

# 气象条件对小麦中量元素和微量元素含量的可能影响\*

高素华 郭建平

(中国气象科学研究院,北京 100081)

王连敏 王立志

(黑龙江省农业科学院,哈尔滨 150086)

## 提 要

该文通过试验研究了气象条件( $\text{CO}_2$ 浓度、温度、土壤湿度)变化对小麦叶片、茎、籽粒中量元素(Mg、Ca、S)和微量元素(Zn、Fe)含量及产量的影响。结果表明:高 $\text{CO}_2$ 浓度、土壤干旱胁迫对这5种元素含量积累有利;高 $\text{CO}_2$ 浓度伴随高温缩短了小麦生育期,使籽粒产量明显下降,综合中量元素和微量元素含量的有利影响和产量的不利影响,要想获得正常气象条件下等量的5种元素,小麦的供给量将会是短缺的。

关键词:气象条件 小麦 中量元素和微量元素 可能影响

## 引 言

随着人们生活水平的提高,社会的发展,科学技术的不断进步,生命科学越来越引起人们的关注。中量元素和微量元素与人体健康的关系也随之受到重视,大量研究表明,中量元素和微量元素对人的生命过程起着调控作用,与人的健康、疾病、长寿、智力、美容等相关。中量元素和微量元素在生物体中尽管以不同形式存在,但它们在代谢过程中既不能被分解也不能转化为其它元素。因此,检测人体不同组织和体液中各种元素的含量,就可以在一定程度上了解人体代谢规律,进而掌握人的健康状况。中量元素和微量元素不像某些维生素那样能在人体内自行合成,而必须通过膳食、服(或注射)药物、呼吸及皮肤渗透等从外界摄入,在人体所需的营养中,它们往往比维生素等更重要。

但关于环境条件对作物中量元素和微量元素含量的关系研究甚少,尤其是关于 $\text{CO}_2$ 浓度升高、温度升高、干旱胁迫对作物叶片和籽粒中这5种元素(S、Zn、Fe、Mg、Ca)含量的影响还未见报道。我们通过在人工气候室内控制 $\text{CO}_2$ 浓度、温度、土壤湿度来研究不同 $\text{CO}_2$ 浓度、温度和土壤湿度对我国主要作物之一的小麦叶片、茎和籽粒中5种元素含量的影响,获得了十分有意义的结果。这些数据不仅对今后研究环境与生命、人体健康、食物和健康等有重要的参考意义,而且对因作物中量元素和微量元素的变化而引起对粮食需求量的变化的研究以及21世纪食物安全供给也有重大意义,同时,作物品质的变化

\* 本文由国家重点基础研究发展规划项目(G1999043400)资助。

2000-06-07收到,2000-10-12收到修改稿。

对今后粮食作物进入国际市场竞争也有一定的参考价值。

## 1 实验设置与方法

人体所需的中量元素和微量元素有很多种,在这次试验中我们选择了人体必需的中量元素 Ca、Mg、S 和必需的微量元素 Fe、Zn 共 5 种<sup>[1]</sup>。它们是生物体内维持正常生命活动所不可缺少的元素,没有它们生物就不能生长,生物生命过程中任一环节均需要这些元素参与,缺少时将引起人体的某些生化和生理变化。所以选择了上述 5 种元素作为这次试验的研究对象。

本试验是在黑龙江省农业科学院作物耕作栽培所的人工气候室内进行的。人工气候室内的温度、湿度、日照均能自动控制<sup>[2]</sup>,使其满足作物生长发育的需要,每天早晚及阴雨天用生理日光灯进行补光。该人工气候室的结构和性能参见文献[2]。

供试作物冬小麦于 11 月 10 日采用盆栽方式播种。盆口直径 36 cm,高 26 cm,盆内土壤质地均匀一致,土壤肥力适宜(每盆一致),管理方式和各处理相同,播种后置于人工气候室内。

试验共设置 4 个处理,第一个处理为对照,即 CO<sub>2</sub> 浓度为大气背景浓度(350 × 10<sup>-6</sup> 左右),温度为作物正常生长发育所需的温度,土壤湿度为田间持水量的 80% 左右,通过灌溉量控制土壤湿度;第二个为干旱胁迫处理,即 CO<sub>2</sub> 浓度为大气背景浓度(350 × 10<sup>-6</sup> 左右),温度为作物正常生长发育所需的温度,土壤湿度为田间持水量的 30% ~ 40%;第三个为高 CO<sub>2</sub> 浓度(700 × 10<sup>-6</sup>,并伴随高温(温度变化见表 1)),土壤湿度适宜;第四个为高 CO<sub>2</sub> 浓度和土壤干旱胁迫处理。每处理设 3 次重复。

表 1 高 CO<sub>2</sub> 处理与对照处理的温度差异 / °C

第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月上
2.5	4.8	5.8	5.2	0.9

试验过程中观测作物的主要发育期、环境温度、土壤湿度等,5 种元素的含量由农业部谷物品质监督检验测试中心测定(第一次测定叶和茎中元素的含量,第二次测定成熟籽粒中元素的含量)。

## 2 结果分析

### 2.1 气象条件对小麦 5 种元素含量的影响

(1) 对 Zn 含量的影响 Zn 是人体不可缺少的微量元素之一,成人内含锌约为 2000 ~ 3000 mg<sup>[3]</sup>,主要来源为面筋和小麦麸,成人的日需量为 11 mg<sup>[3]</sup>。

试验结果表明,高 CO<sub>2</sub> 伴随高温对小麦叶片、茎的 Zn 含量积累不利,与对照相比分别减少 14.8% 和 22.9%(图 1)。对籽粒 Zn 含量积累为正效应,但增幅很小,仅为 0.6%。

在正常 CO<sub>2</sub> 浓度条件下,土壤干旱胁迫对小麦叶片、茎、籽粒含 Zn 量的影响为正效应,与对照相比叶、茎、籽粒分别增加 19.5%、2.1%、25.6%,籽粒增加最为明显。

在高 CO<sub>2</sub> 和干旱胁迫条件下,对 Zn 含量的影响也是正效应,但增加幅度相对较小。

(2) 对 Fe 含量的影响 Fe 是人体必需且含量最多的微量元素,成人内含铁约为

4~5 g<sup>[3]</sup>,麦糠和小麦黄豆混合粉是 Fe 的主要来源之一,成人日需量为 12 mg<sup>[3]</sup>。

高 CO<sub>2</sub> 伴随高温对小麦叶片、茎 Fe 含量积累为正效应,处理比对照分别增加 64.8% 和 21.1%(图 2)。对籽粒的影响为负效应,处理比对照减少 8.5%。

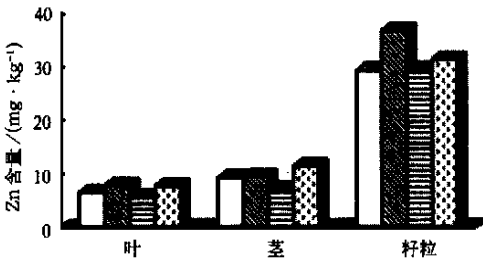


图 1 气象条件对 Zn 含量的影响

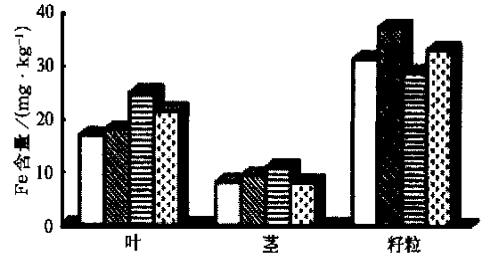


图 2 气象条件对 Fe 含量的影响

□ 正常 CO<sub>2</sub>, 水分适宜    ■ 高 CO<sub>2</sub>, 水分适宜  
 ■ 正常 CO<sub>2</sub>, 水分胁迫    ▨ 高 CO<sub>2</sub>, 水分胁迫

在正常 CO<sub>2</sub> 浓度条件下,干旱胁迫对小麦 Fe 含量的影响为正效应,叶、茎、籽粒分别比对照增加 6.1%、3.1% 和 18.6%。

(3) 对 Mg 含量的影响 Mg 在植物中有类似人体血红素结构的物质——叶绿素,叶绿素中的金属元素就是 Mg, Mg 不但是植物必需的元素,也是人体必需的元素。一般认为成人日供应量为 200~300 mg<sup>[3]</sup>。

高 CO<sub>2</sub>、高温、土壤干旱胁迫对小麦叶片、茎和籽粒 Mg 含量的积累均为正效应(图 3)。与对照相比,叶片的增幅最大,籽粒相对较小,在高 CO<sub>2</sub>、高温条件下仅增加 0.3%,干旱胁迫时叶片的增幅为 10.8%。

(4) 对 Ca 含量的影响 Ca 是人体必需的常量元素之一,人体骨骼和牙齿的主要成分就是 Ca,占人体总 Ca 量的 99%。小麦、大豆粉含有丰富的 Ca,我国成年男女日供应量为 600 mg。

高 CO<sub>2</sub>、高温对小麦叶片、茎 Ca 的积累有利,尤其是叶片比对照增加 67.8%(图 4),茎增加 11.1%,但对籽粒为负效应,减幅为 10.5%。

无论在正常 CO<sub>2</sub> 浓度条件下,还是在高 CO<sub>2</sub> 条件下,土壤干旱胁迫对小麦 Ca 的积累都有利,叶片增幅为 15.8%,籽粒增幅为 22.4%。

(5) 对 S 含量的影响 S 是人体必需的常量元素 11 种中的一种,在人体内的含量为 0.25%(约 175 g),其功能十分重要,是组成蛋白质的重要元素之一(Fe-S 蛋白质)<sup>[4]</sup>。

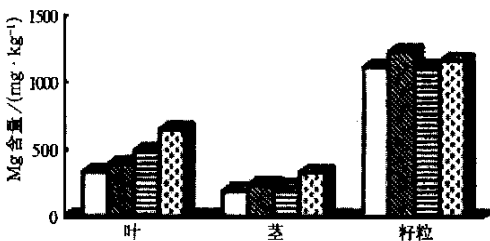


图 3 气象条件对 Mg 含量的影响

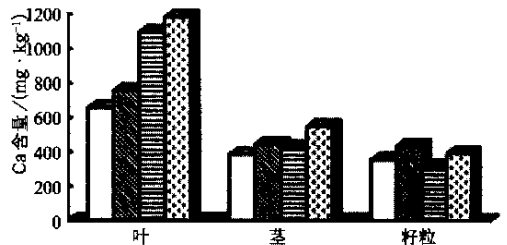


图 4 气象条件对 Ca 含量的影响

高  $\text{CO}_2$ 、高温、土壤干旱胁迫都有利于小麦 S 含量的积累,除茎在高  $\text{CO}_2$ 、高温条件下呈减少趋势外,均为增加趋势(图 5)。高  $\text{CO}_2$ 、高温使籽粒含 S 量比对照增加 45.3%,干旱胁迫增幅为 27.0%。

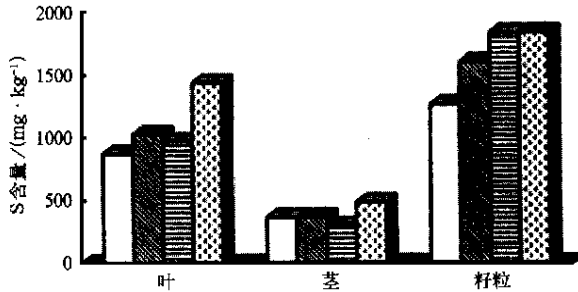


图 5 气象条件对 S 含量的影响

## 2.2 气象条件变化对小麦供应量的影响

(1) 气象条件对小麦产量的影响 大气中  $\text{CO}_2$  浓度升高对小麦籽粒产量的形成有利, $\text{CO}_2$  浓度升高 1 倍(即  $700 \times 10^{-6}$ )时小麦产量可增加 30%左右<sup>[51]</sup>,当  $\text{CO}_2$  浓度增高 1 倍并伴随温度升高时,使小麦生育期缩短,在本次试验中,处理比对照生育期缩短 25 天。因干物重积累时间减少,最终造成籽粒产量下降 3.15%。高温的出现不仅抵消了  $\text{CO}_2$  浓度增加 1 倍时的 30%增产,反而使产量下降了 3.15%,所以,高温减产的负效应超过 33%。干旱胁迫对小麦产量的影响比高温更大,在正常  $\text{CO}_2$  浓度下,干旱胁迫使小麦减产 44.47%,在高  $\text{CO}_2$  浓度下,干旱胁迫使小麦减产 38.08%。高  $\text{CO}_2$  浓度在温度、水分适宜时是起增产作用,干旱胁迫抑制了  $\text{CO}_2$  浓度的增产作用,减产幅度虽小于正常  $\text{CO}_2$  浓度时的产量,但减产幅度仍较大。说明水分条件对小麦籽粒形成的作用是十分关键的。

(2) 5 种元素含量变化对小麦供应量的影响 前面已分析了气象条件的变化使小麦叶、茎、籽粒中 5 种元素含量都发生了不同程度的变化,总的来看正效应大于负效应,尤其对籽粒 5 种元素的含量正效应更为明显,因单位重量小麦中元素含量增加,要从小麦中获得正常条件下(对照条件)等量的元素所消耗的小麦就可以减少(表 2)。由表可见,因元素含量的变化,每天全国所消耗小麦量的日变化还是很大的,如要得到等量的 S,在高  $\text{CO}_2$ 、高温条件下,全国每天可少消耗 37440 吨小麦,可是要获得等量的 Fe、Ca 就要多消耗 11040 和 14040 吨小麦。由此可见,气象条件的变化对小麦 5 种元素含量的影响不仅是对人类健康的影响,对 21 世纪食品安全供给也有直接关系,这是一个还未被人们关注的十分重要的问题。

表 2 获得等量中量元素和微量元素所需消耗小麦的变化\*(全国总量)

气象条件	Zn	Fe	Mg	Ca	S	产量变化(%)
高 $\text{CO}_2$ 、高温	- 720	11040	- 480	14040	- 37440	- 3.15
高 $\text{CO}_2$ 、干旱	- 7920	- 6840	- 4920	- 11760	- 37440	- 38.80
干旱胁迫	- 24480	- 18840	- 11640	- 21960	- 25560	- 44.47

\* 表中“-”表示少消耗

由上表的 5 种元素可见,高  $\text{CO}_2$ 、高温和干旱胁迫对小麦是利大于弊,尤其是对籽粒(人类食用部分)5 种元素含量的影响基本是有利的。但是我们也看到了高  $\text{CO}_2$ 、高温和

干旱胁迫最终使单位面积上获得的籽粒产量都有所下降,尤其干旱胁迫造成的减产幅度更大,由于产量的下降,远远抵消了因元素含量增加减少消耗的部分。表 3 给出了在不同气象条件下粮食(小麦)短缺情况。综合气象条件对小麦元素含量积累的有利一面和对产量的不利一面,最终对小麦的供应状况进行了评估,在正常  $\text{CO}_2$  条件下发生水分胁迫,小麦将短缺 34.77%;在高  $\text{CO}_2$ 、高温条件下,小麦短缺最少为 14.85%;高  $\text{CO}_2$ 、水分胁迫将短缺 34.70%。上面 3 个数字说明水分胁迫对小麦安全供应构成的威胁最大。

表 3 不同气象条件下小麦短缺状况

气象条件	Zn	Fe	Mg	Ca	S	产量变化	短缺 <sup>*</sup>
正常 $\text{CO}_2$ 、水分胁迫	25.21	18.63	10.77	22.41	27.00	-44.47	-34.77
高 $\text{CO}_2$ 、高温、水分适宜	0.58	-8.45	10.36	-10.48	45.29	-3.15	-14.85
高 $\text{CO}_2$ 、高温、水分胁迫	7.08	5.77	4.31	10.92	45.37	-38.80	-34.70

\* 粮食的短缺是用获得等量元素所需的小麦的绝对量变化与产量变化的绝对量计算得到

为了保障 21 世纪我国 16 亿人口的粮食安全,不仅要解决粮食高产,而且还要关注粮食的品质。因为粮食品质的好坏与粮食数量有十分密切的关系,随着生活水平的提高,人们对食物营养结构和营养价值将有更强烈的需求,也就是对高品质食品的需求。

提高粮食的品质在某种程度上也是缓解粮食供给的一种有利的途径。高  $\text{CO}_2$  和干旱胁迫对小麦中量元素和微量元素含量积累有利,但不是所有作物都是这样,如对大豆的影响就十分不利,这样就加重了粮食的短缺状况,培育高产、优质、抗逆性强的品种将是今后科技工作者的重要任务。

### 3 结论和讨论

气象条件与小麦中量元素和微量元素含量有密切的关系,高  $\text{CO}_2$ 、高温、水分胁迫对小麦籽粒 5 种元素(Zn、Fe、Mg、Ca、S)含量积累基本为正效应(高  $\text{CO}_2$ 、高温对 Fe、Ca 除外);高  $\text{CO}_2$ 、高温、水分胁迫对小麦籽粒产量的影响为负效应,综合两种效应,因元素的增加虽然可以减少小麦的需求,但因产量下降幅度大,最终小麦还是处于短缺状态。由此进一步指出,在农业生产中应特别重视干旱缺水 and 高温对小麦的危害,这对日趋严重的北方干旱更具现实意义。

### 参 考 文 献

- 1 迟锡增. 微量元素与人体健康. 北京:化学工业出版社,1997.75~84.
- 2 高素华,郭建平,张国民,等. 低温对玉米幼苗生理反应的影响. 应用气象学报,1999,10(2):238~242.
- 3 张杰,王海玉. 食品安全性与保健功能. 郑州:河南医科大学出版社,1998.203~367.
- 4 顾宪琴. 现代营养知识全书. 北京:现代出版社,1997.
- 5 王修兰. 二氧化碳、气候变化与农业. 北京:气象出版社,1996.

## THE POSSIBLE IMPACTS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON CONTENT OF MIDDLE AND TRACE ELEMENTS FOR WINTER WHEAT

Gao Suhua Guo Jianping

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Wang Lianmin Wang Lizhi

(*Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086*)

### Abstract

Through experiment, the impacts of meteorological conditions on the contents of middle elements (Mg, Ca, S) and trace elements (Zn, Fe) for wheat leaves, stalks and grains, and yield are studied. The results show that the high CO<sub>2</sub> concentration and water stress are favorable to the accumulation of the 5 elements. High CO<sub>2</sub> concentration accompanying with high temperature will shorten the growth period and decrease the number of grains. Synthesizing the positive effect of middle and trace elements and the negative effect of yield, the amount of wheat supply will run short if the same trace elements as in normal meteorological condition are required.

**Key words:** Meteorological condition Wheat Middle and trace element Possible impact