

# 全球农作物对大气 CO<sub>2</sub> 及其倍增的吸收量估算\*

王修兰

(中国农业科学院 农业气象研究所, 北京, 100081)

## 摘 要

根据农作物产量资料(FAO 1992 年),计算出中国和全球各种作物对 CO<sub>2</sub> 的吸收总量分别为  $5.5 \times 10^8 \text{t/aC}$  和  $28.9 \times 10^8 \text{t/aC}$ 。同时以不同 CO<sub>2</sub> 浓度下小麦、玉米、大豆等全生育期光合速率实验数据直接计算的 C 吸收量为对照,与相应的中国产量资料计算结果比较,两者相差 2.6%。从而进一步依据作物对 CO<sub>2</sub> 倍增反应诊断实验结果,推算出大气 CO<sub>2</sub> 浓度比目前倍增(700ppm)条件下,中国和全球农作物吸收 CO<sub>2</sub> 总量将增长 21%—26%,分别为  $6.6 \times 10^8 \text{t/a}$ — $6.9 \times 10^8 \text{t/a}$  和  $34.1 \times 10^8 \text{t/a}$ — $36.2 \times 10^8 \text{t/aC}$ 。研究还表明,单位面积作物年吸 C 量全球( $3.2 \text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )比中国( $4.2 \text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )低 25.4%,而且 C<sub>4</sub> 作物普遍高于同类 C<sub>3</sub> 作物。

**关键词:** 作物, CO<sub>2</sub> 倍增, CO<sub>2</sub> 吸收量, 估算。

## 1 引 言

农田生态系统在全球 C 循环中起着重要作用。作物通过光合作用固定大气中 CO<sub>2</sub>, 一部分合成有机质(碳水化合物), 暂存于植物体内转变成食物、饲料等, 并通过人和动植物排放到大气中; 一部分成为工业原料贮存固定起来; 还有一部分直接用于植物呼吸消耗、残体腐烂分解 CO<sub>2</sub> 并重新释放到大气中, 形成 CO<sub>2</sub> 的作物—土壤—大气循环。植物通过光合作用每年约贮存 C  $1000 \times 10^8 \text{t}$ , 并通过呼吸、腐烂释放大致相同量的 C, 这些 C 的年通量相当于大气含 C 量的 30% 左右。因此当光合作用、呼吸和腐烂间的平衡出现较小的变化, 都可能影响大气中 CO<sub>2</sub> 的水平<sup>[1]</sup>。而作物的生长季节和光合、呼吸作用则是引起大气 CO<sub>2</sub> 浓度季节波动和日变化<sup>[2]</sup>的重要原因。作物在吸收 CO<sub>2</sub> 的同时, 还释放出大量 O<sub>2</sub>, 对改善大气与全球环境质量具有重要作用。

近几十年来人类活动、农林资源和矿物燃料过度消耗, 致使 CO<sub>2</sub> 等温室气体排放量急剧上升, 到 21 世纪中叶 CO<sub>2</sub> 浓度将升至工业革命前(275ppm)的 2 倍, 下世纪末达到当前(350ppm)的 2 倍<sup>[3]</sup>。由此而引起的温室效应对农业生产将产生间接和直接的影响。实验研究表明, 大气 CO<sub>2</sub> 浓度上升, 不同程度地促进作物光合作用、干物质积累和产量的提高。与此同时, 作物对大气中 CO<sub>2</sub> 的吸收量必然随之增长。为此, 本文根据世界作物产量资料, 估算当前 CO<sub>2</sub> 浓度(350ppm)和未来 CO<sub>2</sub> 倍增(700ppm)条件下我国和世界农作物对大气 CO<sub>2</sub> 的吸收量, 并以不同 CO<sub>2</sub> 浓度下作物光合速率、干物重实验数据所计算

\* 初稿时间: 1994 年 10 月 28 日; 修改稿时间: 1995 年 8 月 18 日。

的作物 CO<sub>2</sub> 吸收量为对照进行验证。从而为探讨全球温室效应及 C 平衡提供科学数据。

## 2 作物产量与 CO<sub>2</sub> 吸收

作物生物产量和经济产量都是光合作用的产物。作物通过光合作用同化空气中 CO<sub>2</sub>, 释放 O<sub>2</sub>, 合成碳水化合物, 供其生长、发育和产量形成。因此作物的干物质积累(干物重)和产量反映出它的同化能力, 从而可根据产量和干物重来推算 CO<sub>2</sub> 吸收量。根据国际习惯用法, CO<sub>2</sub> 吸收量用所含 C 的重量表示。

经济产量  $Y_w$  和生物产量(总干物重)  $D_w$ 、经济系数  $H_i$  有如下关系:

$$D_w = Y_w / H_i \quad (1)$$

通常光合作用合成 1g 有机质需吸收 0.45g C<sup>[4]</sup>, 因此, 作物全生育期的 C 吸收量:

$$C = 0.45Y_w / H_i \quad (2)$$

根据 FAO 提供的生产年鉴<sup>[5]</sup>和中国农业年鉴<sup>[6]</sup>的产量、种植面积资料, 以及各种作物的经济系数<sup>[7,8]</sup>, 由式(2)计算 1992 年中国和世界农作物的 C 吸收量。

### 2.1 中国农作物对 CO<sub>2</sub> 的吸收量

表 1 中  $Cd$  为据产量资料计算作物吸收 C 量,  $Cd/S$  为单位面积作物 C 吸收量,  $H_i$  经济系数。表中薯类的  $H_i$  根据马铃薯和甘薯的种植比例决定, 中国为 0.7, 世界为 0.65, 并以其收获产量的 70% 含水率计算  $Cd$ ; 甘蔗、甜菜以收获产量 75% 的含水率计算  $Cd$ ; 其它种类包括大麦、黑麦、燕麦等粮食作物。

表 1 中国和世界农作物 C 吸收量(1992 年)

种 类	中 国		世 界		$H_i$
	$Cd(10^4t)$	$Cd/s(t/hm^2)$	$Cd(10^4t)$	$Cd/S(t/hm^2)$	
粮食作物	48431	4.38	236134	2.98	
水稻	19050	5.87	52522	3.57	0.45
小麦	11363	3.71	64310	2.89	0.4
玉米	10726	5.08	59221	4.48	0.4
高粱	773	5.24	9058	1.99	0.35
谷子	563	2.54	3211	0.85	0.4
薯类	2852	1.95	12173	1.70	0.7/0.65
大豆	1248	1.73	14649	2.69	0.35
其它	1856	3.21	21890	2.36	0.4
经济作物	6595	3.31	52721	4.25	
棉花(皮棉)	2037	3.06	8684	2.58	0.1
油菜籽	1376	2.32	4795	2.32	0.25
向日葵籽	158	2.10	3914	2.22	0.3
花生(带壳)	584	2.30	2459	1.20	0.43
甘蔗	1915	15.16	27278	15.21	0.5
甜菜	265	3.53	4939	5.96	0.7
烟草	260	1.37	652	1.25	0.55
总量	55026	4.22	288855	3.15	

由表 1 可见, 1992 年中国粮食作物的 C 吸收量  $48431 \times 10^4t$ , 经济作物(糖、油、棉、

烟)吸收量  $6595 \times 10^4 \text{t}$ , 农作物总吸收量  $55026 \times 10^4 \text{t}$ 。其中水稻最高( $19050 \times 10^4 \text{t}$ )、其次为小麦( $11363 \times 10^4 \text{t}$ )和玉米( $10726 \times 10^4 \text{t}$ )。 $Cd$  的大小与种植面积和总产量有关。种植面积大, 同等密度水平作物同化过程中吸收  $\text{CO}_2$  总量多、光合产物多, 总产高。经济系数相同的作物, 单产愈高, 吸收的  $C$  愈多。

由于  $C_3$  和  $C_4$  作物有着不同的光合途径, 其单位面积吸收的  $C$  (即  $Cd/S$ ) 存在明显差异。以旱作物为例,  $C_3$  小麦和大豆分别为  $3.71 \text{t}/\text{hm}^2$  和  $1.73 \text{t}/\text{hm}^2$ ,  $C_4$  高粱、玉米、谷子分别为  $5.24 \text{t}/\text{hm}^2$ 、 $5.08 \text{t}/\text{hm}^2$  和  $2.54 \text{t}/\text{hm}^2$ 。 $C_4$  作物中除谷子因单产低吸收  $C$  较少外, 玉米和高粱的  $Cd/S$  都高于  $C_3$  小麦和大豆。在糖料作物中表现更为突出,  $C_4$  甘蔗  $Cd/S$  高达  $15.16 \text{t}/\text{hm}^2$ , 而  $C_3$  甜菜仅  $3.53 \text{t}/\text{hm}^2$ 。上述差别缘于: (1) 作物光合能力不同,  $C_4$  作物光合补偿点低, 吸收  $\text{CO}_2$  能力强, 光合速率普遍高于  $C_3$ 。其最大光合速率小麦和大豆都为  $40 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ 、玉米  $60 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ 、高粱和谷子  $70 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ 、甜菜  $38 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ 、甘蔗  $70 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ <sup>[9]</sup>。光合速率愈高, 单位时间和面积吸收  $\text{CO}_2$  愈多,  $Cd/S$  愈大。(2) 光能利用率不同, 糖料作物中  $C_4$  甘蔗大部分种植在热带地区, 生长期长, 几乎周年进行光合作用, 为高光效作物, 光能利用率高达  $1.5\% - 3\%$  (其它农作物低于  $1\%$ ), 生育期长 (约  $1\text{a}$ )、单产高,  $Cd/S$  大; 而  $C_3$  甜菜属低光效植物, 光呼吸能力强<sup>[10]</sup>, 单产和  $Cd/S$  比甘蔗低得多。(3) 水稻不同于旱作物,  $Cd/S$  达  $5.87 \text{t}/\text{hm}^2$ , 高于其它 (甚至  $C_4$ ) 谷物。因为中国水稻有水分保证, 产量稳且高, 而且水稻光合能力较强, 在适宜光温条件下可达  $80 \text{mgCO}_2/(\text{dm}^2 \cdot \text{h})$ <sup>[10]</sup>, 几乎达到玉米和高粱的光合水平。而且水稻叶片的气孔密度大, 叶内同化细胞的表面积小, 气孔密度介于玉米和小麦之间, 这种组织结构特征和生理特性使水稻在弱光下光合速率高于小麦和玉米, 单产也高于其它谷物,  $Cd/S$  较大。

由此可见,  $Cd/S$  反映了作物对  $C$  的吸收能力。农作物中以甘蔗最高, 依次为水稻、蜀黍类、麦类、棉、油料、薯类, 烟草最小。一般情况下,  $C_4$  作物高于  $C_3$  (水稻例外)。

## 2.2 世界农作物对 $\text{CO}_2$ 吸收量

由表 1 可见, 全球粮食作物对  $C$  的年吸收量  $236134 \times 10^4 \text{t}$ , 经济作物  $52721 \times 10^4 \text{t}$ , 农作物共吸收  $288855 \times 10^4 \text{t}$ 。粮食作物中以小麦最高 ( $64310 \times 10^4 \text{t}$ )、其次玉米 ( $59221 \times 10^4 \text{t}$ ) 和水稻 ( $52522 \times 10^4 \text{t}$ ); 经济作物中甘蔗最高 ( $27278 \times 10^4 \text{t}$ ), 棉花次之 ( $8684 \times 10^4 \text{t}$ )。

从  $Cd/S$  可见, 糖料作物的甘蔗最大 ( $15.21 \text{t}/\text{hm}^2$ ), 甜菜其次 ( $5.96 \text{t}/\text{hm}^2$ ); 粮食作物以玉米最高 ( $4.48 \text{t}/\text{hm}^2$ ), 其次为水稻 ( $3.57 \text{t}/\text{hm}^2$ ) 和小麦 ( $2.89 \text{t}/\text{hm}^2$ )。总的看来,  $C_4$  作物的  $Cd/S$  一般都高于同类  $C_3$  作物, 但其中  $C_4$  高粱和谷子例外, 这与它们普遍种植在干旱、半干旱和贫瘠土壤条件下, 水肥不足, 单产低有关。全球作物的  $Cd/S$  平均为  $3.15 \text{t}/\text{hm}^2$ , 比中国  $4.22 \text{t}/\text{hm}^2$  低  $25.4\%$ 。可见中国农作物固  $C$  效率较高。

## 3 作物光合作用与 $\text{CO}_2$ 吸收

光合作用是第一生产水平作物生长驱动力。它直接体现了作物对  $\text{CO}_2$  吸收的能力、快慢和多少。下面利用实测光合速率实验资料计算作物  $C$  吸收量, 并以此为对照来检验  $Cd$  值。

1992—1994 年间作者对盆栽小麦、玉米、大豆进行不同 CO<sub>2</sub> 浓度处理<sup>[11]</sup>, 其品种、密度、肥水条件与大田作物相近, 保持中等水平。通过测定 350, 500, 700ppm CO<sub>2</sub> 浓度下各生育阶段群体净光合速率和其动态变化曲线<sup>[12]</sup>获得全生育期平均光合速率。

根据光合速率定义得到全生育期同化 CO<sub>2</sub> 量:

$$CO_2 = P_n \cdot P_{nt} \cdot N \cdot S \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

其中夜间呼吸消耗 CO<sub>2</sub> 平均占光合量的 15%<sup>[9]</sup>, 而作物同化 1gCO<sub>2</sub> 相当于 0.37gC<sup>[4]</sup>, 故作物光合作用净吸收 C 为:

$$C_p = 0.37P_n \cdot P_{nt} \cdot N \cdot S \cdot 10^{-3} \cdot 0.85 \quad (4)$$

式中  $C_p$  (10<sup>4</sup>t) 是由光合作用直接计算的作物 C 吸收量;  $P_n$  全生育期白天净光合速率 (mgCO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup> · h);  $P_{nt}$  光合作用每日持续时间(h), 阴雨天  $P_n$  很小或暂停, 全生育期每天平均 9h 计<sup>[13]</sup>;  $N$  光合作用持续天数, 冬小麦从返青至成熟, 玉米和大豆出苗至成熟;  $S$  我国实际种面积(10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>)。计算结果列于表 2, 表中  $\Delta C(\%)$  是  $C_d$  (表 1) 相对  $C_p$  的偏差,  $\sum$  为 3 种作物总吸 C 量。

表 2 作物光合速率及其 C 吸收量

	小麦	玉米	大豆	$\sum$
$P_n$ (mgCO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> · h)	12.9	16.5	7.5	
$C_p$ (10 <sup>4</sup> t)	11755	10835	1376	23966
$C_d$ (10 <sup>4</sup> t)	11363	10726	1248	23337
$\Delta C(\%)$	-3.3	-1.0	-9.3	-2.6

根据  $P_n$  实测资料计算得到小麦、玉米、大豆  $C_p$  之和为 23966×10<sup>4</sup>tC, 比相应的  $C_d$  值偏高 2.6% (小麦、玉米、大豆分别偏高 3.3%、1.0% 和 9.3%)。这种偏差包括来自盆栽与大田生态环境(光、热、水、肥等)的不同, 部分农田由于受到外界不利条件的胁迫, 而受灾减产, 这是需要说明的一个问题。另外, 个别产量资料可能有些出入, 但总的水平和趋势仍能反映出中国的情况。

由于缺少其它作物全生育期光合速率系统实验资料, 本文未能对更多作物实测数据计算和验证。尽管如此, 就小麦、玉米、大豆而言, 都是中国重要粮食作物, 它们的种植面积占粮食作物总面积 56.3%, 是农作物总面积的 47.3%; 其产量占粮食总产 47.5%、农作物总产 37.6%。可以认为表 2 中  $C_d$  与  $C_p$  的偏差(-2.6%)对估算我国粮食作物和农作物 C 吸收量具有一定的代表性。从而说明根据产量估算农作物 C 吸收量的方法不仅有其理论依据, 而且可以从实验资料中得到验证。

#### 4 CO<sub>2</sub> 倍增与农作物对 CO<sub>2</sub> 的吸收

Hugo Rogers 等(1984)、Nesser Sionit 等(1980)、T. L. Setter 等(1989)、Yoshio Inove 等(1990)、王修兰等(1994)分别研究了不同 CO<sub>2</sub> 浓度水平对大豆、小麦、水稻、棉花、玉米等生育的影响。研究表明, CO<sub>2</sub> 浓度增加, 促进了作物光合作用、干物质积累和产量提高。由此必将导致农作物 C 吸收量的增长。

现就进行的小麦、玉米、大豆对 350, 500, 700ppm CO<sub>2</sub> 浓度反应诊断实验结果<sup>[12]</sup>, 直接利用 500, 700 对 350ppm CO<sub>2</sub> 浓度水平下干物重增长率, 由式(2)计算未来 CO<sub>2</sub> 增加条件下作物 C 吸收量。

表 3 不同 CO<sub>2</sub> 浓度相对 350ppm 干物重增长率及其 C 吸收量

CO <sub>2</sub> (ppm)	小麦		玉米		大豆		∑	
	Dw (%)	C <sub>p</sub> (10 <sup>4</sup> t)	Dw (%)	C <sub>p</sub> (10 <sup>4</sup> t)	Dw (%)	C <sub>p</sub> (10 <sup>4</sup> t)	C <sub>p</sub> (10 <sup>4</sup> t)	C <sub>p</sub> (%)
350	0	11755	0	10835	0	1376	23966	0
500	17.6	13847	3.2	11182	31.0	1803	26832	12.0
700	32.8	15611	9.8	11897	41.1	1942	29450	22.9

表 3 列出 3 种作物不同 CO<sub>2</sub> 浓度对当前大气 CO<sub>2</sub> 浓度(350ppm)干物重增长率 *Dw* (%)和相应的 C 吸收量 *C<sub>p</sub>*, ∑ 为 3 种作物吸收 C 的总量。*C<sub>p</sub>* (%)为不同 CO<sub>2</sub> 浓度相对 350ppm ∑ *C<sub>p</sub>* 增长率。表 3 表明, 3 种作物总吸收 C 量 500ppm 比 350ppm 增长 12.0%; 700ppm 增长 22.9%。

Jennifer 综合大量有关 CO<sub>2</sub> 倍增对作物影响的实验报导, 研究了作物在 CO<sub>2</sub> 倍增下干物重的变化<sup>[14]</sup>。据其提供的 7 种作物在 CO<sub>2</sub> 倍增条件下(680 相对 340ppm)干物重增长率 *Dw* (%)来计算 C 吸收量。

表 4 CO<sub>2</sub> 倍增作物干物重及其 C 吸收量

	小麦	水稻	玉米	高粱	大豆	烟草	棉花	∑	∑ (%)
<i>Dw</i> (%)	31	27	9	9	39	-5	84		
中 <i>C<sub>d</sub></i> (10 <sup>4</sup> t)	11363	19050	10726	773	1248	260	2037	45457	0
国 C×2(10 <sup>4</sup> t)	14886	24194	11691	843	1735	247	3748	57344	26.1
世 <i>C<sub>d</sub></i> (10 <sup>4</sup> t)	63410	52522	59221	9058	14649	652	8684	208196	0
界 C×2(10 <sup>4</sup> t)	83067	66703	64551	9873	20362	619	15979	261154	25.4

表 4 中 *Dw* (%)是综合多项实验资料的平均值, *C<sub>d</sub>* 为当前作物吸收 C 的计算值(表 1), C×2 代表 CO<sub>2</sub> 倍增条件下 C 吸收量, ∑ 为 7 种作物吸收 C 总量。表中除烟草外, 小麦、水稻、玉米、高粱、大豆、棉花等主要农作物在 CO<sub>2</sub> 倍增时 C 的吸收量有明显增长, 7 种作物吸收 C 总量中国(57344×10<sup>4</sup>t)比目前 *C<sub>d</sub>* 增长 26.1%; 世界(261154×10<sup>4</sup>t) 增长 25.4%。

为进一步验证上述结果, 将表 3 和表 4 中小麦、玉米、大豆在 CO<sub>2</sub> 倍增下的 C 吸收量作比较(表 5)。表中 *C<sub>d</sub>* 是现行大气 CO<sub>2</sub> 浓度下 C 吸收量(表 1), *C<sub>p</sub>* ×2 和 C×2 分别从表 3(700ppm)和表 4 两种途径计算的 CO<sub>2</sub> 倍增时作物对 C 的吸收量, Δ(C×2)% 为 C×2 相对 *C<sub>p</sub>* ×2 的偏差。表 5 可见, 当 CO<sub>2</sub> 倍增时, 两种计算结果相对偏差: 小麦 -4.6%、玉米 -1.7%、大豆 -10.7%, 3 种作物总偏差 -3.9%。与 350ppm 的 *C<sub>d</sub>* 比较,

$C_p \times 2$  增长 26.2%,  $C \times 2$  增长 21.3%。

表 5 CO<sub>2</sub> 倍增 3 种作物 C 吸收量及其相对 350ppm 增长率

	小麦	玉米	大豆	$\Sigma$	%
$C_d$ (10 <sup>4</sup> t)	11363	10726	1248	23337	0
$C_p \times (10^4t)$	15611	11897	1942	29450	26.2
$C \times 2(10^4t)$	14886	11691	1735	28312	21.3
$\Delta(C \times 2)\%$	-4.6	-1.7	-10.7	-3.9	

在中国上述 7 种作物的产量和种植面积占农作物总量的 70%—80%，世界占 50%—70%。因此，根据 CO<sub>2</sub> 倍增下 7 种作物 C 吸收量的增长率估算全球农作物的 C 吸收量有其一定的代表性。当 CO<sub>2</sub> 浓度由 350ppm 增至 700ppm，农作物对 C 吸收量的增长幅度为 21%—26%，即中国作物年总吸收 C 量由  $5.5 \times 10^8t$  可望增至  $6.6 \times 10^8t$ — $6.9 \times 10^8t$ ；世界农作物年吸收 C 量由  $28.9 \times 10^8t$  可增至  $34.1 \times 10^8t$ — $36.2 \times 10^8t$ 。

## 5 结论与讨论

(1) 中国各种农作物吸收 CO<sub>2</sub> 的年总量为  $5.5 \times 10^8tC$ ，世界年吸收总量为  $28.9 \times 10^8tC$ 。中国占世界吸收 CO<sub>2</sub> 总量的 19%。单位面积农作物年吸 C 量  $C_d/S$  中国为  $4.22t/hm^2$ ，世界为  $3.15t/hm^2$ ，世界比中国偏低约 25.4%。

(2) 大气 CO<sub>2</sub> 浓度倍增(至 700ppm)时，农作物吸收 CO<sub>2</sub> 年总量将增长 21%—26%，中国由  $5.5 \times 10^8tC$  可望增至  $6.6 \times 10^8t$ — $6.9 \times 10^8tC$ ，世界  $28.9 \times 10^8tC$  增至  $34.1 \times 10^8t$ — $36.2 \times 10^8tC$ 。

(3) 不同农作物的 C 吸收量不同。中国粮食作物年吸 C 量为  $4.84 \times 10^8t$ ，世界粮食作物为  $23.61 \times 10^8t$ 。中国以水稻吸 C 量最高( $1.91 \times 10^8t$ )，其次是小麦和玉米；世界以小麦最高( $6.34 \times 10^8t$ )，其次是玉米和水稻。经济作物吸 C 量中国为  $6.66 \times 10^8t$ ，世界为  $5.27 \times 10^8t$ 。中国以棉花最高，其次为甘蔗；世界以甘蔗最高，其次是棉花。

(4) 农作物种类不同 C 的吸收能力也不同。单位面积的年吸 C 量  $C_d/S$  最高的作物是甘蔗( $15.2t/hm^2$ )。C<sub>4</sub> 作物的  $C_d/S$  普遍高于同类 C<sub>3</sub> 作物。

(5) 全球植被总面积  $87.6 \times 10^8hm^2$ <sup>[6]</sup>，其中作物耕地面积占 17%，草原牧场占 37%，森林、林地占 46%。根据 Ryuji Nomura (1992) 提供的作物、草原、森林  $C_d/S$  的量值范围<sup>[15]</sup>，推算得到当前全球植被年吸 C 量约  $150 \times 10^8t$  左右。其中作物吸收 47%，草原吸收 10%，森林吸收 43%。中国植被总面积为  $5.3 \times 10^8hm^2$ ，作物、草原、森林面积各占 18%，60%和 22%，年总吸 C 量约  $8.5 \times 10^8t$ ，作物、草原、森林分别吸收其中的 54%，17%和 29%。由此可见，全球各种植被的 C 吸收量以作物最高，森林次之，草原最低。农作物以其最少的占地面积，从大气中吸收最多的 C 量，说明它在全球生态系统的 C 循环中占有非常重要的地位。从各种植被的固 C 周期来看，农作物一般不超过 1a(1a 之内又被转化成 CO<sub>2</sub> 释放回大气)；而森林的固 C 周期却能长达几年、几十年或更长，可以将部分 C 积累贮存于林木机体之中，这是农作物所不能代替的。

(6)根据上述研究,可以认为:建立一个稳定持续发展的农业生态系统和广义农业复合的农、林、牧系统,扩大绿色植被覆盖面积,一方面每年可多吸收一部分大气中  $\text{CO}_2$  并固定为有机质,对调节和稳定大气圈  $\text{CO}_2$  浓度,推动生物圈的 C 素循环,发展第一性生产有重要意义;另一方面向大气释放大量的  $\text{O}_2$ ,使大气圈不断得到更新,对改善大气和全球环境质量有着重要的作用。

(7)本文仅讨论了大气  $\text{CO}_2$  浓度增加对农作物生育产量的直接效应。有关  $\text{CO}_2$  和其它温室气体增加引起全球气候变化,如气温升高、海平面上升、降水量的重新分配等,所造成局部地区的旱、涝、病虫等灾害,对农业生产的间接影响不容忽视。因此在作全球性气候变化的影响评价时,必须综合考虑各方面的有利和不利因素,才能做出准确的评估。

## 参考文献

- [ 1 ] 世界资源研究所主编. 世界资源 1990—1991. 北京: 北京大学出版社, 1992. 16—19.
- [ 2 ] Bolin Warrick and Doos Jager. The Greenhouse effect climatic change and ecosystems. printed in Great Britain: 1986, 293—409.
- [ 3 ] IPCC, 1992 IPCC supplement scientific assesment of climate change. printed in Great Britain: 1992, 12—19.
- [ 4 ] W. 拉夏埃尔著, 李博等译. 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1982. 12—83.
- [ 5 ] Food and Agriculture organization of the United Nations. FAO yearbook production. 1992, 46: 71—129.
- [ 6 ] 中国农业年鉴编委会. 中国农业年鉴 1993. 北京: 农业出版社, 1993. 252—267.
- [ 7 ] J. 杜林博斯, A·H·卡萨姆. 产量与水的关系. 罗马, 联合国粮农组织, 1979. 5—16.
- [ 8 ] 中国农业科学院甜菜所主编. 中国甜菜栽培学. 北京: 农业出版社, 1982. 55—59.
- [ 9 ] F·W·T·彭德弗里斯等著, 朱德峰等译. 几种一年生作物生长的生态生理过程模拟. 北京: 中国农业科技出版社, 1991. 35.
- [ 10 ] 韩湘玲主编. 作物生态学. 北京: 气象出版社, 1991. 151—159.
- [ 11 ] 王修兰等. 植物群体光合速率测定装置与方法. 农业工程学报, 1993, 4: 62—66.
- [ 12 ] 王修兰等.  $\text{CO}_2$  浓度倍增对大豆各生育阶段光合作用及干物质积累的影响. 作物学报, 1994, 5: 520—527.
- [ 13 ] 崔读昌等. 中国主要农作物气候资源图集. 北京: 气象出版社, 1984. 7—126.
- [ 14 ] Jennifer D·Cure and Basil Acook. Crop responses to carben dioxide doubling: A Literature survey, Agricultural and Forest Met, 1986, 38: 127—145.
- [ 15 ] Ryuji Nomura. The relationship between global environment, energy resources and economic development, 世界环境, 1992, 3, 12—15.

## THE ESTIMATION ON CROP ABSORBING CO<sub>2</sub> UNDER CURRENT AND DOUBLE CO<sub>2</sub> CONDITIONS IN THE WORLD

Wang Xiulan

(*Institute of Agrometeorology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081*)

### Abstract

The CO<sub>2</sub> absorption from crops have been estimated on the basis of crops production data (FAO 1992). It is about 550 million t/aC in China and 2890 million t/aC in the world. And making use of photosynthetic experimental data for wheat, corn and soybean in all growing seasons to calculate absorption of C directly. It shows that there is 2.6% error between estimation and calculation. Thereby according to experimental results of crop response to doubling CO<sub>2</sub>, crops absorb CO<sub>2</sub> will increase 21%—26% under doubling CO<sub>2</sub> concentration condition (700ppm compared with 350ppm), that is, the total CO<sub>2</sub> absorption from crops will be 660—690 million t/aC in China and 3410—3620 million t/aC in global world. Additionally, this study presents crops absorb C per planting area is 4.2t/(hm<sup>2</sup> · a) in China. It is 25.4% more than mean level of the world (3.2t/hm<sup>2</sup> · a), and crop species C<sub>4</sub> is more than C<sub>3</sub> generally.

**Key words:** Crop, CO<sub>2</sub> double, Absorbing CO<sub>2</sub>, Estimation.