维普资讯 http://www.cqvip.com

426-435

28567(13)

第17卷第4期 生 态 学 报 Vol. 17, No. 4
1997年7月 ACTA ECOLOGICA SINICA Jul., 1997

麦套春棉对棉花生态环境及生长影响的研究

孙本普 李秀云 王 勇 张宝民
(山东省滨州地区农业科学研究所，滨州，256615)
史维泽 马宪芬
(山东省滨州地区农业局，滨州，256618)

S562.01
S512.101

摘要 对麦套春棉环境和棉株生长发育关系进行研究，结果表明：热、光、水资源的竞争是造成棉花苗弱、迟发的主要原因，其中热量不足尤为主要，因此，麦套春棉应采用地膜覆盖，增加有效地积温，以补偿作物层和耕层土壤热量亏缺。麦棉共生期，套种棉行生态环境和棉株生长发育显著受到小麦的遮荫程度和遮荫时间的影响。此种遮荫程度，随着小麦株高的增加而加重，随着麦棉间距的加大而减轻，遮荫时间也随着小麦成熟期的推迟而延长。因此，麦套春棉应确定适宜的麦棉间距，合理选用小麦品种，使之既有利于棉苗生长和小麦产量提高，又有利于棉花建立合理群体结构。

关键词：麦套春棉，生态环境，生长发育，麦棉间距，小麦株高。

棉；小麦；

EFFECTS OF INTERPLANTING SPRING COTTON WITH WHEAT ON THE COTTON ECOTOPE AND GROWTH

Sun Benpu Li Xiuyun Wang Yong Zhang Baomin
(*Institute of Agricultural Research in Binzhou District, Shandong Province*, 256615)
Shi Weize Ma Xianfen
(*Binzhou Agricultural Bureau, Shandong Province*, 256618)

Abstract Studies on relationship between the field environmental of spring cotton interplanting with wheat and the growth and development of cotton plant, the results showed that competition between the heat, the light energy and the water resources was the main factor that caused poor seedling and delay of cotton growth but not enough heat was the first contradictory. Therefore interplanting spring cotton with wheat ought to cultivate under plastic covering so as to increase active soil accumulation of temperature and remedy insufficient of heat in crop canopies and soil of plowed layer. Ecotope in the field of interplanting cotton row and growing development of cotton plant were clearly effected by the shade degree and time of wheat during symbiotic time of cotton and wheat. This shade degree were aggravated by increasing planting height of wheat, were reduced by increasing wide separation between the wheat and the cotton. The shade time were prolonged by de-

收稿日期：1995-09-15，修改稿收到日期：1996-07-04。

lay maturity time of wheat. Therefore interplanting spring cotton with wheat must determined rational separation between the cotton and the wheat, and select suitable variety of wheat.

Key words: interplanting spring cotton with wheat, ecotope growth and development, separation between the wheat and the cotton, wheat height.

麦套春棉，麦棉共生期由于小麦的遮荫改变了棉苗生态环境，影响棉苗生长发育，对此已有一些研究[1~3]。但对麦套春棉不同条件下的热、光、水等诸因子的变化规律，还缺乏全面系统的探讨，特别是与单作春棉相比较的研究，报道甚少。而研究麦套春棉不同条件下的热、光、水等因子的动态变化，更进一步地了解环境因子与棉苗生长的关系，是合理促进棉花的生长发育，制定适宜栽培管理措施的重要前提。为此，本文在前人研究的基础上，对麦套春棉不同条件下的生态环境及其对棉苗生长的影响，进行了详细研究，以期为麦套春棉生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与设计

试验于1992、1993、1994年在山东省邹平县长山镇西店村本所基点进行。试验项目如下：(1)麦套春棉与单作春棉；(2)麦套春棉麦棉不同间距；(3)麦套春棉小麦不同株高、熟期。南北行向种植，带宽160～180 cm，套种棉行110 cm，麦棉间距30 cm(除麦棉不同间距)。重复3次，小区面积最小的38.4 m^2，最大的192 m^2。

1.2 观测项目与方法

1.2.1 温度 对1.1(2)覆膜与露地5、10、15、20 cm深度土壤温度，对1.1(2)、1.1(3)膜下0、5、10、15、20 cm深度土壤及百叶箱温度，每天于2：00，8：00，14：00，20：00观测；每隔15 d左右观测1次温度日变化，1h观测1次，一昼夜观测25次。

1.2.2 光照强度 对1.1(1)、1.1(2)、1.1(3)东行棉苗冠层光照强度，隔天观测，每观测日自5：00始至19：00时止，1h观测1次，一昼观测15次。

1.2.3 土壤水分 采用烘干法测定1.1(1)、1.1(2)、1.1(3)土壤水分，每次每处理重复取样3～5次。

1.2.4 田间湿度、地面蒸发量 对1.1(1)每天2：00，8：00，14：00，20：00，观测离地面25 cm处田间湿度；每天于20：00观测地面蒸发量。

观测用的地、气温表为天津第8玻璃仪器厂生产；照度计为上海险峰电影机械厂制造；DHM$_2$型通风干湿表、ADM7型蒸发器，为天津市海洋仪器厂生产。

1.2.5 棉株性状 小麦收获时，各处理取有代表性棉株10～60棵，调查单株性状，取平均值。

2 结果与分析

2.1 土壤温度的动态变化

麦套春棉与单作春棉 作物层有效气积温 麦棉共生期，12℃以上有效气积温为411.3℃，而离地面25 cm的作物层12℃以上有效气积温，麦套春棉为386.2℃，单作春棉405.1℃，麦套比单作减少18.9℃。作物层有效温度低，不利于棉苗生长发育。

有效地积温(表1) 麦棉共生期，麦套与单作、覆膜与露地棉田，不同深度土壤12℃以上有效地积温，是在相同气温条件下出现的差异(表1)。麦套春棉覆膜栽培的有效地积温，虽少于单作春棉覆膜栽培，却多于单作春棉露地栽培。因此，麦套春棉应采用地膜覆盖。增加有效地积温，以补偿因小麦遮荫造成的作物层和耕层土壤热量亏缺。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 麦套与单作春棉不同深度土壤 12 ℃以上有效地积温

Table 1 Active soil accumulation temperature above 12 ℃ on different depth in spring cotton interplant with wheat and single sowing spring cotton fields

栽用类型 Types of cotton fields		土壤深度 Soil depth (cm)				
		0	5	10	15	20
麦套春棉 Interplanting spring cotton in wheat	覆膜 Mulched	634.2	543.4	509.3	472.0	432.5
	露地 Nomulched	490.3	419.3	398.5	368.2	349.0
单作春棉 Mono-planted spring cotton	覆膜 Mulched	732.2	644.8	596.3	522.7	516.9
	露地 Nomulched	517.8	470.0	459.0	430.0	411.6

温度日变化(图 1～3、5、15 cm 深度略) 由图中看出，日平均温度和最高、最低温度(0 cm 除外)，均以单作春棉覆膜最高，麦套春棉覆膜次之，麦套春棉露地最低。0 cm 的最高、最低温度，均以麦套春棉覆膜最高，单作春棉覆膜次之，单作春棉露地最低。0 cm 的最高温度出现这种现象，与中午前后刮风有关；最低温度出现这种现象，是小麦的屏障作用。日较差，单作春棉覆膜最大，麦套春棉覆膜次之。日平均温度高有利于棉苗生长发育，日较差大有利于干物质在棉株体内的积累。

不同天气类型温度 由表 2 看出，虽然天气有多种变化(下大雨除外)，但不同深度土壤日平均温度，麦套春棉覆膜均低于单作春棉覆膜，而高于露地。晴天最为明显，少云和多云天气次之，阴天和下小雨天气最差。同时还可以看出，下大雨天气，不同深度土壤日平均温度，麦套春棉覆膜高于单作春棉覆膜；不论麦套还是单作，覆膜还是露地，均以地表温度最低，并随着耕层土壤深度的增加而提高。其它类型天气，则以地表或 5 cm 深度土壤温度最高，随着土壤深度的增加而降低，这种现象与土壤含水量有关。

麦套春棉的不同间距 麦棉共生期，麦棉不同间距不同土壤深度的日平均温度，均以麦棉间距 33.3 cm 的最高，40.0 cm 的次之，20 cm 的最低(表 3)。套种棉行的土壤温度，与小麦的遮荫程度和土壤水分有关。因此，单从土壤温度来看，麦棉间距以 33.3 cm 为好，其次为 40.0 cm 和 26.7 cm。

麦套春棉小麦不同株高 麦棉共生期，5、10、15、20 cm 土壤深度的日平均温度，套种在小麦株高 48.0 cm 下的分别为 22.5、22.0、21.7、20.7 ℃，比套种在小麦株高 77.0 cm 下的 22.2、21.8、20.9、20.2 ℃，分别增加 0.3、0.2、0.8、0.5℃，差异显著或极显著。因此，麦套春棉小麦应选用株高较矮的品种，以降低对棉行的遮荫程度，提高土壤温度。

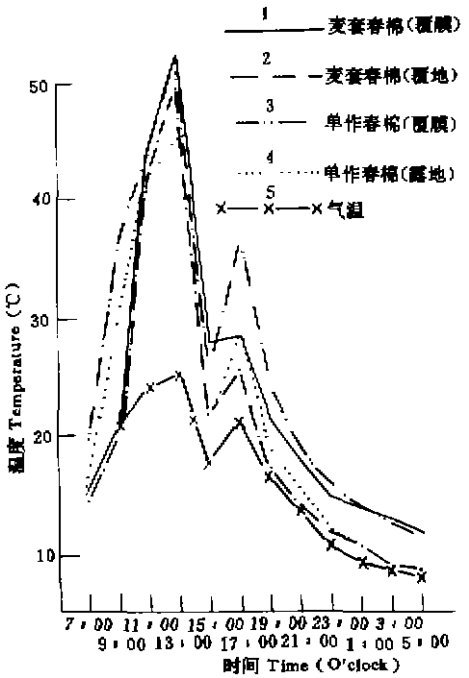

图 1 麦套春棉与单作春棉覆膜、露地 0 cm 地温日变化

Fig. 1 Diurnal changes of soil temperature at 0 cm depth in spring cotton interplanting with wheat and mono-planted spring cotton fields

1. Spring cotton interplanting with wheat (mulched) 2. Spring cotton interplanting with wheat (no mulched) 3. Mono-planted spring cotton (mulched) 4. Mono-planted spring cotton (no mulched) 5. Air temperatures

2.2 棉苗冠层光照强度的动态变化

麦套春棉与单作春棉光照强度日变化 麦棉共生期，对棉苗冠层光照强度(Y)随观测小时(x)的动态

维普资讯 http://www.cqvip.com

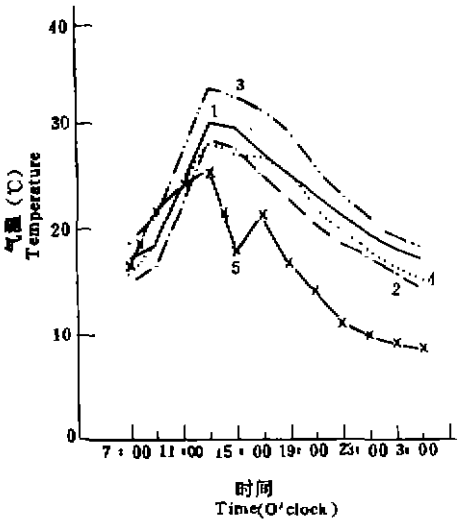

图 2　麦套春棉与单作春棉覆膜、露地 10 cm 地温日变化

Fig. 2　Diurnal changes of soil temperature at 10 cm depth in spring cotton interplanting with wheat and mono-planted spring cotton fields

图注同图 1. Notes of fig. 2 one same as fig. 1

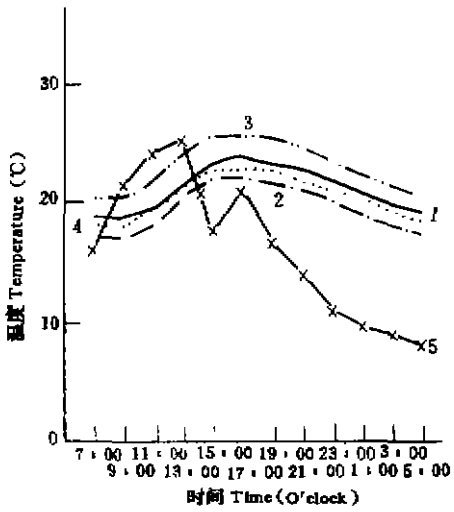

图 3　麦套春棉与单作春棉覆膜、露地 20 cm 地温日变化

Fig 3　Diurnal changes of soil temperature at 20 cm depth in spring cotton interplanting with wheat and mono-planted sping cotton fields

图注同图 1. Note same Fig. 1

表 2　不同天气类型对麦套与单作春棉土壤温度的影响

Table 2　Effects of different weather types on soil temperatures in spring cotton interplanting with wheat and mono-planted spring cotton fields

土壤深度 Soil depth (cm)	May 11 晴天 Sunny				May 3 少云 Partly cloudy				May 7 多云 Cloudy			
	麦套		单作		麦套		单作		麦套		单作	
	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地
0	21.9	19.5	24.3	20.0	25.4	22.4	26.2	22.9	17.9	15.8	18.4	15.1
5	22.2	19.2	23.9	20.8	23.5	20.3	25.4	21.7	18.7	16.3	19.7	16.6
10	21.4	18.8	22.9	19.9	22.4	19.6	24.1	21.4	18.5	16.5	19.4	17.0
15	20.6	18.3	22.0	19.3	21.4	19.0	22.8	20.5	18.2	16.7	19.1	17.2
20	19.5	17.8	21.2	18.2	20.5	18.4	22.0	20.0	17.8	16.6	18.8	17.3
平均	21.1	18.7	22.9	19.6	22.6	19.9	24.1	21.3	18.2	16.4	19.1	16.6
土壤深度 Soil depth (cm)	May 11 晴天 Sunny				May 3 小雨 Drizzly				May 7 大雨 Heavy rain			
	麦套		单作		麦套		单作		麦套		单作	
	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地	覆膜	露地
0	18.8	17.4	19.1	17.1	22.6	20.8	22.9	20.5	16.7	14.4	15.1	14.5
5	19.1	17.8	19.8	18.0	21.8	20.0	22.3	20.2	19.0	16.7	18.2	17.2
10	19.2	18.0	19.8	18.3	21.2	19.5	21.9	20.4	19.7	17.3	18.6	17.5
15	19.0	17.9	19.9	18.5	20.7	19.3	22.0	20.3	20.0	17.7	19.4	18.1
20	18.8	17.8	19.8	18.7	20.3	19.0	21.8	20.3	19.6	17.6	19.9	18.9
平均	19.0	17.8	19.7	18.1	21.3	19.7	22.2	20.3	19.0	16.7	18.2	17.2

注：(1)5 月 5 日小雨，雨量为 13.5 mm，5 月 12 日大雨，雨量为 115 mm；(2) 除 5 月 12 日为 1993 年观测外，其余均为 1992 年观测。覆膜：Covered，露地：Non-covered，麦套：Inter-planting，单作：Mono-planted.

维普资讯 http://www.cqvip.com

变化进行模拟，结果表明：麦套春棉的最优回归方程 $Y=-144335.7+32266.56\,x-1318.705\,x^2$（$R=0.803^{**}$），方程达极显著水平；单作春棉的最优回归方程 $Y=-151917+35937.96\,x-1495.354\,x^2$（$R=0.935^{**}$），方程达极显著水平。麦套与单作春棉光照强度日变化均呈抛物线型变化趋势(图 4)。由图 4 可知，棉苗冠层最高光照强度，麦套春棉平均 6.70 万 lx(最高 10.91 万 lx)，单作春棉平均 7.11 万 lx(最高 11.4 万 lx)，均出现在 12：00～13：00。麦套春棉棉苗冠层最高光照强度的平均值，还未达到棉叶的光饱和点 7～8 万 lx。因此，麦套春棉应采取相应的技术措施，提高棉苗光照强度。

麦套与单作春棉光照强度的关系　麦棉共生期，以麦套春棉光照强度日变化为依变量，单作春棉光照强度日变化为自变量，其最优回归方程为 $Y=-98.879+0.621\,x-6.458\,E-06\,x^2+1.592\,E-10\,x^3$（$R=0.95^{**}$）。从方程的生物学意义上看，麦套春棉光照强度日变化与单作春棉光照强度日变化关系复杂，其间有"S"型曲线变化趋势，即在某一段时间内，麦套春棉光照强度随着单作春棉光照强度的增加而有直线增加，而在此段时间之外，则变化比较平稳。同时由图 4 可知，麦套春棉比单作春棉的光照强度减少 0.0154～2.774 万 lx，平均减少 0.774 万 lx，为单作春棉的 38.8%～94.4%，平均 70.6%。7：00～9：00 差距最大，仅有单作的 38.8%～43.7%；11：00～15：00 差距最小，为单作的 90.4%～94.4%。因此，麦套春棉应采取提高棉苗光照强度的技术措施。

麦套春棉的不同间距　麦棉共生期棉苗冠层光照强度，随着麦棉间距的减小而减弱，随着麦棉间距的加大而增强，并且处理间差异达显著或极显著水平(表 4)。因此，麦棉间距应适当加大，以降低小麦对棉苗的遮荫程度，提高棉苗光照强度。

麦套春棉小麦不同株高　麦棉共生期棉苗冠层光照强度，随着小麦株高的增加而减弱，随着小麦株高的降低而增强(图 5)。套种在小麦株高 77.0 cm 下的棉苗，为套种在小麦株高 84.0 cm 下的 112.1%，观测小时平均增加 0.25 万 lx，差异极显著；为套种在小麦株高 48.0 cm 下的 85.3%，观测小时平均减少 0.39 万 lx，差异极显著。因此，麦套春棉小麦应选用较矮的品种，以降低对棉苗的遮荫程度，提高棉苗光照强度。

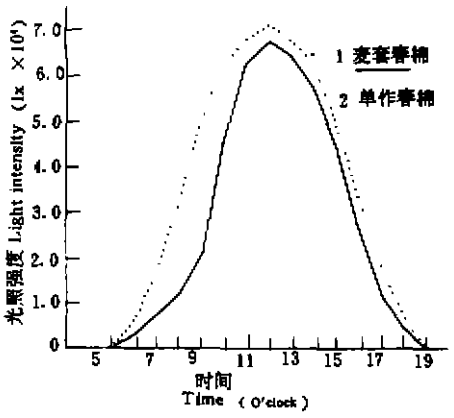

图 4　麦棉共生期棉苗冠层光照强度平均日变化

Fig. 4　Mean diurnal changes of light intensity in cotton seedling crown stratification at symbiotic time of wheat and cotton

—麦套春棉 Spring cotton interplanting with wheat

……单作春棉 Mono-planted spring cotton

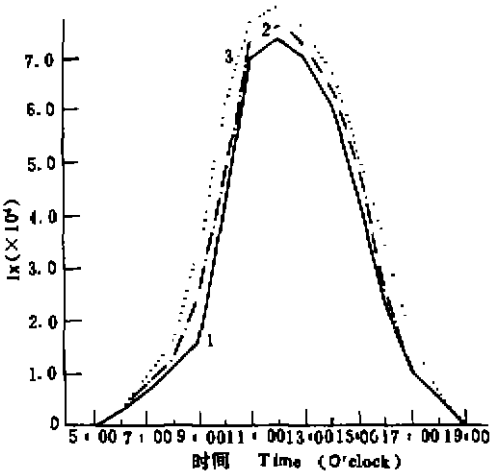

图 5　麦套春棉小麦不同株高棉苗冠层光照强度平均日变化

Fig. 5　Mean diurnal changes of light intensity in wheat crown stratification of different plant height in spring cotton interplanting with wheat fields

1. 高杆 High stalk, 2. 中杆 Middle stalk

3. 矮杆 Low stalk

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 3　麦棉不同间距不同深度土壤日平均温度差异显著性测定

Table 3　Measuring of significance of difference on mean diurnal soil temperature at different depth in different separation of cotton and wheat

麦棉间距 Separation (cm)	土壤深度 Soil depth (cm)	日平均温度 Mean diurnal temperature (℃)	差异显著性 Significance of difference 5%	1%
33.3		23.4	a	A
40.0	5	22.8	b	B
26.7		22.1	c	C
20.0		21.9	d	D
33.3		22.1	a	A
26.7	10	21.2	b	B
40.0		20.9	c	C
20.0		20.7	c	C
33.3		21.0	a	A
40.0	15	20.3	b	B
26.7		20.2	bc	BC
20.0		20.0	c	C
33.3		20.2	a	A
40.0	20	20.0	b	B
26.7		19.8	c	C
20.0		19.5	d	D

表 4　麦棉不同间距棉苗冠层光照强度差异显著性测定

Table 4　Measuring of significance of difference on light intensity in cotton seedling crown stratification of different separation of cotton and wheat

麦棉间距 Separation (cm)	光照强度 Light intensity (10^4lx/h)	差异显著性 Significance of difference 5%	1%
40.0	3.01	a	A
33.3	2.92	b	A
26.7	2.76	c	B
20.0	2.54	d	C

2.3　土壤水分的动态变化

麦套春棉与单作春棉　单作春棉的土壤水分主要受降雨影响。麦套春棉由于边行小麦的根系伸向套种棉行，吸收土壤水分，使水分减少；小麦浇水，又使棉行土壤水分增加。因此，麦套春棉套种棉行土壤水分，除受降雨影响外，主要受麦田浇水和小麦吸收的影响(表 5)。降雨次数多雨量大的年份，单作春棉的土壤含水量高于麦套春棉，土壤含水量的变异系数大于麦套春棉；降雨次数少、雨量小的年份则反之。常年麦棉共生期雨水较少，小麦浇水次数较多，麦套春棉棉行土壤平均含水量高于单作春棉，含水量的变异系数大于单作春棉。

表 5　麦套春棉对套种棉行土壤水分的影响(%)

Table 5　Effects of spring cotton interplanting with wheat on soil water in interplanting cotton row

处理 Treatment	1993						1993					
	0～5 cm			0～16.1 cm			0～5 cm			0～16.1 cm		
	变幅	平均	变异系数	变幅	平均	变异系数	变幅	平均	变异系数	变幅	平均	变异系数
麦套春棉 Interplanting spring cotton	12.7 | 25.0	17.9	26.1	17.1 | 23.8	20.4	9.1	6.3 | 26.3	15.2	36.7	12.3 | 23.9	18.6	17.4
单作春棉 Mono-planted	14.8 | 27.1	19.3	28.1	17.4 | 25.9	21.1	15.2	6.6 | 16.1	13.8	21.3	12.6 | 19.7	18.0	12.1
麦套比单作土 Interplanting: mono土	−2.1	−1.4	−2.0	−0.3 | −2.1	−0.7	−6.1	−0.3 | 10.2	1.4	15.4	−0.3 | 4.2	0.6	5.3

注：1993 年麦棉共生期降雨 6 次，雨量共计 181 mm，小麦浇水 3 次；1994 年麦棉共生期降雨 2 次，雨量共计 30.4 mm，小麦浇水 5 次。

变幅：Changes range，平均：Mean，雨量变异系数：Coefficient of variability. 麦套春棉：Interplanting spring cotten，单作春棉：Mono-planted，麦套比单作土：Interplanting/mono土

维普资讯 http://www.cqvip.com

表6 麦棉不同间距对土壤含水量的影响(%)

Table 6 Effects of different separation of wheat and cotton on water content in soil

麦棉间距(cm) Different separation of wheat and cotton	取样(日/月) Sample(day/month)						平均 Mean	变异系数 Coefficient of variability
	16/4	21/4	25/4	1/5	5/5	10/5		
20.0	17.2	24.8	22.4	23.0	20.2	18.1	21.0	15.15
26.7	18.4	23.7	22.1	24.7	21.9	20.0	21.8	11.71
33.3	19.3	23.1	22.0	25.5	22.9	21.3	22.4	10.54
40.0	20.0	22.4	21.6	25.7	23.3	21.8	22.5	10.45

麦套春棉的不同间距 麦棉共生期，棉株距边行离小麦越近，棉行土壤水分被小麦吸收得越多；小麦浇水透润了棉行土壤，土壤水分增加得越多。因此，套种棉行土壤水分，小麦浇水，随着麦棉间距的减少而增加；小麦较长时间不浇水或不浇水而降雨，则随着麦棉间距的减小而减少。但麦棉共生期棉行土壤平均含水量，随着麦棉间距加大而提高，土壤含水量的变异系数则随着麦棉间距的加大而减小(表6)。但麦棉间距26.7～40.0 cm的变异系数相差较小，仅相差1.26%。土壤中只有相对稳定的水分，才有利于提高水的利用率和根系吸收，所以，单从土壤含水量来看，麦棉间距以26.7～40.0 cm为好。

麦套春棉小麦不同株高，套种棉行土壤含水量虽有差异，但差异不显著，说明麦套春棉覆膜栽培，小麦不同株高对套种棉行土壤水分影响不大。

2.4 地面蒸发量的动态变化

据两年观测，麦棉共生期，套种棉行地面蒸发量为283.3～318.8 mm，单作春棉为311.2～360.1mm，麦套比单作减少27.9～41.3 mm，减少9.0%～11.5%，差异极显著。由于小麦遮荫及风障作用，套种棉行地面蒸发量显著减少。

2.5 田间湿度的动态变化

据麦棉共生期观测，套种棉行的田间湿度为78.6%，单作春棉为72.5%，麦套比单作提高6.1%，差异极显著。小麦浇水和麦株的蒸腾作用，提高了套种棉行的田间湿度。因此，麦套春棉应采取相应的技术措施，防止棉苗发生病害。

2.6 土壤温度与地面主要气象因子的关系

土壤温度受地面气象因子的影响，棉田土壤的增温效应随着天气变化而变化。麦套与单作春棉覆膜与露地不同土壤深度的温度(Y)，与相应的气象因子光照强度(x_1)、土壤表面蒸发量(x_2)、大气相对湿度(x_3)、日平均气温(x_4)、露地地面日平均温度(x_5)的线性回归方程见表7、表8。由表7.8看出，不论麦套还是单作、覆膜还是露地，不同土壤深度温度受日平均气温和露地地面日平均温度影响最大，均呈极显著正相关，其次为光强和土表蒸发量，除麦套春棉露地的20 cm土壤深度外，均呈显著或极显著正相关。大气相对湿度，影响覆膜棉田0～10 cm土壤深度温度，呈显著或极显著负相关；影响麦套春棉露地地表温度，呈显著负相关；影响单作春棉露地0～5 cm土壤深度温度，呈显著或极显著负相关。可见，日均气温、露地地面日均温度是影响土壤温度的主要气象因子。

2.7 土壤表面蒸发与地面主要气象因子的关系

土壤表面的蒸发，与土壤结构和土壤水分含量有关，同时，受地面气象因子的影响。麦套与单作春棉土壤表面蒸发量(Y)，与相应的气象因子大气相对温度(x_1)、作物层相对温度(x_2)、日平均气温(x_3)、地面日平均温度(x_4)、空气中水气压(x_5)、作物层空气水气压(x_6)的线性回归方程：$Y_{麦套}=18.241-0.149x_1-0.057x_2+0.262x_3-0.399x_4+0.007x_5+0.288x_6$；$Y_{单作}=13.756-0.108x_1-0.043x_2+0.024x_3-0.021x_4-0.044x_5+0.179x_6$，方程均达极显著水平($F_{麦套}=25.591^{**}$，$F_{单作}=27.061^{**}$)。麦套与单作春棉土壤表面蒸发量受作物层相对湿度($R_{麦套}=-0.820^{**}$，$R_{单作}=-0.851^{**}$)和大气相对湿度($R_{麦套}=-0.785^{**}$，$R_{单作}=-0.801^{**}$)影响最大，均呈极显著负相关，其次为日均气温($R_{麦套}=0.575^{**}$，$R_{单作}=$

维普资讯 http://www.cqvip.com

表7　棉田土壤温度同主要气象因子关系线性回归方程

Table 7　Linear regression equation of relations between soil temperature and main meteorological factor in cotton fields

处理 Treat	土壤深度 (cm) Soil depth		线性回归方程 Linear regression equation	F
麦套春棉	覆膜	0	$Y_1=2.659+7.746E-0.5X_1+0.169X_2+0.008X_3+0.184X_4+0.688X_5$	248.822**
		5	$Y_2=6.711+5.799E-05X_1-0.026X_2+0.011X_3+0.191X_4+0.477X_5$	113.425**
		10	$Y_3=6.777+4.082E-05X_1+0.018X_2+0.018X_3+0.261X_4+0.372X_5$	68.494**
		15	$Y_4=6.746+3.082E-05X_1+0.004X_2+0.022X_3+0.330X_4+0.287X_5$	36.956**
		20	$Y_5=6.196+3.093E-05X_1-0.012X_2+0.034X_3+0.381X_4+0.200X_5$	22.918**
	露地	0	$Y_6+1.183E-04X_1-0.085X_2+0.046X_3+0.849X_4$	59.907**
		5	$Y_7=-0.362+3.984E-05X_1-0.055X_2+0.045X_3+0.321X_4+0.502X_5$	100.737**
		10	$Y_8=-0.576+6.731E-05X_1-0.177X_2+0.048X_3+0.578X_4+0.318X_5$	50.067**
		15	$Y_9=1.414+3.81E-05X_1-0.031X_2+0.058X_3+0.456X_4+0.216X_5$	31.456**
		20	$Y_{10}=1.831+4.143E-05X_1-0.039X_2+0.063X_3+0.489X_4+0.132X_5$	21.961**
单作春棉	覆膜	0	$Y_{11}=1.903+7.685E-05X_1+0.192X_2+0.018X_3+0.179X_4+0.705X_5$	425.610**
		5	$Y_{12}=5.632+8.776E-05X_1-0.131X_2+0.035X_3+0.233X_4+0.443X_5$	90.559**
		10	$Y_{13}=6.333+8.056E-05X_1-0.153X_2+0.036X_3+0.358X_4+0.281X_5$	61.203**
		15	$Y_{14}=6.351+6.739E-05X_1-0.141X_2+0.042X_3+0.427X_4+0.188X_5$	31.729**
		20	$Y_{15}=5.713+6.197E-05X_1-0.119X_2+0.049X_3+0.477X_4+0.123X_5$	23.364**
	露地	0	$Y_{16}=0.949+8.345E-05X_1-0.180X_2+0.009X_3+0.998X_4$	101.611**
		5	$Y_{17}=5.632+8.776E-05X_1-0.131X_2+0.035X_3+0.233X_4+0.443X_5$	90.559**
		10	$Y_{18}=-0.882+5.637E-05X_1-0.176X_2+0.061X_3+0.473X_4+0.358X_5$	60.051**
		15	$Y_{19}=-0.810+6.007E-05X_1-0.162X_2+0.069X_3+0.591X_4+0.195X_5$	34.290**
		20	$Y_{20}=-0.633+6.256E-05X_1-0.117X_2+0.079X_3+0.646X_4+0.078X_5$	23.459**

注：**代表0.01极显著水平。

表8　棉田土壤温度同主要气象因子相关关系

Table 8　Correlated relations between soil temperature and main meteorological factor in cotton fields

处理 Treatment		土壤深度 Soil depth (cm)	光照强度 Light intensity	蒸发量(x_2) Evaporation capacity	大气湿度(x_3) Atmospheric humidity	日均气温(x_4) Day mean air temperature	露地地面温度(x_5) Surface temperature on noncovered
麦套春棉 Spring cotton interplanting with wheat	覆膜 Covered	0	0.590**	0.519**	−0.411**	0.884**	0.963**
		5	0.535**	0.472**	−0.351*	0.882**	0.954**
		10	0.468**	0.419**	−0.311*	0.890**	0.932**
		15	0.394**	0.374**	−0.267	0.870**	0.884**
		20	0.331*	0.327*	−0.198	0.829**	0.826**
	露地 Noncovered	0	0.455**	0.398**	−0.313*	0.894**	
		5	0.392**	0.336*	−0.195	0.892**	0.944**
		10	0.379**	0.308*	−0.215	0.885**	0.892**
		15	0.295*	0.288*	−0.114	0.841**	0.841**
		20	0.259	0.266	−0.075	0.802**	0.787**
单作春棉 Mono-planted	覆膜 Covered	0	0.682**	0.608**	−0.474**	0.896**	0.968**
		5	0.652**	0.478**	−0.364*	0.857**	0.930**
		10	0.607**	0.450**	−0.331	0.862**	0.909**
		15	0.525**	0.402**	−0.268	0.837**	0.860**
		20	0.470**	0.371*	−0.216	0.813**	0.820**
	露地 Noncovered	0	0.539**	0.496**	−0.410**	0.930**	
		5	0.652**	0.478**	−0.364*	0.857**	0.930**
		10	0.468**	0.369*	−0.215	0.885**	0.906**
		15	0.423**	0.345*	−0.168	0.851**	0.850**
		20	0.386**	0.319*	−0.119	0.809**	0.794**

维普资讯 http://www.cqvip.com

0.581**)和地面日均温度($R_{麦套}$=0.548**，$R_{单作}$=0.569**)，均呈极显著正相关。空气中水气压和作物层水气压与土壤表面的蒸发关系不大。

2.8 对棉苗生长的影响

麦套春棉，麦棉共生期改变了棉苗生态环境，影响棉花的生长和发育(表9、10、11)。对棉苗生长影响

表9 麦套春棉对棉苗生长的影响

Table 9 Effects of spring cotton interplanted with wheat on growth of cotton seedling

处理 Treatment	1992年				
	真叶数[4](片)	单株果枝[5](个)	单株鲜重[6](g)	单株叶面积[7](cm²)	株高[8](cm)
麦套覆膜[1]	8.7	0.7	21.4	374.2	33.3
单作覆膜[2]	11.7	3.8	55.8	435.8	37.9
单作露地[3]	8.4	0.6	20.6	264.7	23.6

处理 Treatment	1993年					
	真叶数[4](片)	单株果枝[5](个)	单株鲜重[6](g)	单株叶面积[7](cm²)	茎粗[9](cm)	株高 (cm)
麦套覆膜[1]	8.1	0.0	16.4	202.8	0.43	21.2
单作覆膜[2]	10.1	0.2	35.8	368.3	0.59	22.9
单作露地[3]	7.0	0.0	14.2	175.3	0.37	18.3

1) 麦套覆膜：Interplanting covered，2) 单作覆膜：Mono covered，3) 单作覆地：Mono noncovered，4) 真叶数：No. true leaf (section)，5) No. fruit branch of single plant (twig)，6) 单株鲜重：Green weight of single plant (g)，7) Leaf axil of single plant (cm²)，8) Plant highness (cm)，9) 茎粗：Stem wide (cm)。

表10 麦棉不同间距对棉苗生长的影响

Table 10 Effects of different separation of wheat and cotton on growth of cotton seedling

麦棉间距(cm) Separation	1992年		1994年	
	真叶数(片) No. true leaf (section)	单株鲜重(g) Green weight of single plant	真叶数(片) No. true leaf (section)	单株鲜重(g) Green weight of single plant
20.0	5.8	11.1	6.8	12.1
26.7	5.9	13.3	6.9	12.5
33.3	6.0	14.7	7.1	13.3
40.0	6.2	16.9	7.4	16.3

表11 小麦不同株高对棉苗生长的影响

Table 11 Effects of different plant highness of wheat on growth of cotton seedling

小麦株高 Plant highness of wheat (cm)		1992年		1994年	
1992年	1994年	真叶数(片) No. true leaf (section)	单株鲜重 Green weight of single plant(g)	真叶数(片) No. true leaf (section)	单株鲜重 Green weight of single plant(g)
48.0	39.8	7.7	25.8	5.9	14.5
77.0	67.0	7.4	23.7	5.6	11.3
84.0	78.5	6.9	21.0	5.3	9.8

的大小，与麦棉间距、小麦株高有关。麦棉间距越小，小麦植株越高，对棉苗生长影响越大，反之则小。

维普资讯 http://www.cqvip.com

另外，套种在中早熟品种鲁麦14和早熟品种鲁麦20下的棉苗，于小麦收获时，其真叶分别为5.6片和5.9片，单株鲜重分别为11.3 g和13.2 g，棉株性状基本一致，小麦产量则分别为307.2 kg/666.7 m^2和286.7 kg/666.7m^2。因此，麦套春棉应确定合理的麦棉间距，选用适宜的小麦品种，使之既有利于小麦产量的提高，又有利于棉花的苗期生长和建立合理群体结构。

3　讨论与结语

麦套春棉，麦棉共生期改变了棉苗生态环境，影响棉苗生长发育，光、热、水是诸因子中的主要因子，这与前人的研究结果相一致。本文的研究结果进一步指出，作物层热量和地积温的亏缺是影响棉苗生长发育的首要因子。而日平均气温、露地地面日平均温度是影响作物层和套种棉行土壤温度的主要气象因子。因此，麦套春棉应采用地膜覆盖等措施，提高棉行土壤温度，以补偿作物层和耕层土壤热量亏缺。采用地膜覆盖的麦套春棉，其单株性状虽次于单作春棉地膜覆盖，却优于单作春棉露地。可见，麦套春棉地膜覆盖，能够超过相同条件下单作春棉露地产量。

麦套春棉，麦棉间距以30 cm左右为宜，这与前人的研究结果是一致的。而本文从影响棉苗生长的主要环境因子和棉株中、后期发育及麦、棉产量综合考虑，麦棉间距以26.7～40.0 cm为宜。高产田取下限，中、低产田取上限，使之既有利于棉花的苗期生长和建立合理群体结构，又有利于小麦产量的提高。

麦套春棉，对棉苗生长发育的影响，与小麦对棉苗的遮荫程度和遮荫时间有关。小麦植株越高，对棉苗的遮荫程度越大；小麦成熟期越晚，对棉苗的遮荫时间越长。前人的研究结果主张，小麦选用早熟品种，以缩短麦棉共生期。而目前的早熟品种(如山东的鲁麦20)，植株较高(比鲁麦14高3～4 cm)，产量较低，成熟期比中早熟品种(如鲁麦14)仅提前3～4 d。本文从麦、棉综合效益出发，主张小麦选用高产、矮秆的中早熟品种，使之既有利于棉苗生长，又有利于小麦产量的提高。鲁麦14是山东省目前最理想的麦套棉小麦品种，不仅产量高，且棉花单株性状与早熟品种鲁麦20套种下的趋于一致。

参 考 文 献

1　潘学标等. 麦棉套种对预留棉行光合有效辐射的影响. 棉花学报，1994，6(2)：109～113

2　王寿元等. 棉麦不同套种方式的生态效应和经济效益. 中国棉花，1987，(5)：34～35

3　马　骥等. 麦棉套作的物候变化及其对麦棉生长发育的影响. 西北农业大学学报，1992，20(3)：64～70