干旱胁迫下氯化胆碱对小麦幼苗叶片中叶绿素含量和荧光特性伤害的缓解作用

陈 雪,徐建明*,陈 娥,谭 卿,周 笑
(江苏省环洪泽湖生态农业生物技术重点实验室,淮阴师范学院,江苏 淮安 223300)

摘 要:实验以淮麦 21(*Triticum aestivum* L.)为材料,于小麦幼苗长至两叶一心期模拟干旱处理,并用不同浓度(0,100,200,300,400,500 mg/L)的氯化胆碱(CC)水溶液喷施小麦幼苗叶片,测定处理后的小麦叶绿素含量以及叶绿素荧光动力学参数。结果表明:用一定浓度氯化胆碱(CC)水溶液喷施小麦叶面,能明显提高干旱胁迫下小麦叶片中叶绿素含量,300 mg/L 浓度的氯化胆碱处理时叶绿素 a 和叶绿素总量分别比对照提高 83.46% 和 81.74%。且仍能维持较高的 *Fo'*(光适应后最小荧光)、*Fm'*(光适应后的最大荧光)、*Fv'*(可变荧光)、*Fv'/Fm'*(最大光化学效率)、*qP*(光化学猝灭系数)、*ETR*(电子传递速率)和 *ΦPS*Ⅱ(实际的电子传递的量子效率)等荧光参数。说明氯化胆碱能够缓解干旱胁迫下对叶绿素以及叶绿素荧光特性的伤害。

关键词:小麦幼苗;氯化胆碱;干旱胁迫;叶绿素荧光参数;叶绿素
中图分类号:S512.1;S512.034 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2010)03-0173-04

小麦(*Triticum aestivum* L.)是世界上分布最广泛也是最重要的粮食之一。但近年来,干旱威胁着全世界的农业生产,尤其是全世界的小麦生产。2009 年春,我国黄淮小麦种植区发生严重干旱灾害。水分供应不足会给小麦幼苗生长带来不良影响,不仅降低其产量,而且干扰其体内代谢平衡,影响小麦的品质。氯化胆碱是一种季胺盐植物生长调节剂,具有低毒、无环境污染、进入土壤后容易被微生物降解的特点。许多研究结果表明:氯化胆碱能增强作物的抗逆性,促进水稻、小麦、棉花幼苗健壮生长;改善水稻、玉米籽粒、马铃薯和苹果品质,促进根系发生,提高块根块茎的产量[1~4]。Che 等[5~7]研究认为氯化胆碱进入小麦体内后转化为甜菜碱或磷脂酰胆碱。磷脂酰胆碱不仅是生物膜的重要组成部分,也是合成单半乳糖甘油二酯(MGDG)、双半乳糖甘油二酯(DGDG)及硫代异鼠李糖甘油二酯(SQDG)的底物,且磷脂酰胆碱可以作为酰基膜脂去饱和的底物,从而在调节膜脂的流动性方面起重要作用。氯化胆碱对低温弱光下黄瓜幼苗叶片细胞膜和光合机构具有保护作用[8]。它还可有效缓解渗透胁迫对植物的损伤,提高植物的抗性[9]。

本实验采用氯化胆碱(Choline Chloride ,CC)对干旱胁迫下小麦幼苗叶绿素含量及叶绿素荧光特性伤害的缓解作用进行研究,旨在为采取有效调控措施提高小麦苗期抗干旱能力,减小干旱对小麦产量带来损失提供技术保障。

1 材料与方法

供试小麦品种为淮麦 21(淮安市农科院提供),氯化胆碱为 70% 的水剂。小麦种子用 1% 次氯酸钠消毒 30 min 后用去离子水冲洗多次,浸泡 24 h 后于 25℃下催芽 24 h,然后挑选大小一致的种子,于人工气候室中培养,昼/夜(12 h/12 h)温度为 26℃/20℃,光照 65 klx,相对湿度 70%,用蛭石进行培养,待种子萌发后生长至一叶一心时,改用完全营养液培养,适时浇等量营养液,保持蛭石充分湿润。当小麦幼苗长至二叶一心时,进行模拟干旱处理(停止浇水),2 d 后用不同浓度(0、100、200、300、400、500 mg/L)的氯化胆碱(CC)水溶液喷施小麦幼苗叶片。重复 3 次。3 d 后测其叶绿素含量和叶绿素荧光参数。叶绿素含量的测定,随机取新鲜小麦叶片 0.1 g 左右剪成 0.5 cm 小段,加丙酮和无水乙醇的混合提取液(丙酮、无水乙醇与蒸馏水体积比为 4.5:4.5:1) 10 ml,于室温下避光(叶绿素的化学性质很不稳定,容易受强光的破坏而分解)浸提至叶片全白,在波长 663 nm 和 645 nm 下测 OD 值[10]。叶绿素荧光动力学参数的测定,每处理测 5 株,5 个数据平均。对单株最上部展开叶,采用 FMS2 型便携式调制荧光分

收稿日期:2009-11-16
基金项目:江苏省大学生创新项目(jsdxs07 - 158)
作者简介:陈 雪(1987—),女,江苏连云港人,学士,主要从事植物营养生理研究。
* 通信作者:徐建明(1963—),男,江苏张家港人,研究员,硕士,主要从事植物营养与生长发育调控研究。E-mail: xjm@hytc.edu.cn。

万方数据

析仪(Hansatech公司)参照冯玉龙等的方法[11],暗适应15 min后测得相关叶绿素荧光参数。叶片暗适应15 min后用弱测量光测定初始荧光(Fo),随后给一个强闪光(5 000 μmol/(m^2·s),脉冲时间0.7 s)测得最大荧光(Fm),当荧光产量从Fm快降回到Fo时(5 s),打开作用光[400 μmol/(m^2·s)],当荧光恒定时(150 s),测得稳态荧光(Fs);加上一个强闪光[5 000 μmol/(m^2·s)],脉冲时间0.7 s)后荧光上升到能化类囊体最大荧光(Fm');关闭作用光使叶片暗适应3 s后,打开远红光,5 s后测得能化类囊体最小荧光(Fo')。按照以上测量步骤编程后,测得以下参数:可变荧光$Fv = Fm - Fo$、光系统Ⅱ(PSⅡ)最大光能转换效率(Fv/Fm)、PSⅡ有效光能转换效率(Fv'/Fm')、光化学猝灭系数[12] $qP = (Fm' - Fs)/(Fm' - Fo)$、非光化学猝灭系数[12] $qN = (Fm - Fm')/(Fm - Fo)$和非光化学猝灭系数[13] $NPQ = (Fm - Fm')/Fm'$,仪器自动给出电子传递速率(ETR)。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下氯化胆碱对小麦叶片中叶绿素含量的影响

叶绿素是植物叶片吸收太阳光能进行光合作用的物质基础,分为叶绿素a和叶绿素b,少数特殊状态的叶绿素a分子构成了PSⅡ的反应中心,有将光能转化为电能的作用,所有的叶绿素b分子和部分叶绿素a分子构成了天线色素,用来捕获光能。干旱胁迫下,往往导致叶绿素的降解。采用不同浓度的氯化胆碱处理干旱胁迫下的小麦幼苗,叶片中叶绿素的含量见图1。

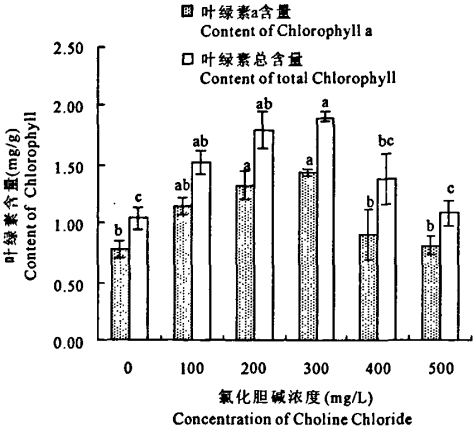

图1 不同浓度氯化胆碱对干旱胁迫下小麦幼苗叶片中叶绿素含量的影响

Fig.1 Effects of CC on the contents of chlorophyll in wheat seedling under drought stress

从图中可知,当氯化胆碱的处理浓度为200、300、400 mg/L时叶绿素a和总叶绿素含量均显著高于对照。当处理浓度为300mg/L时含量达到最大,分别比对照提高83.46%和81.74%,说明氯化胆碱能够减少干旱引起的叶绿素的降解,特别是叶绿素a的降解。

2.2 干旱胁迫下氯化胆碱对小麦叶片叶绿素荧光参数的影响

不同浓度的氯化胆碱处理干旱胁迫下的小麦幼苗,叶片中有关叶绿素的荧光动力学参数见表1。

表1 不同浓度氯化胆碱对干旱胁迫下小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响

Table 1 Effects of different concentrations of choline chloride on chlorophyll fluorescence parameters of the leaves of wheat seedlings under drought stress

处理 Treatment	Fo	Fm	Fv	Fo/Fm	Fm'	Fo'	Fv'	Fv'/Fm'
0 mg/L	294.00a ± 29.41	1307.33a ± 144.31	1113.00a ± 146.10	0.85b ± 0.03	804.00b ± 23.68	269.33b ± 15.78	534.67b ± 13.54	0.6650b ± 0.0132
100 mg/L	258.89b ± 3.80	1407.78a ± 119.31	1217.89a ± 115.510	0.87b ± 0.01	873.33ab ± 38.71	295.56ab ± 9.23	589.78ab ± 46.63	0.6753ab ± 0.0267
200 mg/L	248.33b ± 15.96	1305.89a ± 63.94	1257.56a ± 48.95	0.96a ± 0.01	828.89b ± 38.16	275.89b ± 16.65	560.00ab ± 24.73	0.6756ab ± 0.0087
300 mg/L	269.50b ± 6.50	1320.00a ± 58.33	1250.50a ± 64.83	0.95a ± 0.01	911.67a ± 50.00	335.33a ± 6.67	625.33a ± 56.67	0.6859a ± 0.0278
400 mg/L	256.00b ± 3.76	1298.78a ± 68.85	1202.78a ± 71.83	0.93a ± 0.01	801.89b ± 15.28	297.89ab ± 17.93	543.00ab ± 25.86	0.6772ab ± 0.0253
500 mg/L	282.33 b ± 9.54	1506.11a ± 71.46	1223.78a ± 65.12	0.81b ± 0.01	942.56b ± 33.23	310.00ab ± 10.07	638.56ab ± 27.73	0.6775ab ± 0.0113

注:表中同列不同小写字母数值间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters mean significant difference at $P < 0.05$ level.

万方数据

从表 1 中可以看出,不同浓度氯化胆碱处理干旱胁迫后的小麦幼苗,叶片中 *Fo* 显著降低,且随浓度增加,降低更大,*Fo* 的增减表示叶片内类囊体膜抗损伤程度的能力的强弱,若 *Fo* 减少越多,类囊体膜抗损伤能力越强[14]。而 *Fv/Fm*、*Fm'*、*Fo'*、*Fv'*、*Fv'/Fm'* 均显著比对照增高,且在浓度为 300 mg/L 时效果最高,分别较对照增加 11.76%、13.39%、24.51%、16.96%和 3.14%。*Fv/Fm* 表示 PSⅡ反应中心活性,是反映潜在的光化学反应速率[14]。而 *Fv'/Fm'* 指类囊体能化时的固有速率,反应开放的 PSⅡ反应中心原初光能转化效率[14]。

不同浓度氯化胆碱对干旱胁迫下小麦幼苗叶片中的 *qP*、*qNP*、*ΦPS*Ⅱ、*ETR* 的影响结果如图 2 所示。氯化胆碱处理 *qP*、*ΦPS*Ⅱ、*ETR* 均显著高于对照,*qNP* 显著降低。*qP* 在不同浓度处理中随氯化胆碱浓度上升而升高,在 300 ml/L 时达到最大,且比对照高 92.31%,*qP* 主要反映处于激发态的 PSⅡ中心通过电荷分离进行原初光反应能力的大小。*ΦPS*Ⅱ在处理浓度为 300 mg/L 时最高,比对照高 24.89%。*ETR* 在处理浓度为 400 mg/L 时到最高,比对照高 70.97%。由此可见,氯化胆碱有加快光合电子传递的速度的作用。*qNP* 在浓度为 300 mg/L时达到最低,比对照降低 25.45%,其降低表明通过非辐射能量耗散途径散失的过剩激发能的作用减弱,以提高光能利用率。

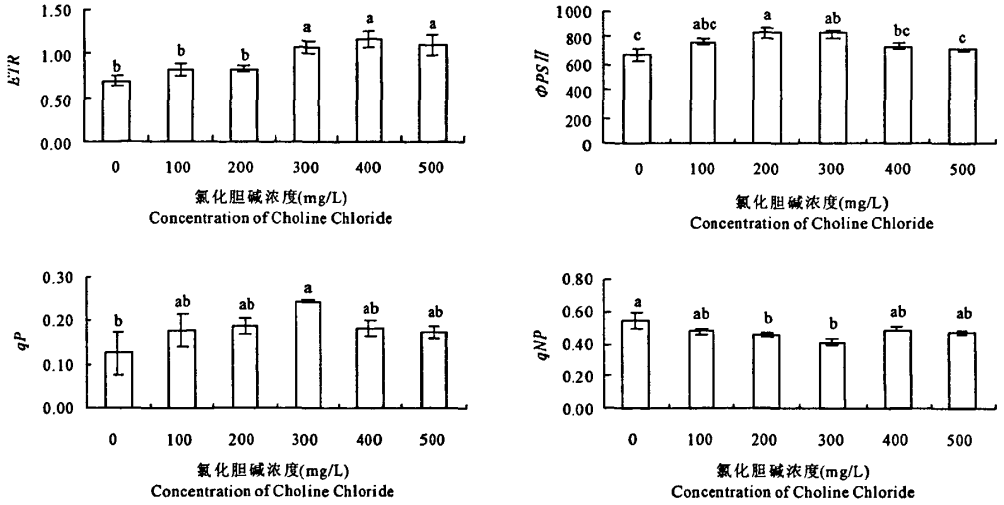

图 2　不同浓度氯化胆碱对干旱胁迫下小麦幼苗 *qP*、*qNP*、*ΦPS*Ⅱ和 *ETR* 的影响

Fig.2　Effects of different concentrations of choline chloride on *qP*, *qNP*, *ΦPS*Ⅱ and *ETR* of the leaves of wheat seedlings under drought stress

3　小结

干旱胁迫不仅直接导致叶绿素的降解、引发光合机构的异常,同时也影响光合电子传递。本研究结果初步表明,合适浓度的氯化胆碱浓度对干旱胁迫下小麦叶片中的叶绿素有一定的保护作用。首先,叶面喷施氯化胆碱溶液后,减少叶绿素的降解,特别是叶绿素 a 的降解,使小麦叶片光合作用的光反应能够顺利进行。以 300 mg/L 和 400 mg/L 喷施干旱胁迫下小麦叶片中叶绿素荧光参数 *Fo*(初始荧光)下降,而 *Fv/Fm*(原初光化学效应)、*Fo'*(光适应后最小荧光)、*Fm'*(光适应后的最大荧光)、*Fv'*(可变荧光)、*Fv'/Fm'*(最大光化学效率)、*ETR*(电子传递速率)、*ΦPS*Ⅱ(实际光化学效率)和 *qP*(光化学猝灭系数)仍维持较高水平,*qNP*(非光化学猝灭系数)下降,则说明 300 mg/L 和 400 mg/L 浓度的氯化胆碱溶液对小麦幼苗在干旱胁迫下叶绿素含量和叶绿素荧光特性的伤害具有一定的缓解作用。

参 考 文 献:

[1]　梁坚周,何若天.氯化胆碱对低温胁迫下稻苗的保护作用[J].中国水稻学,1999,13(1):31—35.

[2]　魏遵智,何若天,莫家让.氯化胆碱对玉米光合性能的促进作用[J].广西农学院学报,1992,11(4):29—37.

[3]　何若天.氯化胆碱对小麦和水稻幼苗生理的影响[J].广西农学院学报,1987,(1):32—34.

[4]　何若天,吴丹红,李景植.氯化胆碱对马铃薯组织培养苗生长的影响[J].广西农学院学报,1988,8(1):17—18.

[5]　Che F S, Cho C, Hyeon S B, et al. Metabolism of choline chloride and its analogs in wheat seedlings[J]. Plant Cell Physiol, 1990,31: 45—50.

[6]　Ohlrogge J, Browse J. Lipid biosynthesis[J]. Plant Cell, 1995,7:

万方数据

957—970.

[7] Uemura M, Steponkus P L. A contrast of the plasma membrane lipid composition of oat and rye leaves in relation to freezing tolerance[J]. Plant Physiol, 1994,104:479—496.

[8] 盛瑞艳,李鹏民,薛国希.氯化胆碱对低温弱光下黄瓜幼苗叶片细胞膜和光合机构的保护作用[J].植物生理与分子生物学学报,2006,32(1):87—93.

[9] 季玉龙,刘世名,陈靠山.氯化胆碱对小麦幼苗叶片在渗透胁迫下的影响[J].干旱地区农业研究,2002,20(3):57—60.

[10] 张宪政.植物叶绿素测定——丙酮乙醇混合液法[J].辽宁农业科学,1986,(3):26—28.

[11] 冯玉龙,冯志立,曹坤芳.砂仁叶片光破坏的防御[J].植物生理学报,2001,27(6):483—488.

[12] Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer[J]. Photosyn Res, 1986, 10:51—62.

[13] Bilger W, Bj örkman O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in Hedera canariensis[J]. Photosyn Res, 1990,25:173—185.

[14] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J].植物学通报,1999,16(4):444—448.

Alleviation of choline chloride on damage of chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in wheat seedlings under drought stress

CHEN Xue, XU Jian-ming*, CHEN E, TAN Qing, ZHOU Xiao

(*Jiangsu Key Laboratory of Eco-Agricultural Biotechnology Around Hongze Lake, Huaiyin Normal University, Huai'an, Jiangsu* 223300, *China*)

Abstract: The effects of choline chloride (CC) on chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters (Fo, Fm, Fv, Fo', Fm', Fv', qP, ETR and NPQ) on wheat (*Triticum aestivum* L. Huaimai 21) seedlings were studied after treatments with different concentrations (0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/L) under drought stress. The results showed that the content of chlorophyll a and content of chlorophyll were obviously increased by 83.46% and 81.74% respectively after spraying choline chloride (CC) with 300 mg/L concentration in wheat seedlings under drought stress. Also the chlorophyll fluorescence parameters (Fo', Fm', Fv', Fv'/Fm', qP, ETR and $\Phi PS\,II$) were maintained higher than CK. It was suggested that there would be an alleviation of choline chloride on damage of chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in wheat seedlings under drought stress.

Keywords: wheat seedling; choline chloride; drought stress; chlorophyll fluorescence parameter; chlorophyll

(上接第172页)

Analysis of the iron, manganese, copper, zinc and sodium of root system between maize genotypes differing in drought tolerance

SONG Feng-bin[1], LIU Sheng-qun[1], TONG Shu-yuan[1,2], XU Hong-wen[1,2], ZHU Xian-can[1,2], ZHOU Xuan[1,2]

(1. *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130012, *China*;
2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100039, *China*)

Abstract: The primary roots and the first to ninth layers of secondary roots of two maize genotypes of Yedan - 13 (drought tolerance) and Danyu - 13 (non-drought tolerance) with different tolerance to drought in the field condition were investigated to study their content of iron, manganese, copper, zinc and sodium by ICP. The results showed that the content of copper of Yedan - 13 was higher than that of Danyu - 13 at extremely significant difference level($P < 0.01$). And the content of manganese and zinc of Yedan - 13 was also significantly higher than that of Danyu - 13($P < 0.05$). However, there were no significant differences in the content of iron and sodium of root between the two genotypes ($P > 0.05$).

Keywords: maize; root system; primary root; secondary root; trace element content; tolerance to drought

万方数据