼植株酶活性降低,仅为 NaNO_2 $152.75 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,降低近 50 % (图 3)。

根中酶活性的变化与地上部相似(图 3)。常温下,施钼处理根中硝酸还原酶活性略高于缺钼处理,但差异不显著;在低温条件下,供钼植株酶活性为 NaNO_2 $3.07 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,为缺钼处理 2.7 倍,差异达到显著水平。经低温处理后,施钼处理酶活性较常温处理虽有升高,但差异不显著;而缺钼处理的酶活性则由 NaNO_2 2.60 下降到 $1.18 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,与常温下相比,差异显著。这说明常温下,缺钼与否对硝酸还原酶活性没有明显影响,而低温则会大幅度降低硝酸还原酶活性。

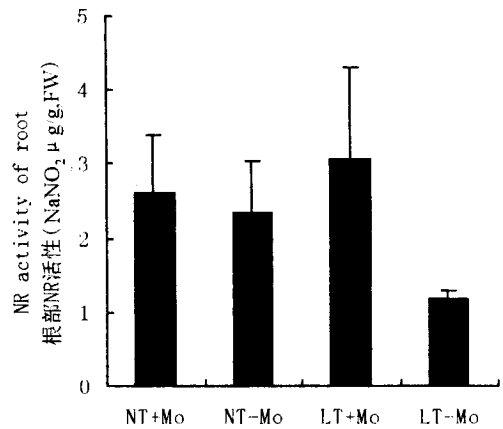
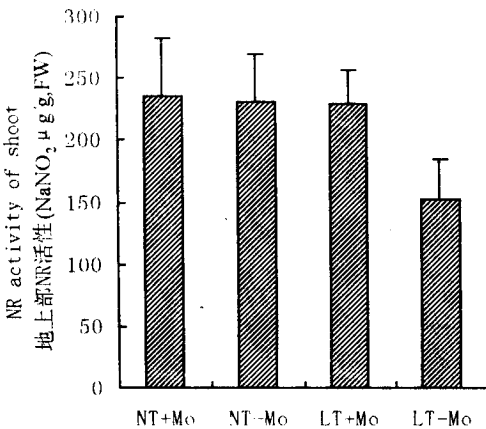


图 3 低温缺钼对冬小麦地上部和根部硝酸还原酶活性的影响

Fig. 3 Effects of LT on NR activity of shoots and roots of winter wheat with Mo deficiency

3 讨论

钼作为固氮酶与硝酸还原酶的组成成分,是生物固氮不可缺少的微量元素,因此自从钼被确认为高等植物的必需营养元素后,钼、氮营养关系一直是研究热点^[5]。

钼、氮关系复杂。有人证实将钼肥施入土壤后,燕麦的氮含量降低^[6];杜应琼等人^[7]的试验结果也表明,施钼比不施钼对照处理冬小麦的茎叶及子粒氮含量显著或极显著下降;在冬小麦苗期,对照的含氮量显著高于施钼处理。本试验取得的结果也证明,正常温度下,施钼显著降低植株地上部含氮量,而施钼处理根中氮含量显著高于缺钼处理;在低温条件下,情况则相反。造成此现象的主要原因是供钼水平与低温影响到氮素在冬小麦幼苗各器官的分配,但与氮素吸收总量关系不大。常温下,缺钼促进氮素向地上部的转移,使地上部全氮含量较高;而低温条件下,缺钼会抑制氮素向地上部的运输,而使氮素在根部累积。

游离氨基酸的增多,可以增加细胞质的浓度,对原生质有保护作用,一般可作为植物抗冻性指标。本试验中,无论温度如何,供钼植株体内游离氨基酸含量远高于缺钼植株,这说明钼能提高植物抗寒性。

硝态氮是植物的主要氮源之一。但硝态氮不能在植物体内直接参与代谢作用,它必须经过还原作用才能被同化。硝酸还原酶是硝态氮转化的关键酶,它是一种诱导酶,受多种环境因素,如光照、温度、硝酸盐、钼、pH 等的影响。此外,硝酸还原酶活性还受到氮素供应水平的影响。杜应琼等^[3]研究表明,高氮水平下,钼能提高小麦植株体内硝酸还原酶活性,植株体内 NO_3^- 含量与硝酸还原酶活性呈负相关。本试验结果看出,经低温诱导后,无论是根部还是地上部,硝酸还原酶活性大幅度下降,从而导致硝酸同化过程受阻。在光合电子传递过程中,电子直接传递给硝酸根,当钼供应不足、温度很低时,硝酸同化途径受阻,迫使大量电子通过 NADP^+ 进入三羧酸循环,反馈抑制这一途径的正常进行,使电子大量积累,进一步形成氧自由基等一系列活性氧,对植物细胞膜产生伤害。本试验是在氮水平偏高的条件下进行的,使植株中含氮量增加,这势必加重体内硝酸还原作用的负荷,使缺钼程度相对加重,从而导致缺钼症状的发生。

综上所述,钼不仅与豆科作物氮代谢关系密切,而且与冬小麦等非豆科作物体内氮代谢也有密切联系。钼从氮的运输、分配、转化等各方面调控着氮代谢,它不仅影响到植株全氮量,而且影响到硝态氮的转化、蛋白质的合成和氮素在不同器官中的分配。可见,钼氮之间存在紧密联系。

参考文献:

- [1] 马斯纳[德](曹一平,陆景陵,等译). 高等植物的矿质营养[M]. 北京:北京农业大学出版社, 1991. 189-195.
- [2] 杨玉爱. 我国钼肥的研究进展[A]. 农业渔业部农业局. 微量元素肥料研究与应用[C]. 武汉:湖北科技出版社, 1986. 55-59.
- [3] 杜应琼,等. 钼肥对小麦体内氮、钼营养影响的研究[J]. 华中农业大学学报, 1994, 13(4):384-389.
- [4] 李文学,王震宇,张福锁,韩晓日. 低温对缺钼冬小麦幼苗生长的影响 I. 对糖代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(3):312-317.
- [5] Romheld V and Marshner H. Function of micronutrients in plants[A]. In: Micronutrient in Agri. (2nd) [M]. SSSA

Press, 1991. 297-328.

[6] Cheng B T and Quellette G J. Molybdenum nutrition in oats as affected by organic amendment, nitrogen fertilizer and limestone[J]. *Naturaliste Can.*, 1972, 97:535.

[7] 杜应琼,等. 两种氮水平下施钼对小麦产量和生长发育的影响[J]. *华中农业大学学报*, 1994, 13(4):378-383.

Effect of molybdenum on growth of winter wheat seedlings induced by low temperature

II. Effect on nitrogen metabolism

LI Wwn-xue¹, WANG Zhen-yu¹, ZHANG Fu-suo¹, HAN Xiao-ri²

(1 Dept. of plant nutrition, CAU, Beijing 100094, China; 2 Shenyang AU, Shenyang 110161, China)

Abstract: Low temperature (LT, $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$) has been underway for 24h when winter wheat seedlings are 28 days old. The results as followed : Mo deficiency has no obvious effects on N content of whole plant but affects distribution of it significantly. Under normal temperature (NT) conditions, N content in shoot of Mo applied decreases significantly, while that in root increases obviously, and N content in root has no distinct difference between Mo deficiency and Mo application under LT condition. Soluble protein contents in shoot and root have no relation with Mo and LT. Under NT conditions, free amino acid content of shoot is enhanced obviously by Mo; after induced by LT, that of both shoot and root increase significantly, especially shoot. Nitrate reductase activity of Mo applied keeps at a relative high level under LT conditions.

Key words: winter wheat; Mo deficient; low temperature; nitrogen metabolism; NR