植物营养与肥料学报 2000,6(4):446～450
Plant Nutrition and Fertilizer Science

水硼互作对油菜的营养效应

方益华[1], 杨玉爱[2]
(1. 浙江大学农学院核技术农业研究所,浙江杭州 310029;2. 浙江大学土壤与农业化学,浙江杭州 310029)

摘要:在水培条件下,利用 PEG-6000 诱导水分胁迫,研究水硼互作对油菜幼苗的营养效应。试验结果表明,干旱使油菜全 N 量增加,蛋白 N/全 N 比值下降,B 浓度下降。油菜保护酶系统中的 POD、CAT、SOD 活性均下降,MDA 含量增加,根系膜透性也显著增加。此外,渗透物质如 Ca^{2+},脯氨酸,可溶性糖等在叶片中的含量均大幅度提高。试验结果还表明,缺硼环境为油菜抗旱提供了一个适应过程,而且硼素营养在一定程度上还可缓解干旱胁迫对油菜造成的伤害。

关键词:油菜;干旱;硼
中图分类号:S565.401　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2000)04-0446-05

油菜是我国主要油料作物之一,但在生产上常由于季节性干旱而导致减产。Moraghan 于 1991 年指出,土壤水分状况对硼的有效性有很大的影响,在所有营养元素中,干旱最易使作物缺乏的养分是硼[1]。在干旱季节,土壤含水量下降,硼的有效性随之下降,植物易出现缺硼症状[2]。Noppakoonwong 等人的试验表明,在施硼的土壤中,黑绿豆最新成熟叶的含硼量随土壤含水量的增加而增加,随土壤含水量的下降而下降[3]。油菜是需水较多同时又对缺硼敏感的作物。浙江省土壤普遍缺硼,油菜产区土壤缺硼面积达 80% 以上,而在水分胁迫的逆境条件下,还可加重油菜缺硼发生的范围和程度[4]。目前有关油菜在缺硼和干旱条件下各种生理指标的变化有所了解[5,6],但对在缺硼条件下,同时又遭受旱害的油菜的生理变化的研究还不多。为此,对此进行了研究,以探索水分与硼营养之间的互作机制。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用溶液培养方法。供试材料是浙优油 2 号,为双低优质油菜品种。种子经消毒后播于石英砂中,待其子叶展开,移植到 10L 的液培缸上。设 B_0(0mg/kg,缺硼),B_1(0.5mg/kg,硼充足)2 个硼水平;利用聚乙二醇(PEG—6000)诱导水分胁迫,设 W_0(0% PEG,无干旱),W_1(10% PEG,轻度干旱),W_2(20% PEG,严重干旱)3 个水平,实测水势分别为 0MPa, -1.05MPa, -1.75MPa。水硼配合共 6 个处理,即:处理 1 B_0W_0,处理 2 B_0W_1,处理 3 B_0W_2,处理 4 B_1W_0,处理 5 B_1W_1,处理 6 B_1W_2。各处理均重复 5 次,每天通气 1 次,5min,每周换营养液。所有幼苗完全营养液培养到四叶一心后,饥饿 1d,随后按不同硼处理培养 1 周。再进行水分胁迫处理,2d 后采样,取油菜幼苗全株进行各项测定。

1.2 测试方法

全 N 用凯氏定氮法,蛋白 N 用 10% 三氯乙酸沉淀,然后凯氏定氮法测定。B 采用甲亚胺比色法[7],Ca 含量采用原子吸收法测定。

收稿日期:1998-07-22
作者简介:方益华(1972—),女,浙江兰溪人,博士,讲师,主要从事植物营养、核示踪等研究。

过氧化物酶(POD)用愈创木酚比色法[8];过氧化氢酶(CAT)用硫代硫酸钠滴定法[9];蛋白质含量用Lowry法。

超氧化物歧化酶(SOD)酶液提取　取1g新鲜叶片用0.05mol/L磷酸缓冲液(pH=7.8)冰浴研磨,13000r/min 4℃离心20min,收集上清液作活性测定。酶活性测定采用NBT光化学还原法,以抑制NBT光还原50%时的酶液的用量作为一个活力单位(U)。

丙二醛(MDA)含量的测定参见张宪政等的方法[8];采用修改的电导法测定根系膜透性;用磺基水杨酸法测脯氨酸;采用蒽酮比色法测可溶性糖。

2　结果与分析

2.1　水硼互作对油菜全N,蛋白N含量的影响

水分胁迫使油菜植株全N含量增加,而蛋白N/全N比值降低(表1),说明水分胁迫导致油菜体内非蛋白质N含量增加,这可能是由于干旱使油菜体内蛋白质合成受抑制,同时某些水溶性氮化合物增加所造成的。表1结果还表明,缺B使油菜蛋白质合成受阻,从而降低蛋白N和蛋白N/全N比值。

表1　水硼互作对油菜全N、蛋白N的影响

Talbe 1　Effect of drought and boron nutrition on total nitrogen, protein nitrogen of rape

处　理 Treat.	1	2	3	4	5	6
全N(%)	3.329	3.731	4.133	2.755	3.501	3.849
蛋白N(%)	1.704	1.503	1.399	1.726	1.711	1.684
蛋白N/全N	0.512	0.403	0.338	0.626	0.489	0.438

2.2　水硼互作对油菜B浓度的影响

从图1中可以看出,缺B油菜体内B浓度高低变化趋势为根>茎>叶,而B充足的油菜则为叶>茎>根,此结果与其他研究者所报道的一致[10]。当油菜受到水分胁迫时,缺B组及B充足组的根,茎,叶的B浓度均下降,其中缺B组叶的B浓度下降最显著,而B充足组水分严重胁迫时叶的B浓度变化也最大。这表明叶片是油菜对缺硼及干旱最为敏感的部位。研究指出[11],作物对B的吸收直接受水分蒸腾作用的控制,油菜干旱使叶片蒸腾拉力减弱,这是导致油菜体内B含量下降以及移动性降低的主要因素。

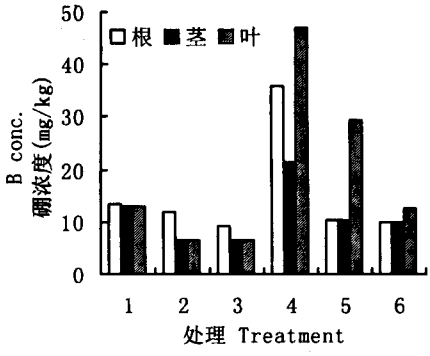

图1　不同水硼条件下油菜B浓度的变化

Fig.1　Changes of B concentration of rape under different treatments

2.3　水硼互作对油菜叶片钙浓度、脯氨酸、可溶性糖含量的影响

Ca、B关系一直是研究的热点。Fox提出,钙离子与作物的硼素营养有密切关系,Ca、B共同维持细胞壁的结构[12]。钙减少作物对硼的吸收,降低含硼量;而另一方面,钙在作物体

内可起到渗透调节作用。本试验表明(表2),干旱可以增加叶片胞质内 Ca^{2+} 浓度,Ca^{2+} 增加渗透势,间接调控细胞水势;同时,叶片脯氨酸、可溶性糖的含量迅速提高。这些渗透调节物质的增加,有利于油菜在干旱条件下,维持一定的渗透势,从水势降低的外界环境中继续吸水。因此,水分胁迫诱导的渗透物质的积累,可以说是植物对水分逆境的适应。而受缺硼胁迫的油菜其渗透调节能力显然高于硼充足油菜,此原因有待进一步探讨。

表2 水硼互作对油菜叶片钙、脯氨酸、可溶性糖含量的影响

Table 2 Effect of drought and boron nutrition on Ca^{2+} and proline, soluble sugar contents in leaves of rape

处理 Treat.	1	2	3	4	5	6
Ca^{2+}(%)	1.714	2.320	2.402	1.371	1.805	1.914
脯氨酸($\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$, FW)	202.8	223.8	268.9	213.9	228.4	263.0
可溶性糖(%)	41.17	50.22	55.77	33.74	48.01	55.16

2.4 水硼互作对油菜膜保护酶系统的影响

许多研究表明,水分胁迫下,植物体内产生大量的自由基,自由基累积,导致膜脂过氧化和脱脂化,进而引发一系列的生理生化变化。而在植物体内,同时也存在着氧自由基清除系统,其中的超氧化物歧化酶(SOD),过氧化氢酶(CAT),过氧化物酶(POD)被称为保护酶,油菜缺硼时,这3种酶活性均下降。当缺硼油菜处于水分轻度胁迫时,3种酶活性显著增加以抵御不良环境;水分严重胁迫时,保护酶活性下降,植物组织防御系统被破坏。而在硼充足条件下,不论水分是轻度胁迫还是严重胁迫,油菜POD、CAT、SOD活性均下降,可以认为,缺硼环境为油菜提供了一个抗逆锻炼的机会。

表3 不同水硼条件下油菜膜保护酶活性的变化

Table 3 Activities of POD, CAT, SOD of rape with different treatments

处理号 Treatment	POD ($\Delta OD_{470}nm \cdot min^{-1} \cdot mg_{Protein}^{-1}$)	CAT (H_2O_2 $\mu g \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$, FW)	SOD ($U \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1}$, FW)
1	25.22	659.6	270.84
2	30.87	684.2	361.13
3	20.90	361.7	187.71
4	37.21	793.4	408.68
5	30.54	705.3	276.63
6	26.87	683.3	254.09

2.5 水硼互作对膜透性及丙二醛含量的影响

丙二醛是膜脂过氧化的产物,其含量的高低是衡量细胞膜受损伤程度的指标之一。缺硼使油菜MDA含量增加,表明缺硼使膜结构受到损伤。严重水分胁迫条件下,MDA含量

增加更为明显。水分胁迫同时使根系膜透性增加,膜差别透性丧失,代谢紊乱。从图2可以看出,MDA 含量与膜透性有一定的相关性,MDA 含量越高,根系膜透性也越高。

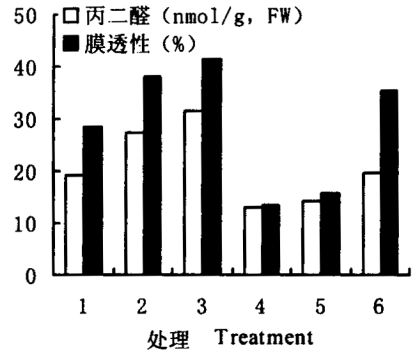

图 2　不同水硼条件下油菜丙二醛含量及膜透性的变化

Fig.2　Changes of MDA and membrane permeability of rape under different treatments

3　讨论

油菜作物中 B 是受干旱影响最大的元素。干旱胁迫通过加重 B 的缺乏而影响油菜各生理过程;而且油菜遭遇严重旱害时,缺 B 则会加剧油菜的受旱程度。在缺 B 条件下,油菜受到轻度干旱时,表现出一定的抗逆能力,最明显的是 POD、CAT、SOD 等保护酶活性的大幅度提高。表明保护酶系统是作物抗逆过程中最敏感的抗逆性指标。

干旱导致油菜幼苗体内非蛋白 N 含量增高,脯氨酸、可溶性糖等渗透物质相应增加,Ca^{2+} 浓度迅速提高。Ca^{2+} 及脯氨酸等是作物渗透调节的重要参与者,它们浓度的提高表明,油菜在干旱胁迫下具有一定的抗旱性;而对 B 充足或相对缺 B 油菜来说,前者在轻度水分胁迫下,渗调物质含量均小于后者,表明缺硼胁迫可增强受旱初期油菜的渗调能力。

有研究表明[13,14],干旱及缺 B 使油菜膜保护酶受到伤害,从而使氧自由基清除系统被破坏。油菜体内积累过多的有害自由基,作物膜透性增加,进而胁迫其它生理过程,最终使作物遭受损伤。干旱胁迫下,适宜的 B 浓度可以降低胁迫对质膜的伤害,提高作物抗旱性[15]。干旱胁迫下造成产生自由基的物质主要是酚类物质的积累,而 B 可以与酚类物质形成酚-硼复合物,使酚类物质不能进一步氧化形成自由基,这可能是 B 在水分胁迫下能起缓解作用的原因[16]。本试验结果表明,无论是在缺 B 还是 B 充足条件下,严重干旱均使油菜膜保护酶活性下降,MDA 含量增加,最终表现在细胞膜透性显著增加,丧失其选择性;而处于缺 B 胁迫的油菜遭受严重干旱时,这些指标变化幅度均大于 B 充足油菜。因此,在农业生产上,对严重受旱油菜叶片喷施 B 肥可能有助于提高油菜的产量。

参 考 文 献:

[1] Moraghan J T *et al*. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicitises [A]. *In*: Micronutrients in Agriculture(2nd edition) [M]. 1991.371-426.

[2] Huang L *et al*. Water supply influences boron uptake by transplanted oilseed rape grown in low boron soil [A]. *In*: Bell R W and Rerkasem B (eds.). Boron in soils and plants [M]. Kluwer Academic Publishers, 1997.157-160.

[3] Noppakoonwong R N *et al*. An effect of shade on the boron requirement for leaf blade elongation in black gram [J]. Plant and Soil. 1993, 155/156: 325-330.

[4] 杨玉爱等."中国油料作物硼锌营养调控"研究项目成果简介[J].土壤学报,1995, 32(4):449-452.

[5] 薛建明,杨玉爱.不同油菜基因型对缺硼反应的差异[J].浙江农业大学学报,1994, 20(4):422-426.

[6] Smirnoff N, Colombe S V. Drought influences the activity of enzymes of the chloroplast hydrogen peroxide scavenging system [J]. J. Exp. Bot., 1988, 39:1097-1108.

[7] Gaines T P and Mitchell G A. Boron determination in plant tissue by the azomethine-H method [J]. Commun. Soil sci.

Plant Anaal., 1979, 10:1099-1108.
[8] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.210-212.
[9] 朱广廉.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990.245-247.
[10] Shelp B J *et al*. Boron mobility in plants [J]. Physiol. Plant, 1995, 94:356-361.
[11] Bowen J E. Effect of environmental factors on water utilization and boron accumulation and translocation in sugarcane [J]. Plant Cell Physiol., 1972, 13:703-714.
[12] Fox R H. The effect of cacium and pH on boron uptake from high concentration of boron by cotton and alfalfa [J]. Soil Sci., 1968, 106:435-439.
[13] Halliwell B. Free radicals, oxygen toxicity and aging [A]. *In*: Sohal R S(ed.) Age pigments [M]. Elsevier, 1981.1-62.
[14] Nakano Y, Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach choloroplasts [J]. Plant Cell Physiol., 1981, 22:867-880.
[15] 王喜庆,汪沛洪.渗透胁迫下硼对细胞膜的保护作用[J].植物营养与肥料学报,1997, 3(3):218-223.
[16] Cakmak I, Kurz H and Marschner H. Shorter effects of boron, germanium and high light density on membrane permeability in boron deficient leave of sun-flower [J]. Physiologla Plantarum, 1995, 93:11-18.

Effect of drought and boron interaction on nutrition of oil rape

FANG Yi-hua[1], YANG Yu-ai[2]

(1. *Nuclear-Technol. Inst., Zhejiang Univ. HangZhou* 310029; 2. *Dept. of soil sci. and Agrochem., Zhejiang Univ., Hangzhou* 310029)

Abstract: Solution culture experiment was conducted in 1998. The results indicated that the total nitrogen of rape increased under drought while the ratio of protein nitrogen to total nitrogen declined. Drought could also bring about the decrease of B concentration. The activities of POD, CAT, SOD which belonged to the protective enzyme system of oil rape declined because of drought, and the content of MDA increased, so did the membrane permeability in roots. On the other hand, the amount of osmotic matter such as Ca^{2+}, proline, soluble sugar increased under drought treatment. The results also indicated that rape under B-deficient nutrition was more sensitive to drought than B-sufficient rape, and proper application of boron could relieve the hurt of drought.

Key words: oilseed rape; drought; boron