

# 地膜覆盖棉花、玉米、大豆生育盛期的降温效应

王荣堂, 王有宁, 董秀荣

(湖北农学院农学系, 湖北荆州 434025)

**摘要:**1999~2001 年的试验结果表明地膜覆盖在夏季作物旺盛生长期(棉花:开花-吐絮、玉米:抽雄穗-乳熟、大豆:开花-结荚)3 种覆盖作物的叶面积均比对照作物大,其叶面积系数分别为:棉花:3.9/3.1、玉米:3.3/2.7、大豆:4.0/3.2。进入作物群体中的光照度( $I$ )主要与叶面积系数( $F$ )有关,而叶面积系数又直接影响消光系数( $k$ )的大小。农田覆盖地膜后,其在作物生育前期的增温保湿作用,使其作物生育速度加快,到作物旺盛生长期因其枝叶茂盛,叶面积系数增大,消光系数减小,白天冠层上部叶片截留的太阳总辐射多,致使最终进入作物群体中下部的光能减少。白天覆盖地虽然蒸发量减少,但因其作物枝叶茂盛,蒸腾量则增大,农田消耗于蒸散( $LE_C$ )的能量增多,导致加热土壤(B 项)的能量减少。覆盖作物地的土壤温度较对照地低,其中又以白天地面最高温度降温最为明显,棉花、玉米、大豆等 3 种作物降温幅度分别为 3.1℃、2.7℃和 2.5℃。

地膜覆盖在作物旺盛生长期的降温效应,可减轻夏季高温对作物的危害,夏季白天当温度超过光合作用适宜温度(20~25℃)以上时,呼吸作用消耗的有机物质增加,作物生长缓慢,而覆盖作物地因其温度较对照地低,光合强度大,生长活力增强,因而使作物能够增产。

**关键词:**地膜覆盖栽培;作物生育盛期;降温效应

## Effects of plastic film covering on dropping ground temperature at the full-growing stages of cotton, maize and soybean

WANG Rong-Tang, WANG You-Ning, DONG Xiu-Rong (Hubei Agricultural College, Jingzhou, Hubei 434025, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1667~1672.

**Abstract:** A extensive application of plastic film covered in crop cultivation brought about an international "white revolution" in 1970's. A lot of researches on using of plastic film in cropping have reported nowadays, and the effects of plastic film covering on production increase and water saving have studied in the ways of temp-increase and soil moisture preservation at the early growing stage of crops. The studies were conducted at the full-grown stage of crops in order to discover the effects of plastic film covering on growing rate and production increase and provide a theoretical base for more applications of plastic film.

Three-year's researching work began in 1999 on college farm of Hubei Agricultural College in Jingzhou city, Hubei province. Cotton, maize and soybean sowed in 20 April, which was the optimum sowing period in this test area. Contrast design was used in the test with two plots of 100m<sup>2</sup> (a film-covering treatment and a contral) and four replications each crop. The test materials were *emian15*, *xiyu3* and *edou4*. Daily observations of soil temp and growth status of each crop were gained through the whole stages from sowing date to ripeness date, and light intensity of the canopy, outer active layer and soil

**基金项目:**湖北省教育厅重大科技资助项目(98A-028)

**收稿日期:**2002-09-06; **修订日期:**2003-02-21

**作者简介:**王荣堂(1939~),男,河南省邓州市人,教授,主要从事农业气象研究。E-mail: wangrongtang. jz@163.com

**Foundation item:** The Great Technology Project of Education Department of Hubei Province (98A-028)

**Received date** 2002-09-06 **Accepted date:** 2003-02-21

**Biography:** WANG Rong-Tang, Professor, main research field: agricultural meteorology.

around root were observed for 5 times per day at full growing stage.

Three year’s test observations showed that in summer the leaf area of film covering treatments were bigger than the controls when covering plastic film at full-growing stages, to which cotton from blooming to boll opening,maize from heading stage to milking stage and soybean from blooming to milky stage. The LAI of cotton, maize and soybean was 3.9/3.1, 3.3/2.7 and 4.0/3.2 respectively. According to Beer formula( $I=I_0 \cdot e^{-KF}$ ), light intensity in the crop colony was meanly relative to LAI, but LAI influences the extinction coefficients. Covering plastic film in the field speeded up the growth of field crop for its effects of temp-increase and soil moisture preservation at the earlier growth stage, but at the full-growing stage increased LAI, decreased extinction coefficients for the excessive amount of global radiation held back by the canopy and the lessened solar energy entered lower layer of the crop colony. In addition, according to the heat equilibrium theory: $R=P+B+LEc$ , evaporation of covering field is reduced but the transpiration is increased for its flourishing branches and leaves, which lead to more energy dissipating and less energy heating the soil. The two reasons above resulted in the lower soil temp of the film covering treatments than the controls. Temperature decreased most when soil temp got the highest level in daytime, and the decrease extents were 3.1℃, 2.7℃ and 2.5℃ for cotton, maize and soybean respectively.

Effects of temp-decrease on crops by covering plastic film at the full growing stage could lighten the harm of high temp to crops in summer. According to the theory about three basic temp points of photosynthesis and respiration, when temp exceed the optimum temp of photosynthesis (20~25℃) in the summer days,the respiration consumption of organic matters is increased, and the growth of crops became slow. Film-covering patterns had lower ground temp and higher productivity for a better growth vitality and bigger photosynthesis intensity than non-covering ones in this study. The temp-decreasing effect of film covering at full growing stage will renew the production-increasing theory of film covering, raise the applied value of plastic film covering, and corrected the lopsided conclusion on film covering, which explain the productivity increase merely owe to temp-increasing effect at the early stage of crop, meanwhile,and provide a meteorological basis for more extended application of plastic film covering.

**Key words:**plastic film covering, full-grown stage of crops, effect of temp-decrease

文章编号:1000-0933(2003)08-1667-06 中图分类号:Q948.112.2 文献标识码:A

干旱缺水或光、温、水等资源分配不均匀等是限制我国各地农业生产进一步发展的主要原因之一,而地膜覆盖则是解决这一问题的有效措施<sup>[1]</sup>。20 世纪 80 年代从日本引进的地膜覆盖栽培技术迅速普及全国,尤其是对水资源相对不足的高海拔及人少地多的西部地区,有效地提高了土地资源利用率,调节作物生长季,从而提高产量<sup>[2]</sup>。笔者用棉花、玉米、大豆等 3 种作物进行覆膜与对照地的对比栽培试验,通过对 3a 的试验资料(1999~2001)进行统计总结,从农业气象角度分析塑料薄膜对作物生育和产量形成的作用,为进一步推广和应用塑膜覆盖栽培作物提供农业气象依据。

1 材料与方法

1.1 试验地气候基本概况

试验地选择于湖北农学院教学农场实习基地(30°21'N,119°09'E),该地区年平均气温 15~17℃,≥10℃的活动积温 5200~5400℃,年降水量 1050~1150 mm,年蒸发量 1040~1140 mm,年日照时数 1800~2200 h,无霜期 220~260 d,属亚热带季风气候区,适宜水稻、棉花、小麦、大豆、玉米等多种作物种植。

1.2 试验设计

从 1999 年开始,在实习基地试验田,于本地适宜播种期(稳定通过 15℃的气温或稳定通过 17℃的 5cm 地温)4 月 20 日播棉花、玉米和大豆。用对比法根据作物种类不同分区进行试验,每种作物分两

个小区(每个小区设4个重复),即覆膜与对照,每小区面积为100m<sup>2</sup>(每个重复面积为25m<sup>2</sup>)。棉花品种为鄂棉15,玉米为西玉3号,大豆为鄂豆4号。

1.3 田间观测

1.3.1 土壤温度观测 在播种前一天在每个重复中埋设地面温度表(0cm温度表、地面最高、地面最低)和曲管地温表(测定5cm、10cm、15cm和20cm土壤温度)。从播种之日起每天3次(08:00、14:00、20:00)连续进行土壤温度的观测,一直到作物生育后期(棉花吐絮期、玉米、大豆黄熟期)停止观测。

1.3.2 株间光照度的观测 从作物旺盛生长期(棉花开花~吐絮、玉米抽雄穗~乳熟、大豆开花~结荚)开始,用照度计每天5次(08:00、10:00、12:00、14:00、16:00)测定作物株间光照度,每次测3个高度,即冠层上部、作物外活动面处和根部地面。

1.3.3 作物发育期观测 棉花观测出苗、现蕾、开花、成铃和吐絮;玉米观测出苗、七叶、抽雄、雌穗、乳熟和黄熟;大豆观测出苗、开花、结荚、乳熟和黄熟。每个发育期还进行生长高度的观测。

2 结果与分析

2.1 地膜覆盖在作物生育前期的增温效应

地膜覆盖在作物生育前期具有明显的增温效应,因而能使播种后的种子萌发快、出苗迅速,这是前人许多试验已经证明并得到实际应用的结论<sup>[3,4]</sup>。笔者通过1999~2001年3a的试验资料,再次证明了这一结论的正确性。统计结果显示,4~5月份地面和地中(5cm、10cm、15cm和20cm)棉花、玉米、大豆各深度平均温度覆膜比对照分别高出1.1~3.8℃、2.1~3.0℃、0.8~3.5℃(详见表1)。

2.2 地膜覆盖在作物旺盛生长期的降温效应

根据对3a连续地温观测资料的统计分析,发现在棉花、玉米、大豆旺盛生长期覆膜地比对照地温度均有不同程度的降低,地面0cm降温幅度分别为1.1℃、0.9℃和0.7℃;地中5~20cm各层土温降温幅度为0.3~0.5℃,其中以白天最高温度降温最明显,降温幅度分别为3.1℃、2.7℃和2.5℃(见表2)。

表1 作物发育前期平均地温℃(1999~2001 04-20-05-31)

		0~20cm 不同土层地温/℃				
作物 Crop	处理 Treatment	0~20cm different layer temperature/℃				
		0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
棉花 Cotton	覆膜 Film-mulch	23.0	19.9	18.7	17.5	16.8
	对照 Check	19.2	16.9	16.8	16.1	15.7
	差值 Defict	3.8	3.0	1.9	1.4	1.1
玉米 Maize	覆膜 Film-mulch	26.2	19.0	18.9	18.6	18.5
	对照 Check	22.7	16.0	16.0	16.5	15.9
	差值 Defict	2.5	3.0	2.9	2.1	2.6
大豆 Soybean	覆膜 Film-mulch	27.7	26.6	25.5	25.3	24.9
	对照 Check	24.2	23.6	24.7	22.7	22.6
	差值 Defict	3.5	3.0	0.8	2.6	2.3

2.3 地膜覆盖对农田光照度的影响

农田作物群体中光照度的大小是影响作物光合作用进而影响作物生育和产量的决定性因素,而进入作物群体中的光照度,根据Beer公式<sup>[5]</sup> $I=I_o \cdot e^{-KF}$ ,主要与叶面系数 $F$ 有关,因为叶面系数直接影响田间消光系数 $K$ 的大小, $(K=\frac{1}{F} \ln \frac{I_o}{I}, I_o$ 为冠层上部的光强, $I$ 为到达作物群体某一高度上的光强)。当农田覆盖地膜后,由于作物生育前期有增温、保湿和保肥作用,促使作物发育速度加快,到作物旺盛生长期,覆盖作物较对照地枝叶茂盛,叶面积系数增大(由表4~表6知3种作物的叶面积系数覆盖与对照分别为:棉花覆盖3.9/3.2、玉米2.7/2.2、大豆4.0/3.2),白天截留的太阳直接辐射和散射辐射多,最终使进入覆盖作物田中的光能减少<sup>[6]</sup>。3a统计资料表明,覆盖作物地2/3株高和地面根部的光照度明显低于对照地(见表

3),这也许是地膜覆盖在作物旺盛生长期中具有降温效应的主要原因之一。

表 2 作物旺盛生长期平均温度(1999~2001)

作物 Crop		处理 Treatment	地面最高温(℃) The earth's surface highest temperature	不同土层地温(℃) Different layer temperature				
				0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
07-10~08-21 棉花 Cotton		覆膜 Film-mulch	45.3	32.7	31.1	31.0	30.9	30.7
		对照 Check	48.4	33.9	31.6	31.5	31.4	31.3
		差值 Deficit	-3.1	-1.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6
06-1~07-10 玉米 Maize		覆膜 Film-mulch	37.4	30.1	29.9	29.7	29.6	29.6
		对照 Check	40.1	31.0	30.3	30.1	29.9	29.9
		差值 Deficit	-2.7	-0.9	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3
05-21~07-10 大豆 Soybean		覆膜 Film-mulch	36.8	30.2	27.8	27.6	27.5	27.4
		对照 Check	39.3	30.9	28.3	28.1	27.9	27.7
		差值 Deficit	-2.5	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3

表 3 不同作物旺盛生长期的光照度(klx)

作物 Crop		测定时间 Observational time	顶部 Acro minstry		2/3 株 高 2/3 Individual height		地 面 The earth's surface	
			覆膜 Film-mulch	对照 Check	覆膜 Film-mulch	对照 Check	覆膜 Film-mulch	对照 Check
棉花 Cotton		8:00	3.86	3.86	2.49	2.65	2.15	2.26
		10:00	78.5	78.5	38.3	39.8	34.4	35.5
		12:00	97.7	97.7	46.5	46.8	42.9	43.4
		14:00	83.9	83.9	42.7	49.2	38.0	40.8
		16:00	53.5	53.5	34.5	34.8	34.1	34.4
玉米 Maize		8:00	5.29	5.29	3.05	4.51	2.86	2.77
		10:00	67.4	67.4	47.6	48.4	36.3	40.9
		12:00	70.1	70.1	59.1	60.3	41.4	43.7
		14:00	78.5	78.5	45.5	49.0	42.9	44.7
		16:00	45.3	45.3	37.9	38.1	37.6	37.8
大豆 Soybean		8:00	3.14	3.14	4.20	4.31	2.17	2.13
		10:00	47.2	47.2	41.2	44.3	38.6	39.9
		12:00	56.2	56.2	49.4	49.0	49.0	49.1
		14:00	67.8	67.8	59.4	60.9	43.1	44.0
		16:00	34.0	34.0	23.1	23.9	23.0	23.3

2.4 地膜覆盖对作物经济性状的影响

通过对 1999~2001 连续 3a 的作物考种资料的统计分析可知,3 种覆膜处理作物的经济性状均优于对照,以产量因素最为显著;3a 平均皮棉增产 22.6kg/667m<sup>2</sup>,增幅为 25.0%;玉米增产 67.6kg/667m<sup>2</sup>,增幅为 13.6%;大豆增产 28.0kg/667m<sup>2</sup>,增幅 25.9%(见表 4~表 6)。

3 结论与讨论

3.1 地膜覆盖在作物旺盛生长期由于枝叶茂盛,叶面积系数大,白天截留的太阳总辐射多,进入作物中下部的光能减少,致使覆盖作物田中的地温较对照地低,尤以白天最高温度降低最为明显,棉花、玉米、大豆等 3 种作物田的降温幅度分别为 3.1℃、2.7℃和 2.5℃。

3.2 根据能量平衡原理  $R_T = P + B + LE_C$ <sup>[7]</sup>,白天覆盖作物地虽然土壤蒸发量减少,但因作物枝叶茂盛,而使蒸腾量大大增加,其结果是消耗于农田蒸散的能量( $LE_C$ )增多,导致乱流交换( $P$ )和加

热土壤(B)项的能量减少,这也许是地膜覆盖在作物旺盛生长期具有降温效应的主要原因之一。

表 4 地膜覆盖对棉花主要经济性状的影响(1999~2001)

处 理 Treatment	株高*(cm) Individual plant height	叶面积系数* Leaf ratio	分枝数 Agric number	蕾铃脱落率(%) Abastrums and cotton peach abscission rate	单株籽棉重(g) Single plant seeded cotton weight	单铃重(g) Single cotton peach weight	产 量 (kg/667m <sup>2</sup> ) Product
覆膜 Film-mulch	118.3	3.9	7.1	60.86	76.9	4.8	113.0
对照 Check	110.8	3.1	6.4	71.27	67.9	4.1	90.4
差值 Defict	7.5	0.8	0.7	-10.29	9.0	0.7	22.6
增 幅 The extent of increase(%)	6.77	25.8	10.94	-14.85	13.25	17.07	25.0

\* 株高、叶面积系数为 3 年的 7 月 20 日测定的平均值

表 5 地膜覆盖对玉米主要经济性状的影响(1999~2001)

处 理 Treatment	株高*(cm) Individual plant height	叶面积系数* Leaf ratio	茎粗(cm) Stem coarse	穗长(cm) Spike length	百粒重(g) Hundred grain weight	穗粒重(g) Single spike grain weight	产 量 (kg/667m <sup>2</sup> ) Product
覆膜 Film-mulch	148.8	3.3	2.13	23.59	29.10	177.18	564.77
对照 Check	101.0	2.7	1.34	22.03	27.13	158.83	497.15
差值 Defict	47.8	0.6	0.79	1.56	1.97	18.35	67.62
增 幅 The extent of increase(%)	47.33	22.2	58.96	7.08	7.26	11.55	13.60

\* 株高、叶面积系数为 3 年的 6 月 20 日测定的平均值

表 6 地膜覆盖对大豆主要经济性状的影响(1999~2001)

处 理 Treatment	株高(cm) Individual plant height	叶面积系数* Leaf ratio	主茎粗(cm) Main axis coarse	单株英数 Single plant pod number	单株粒重(g) Single plant grain weight	百粒重(g) Hundred grain weight	产 量 (kg/667m <sup>2</sup> ) Product
覆膜 Film-mulch	91.38	4.0	1.39	87.5	51.31	29.74	136.1
对照 Check	87.08	3.2	1.09	70.1	35.42	27.37	108.1
差值 Defict	4.75	0.8	0.30	17.4	15.92	2.37	28.0
增 幅 The extent of increase(%)	5.45	25.0	27.52	24.82	44.95	8.66	25.90

\* 株高、叶面积系数为 3 年的 6 月 25 日测定的平均值

3.3 地膜覆盖在作物旺盛生长期中的降温效应,可减轻夏季高温对作物的危害<sup>[8]</sup>。根据作物光合作用和呼吸作用的 3 基点温度(光合作用:0~5℃,20~25℃,40℃;呼吸作用:-10℃,36~40℃,50℃)<sup>[9]</sup>可知,夏季白天温度比较高,当午后 13~17 时温度超过光合作用适宜温度上限时,则作物的光合作用强度下降,而呼吸作用增强,此时呼吸作用消耗的有机物质增多,呼吸消耗的能量大于光合作用合成的能量,导致作物生长缓慢,而覆盖作物地因其温度较对照地低,作物的生长活力增强,因而使作物能够增产。

3.4 地膜覆盖在作物旺盛生长期的降温效应使作物增产的理论,补充了塑膜的应用价值,纠正了地膜覆盖能使作物增产的原因仅仅是在作物生育前期的增温保湿作用的片面理论,为进一步推广和扩大地膜覆盖栽培作物为北方数据气象依据。

3.5 随着地膜覆盖栽培面积的扩大,地膜覆盖在土壤中不易降解并污染土壤的问题越来越严重,实际上

环境工程、物理化学、生理生化和农业气象等多家学科正组织联合研究这一重大课题,已研制了多种不同降解方式的地膜,从而为地膜的生产应用解除了忧虑。

References :

[ 1 ] He J M, Wang Y M. Studies on the effect of covering with different materials on soil ehvironment and yield of spring corn. *China Agricultural Meteorology*, 1996, **17**(3): 33~36.

[ 2 ] Zhong Z Z, Zhao J B. Contrust of ecological effect in the fields between grassy fibre film and plastic film mulching, *Chinese Agricultural Meteorology*, 1996, **17**(4): 28~33.

[ 3 ] Qi W H, Feng X L. *Agricultural Meteorology*. Zhengzhou: HeNan Agricultural press, 1988. 283~284.

[ 4 ] Gong F J. *Agricultural Meteorology*. China: Chinese Agricultural press, 1993. 243~244.

[ 5 ] Chinese Agricultural Sciences Academy. *Chinese Agricultural Meteorology*. China: Chinese Agricultural press, 1999. 24~25.

[ 6 ] Liu W D. A Study Development of the Effect of Temperature on cotton boll Growth. *Chinese Agricultural Meteorology*, 1992, (4): 53~54.

[ 7 ] Jing G H, Zhang L. *China agriculture Encyclopedia volume of agriculture meteorology*. Beijing: Chinese Agricultural Press. 154~155.

[ 8 ] Du Y. Study on the Economic Effect of climate Ecology of Maize Covered with plastic Film in the Southwest Mountain of China. *Chinese Agricultural Meteorology*, 1992, (5): 47~49.

[ 9 ] Beijing Agricultural university. *Agricultural Meteorology*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1980. 44~45.

参考文献:

[ 1 ] 贺菊美, 王一鸣. 不同覆盖材料对玉米土壤环境及产量效应的研究. *中国农业气象*, 1996, **17**(3): 33~36.

[ 2 ] 钟兆站, 赵聚宝. 草纤维膜与塑料地膜覆盖农田的生态效益比较. *中国农业气象*, 1996, **17**(4): 28~33.

[ 3 ] 齐文虎, 冯新灵. 农业气象. 郑州: 河南农业出版社, 1988. 283~284.

[ 4 ] 贡复俊. 农业气象. 北京: 中国农业出版社, 1993. 243~244.

[ 5 ] 中国农业科学院. 中国农业气象学. 北京: 中国农业出版社, 1999. 24~25.

[ 6 ] 刘卫东. 温度对棉花发育影响的研究进展. *中国农业气象*, 1992, (4): 53~54.

[ 7 ] 江广恒, 张理. 农业百科全书 农业气象卷. 北京: 中国农业出版社, 154~155.

[ 8 ] 杜勇. 我国西部山区玉米覆膜栽培的气候生态效益研究. *中国农业气象*, 1992, (5): 47~49.

[ 9 ] 北京农业大学. 农业气象学. 北京: 中国农业出版社, 1980. 44~45.