

# 地膜覆盖条件下的土壤增温特性

潘 渝<sup>1</sup>, 郭 谨<sup>1</sup>, 李 毅<sup>2</sup>, 张江辉<sup>1</sup>, 丁新利<sup>1</sup>

(1 新疆水利水电科学研究院, 乌鲁木齐 830049; 2 西安理工大学, 西安 710048)

**摘 要:** 在新疆沙湾县连续进行的4年大田地温与气温观测实验基础上, 重点对玉米与棉花在地膜覆盖下的土壤层(0~25 cm)温度特性进行了分析, 结果表明地膜覆盖对土壤层有明显的增温效应。气温的年变化和日变化都有一定的规律可循; 覆膜后的土壤耕作层地温比不覆膜地温值高, 且随深度不同而在变化。

**关键词:** 地膜覆盖; 增温; 气温; 时刻

**中国分类号:** S152.8; S51.048

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2002)02-0130-05

## Characteristics of Increasing Temperature in Soils With Plastic Mulching

PAN -yu<sup>1</sup>, GUO Jin<sup>1</sup>, LI Yi<sup>2</sup>, ZHANG Jiang-hui<sup>1</sup>, DING Xin-li<sup>1</sup>

(1 The Academy of Hydraulic and Electric in Xinjiang, Wulumuqi 830049, Xinjiang, China;

2 The University of Science and Engineering in Xi'an, Xi'an 710048, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** On the basis of the continuous four years observation and experiment on the temperatures of soil and air in big farmlands in Shawan county of Xinjiang. The characteristics of the temperature in the soil layers under the condition of the corn and cotton covered with film, the result shows there is an apparent effect on increasing temperature when the soil layers covered with film. There are some regulars about the annual and daily change in temperature; the temperature of plough layer covered with film is higher than that without using film, and it changes with the depth.

**Key words:** plastic mulching; increasing temperature; air temperature; moment

## 1 引言

土壤热量的来源主要是太阳的辐射能、生物热和地球的内热, 土壤热量收支和热性质的不同导致了温度的变化。土壤温度影响着植物的生育、土壤的形成和性状, 土壤空气和土壤水的运动也与土壤温度有密切关系, 土体内各个方向的温度梯度往往是引起水、气运动的原因之一<sup>[1,2]</sup>。地膜覆盖改变了土壤的温度状况, 并将太阳能转化为热能汇集在土壤中, 为作物生长创造了更有利的环境; 地膜覆盖隔断了土壤与大气之间的直接联系, 阻挡了土壤水分的垂直蒸发, 大大降低了土壤水分的蒸发速度; 同时地膜覆盖能促进作物根系生长, 提高作物体对光能的利用率, 此外地膜覆盖还具有减少土壤水分蒸发, 促

进土壤微生物活动, 提高肥料利用率, 改善土壤物理性状等作用<sup>[3,5]</sup>。

国家“九五”攻关课题“覆膜灌溉田间综合节水技术示范与推广”在新疆沙湾县连续4年对不同种植方式、不同作物、不同时刻土壤层0~25 cm的地温和同时刻气温进行了观测。对定期观测的地温资料进行分析, 发现地膜覆盖与无膜条件下对比, 具有明显的增温效应。

## 2 实验方案布置

实验地点选在新疆沙湾县乌兰乌苏气象站试验田, 土质为粉质黏土, 田间地膜覆盖率为90%。自1997年起, 至2000年每年4月(播种期)~9月初在试验田中埋设两组地温计, 两组地温计分别用于观

测覆膜和不覆膜条件下土壤层 0~ 25 cm 地温, 地温计埋设的深度间隔为 5 cm。1997 年观测棉花条播和点播的土壤层地温, 1998~ 2000 年观测棉花田和玉米田地温。苗期每天 8: 00、14: 00、20: 00 观测三次地温, 中后期为隔天观测, 在整个观测地温的过程中, 同时观测相应时刻的气温。

3 生育期气温特征分析

3.1 种植季节气温变化规律

气温的年变化和日变化都是有规律可循的。将 1998 年种植季节气温变化见图 1。图 1 中的平滑线为拟合的种植季节气温变化曲线, 波动线为种植季节实测的日平均气温变化曲线。由图 1 可见:

(1) 种植季节 4~ 9 月的气温变化大体上为 4 月份最低, 之后逐渐升高, 8 月初以后气温逐渐降低的趋势。最高日平均气温发生在 7 月份的某一段时间。

(2) 1998 年 4 月 1 日~ 9 月 27 日整个种植季节的气温变化可拟合为二次函数, 表示为:

$$T_{\text{气}} = - 0.002x^2 + 0.417x + 4.235 \quad (1)$$
式中:  $T_{\text{气}}$ ——气温;  $x$ ——日期。4 月 1 日起, 初始值  $x$  为 0, 式(1)的相关系数为 0.855 4。

(3) 将 1998 年 4~ 9 月测得的最高、最低及平均气温进行月平均, 其值见表 1。由表 1 可见, 1998 年种植季节中 4 月平均气温、最高气温和最低气温比其他 5 个月的都低。4~ 7 月种植季节中月平均气温、月最高气温和月最低气温大体处于逐渐升高趋势, 4~ 7 月中三个月气温特征值均在 7 月达到最高。8~ 9 月最高气温逐渐开始降低, 但 9 月的月平均气温和月最低气温均高于 8 月。

表 1 1999 年月气温特征分析

月 份	月平均气温	月最高气温	月最低气温
4	6.9	14.2	- 1.2
5	15.2	18.9	11.0
6	18.0	22.5	10.4
7	20.7	26.0	16.5
8	16.9	23.2	10.4
9	19.5	21.0	17.5

(4) 经分析, 表 1 中的 1998 年 4~ 9 月气温平均值可拟合为二次曲线, 其中最高气温的月平均值表达式为:

$$T_{\text{max}} = - 2.0277x^2 + 28.373x - 64.827 \quad (2)$$
式中:  $T_{\text{max}}$ ——月平均最高气温, ;  $x$ ——月份。拟合的相关系数为 0.988 2。

4~ 9 月最低气温的月平均值表达式为:

$$T_{\text{min}} = - 1.8708x^2 + 25.926x - 63.809 \quad (3)$$
式中:  $T_{\text{min}}$ ——月平均最低气温, ;  $x$ ——月份。拟合的相关系数为 0.988 3。

4~ 9 月月平均气温表达式为:

$$T_{\text{ave}} = - 1.743x^2 + 24.14x - 65.122 \quad (4)$$

式中:  $T_{\text{ave}}$ ——月平均气温, ;  $x$ ——月份。拟合的相关系数为 0.989 0。

3.2 气温的日内变化规律

对 1998 年种植季节 4~ 9 月隔日观测, 每次分三个时刻(8: 00, 14: 00, 20: 00) 观测的日气温特征进行分析, 得出三个时刻的日最大、日平均和日最低气温见表 2。由表 2 可见, 种植季节内日气温的平均值、最低值和最大值均依 8: 00 - 14: 00 - 20: 00 的顺序递增, 8: 00 的气温特征比其它两个时刻都低, 日最高气温特征均发生在 20: 00, 14: 00 与 20: 00 的日气温特征相差不大, 两者的最大差值小于 1.8。将 1998 年气温的日变化特征作图, 见图 2。

表 2 1998 年不同时刻种植季节内日气温变化特征分析

时 刻	8: 00	14: 00	20: 00
种植季节气温最低值	- 0.6	4.0	5.8
种植季节气温平均值	15.4	24.3	24.7
种植季节气温最大值	26.1	36.1	36.9

4 日观测气温与耕作层地温值的相关性

气温的变化在种植季节和一日内各时刻均有其明显的特征, 而气温的变化又是地温尤其是苗期地温的主要影响因素之一。通过分析可知, 8: 00 观测的种植季节(1999 年 4 月 15 日至 1999 年 9 月 10 日) 覆膜与不覆膜条件下气温与土壤层不同深度(0~ 25 cm) 地温均可拟合为线性关系, 表示为:

$$T_{\text{8地}} = aT_{\text{8气}} + b \quad (5)$$

式中:  $T_{\text{8地}}$ ——8: 00 观测的覆膜条件下不同深度地温, ;  $T_{\text{8气}}$ ——与地温同时刻观测的气温, ;  $a$ 、 $b$  为常数。

野外实测资料表明, 覆膜条件下 8: 00 观测的各土壤层地温与气温的相关性比同条件覆膜地温与气温的相关性高, 有覆盖和无覆盖条件下其相关系数均随土层深度增加而单调递减。前者拟合的最低相关系数为 0.841 7, 后者拟合的最低相关系数为 0.754 5。取此时刻观测的覆膜条件下 0 cm 地温与同时刻的气温值作图, 见图 3。

5 地膜覆盖条件下不同时刻土壤的增温效应分析

5.1 生育期覆膜与不覆膜地温特征分析

为了比较生育期覆膜与不覆膜地温的变化特征, 以下以 1998 年实测棉花地温资料为例, 将生育

期覆膜与不覆膜条件下的地温最大值、平均值、最小值统计后列于表 3。

表 3 1998 年覆膜与不覆膜条件下棉花生育期地温特征比较

深度/cm	0	5	10	15	20	25	地表条件
最大值	60.0	44.0	42.0	38.8	36.6	31.4	覆膜
平均值	28.2	25.9	24.8	23.8	22.7	22.4	
最小值	3.0	6.0	8.8	9.2	9.8	9.8	
最大值	56.0	41.6	38.8	35.8	33.0	31.8	露地
平均值	24.4	23.0	21.9	21.3	20.5	20.7	
最小值	0.0	4.1	6.0	7.5	7.5	8.2	

由表 3 可见: (1) 无论地表是否覆膜, 生育期最大值和平均值均沿深度递减, 其中地温最大值变化自地表至深层变化幅度较大。而与前两者相反, 覆膜与不覆膜条件下棉花生育期 0~ 25 cm 地温最小值沿深度增加而递增, 0~ 25 cm 地温值均低于 10 。

(2) 除 25 cm 处的覆膜地温最大值略低于同深度不覆膜地温值外, 覆膜后土壤层 0~ 25 cm 深度的生育期地温的最大值、平均值和最低值都高于不覆膜条件。覆膜条件下 0 cm 与 25 cm 生育期最大地温差为 28.6, 不覆膜条件下 0 cm 与 25 cm 生育期最大地温差为 24.2; 而覆膜与不覆膜条件下生育期 0 cm 与 25 cm 地温平均值之差分别为 5.8 和 3.7。此外覆膜与不覆膜地温特征之差随深度的逐渐增加而递减, 25 cm 处两者之差小于 1.7。

1998 年棉花种植季节地温特征见图 4。

将上述地温特征沿深度变化的规律拟合成曲线, 得到的关系为二次函数。其中地温最大值与深度的规律可表示为:

$$T_{\max} = 0.038z^2 - 1.9123z + 57.329 \quad (6)$$

式中:  $T_{\max}$ ——地温最大值;  $z$ ——土壤层深度, cm; 上式拟合的相关系数为 0.956 5。

地温平均值与深度的规律可表示为:

$$T_{\text{aver}} = 0.0075z^2 - 0.416z + 28.101 \quad (7)$$

式中:  $T_{\text{aver}}$ ——地温平均值;  $z$ ——土壤层深度, cm; 上式拟合的相关系数为 0.996 4。

其中地温最小值与深度的规律可表示为:

$$T_{\min} = -0.017z^2 + 0.6867z + 3.0786 \quad (8)$$

式中:  $T_{\min}$ ——地温最小值;  $z$ ——土壤层深度, cm; 上式拟合的相关系数为 0.992 9。

5.2 一日内不同时刻覆膜土壤的增温效应分析

不同文献资料中对覆盖所产生的地温增温效应都有论述<sup>[7,8]</sup>, 本课题组的野外地温实验资料同样表明, 地膜覆盖对土壤耕作层(0~ 25 cm)的地温有不同程度的增温效应。为了进一步说明在生育期内, 随

着一天早、中、晚太阳辐射强度的不同而造成的差异性, 以下仍以 1998 年地温实测资料为例, 重点对早、中、晚三个不同时刻观测的棉花和玉米的地温平均值、最小值、最大值进行统计, 并对生育期覆膜与不覆膜两种情况进行对比, 得出的结果见表 4 和表 5。

表 4 1998 年棉花不同时刻土壤耕作层(0~ 25 cm)地温特征分析表

深度/cm	0	5	10	15	20	25	时刻
覆膜与露地平均值差	2.3	2.0	2.2	2.1	2.0	1.7	8: 00
覆膜与露地最小值差	3.0	1.9	2.8	1.7	2.3	1.6	
覆膜与露地最大值差	2.9	1.9	1.7	1.0	0.8	0.8	
覆膜与露地平均值差	4.1	2.1	2.0	1.8	1.7	1.5	14: 00
覆膜与露地平均值差	3.0	2.7	1.8	2.0	2.4	1.3	
覆膜与露地平均值差	5.1	4.6	4.3	3.4	2.8	1.9	
覆膜与露地最小值差	1.9	2.9	3.5	2.8	2.7	1.7	20: 00
覆膜与露地最大值差	6.0	6.2	5.0	3.0	3.6		

表 5 1998 年玉米不同时刻土壤耕作层(0~ 25 cm)地温特征分析表

深度/cm	0	5	10	15	20	25	时刻
覆膜与露地平均值差	1.8	1.5	1.6	2.4	1.7	1.5	8: 00
覆膜与露地最小值差	0.5	2.0	2.1	1.2	1.2	1.0	
覆膜与露地最大值差	1.5	1.3	1.6	2.4	1.6	1.2	
覆膜与露地平均值差	3.6	2.8	2.7	2.8	1.6	1.6	14: 00
覆膜与露地最小值差	4.2	3.3	2.4	3.0	1.9	1.8	
覆膜与露地最大值差	0.0	3.3	4.6	2.9	1.6	1.2	
覆膜与露地平均值差	2.7	3.2	3.5	3.6	2.4	2.1	20: 00
覆膜与露地最小值差	3.3	5.1	5.2	5.0	3.3	2.6	
覆膜与露地最大值差	2.0	2.6	3.0	3.0	1.8	1.4	

表 4 和表 5 中, 露地是不覆膜地块。

由表 4 和表 5 可见:

(1) 1998 年棉花和玉米覆膜后不同时刻土壤耕作层(0~ 25 cm)地温最大值、平均值和最小值均有增加。生育期覆膜后地温的最大值、平均值和最小值均可增加 0~ 6.2。

(2) 地温的最大增温时间段发生在 20: 00。

(3) 比较棉花和玉米覆膜后的增温值, 发现地膜覆盖对棉田地温的影响比对玉米地温的影响大, 这归于很多原因, 主要和作物植株高度、植株形状、根系生长和封垄情况有关, 因此可初步认定, 作物的生长高度在某种程度上影响地温变化。

(4) 就棉花而言, 覆膜后三个时刻的最大与平均地温增值均随深度增加而递减; 而两者地温的最小值差则沿深度无一致的变化规律。覆膜后与不覆膜的 0~ 25 cm 各深度地温特征值与 8: 00 和 14: 00 相比, 总体上 20: 00 时两者的地温比 8: 00 和 14: 00 差别大, 作物生育期覆膜地温与不覆膜地温的最大差值发生在这一时刻, 且在土表 10 cm 以上, 体现了土壤热交换的动态过程。生育期覆膜后棉田地温的

最大增值发生在 20: 00 的地表 5 cm 深度, 其值为 6.2。

(5) 分析 1998 年玉米地温特征可知, 覆膜后 0 ~ 25 cm 各深度 8: 00、14: 00 和 20: 00 三个时刻的地温特征值均比不覆膜的高, 但两者的地温差值沿深度大体上没有一致的变化规律, 相邻深度地温特征值变化无统一的规律。而且, 与棉田地温特征相比较, 玉米覆膜后地温的最大增值表现在最低地温的提高上, 而其值比覆膜棉田的增值值小, 为 5.2, 此值同样出现在 20: 00, 发生深度为地表 10 cm。

5.3 地膜覆盖对土壤耕作层(0 ~ 25 cm) 的增温效应分析

分析表明, 土壤表面覆膜后大大改善了土壤层的地温状况, 使得地温的时刻变化和在不同深度上的变化都不同于地表不覆膜条件。将 8: 00、14: 00 及 20: 00 同时刻观测的覆膜与不覆膜地温值比较, 得出的地温增值值见表 6。

表 6 地膜覆盖后不同时刻土壤耕作层的增值值  
(1998 年棉花生育期)

深度/cm	0	5	10	15	20	25	时刻
增值平均值	2.3	2.0	2.2	2.1	2.0	1.8	8: 00
增值最大值	5.5	3.6	4.8	4.5	4.5	3.9	
增值平均值	4.1	2.1	2.0	1.8	1.7	1.8	14: 00
增值最大值	22.5	9.3	9.8	4.5	4.0	19.0	
增值平均值	5.1	4.6	4.3	3.4	2.8	2.3	20: 00
增值最大值	16.2	10.4	9.4	7.9	6.3	21.0	

表 6 中土壤耕作层的增温特征均为该时刻同深度的覆膜地温与不覆膜地温之差。

野外实验资料表明, 覆膜与不覆膜条件下地温的变化均有一个时刻变化过程, 且服从正弦变化规律, 可用正弦函数表达<sup>[7, 8]</sup>。本实验观测的覆膜与不覆膜条件下地温在三个不同时刻的变化有大致相同的规律, 其中覆膜条件下 1998 年生育期地温随时刻变化的趋势见图 5。

由表 6 和图 5 可见:

(1) 8: 00 和 20: 00 的地温在深度上基本变化不大, 沿深度呈缓慢变化趋势, 其地表温度与 25 cm 地温分别相差 2 和 9; 而 14: 00 的地表温度远高于 8: 00 和 20: 00 的地表温度, 时刻观测的地温沿深度变化趋势明显, 地表温度与 25 cm 地温差值达 27。

(2) 不同时刻地膜覆盖对土壤增温的效应不同, 而且覆盖对土壤温度的增温效应主要体现在提高地温平均值和地温最大值上。覆膜后 8: 00 的生育期平均地温和最高地温的增加相对较小, 同时这一时刻

的增温平均值和增温最大值在深度上变化不大, 增温值大致沿深度递减, 其相对于不覆膜地温的增加幅度分别在 2.3 和 5.5 以内, 也是在三个观测时刻中增值最小的。而覆膜后 20: 00 的生育期地表增温平均值达 5.1, 为在三个观测时刻中平均地温增温幅较小者, 且增值值沿深度递减; 生育期最高地温的最大增值为 21.0, 此值出现在地表, 且自地表至 20 cm 基本上依次递减。生育期最高地温提高最明显的时刻在 14: 00, 增值达 22.5, 此值出现在地表, 且自地表至 20 cm 依次递减, 但 25 cm 最高地温的增值比 20 cm 高; 此时刻平均地温增值最大为地表值 5.1, 其变化也为沿深度依次递减。

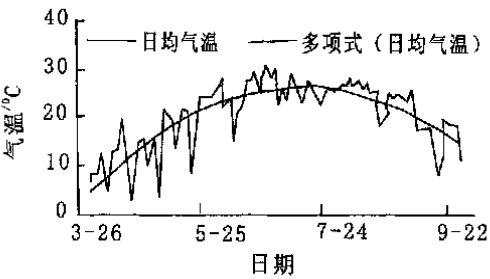


图 1 1998 年 4~ 9 月气温变化图

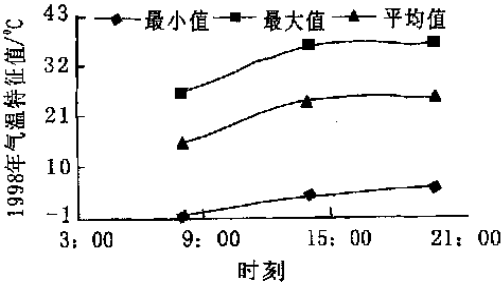


图 2 1998 年气温的日变化特征

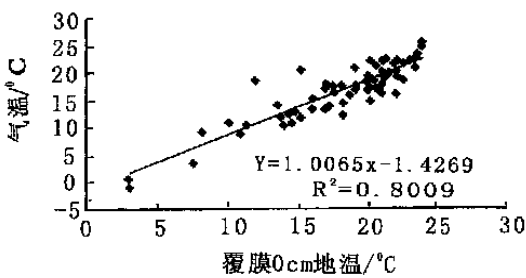


图 3 覆膜地温与气温相关图

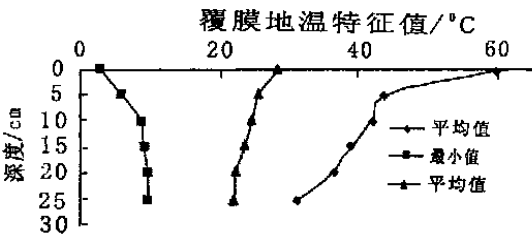


图 4 棉花种植季节覆膜地温特征

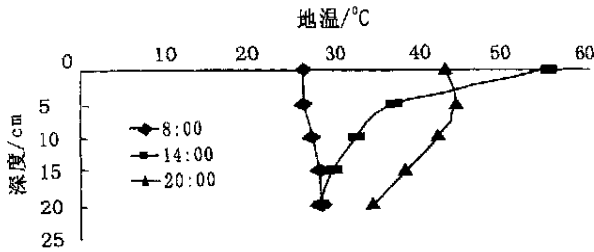


图5 生育期覆膜地温时刻变化度最大

## 6 结 语

地膜覆盖改变了土壤的温度状况,能把太阳能转化为热能并汇集在土壤中,为作物生长创造了更有利的环境。本文对定期观测的地温资料进行分析,发现地膜覆盖与无膜条件下对比,具有明显的增温效应,其主要特征如下:

(1) 气温的年变化和日变化都是有规律可循的。种植季节4~9月的气温变化大体上为低-升高-降低的趋势;整个种植季节的气温变化可拟合为二次函数。种植季节中月平均气温、最高气温和最低气温有特定规律且均可拟合为二次曲线。一日内三个时刻气温的平均值、最低值和最大值各不相同。

(2) 日观测气温与耕作层地温值有较高的相关性,覆膜与不覆膜条件下气温与土壤层不同深度(0

~25 cm)地温均可拟合为线性关系。

(3) 无论地表是否覆膜,生育期最大值和平均值均沿深度递减,其中地温最大值变化自地表至深层变化幅度较大。覆膜后土壤层0~25 cm深度的生育期地温的最大值、平均值和最低值基本上都高于不覆膜条件。地温特征沿深度变化的规律可拟合为二次函数。

(4) 1998年棉花和玉米覆膜后不同时刻土壤耕作层(0~25 cm)地温最大值、平均值和最小值均有增加。地温的最大增温时间段发生在20:00。地膜覆盖对棉田地温的影响比对玉米地温的影响大,可初步认定,作物的生长高度在某种程度上影响地温变化。

(5) 就棉花而言,覆膜后三个时刻的最大与平均地温增值均随深度增加而递减;而两者地温的最小值差则沿深度无一致的变化规律。而玉米覆膜后地温的最大增值表现在最低地温的提高上。

(6) 土壤表面覆膜后大大改善了土壤层的地温状况,使得地温的时刻变化和在不同深度上的变化都不同于地表不覆膜条件。不同时刻地膜覆盖对土壤增温的效应不同,而且覆盖对土壤温度的增温效应主要体现在提高地温平均值和地温最大值上。

## 参考文献

- [1] 朱祖祥. 土壤学(上册)[M]. 北京: 农业出版社, 1983
- [2] 中国地膜覆盖栽培研究会主编. 地膜覆盖栽培技术大全[M]. 北京: 农业出版社, 1988
- [3] 华孟, 王坚. 土壤物理学[M]. 北京: 农业大学出版社, 1993
- [4] 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 土壤水动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988
- [5] 黄介生, 沈荣开. 地膜覆盖技术的研究现状与展望[J]. 中国农村水利水电, 1997, (增刊): 80-81
- [6] 夏自强, 蒋洪庚, 李琼芳, 等. 地膜覆盖对土壤湿度、水分的影响及节水效益[J]. 河海大学学报, 1997, 25(2): 39-45
- [7] Ytzaq M ahrer, Ofir Naot, Ernest Rawitz, et al. Temperature and moisture regimes in soils mulched with transparent polyethylene[J]. Soil Sci Soc. Am. J., 48: 362-367.
- [8] 姚贤良, 程云生, 等编著. 土壤物理学[M]. 北京: 农业出版社, 1986

(上接第120页)

都将进入中国市场,国外企业具有雄厚的经济实力,规范的国际产品标准、先进的生产管理技术,知名的品牌效应,他们还熟悉世贸规则,我们如何面对这些强者,形势十分严峻。我们不能凭千家万户的个体,也不能靠某几个大户人家。国内市场很复杂,国际市场更复杂,一个农业产业包括生产、销售、市场、法律、法规、产品品牌打造等众多环节。目前中国刚刚

## 参考文献

- [1] 李英能. 西北地区农业高效用水浅议[A]. 农业高效用水与水土环境保护[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2001. 14-18
- [2] 山仑, 张岁岐. 节水农业及其生物学基础[A]. 中国节水农业问题论文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999, 30-41
- [3] 康绍忠, 蔡焕杰. 农业水管理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 480-485

加入世贸组织,中国政府还不熟悉世贸规则,企业也不懂世贸规则,正处于学习之中,更何况是一个农户如何能掌握千变万化的市场风云。只有依靠企业特别是大型企业,农户才有可能真正成产业化中的强者。入世给我们带来广阔的市场机遇,也给传统农业造成巨大的压力,应该说WTO给中国的农业带来的挑战大于机遇,如果不引起足够的重视,这种挑战将是残酷的。