

246-254

1206.5(11) 维普资讯 http://www.cqvip.com

氯化胆碱对小麦光合性能及生长的影响

何若天

(广西农业大学, 南宁 530005)

魏道智

(河北农业大学邯郸分校, 永年 057150)

5512.10f

A

摘要 盆栽和田间试验结果表明: 经喷施有效作用浓度范围(200—500ppm)氯化胆碱(CC)后的小麦叶片叶绿素含量略有增加, 希尔反应和光合速率增高; 促进了游离叶绿体非环式光合电子传递活性; 叶绿体片展的发育有所改善; Ca^{2+} -ATP酶和 Mg^{2+} -ATP酶活性均有所提高; 对正常呼吸代谢活力无影响, 但降低了光呼吸的关键酶乙醇酸氧化酶活性, 利于光合提高。对田间小麦株高无明显影响, 但叶面积明显增加, 功能叶寿命延长; 干粒重和小区产量增加; 对籽粒含氮量、蛋白质、粗脂肪等含量无明显影响, 但总糖量明显增加, 本文对CC促进小麦光合性能之原因和有效作用浓度作了讨论。

关键词 小麦; 氯化胆碱; 光合性能; 生长 光合作用

EFFECT OF CHOLINE CHLORIDE ON THE PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS AND GROWTH OF WHEAT

He Ruotian

(Guangxi Agricultural University, Nanning 530005)

Wei Daozhi

(Handan Branch School, Hebei Agricultural University, Yongnian 057150)

Abstract Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Guangxi 5503) was sprayed with effectively active concentrations (200—500 ppm) of choline chloride (CC) in different developmental stages. The main results were as follows:

1. The content of chlorophyll was increased slightly, the Hill reaction activity and photosynthetic rate were increased, the activity of non-cyclic photosynthetic electron transport in isolated chloroplasts was promoted, the development of grana lamellae in chloroplast was improved, and the activities of Ca^{2+} -ATPase and Mg^{2+} -ATPase were increased. The activity of key enzyme glycolate oxidase in photorespiration was decreased, but the activity of basic respiration was not changed.
2. The plant height of field growth wheat was not changed, but the leaf area was increased obviously, and the life of functional leaf was prolonged. The weight of 1000 grains and grain yield were increased.
3. The contents of total nitrogen, protein and crude fat in grain were not changed obviously, but the total saccharide content in grain was increased obviously.

缩写: EBTA, 乙二胺四乙酸盐; DCPIP, 2,6-二氯酚靛酚; DCMU, 氯 8-(3, 4-二氯苯基)-1, 1-二甲基脲; MV, 甲基紫精; PSI, 光系统 I; PS II, 光系统 II; ATP, 腺三磷; RuBP, 1, 5-二磷酸核酮糖

The reason of the promoted photosynthetic characteristics and its effectively active concentration of CC treatments were discussed in this paper.

Key words: Wheat; choline chloride; photosynthetic characteristics; growth

Konaka 报道 CC 能促进甘薯苗发根和增产^[20]后, CC 对植株干物重^[3,11,12]、糖与游离氨基酸的积累^[2]的影响, CC 对光合作用的促进^[2,19]、对膜脂成分的影响^[3,18]、对提高植物抗冷性^[18]、降低根系离子渗漏量之作用^[10]等均有少量报道,显示 CC 对植物具有多效的生物学作用^[15]。尤其引起人们注意的是 CC 对植物光合作用的促进,但对其机理知之甚少。本文主要报道我们近三年来研究 CC 对小麦光合性能与生长的影响,并对其作用机理进行了初步探讨,为 CC 能应用于生产提供些基本理论依据。

1. 材料与方 法

1.1 供试材料和栽培试验

供试小麦品种为桂5503,由广西农业科学院玉米研究所提供。

1.1.1 盆栽试验 盆栽填料为塘泥/蛭石(1.5/1),每盆施复合肥50g,播种40粒。待出苗达4叶期开始喷施CC。共设0、50、100、200、300、500和1000ppm 7个CC浓度,每个浓度三次重复,随机编组。盆栽试验材料主要供有关生理测定用。通常在喷施1或2次CC后5或7天取样供测。前后共进行了六次盆栽试验。

1.1.2 田间小区试验 在网室内实施。土壤为砂壤土,肥力中上。总面积96m²,分18个小区,两侧小区为保护行区。施少量混合肥作基肥。种子经0.1%HgCl₂灭菌和浸洗干净后播种,栽培期间按常规管理。设五个CC处理浓度(0、200、300、500和1000ppm)(因盆栽多次试验和田间预备试验表明喷施50和1000ppm CC者与对照无多大差异,故删去),每个浓度重复三个小区,随机区组排列。于分蘖期、拔节期、孕穗期和灌浆期共喷施4次CC。每小区定点15株供株高和叶面积等测定,收获后考查主要农艺性状和籽粒主要化学成分。

1.2 测定内容和方 法

1.2.1 叶绿素含量测定 按Arnon^[13]法测叶绿素a、b和总叶绿素量。

1.2.2 希尔(Hill)反应活力测定 取+3和+4叶的中段,混合切碎,按叶济宇和钱月琴^[11]法提取叶绿体,以幻灯机为光源照光(10⁵lux)1分钟后,在Beckman DU-7分光光度上测A₅₂₀值。

1.2.3 光合速率和呼吸速率测定 光合速率用氧电极法^[4]测定。反应液(1.8ml)含50mmol/L磷酸钾缓冲液(pH7.6)1mmol/L EDTA和10mmol/L NaHCO₃,以幻灯机提供光源,用双凸透镜聚焦光强10⁻⁵lux,恒温30±1℃。呼吸速率用同法在暗中测定,介质为经空气饱和的50mmol/L磷酸钾缓冲液(pH6.2)1.8ml,恒温28±1℃。

1.2.4 叶片Mg²⁺-ATP酶和Ca²⁺-ATP酶活性测定 按蔡剑萍等^[3]法。

1.2.5 乙醇酸氧化酶活性测定 按林植芳等^[5]法稍加修改。叶碎片加适量预冷的0.35mmol/L磷酸钾缓冲液(pH8.0),冰浴上匀浆,滤液于4℃下以10⁴r/min转速离心20分钟,上清液为粗酶液。反应液总容积4ml,含35mmol/L磷酸钾缓冲液(pH8.0)、0.1%DCPIP,0.1mol/L KCN,0.01mol/L NH₄Cl,0.04mol/L乙醇酸钠。反应液于35℃水浴中保温30分钟后,加0.5ml粗酶液,测ΔA₆₂₀,以每分钟A变化0.01为一个酶活性单位。

酶液蛋白质含量用考马斯亮蓝 G250 显色测定。

1.2.6 离体叶绿体光诱导电子传递活性测定 从小麦旗叶距叶尖 9—10cm 处取样, 共 3g, 用预冷的含 0.4mol/L 蔗糖、0.01mol/L NaCl 的 0.05mol/L Tris-HCl 缓冲液 (pH7.8) 制备叶绿体。冰浴上匀浆, 滤液于 4℃ 左右离心 (1500r/min) 1 分钟, 去细胞碎片。上清液再于 3000r/min 下离心 7 分钟, 沉淀物悬浮于上述提取液中, 制成叶绿体悬浮液。光诱导电子传递活性按薛应龙^[9]法略加修改。叶绿体悬浮液用量 0.2ml, DCMU 浓度为 1.25×10^{-6} mol/L, 其余同薛应龙^[9]。用氧电极法测氧量变化。

1.2.7 电镜样品的制备 盆栽小麦旗叶距叶尖 5—10cm 区段取样供电镜样品制备。按董渭祥和 高小彦^[6]法稍加修改。各处理均将叶片切成 1mm² 大小的样块, 用 pH7.4 的 0.1mol/L 磷酸钾缓冲液配成的 3% 戊二醛溶液置冰箱 (约 4℃) 内固定 5 小时, 用 0.1mol/L 磷酸钾缓冲液 (pH7.4) 冲洗 4 遍, 转入用 pH7.4 的 0.1mol/L 磷酸钾缓冲液配制的 2% OsO₄ 中, 于 4℃ 中固定 5 小时, 再用磷酸钾缓冲液冲洗 4 遍, 经各级乙醇顺序脱水后, 按序转入 100% 环氧丙烷, 纯环氧树脂 Epon812 中包埋, 超薄切片经醋酸双氧铀和柠檬酸铅染色。用 JEM-1200EX 型电镜观察并照相, 统计每个叶绿体平均基粒数和每个基粒内的平均片层数。

1.2.8 籽粒成分分析 籽粒蛋白质和含氮量按凯氏定氮法用日产全自动凯氏定氮仪测定, 淀粉含量按 ПОЧИНОК 比色法^[23]测定, 总糖和可溶性糖含量分别用二硝基水杨酸法^[7]和蒽酮法^[7]测定, 粗脂肪含量用索氏提取法测定。

1.2.9 叶面积用 LI-300 型叶面积测定仪测定。

2. 试验结果

2.1 CC 对小麦光合性能的影响

2.1.1 CC 对叶绿素含量的影响 与对照比, 喷施不同浓度 CC 后, 叶绿素含量有不同程度增加 (表 1)。在拔节期增加幅度为 3—14%, 以喷施 200 和 300 ppm CC 者增加较多, CC 浓度过低或过高, 对叶绿素含量并无多大促进作用。在孕穗期亦有同样结果。CC 对叶绿素 a、b 及其比值儿无任何影响。这启示 CC 对叶绿素代谢可能起一种调节作用, 只在一定有

表 1 氯化胆碱 (CC) 对小麦叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of choline chloride (CC) on chlorophyll content of wheat leaves

CC 浓度 (ppm) Concentration of CC (ppm)	拔节期叶绿素含量 (mgchl. g ⁻¹ FW) The contents of chlorophyll at elongation stage (mgchl. g ⁻¹ FW)					孕穗期叶绿素含量 (mgchl. g ⁻¹ FW) The contents of chlorophyll at boot stage (mgchl. g ⁻¹ FW)				
	Chl a	Chl b	a/b	总Chl Total Chl	%	Chl a	Chl b	a/b	总Chl Total Chl	%
0	0.016	0.008	2.00	0.024	100	0.685	0.330	2.08	1.015	100
50	0.015	0.007	2.14	0.022	91.7	—	—	—	—	—
100	0.017	0.008	2.13	0.025	100.2	—	—	—	—	—
200	0.018	0.009	2.00	0.027	112.5	0.760	0.370	2.05	1.130	111.3
300	0.018	0.009	2.00	0.027	112.5	0.757	0.377	2.01	1.134	111.7
500	0.017	0.009	1.89	0.026	108.3	0.710	0.357	1.99	1.067	105.1
1000	0.017	0.009	1.89	0.026	108.3	0.707	0.340	2.08	1.047	103.2

效浓度范围内才能发挥较好作用。

2.1.2 CC 对希尔反应活力的促进效应
小麦叶经喷施 CC 二天后, 便对其叶绿体 Hill 反应活力有明显促进作用, 仍以 200 和 300 ppm CC 处理者效果最佳, 与对对比, 其 Hill 反应活力分别增加 21.2% 和 23%。CC 浓度过低和过高, 增加幅度降低 (表 2)。

2.1.3 CC 对光合速率和呼吸速率的影响
不同浓度 CC 对小麦光合速率有不同程度的影响, 其中亦以喷施 200 和 300 ppm CC 者光合速率提高幅度最大。低于 100 ppm 者促进效果不高; 高于 500 ppm 者, 促进效果反而降低 (表 3)。CC 的这种效应与对 Hill 反应活力的作用很类似。

各 CC 浓度对小麦叶呼吸速率影响不大 (表 3), 这与我们以前工作^[2]和 Hyeon 等^[19]的结果一致。

2.1.4 CC 对离体叶绿体光诱导电子传递活力的促进

对小麦游离叶绿体提供合适的人工电子传递体和电子受体及解偶联剂, 组成三个人工电子传递链: $H_2O \rightarrow PS II \rightarrow K_3Fe(CN)_6$, $H_2O \rightarrow PS I \rightarrow PS I \rightarrow MV$ 和 $DCPIP \rightarrow Vit.C \rightarrow PS I \rightarrow MV$ 。人工电子传递的抑制剂用 DCMU。分别测其在光照下氧含量变化速率。结果表明, 不同浓度 CC 处理对三个人工电子传递链活性均有不同程度的促进作用 (图 1)。换言之, CC 对非环式光合电子传递活力有促进效应, 其中亦以 300 ppm CC 处理者促进效果最好。

2.1.5 CC 降低乙醇酸氧化酶的活性

作为 C_3 植物的小麦, 其光呼吸通常较高, 但经合适浓度 CC 处理后, 作为光呼吸的关键酶即乙醇酸氧化酶活性显著者或极显著地被抑制 (表 4)。其中亦以 200 和 300 ppm CC 处理者抑制效果较大。

表 2 氯化胆碱 (CC) 对小麦离体叶绿体希尔反应活力的影响

Table 2 Effect of choline chloride (CC) on Hill reaction activity in isolated chloroplasts of wheat

CC 浓度 (ppm)	希尔反应活力	
Concentration of	Hill reaction activity	
CC (ppm)	$\mu\text{molO}_2 \cdot \text{mg}^{-1} \text{chl} \cdot \text{h}^{-1}$	%
0	56.24 (cA)	100
50	57.32 (cA)	101.9
100	61.03 (bcA)	108.5
200	68.19 (abA)	121.2
300	69.20 (aA)	123.0
500	65.25 (abA)	116.0
1000	63.12 (bcA)	112.2

注: 括号内大、小写英文字母分别为 LSR 0.01 和 LSR 0.05 显著性测验, 各数值间小写或大写字母相同者 (如同为 a) 表示彼此差异不显著, 字母不同者 (如 a 与 b) 表示彼此差异显著。

Note: The capital letter and small letter of English in brackets express LSR 0.01 and LSR 0.05 Significance test respectively, of the same alphabet with no difference; of the different alphabet with significant difference.

表 3 氯化胆碱 (CC) 对小麦光合和呼吸速率的影响

Table 3 Effect of choline chloride (CC) on rates of photosynthesis and respiration in wheat leaves

CC 浓度 Concentration of CC (ppm)	光合速率 Photosynthetic rate		呼吸速率 Respiratory rate	
	$\mu\text{molO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	%	$\mu\text{molO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	%
0	147.10 (cA)	100	57.49 (aA)	100
50	146.32 (cA)	99.5	57.38 (aA)	99.8
100	158.43 (bcA)	107.7	57.53 (aA)	100.1
200	190.82 (abA)	129.7	57.19 (aA)	99.5
300	194.18 (aA)	132.0	57.47 (aA)	100
500	170.11 (abcA)	115.6	60.45 (aA)	105.1
1000	160.91 (bcA)	109.4	60.34 (aA)	105

注: 括号内大、小写英文字母的意义见表 2。

Note: The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

2.1.6 CC对叶绿体片层发育的改善 为了了解CC是否对叶绿体片层结构有所改善,分别统计了各处理同位叶共100个叶绿体,500个基粒(每处理100个),共8780个片层,以求每个叶绿体的平均基粒数和每个基粒平均片层数。按Goodenough等改进的Teichler-Zallen法^[10]用公式 $nN/\Sigma nN$ 统计整理如表5。结果表明,经不同浓度CC处理者,其 $nN/\Sigma nN$ 值均不同程度地高于对照,其中以用200和500 ppm CC处理者与对照的差异较显著,次为300 ppm CC处理者。这说明CC对叶绿体基粒片层之发育有一定促进作用(图版I:1—6)。

2.1.7 CC对ATP酶活性的促进 由于ATP酶与植物体内能量代谢相偶联,因此与光合作用有密切关系。 Ca^{2+} -ATP酶和 Mg^{2+} -ATP酶普遍存在于与能量转换有关的如叶绿体、线粒体等细胞器的膜上^[8]。经喷施不同浓度CC

后,小麦叶内 Mg^{2+} -ATP酶和 Ca^{2+} -ATP酶活性均有不同程度的提高(表6)。其中以300 ppm CC处理者,两酶活性的提高最为显著,次为200和500 ppm CC处理者。

2.2. CC对小麦生长性状的影响

2.2.1 CC对生长的影响 不同浓度CC对田间小麦植株高生长影响无明显差异(表7),但多次盆栽试验均见喷施300 ppm CC者,株高稍高于对照(约高5.2%),当CC达1000 ppm时,株高明才显受抑制(比对照低7.7%)盆栽和田间试验均表明,CC对叶面积有明显促进作用。喷施300 ppm CC者叶面积比对照增加21.7%,次为200 ppm CC处理者(表7)。盆栽试验还显示,在成熟期,经200和300 ppm CC处理者和对照比,旗叶及其以下1—2叶仍维持较强生长势,但CC浓度高于500 ppm时,其叶片和对照一样明显早衰。不同浓度CC对田间小麦穗长也有不同程度的促进,但对小穗数和穗粒数无明显影响。只是千粒重显著或极显著地高于对照,在300 ppm CC处理下,千粒重比对照增加18.5%。盆

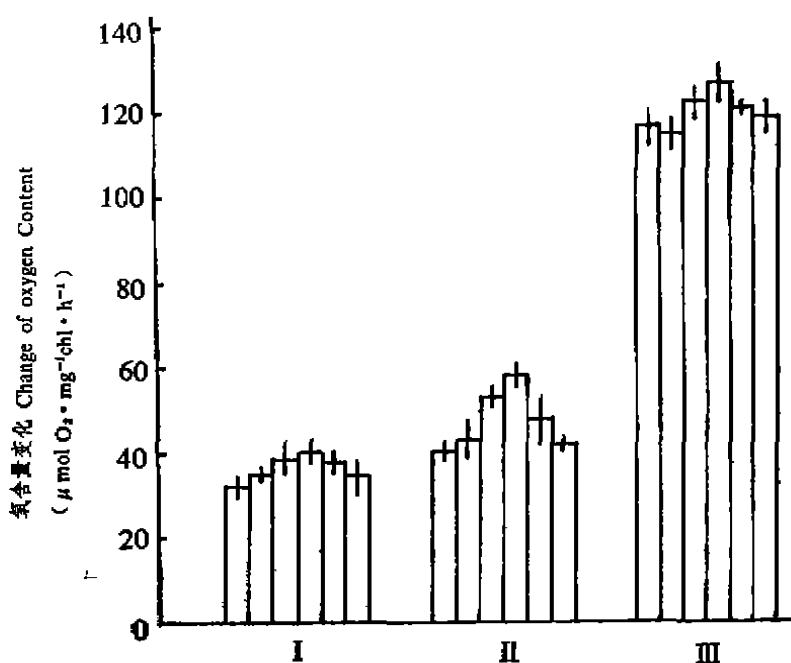


图1 氯化胆碱对小麦离体叶绿体光诱导电子传递的影响

(1) 每组柱形图从左至右依次为0、100、200、300、500和1000 ppm CC处理者。(2) I、II、III分别代表三条人工电子传递链。I为 $H_2O \rightarrow PSII \rightarrow K_3Fe(CN)_6$, II为 $H_2O \rightarrow PSII \rightarrow PSI \rightarrow MV$, III为 $DCPIP \rightarrow Vit.C \rightarrow PSI \rightarrow MV$ 。(3) 测定温度为 $30.5^\circ C$, 光照强度为 $10^6 lux$

Fig. 1 Influence of choline chloride (CC) on Photo-induced electron transport in separated chloroplasts of wheat.

1. It was sprayed in order with 0, 100, 200, 300, 500 and 1000 ppm CC from left to right in each group of columned figure.

2. The number I, II and III are represent respectively $H_2O \rightarrow PSII \rightarrow K_3Fe(CN)_6$, $H_2O \rightarrow PSII \rightarrow PSI \rightarrow MV$ and $DCPIP \rightarrow Vit.C \rightarrow PSI \rightarrow MV$. 3. The temperature of medium is $30.5^\circ C$ and the light intensity is $10^6 lux$ during determination.

栽试验亦获类似结果(资料未列出)。由于千粒重增加, 小区产量也不同程度地高于对照, 其中亦以喷施300ppm CC者最显著, 增产达28.4%。(表8)。

2.2.2 CC对籽粒某些物质含量的影响
各浓度CC对小麦籽粒全氮量、蛋白质、粗脂肪等含量并无明显影响, 唯对含糖量包括淀粉、总糖和可溶性糖有显著或极显著提高(表9)。均以喷施300 ppm CC者增幅最大。次为200ppm CC处理者。

3 讨 论

3.1 本研究结果表明, 喷施合适浓度的CC能明显促进小麦的光合作用, 这与

表4 氯化胆碱(CC)对小麦叶乙醇酸氧化酶活性的影响

Table 4 Effect of choline chloride (CC) on glycolate oxidase activity in wheat leaves

CC 浓度(ppm) Concentration of CC (ppm)	乙醇酸氧化酶活性 glycolate oxidase activity	
	Unit mg ⁻¹ protein. min ⁻¹	%
0	0.588 (aA)	100
50	0.586 (aA)	99.7
100	0.579 (bB)	98.5
200	0.526 (cB)	89.5
300	0.523 (cB)	88.9
500	0.538 (bcB)	91.5
1000	0.584 (aA)	99.3

注: 括号内大小写英文字母的意义见表2。

Note: The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

表5 氯化胆碱(CC)对小麦叶绿体显微结构的影响

Table 5 Effect of choline chloride (CC) on ultrastructure of chloroplast in the leaves of wheat

CC 浓度 (ppm) Concentration of CC (ppm)	平均每个叶绿体的基粒数 Average number of grana in each of chloroplast	平均每个层粒的片层数 Average number of grana lamellae in each of grana	nN/ΣnN
0	23.0 (bB)	14.7 (cB)	0.178 (cC)
200	16.5 (cC)	24.6 (aA)	0.214 (aAB)
300	22.3 (bB)	17.4 (bB)	0.204 (abABC)
500	27.8 (aA)	14.9 (cB)	0.218 (aA)
1000	21.7 (bB)	16.2 (bcB)	0.185 (bcBC)

注: n, 基粒片层数

Note: n, Amount of grana lamellae

括号内大、小写英文字母的意义见表2。

The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

N, 基粒数

N, Amount of grana

在小麦叶肉原生质体^[19]、水稻^[2]中所得结果很一致。CC促进小麦光合性能的原因可能是多方面:(1)CC明显改善叶绿体基粒片层(类囊体)的发育(表5)。是因CC为细胞膜系成分之一的磷脂酰胆碱的胆碱基团之供体。Horvóth等^[17]发现经CC处理的小麦幼苗叶肉原生质体膜脂中磷脂酰胆碱含量几乎增加一倍,并在一定范围内,随CC浓度增加而递增。CC处理的水稻幼苗叶内磷脂酰胆碱含量亦提高^[3]。Che等^[14]还证明CC进入植物体后,可通过生成甜菜碱或磷酸胆碱→磷脂酰胆碱等两途径而被代谢。因此,很可能是在CC参与下,由于磷脂酰胆碱增加,从而有利于叶绿体内片层结构之发育。此外,已知由

CC 生成的甜菜碱能促进 *Aphanosheae halophytica* 的 RuBP 羧化酶/加氧酶活性^[10]，至于CC能否促进小麦的 RuBP 羧化酶活性，尚有待研究。(2) CC 增强了光合电子传递的活性。其原因亦可能与磷脂酰胆碱的增加有关。因为当磷脂酰胆碱为磷脂酶 2 降解时，光合作用的电子流活力被抑制^[21]，磷脂还参予叶绿体偶联因子 (CF_1) 的激活作用^[23]，而 CF_1 在光合电子流中参予能量转化。这些均说明经 CC 处理后对光合电子传递活性的促进很可能通过磷脂酰胆碱而起作用。(3) 与光合中能量转化有关的 Ca^{2+} -ATP 酶和 Mg^{2+} -ATP 酶活性均增强 (表 7)，这与 Winget 等^[22] 所见 CE_1 为磷脂所激活有关。因 CF_1 经活化便具 Ca^{3+} -ATP 酶活性。因此，有可能经 CC 处理后，通过丰富的磷脂而促进 ATP 酶活性。(4) 明显抑制了光呼吸的关键酶乙醇酸氧化酶活性 (表 6)，有助于降低其光呼吸，但不会影响正常呼吸代谢 (表 4)。(5) 促进光合面积的生长 (表 9)。

3.2 CC 在一定浓度范围内对小麦叶面积生长有明显促进作用，并对保持叶片长势和防止早衰有明显作用。再因光合性能之改善，小麦籽粒千粒重和小区产量均显著地高于对照。千粒重和产量之增加主要是籽粒总糖量明显增高。

3.3 本试验表明，对小麦光合性能、生长和产量有明显促进作用的 CC 有效浓度仅在 200—500 ppm 范围内，以 300 ppm CC 处理者效果尤为显著，低于或高于 300 ppm CC 者，促进效果下降。这在玉米和甘蔗 (未发表资料) 中亦有同样现象。铃木隆等^[11] 用 50—500 ppm CC 处理水稻幼苗时，以 200 ppm CC 处理者植株相对生长率 (RGR) 最高，其余处理浓度，RGR 均降低。横山昌雄等^[12] 亦认为用 300 ppm CC 处理大豆和玉米，植株干物重最高。李关荣和王康^[3] 用不同浓度 CC 处理稻苗，以经 9 mmol/LCC 处理者超氧化物歧化酶 (SOD) 活

表6 氯化胆碱(CC)对小麦ATP酶活性的影响
Table 6 Effect of choline chloride (CC) on ATPase activities in wheat leaves

CC浓度(ppm) Concentration of CC (ppm)	Mg^{2+} -ATPase activity		Ca^{2+} -ATPase activity	
	μ mol/pi.mg ⁻¹ chl.h ⁻¹	%	μ mol/pi.mg ⁻¹ chl. h ⁻¹	%
0	23.42 (tB)	100	23.26 (cB)	100
50	23.87 (bB)	101.9	23.08 (cB)	99.2
100	26.14 (bAB)	111.6	26.14 (cAB)	112.4
200	29.24 (abAB)	124.9	30.45 (abAB)	130.9
300	33.19 (aA)	141.7	34.12 (aA)	146.7
500	27.98 (abAB)	119.5	29.38 (abAB)	126.3
1000	25.54 (bAB)	109.1	26.05 (bAB)	112

注：括号内大、小写英文字母的意义同表 2。

Note: The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

表7 氯化胆碱(CC)对小麦生长的影响
Table 7 Effect of choline chloride (CC) on growth of field wheat

CC 浓度 (ppm) Concentration of CC (ppm)	株高 (cm) Plant height (cm)			叶面积 (cm ²) Leaf area (cm ²)			
	I	II	III	I	II	III	\bar{X}
	0	45.36	56.42	78.14(aA)	60.12	71.14	75.42
200	45.62	56.66	80.71(aA)	68.09	81.19	82.44	76.57(bB)
300	45.68	57.02	82.39(aA)	70.88	88.50	92.12	83.83(aA)
500	47.41	57.35	80.49(aA)	63.09	74.07	79.93	72.36(bcBC)
1000	44.91	52.71	78.57(aA)	61.96	71.70	78.84	70.83(cC)

注：1. 括号内大、小写英文字母的意义同表 2。

2. I 为拔节期，II 为抽穗期，III 为灌浆期。

Note: 1. The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2

2. I is elongation stage; II is heading stage. and III is the grain in the milky stage.

表8 氯化胆碱(CC)对小麦穗部生长和小区产量的影响
Table 8 Effect of choline chloride (CC) on ear growth and yield of wheat

CC 浓度 (ppm) Concentration of CC (ppm)	穗长 (cm) Length of spike (cm)	小穗数 (个) Number of Spikelet	穗粒数 (粒) Grain number in each ear	千粒重 (g) Weight of 1000 grains (g)	小区产量 (kg/5.3m ²) Yield (kg/5.3m ²)
0	10.99 (cB)	10.37 (aA)	14.62 (aA)	38.95 (cB)	0.771 (cAB)
200	11.68 (abA)	10.86 (aA)	15.08 (aA)	44.53 (abAB)	0.897 (abAB)
300	11.72 (aA)	10.52 (aA)	15.78 (aA)	46.16 (aA)	0.990 (aA)
500	11.47 (bA)	10.35 (aA)	14.97 (aA)	42.62 (abAB)	0.852 (bcAB)
1000	11.35 (bA)	10.65 (aA)	14.75 (aA)	40.81 (bcAB)	0.822 (bcAB)

注: 括号内大、小写英文字母的意义同表 2。

Note: The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

表 9 氯化胆碱(CC)对小麦籽粒某些物质含量的影响
Table 9 Effect of choline chloride (CC) on contents of some
substances in grain of wheat

CC浓度 (ppm) Concentration CC (ppm)	总氮量 (%) Total nitro- gen (%)	蛋白质 (%) protein (%)	粗脂肪 (%) Crude fat (%)	淀粉 (%) Starch (%)	总糖 (%) Total Sac- charide (%)	可溶性糖 (%) Soluble sugar (%)
0	2.96 (aA)	15.51 (aA)	2.04 (aA)	65.30 (cB)	73.88 (cB)	8.58 (cC)
200	3.00 (aA)	16.04 (aA)	2.08 (aA)	72.84 (abA)	82.31 (aA)	9.47 (bB)
300	3.09 (aA)	16.51 (aA)	2.12 (aA)	73.73 (aA)	84.08 (aA)	10.35 (aA)
500	2.98 (aA)	15.95 (aA)	2.07 (aA)	72.01 (abA)	80.48 (abA)	8.74 (cC)
1000	2.90 (aA)	15.91 (aA)	2.05 (aA)	68.01 (bcAB)	77.71 (bcAB)	8.70 (cC)

注: 括号内大、小写英文字母的意义同表 2。

Note: The meaning of capital letter and small letter of English in brackets are the same as note in table 2.

性最强, 膜脂过氧化程度最低; 低于或高于 9 mmol/L 者, SOD 活性均降低, 膜脂过氧化程度增高。这说明 CC 不仅为膜成分提供胆碱基团, 而且像植物激素那样对植物具有多效的生物学效应^[22]和需要一定的有效浓度范围才能发挥其最佳调控作用。但有关机理尚不清楚。最近发现 CC 及其类似物与其它植物激素对植物生长有协同的促进作用^[21]。因此, CC 需要在一定有效浓度范围内才能发挥最大作用, 是否与内源激素之协同作用有关, 尚有待研究。

参 考 文 献

- 1 叶济宇, 钱月琴, 希尔反应活力的分光光度法测定. 植物生理学实验手册, 上海科学技术出版社, 1987, 104—107.
- 2 何若天. 氯化胆碱 (CC) 对小麦和水稻幼苗生理的影响. 广西农学院学报, 1987, 6 (1): 32—34.
- 3 李关荣, 王康. 胆碱和乙醇胺对稻苗生长的影响及其机制. 西南农业大学学报, 1969, 12 (1): 61—64.
- 4 李德耀, 叶济宇. 薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定. 植物生理学通讯, 1980, (1): 35—40.
- 5 林植芳等. 番木瓜的光合作用途径. 植物生理学报, 1984, 10 (1): 91—96.
- 6 董谓祥, 高小彦. 植物超薄切片制备技术. 植物生理学通讯, 1982 (5): 32—35.
- 7 袁晓华, 杨中汉主编. 植物生理化实验, 高等教育出版社, 1983, 1—8.

- 8 蔡剑萍等, 植物叶绿体片层膜三磷酸的检定. 植物生理学通讯, 1980, (2): 33—36.
- 9 薛应龙主编, 植物生理学实验. 高等教育出版社, 1985, 65—75.
- 10 魏道智等, 氯化胆碱对小麦幼苗生长的影响. 广西农学院学报, 1991, 10(3): 39—44.
- 11 铃木隆等, イネの初期生育に及ぼす塩化エリンの影響. 植物化学調節学会創立50周年記念大会研究発表記録集, 日本植物化学調節学会, 1985, 43—44.
- 12 横山昌雄等, 塩化エリンの植物の生育に及ぼす影響. 植物化学調節学会創立50周年記念大会研究発表記録集, 日本植物化学調節学会, 1985, 45.
- 13 Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* Plant Physiol. 1949, 24: 1—15.
- 14 Che, F. S. et al., Interreaction of choline chloride and its analogues with phytohormones. Agric. Biol. Chem. 1988, 52: 261—263.
- 15 Che, F. S. et al., Metabolism of choline chloride and its analogs in wheat seedlings. Plant Cell Physiol. Chem. 1990, 31: 45—50.
- 16 Goodenough, U. W., and Leviue, R. P., Chloroplast ultrastructure in mutant strains of *Chlamydomonas reinhardtii* lacking components of the photosynthetic apparatus. Plant Physiol. 1969, 44: 990—1000.
- 17 Hervath, J. et al., Effect of choline chloride on fatty acid chain ordering in membranes of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Miranovskaja 808). Planta, 1981, 153: 476—480.
- 18 Horydth, I., and van Hasselt, R. R. Inhibition of chilling-induced photooxidative damage by treatment with amino alcohols. Planta, 1985, 164: 83—88.
- 19 Hyeon, S. B. et al., Effects of choline chloride and its analogues on photosynthesis in wheat protoplasts. Agric. Biol. Chem. 1987, 51: 917—919.
- 20 Konaka, N. Effects of choline chloride on sweet potato. Zasso to Sono Bojyo, 1978, 54—56.
- 21 Siegenthaler, P. A. et al., Involvement of distinct populations phosphatidylglycerol and phosphatidylcholine molecules in photosynthetic electron-flow activities. Biochim. Biophys. Acta, 1987, 891: 53—85.
- 22 Winget, G. D. et al., Formation of ATP by the adenosine triphosphatase complex from spinach chloroplasts reconstituted together with bacteriorhodopsin. Biochim. Biophys. Acta, 1977, 460: 491—499.
- 23 П О Ч Ы Н К. X. H. 荆家海, 丁仲荣译. 植物生物化学分析方法. 科学出版社, 1981, 161—164.

图版说明

- 图版 I: 1、2, 为对照的叶绿体, 放大倍数分别为 $\times 30000$ 和 $\times 12000$ 。
 图版 I: 3, 经施 200 ppm CC 的叶绿体。 $\times 20000$ 。
 图版 I: 4, 经喷施 300 ppm CC 的叶绿体。 $\times 20000$ 。
 图版 I: 5, 经喷施 500 ppm CC 的叶绿体。 $\times 15000$ 。
 图版 I: 6, 经喷施 1000 ppm CC 的叶绿体。 $\times 20000$ 。
 g. 基粒; sl. 间质片层

Explanation of plate

- Plate I: 1 and 2, The chloroplast of the control, $\times 30000$ and $\times 12000$ respectively.
 Plate I: 3 The chloroplast which was sprayed with 200 ppm CC. $\times 20000$.
 Plate I: 4 The chloroplast which was sprayed with 300 ppm CC. $\times 30000$.
 Plate I: 5 The chloroplast which was sprayed with 500 ppm CC. $\times 15000$.
 Plate I: 6 The chloroplast which was sprayed with 1000 ppm CC. $\times 20000$.
 g. grana; sl. stroma lamella