

西北沿黄灌区地膜覆盖和套作对土壤水热特征及马铃薯产量的影响

谭雪莲^{1,2}, 郭天文^{2,3}, 刘高远^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在西北沿黄灌区, 以马铃薯-大豆套田为研究对象, 研究了地膜覆盖与套作对土壤水热效应和马铃薯产量的影响。结果表明, 在马铃薯块茎增长期和成熟期, 地膜覆盖马铃薯单作的土壤含水量显著高于套作。马铃薯各生育期, 地膜覆盖马铃薯单作土壤温度显著高于套作。不同地膜覆盖马铃薯套作大豆的土地当量比(LER)均大于1。黑色地膜覆盖比透明地膜覆盖马铃薯水分利用效率提高了11.3%, 产量提高了5.1%, 且在一定程度上降低了马铃薯生育期土壤温度, 有利马铃薯植株的生长及提高马铃薯产量, 可作为西北沿黄灌区的马铃薯优化栽培方式。

关键词: 薯豆套作; 地膜覆盖; 土壤水热效应; 产量

中图分类号: S532; S344.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)03-0006-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.03.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.03.003)

Effects of Plastic Mulching and Intercropping on Dynamics of Temperature and Humidity, and Potato Yield in Northwest Along Yellow River Irrigation Areas

TAN Xue-lian^{1,2}, GUO Tian-wen^{2,3}, LIU Gao-yuan^{1,2}

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of Efficient Utilization of Water in Dry Farming, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The field of potato (*Solanum tuberosum* L) and soybean (*Glycine max*) interplanting is used to study the effects of plastic film mulching and intercropping on potato soil temperature, humidity and yield. The result shows that soil water content of plastic-film mulching monoculture cropping potato is significantly higher than that of intercropping in stage of tuber bulking, and maturity of potato. The soil temperature of monoculture is significantly higher than that of intercropping in every growing period of potato. LER of potato and soybean interplanting of different plastic-film mulching is more than 1. Compared to transparent plastic-film mulching plastic-film mulching, WUE and yield of black plastic-film mulching plastic-film mulching in potato increased by 11.3% and 5.1%, and reduced soil temperature of growth period, promoted plant growth and yield, as well as best tillage modes in Northwest Along Yellow River Irrigation Areas.

Key words: Potato and soybean intercropping; Mulching; Soil temperature and humidity; Yield

覆盖栽培作为一种重要的旱作农业抗旱栽培手段, 在旱作农业区被广泛推广应用, 但目前关于不同颜色地膜覆盖对土壤理化特性的影响还少有报道。间套作技术在生产中已得到广泛应用^[1-6], 但将覆盖技术集成到间套作体系中, 通过改变耕作方式和覆盖方式降低间套作群体耗水量, 同时提

高区域土地持续产出率, 还缺乏理论探讨^[7-12]。为此, 我们在西北黄土高原沿黄灌区, 以马铃薯套作大豆为研究对象, 分析黑色地膜和透明地膜覆盖对马铃薯与大豆套作体系水资源利用效果和土壤温度的变化规律, 以期为区域作物生产结构调整与农田水土资源高效利用提供参考。

收稿日期: 2014-12-18

基金项目: 国家自然科学基金(41161042); 甘肃省干旱生境作物学重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地开放基金(GSCS-2012-13)资助

作者简介: 谭雪莲(1979—), 女, 吉林桦甸人, 助理研究员, 主要从事作物抗旱生理研究。E-mail: tanxuelian_2002@163.com

通讯作者: 郭天文(1963—), 男, 山西山阴人, 研究员, 主要从事土壤及土壤环境、旱地农业等方面的研究工作。E-mail: guotw11@sohu.com

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示马铃薯品种为克新 2 号, 大豆品种为冀豆 17。

1.2 试验区概况

试验于 2011 年在沿黄灌区甘肃省会宁县郭城镇红堡子村长期定位试验田进行。当地海拔 1 536 m, 年平均气温 6.7 °C, 年均降水量 320 mm, 年蒸发量 1 600 mm, ≥10 °C 有效积温 2 400 °C, 年日照时数为 2 500 ~ 2 800 h, 光能资源丰富, 适合发展间作套作。土壤为灰钙土, 耕层土壤含有有机质 9.8 g/kg、速效氮 17.3 mg/kg、速效磷 20.6 mg/kg、速效钾 95.2 mg/kg。马铃薯生育期降水量为 89.3 mm, 平均温度 20.4 °C。马铃薯播种到成熟期的温度和降水量如图 1。

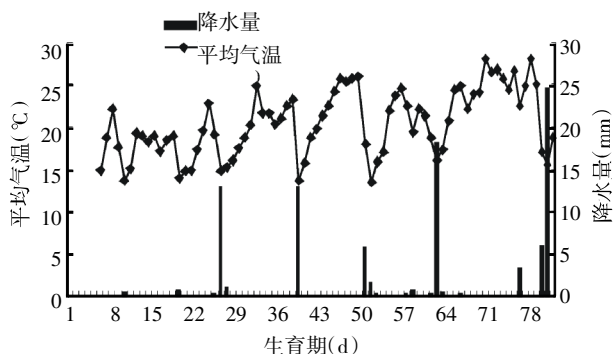


图 1 马铃薯全生育期降水和气温变化

1.3 试验方法

试验分黑色地膜覆盖和透明地膜覆盖 2 种方式, 马铃薯套作大豆、马铃薯单作、大豆单作 3 种栽培模式, 共 5 个处理, 3 次重复, 15 个小区, 小区面积 40 m²。试验设计见表 1, 灌溉方案见表 2。栽培模式总带幅 150 cm, 其中 100 cm 起垄覆盖膜种马铃薯, 垄高 30 cm。2011 年 3 月 20 日穴播马铃薯, 每垄 2 行, 行距 45 cm, 穴距 33 cm, 密度 47 625 穴/hm²。大豆带幅 50 cm, 种 2 行, 4 月 15 日播种, 行距 40 cm, 密度为 15 万株/hm²。其余田间管理同当地大田。马铃薯于 7 月 30 日收

获, 大豆于 10 月 6 日收获。

表 1 试验设计

处理	覆盖及种植方式
BI	黑膜覆盖马铃薯套作大豆
BM	黑膜覆盖马铃薯单作
CI	透明膜覆盖马铃薯套作大豆
CM	透明膜覆盖马铃薯单作
SM	露地大豆单作

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤含水量 分别于马铃薯苗期、块茎形成期、块茎增长期、淀粉积累期、成熟期用烘干法测定 0 ~ 120 cm 土壤含水量, 共分 6 个层次, 分别为 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100、100 ~ 120 cm。

土壤含水量 $WS (%) = [(W1 - W2) / (W2 - W3)] \times 100\%$

式中, $W1$ 为湿土加铝盒重; $W2$ 为干土加铝盒重; $W3$ 为空铝盒重。

1.4.2 土壤耗水量 $ET = BFW - HAW + P + 1$, 式中, BFW 为播前贮水量, HAW 为收获后贮水量, P 为生育期降水量, 1 为灌水量。

1.4.3 地温 每小区安置 1 套曲管地温计, 在马铃薯不同生育期用地温计测定 0 ~ 25 cm 地温, 测定 6 个土壤层面地温 (0、5、10、15、20、25 cm)。

1.4.4 产量及其构成因素 成熟期马铃薯、大豆分别按小区收获计产。马铃薯成熟期每小区随机取 10 株进行室内考种, 测定统计株高、穴薯数、穴薯重、最大鲜薯重、大薯数 (≥150 g)、中薯数 (50 ~ 150 g)、小薯数 (≤50 g)。

1.4.5 土地当量比 土地当量比 (Land Equivalent ratio, LER) 常被用来衡量间作产量优势, 被定义为获得与间作相同产量所需的单位土地面积。

$$LER = Y_{Aic} / Y_{Asc} + Y_{Bic} / Y_{Bsc}$$

式中 Aic 和 Bic 分别代表间作中作物 A 和 B

表 2 不同种植模式的灌溉方案

种植模式	冬灌	马铃薯			大豆鼓粒期	总灌水量
		块茎形成期	块茎增长期	淀粉积累期		
单作马铃薯	120	90	90	90		390
单作大豆	120	90	90	90	90	480
马铃薯套作大豆	120	90	90	90	90	480

的产量, A_{sc} 和 B_{sc} 分别代表单作中作物 A 和 B 的产量。当 $LER > 1$ 时, 表明间作比单作利用更多的资源满足作物生长, 当 $LER < 1$ 时, 单作比间作更有效利用资源^[13]。

1.4.6 作物水分利用效率 (WUE) 作物水分利用效率为作物消耗单位水量生产出的经济产量 (籽粒产量), 其表达式为: $WUE=y/ET$, 式中, y 为单位面积的经济产量, ET 为作物全生育期的耗水量^[14]。

1.5 数据分析

数据采用 DPS 6.5 软件进行方差分析和 LSD 法多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理马铃薯土壤含水量动态变化

如表 3 所示, 单作马铃薯 0~120 cm 土层平均土壤水分含量皆高于套作, 全生育期 BI 土壤水分含量较 BM 降低 1.43 百分点; CI 土壤水分含量比 CM 降低 1.71 百分点。马铃薯块茎增长期、淀粉积累期及成熟期 BM 和 BI 以及 CM 和 CI 均差异显著。黑膜覆盖比透明膜覆盖处理土壤水分含量有所提高, 但差异不显著。

2.2 不同处理马铃薯各生育期土壤耗水量变化

如图 2 所示, 马铃薯各物候期以块茎增长期耗水量最大, 与淀粉积累期和成熟期间均差异显著 ($P < 0.05$), 块茎增长期耗水量比淀粉积累期和成熟期分别提高了 73.7% 和 114.0%。且块茎增长期 BI 比 BM 耗水量增加了 0.7%, CI 比 CM 耗水量增加了 5.1%。说明套作处理促进了马铃薯植株的旺盛生长, 增加了马铃薯根系对水分的需求量,

同时随着大豆植株的生长, 提高了作物耗水量。马铃薯块茎形成期和块茎增长期, 与透明地膜覆盖相比, 黑色地膜覆盖平均耗水量分别增加了 2.8% 和 2.0%。

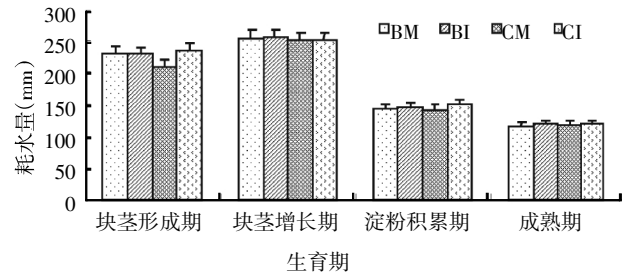


图 2 马铃薯各生育期不同处理耗水量

2.3 不同处理马铃薯各生育期土壤温度动态变化

由表 4 可以看出, 马铃薯全生育期透明膜覆盖比黑膜覆盖土壤 0~25 cm 平均土层温度提高了 0.45 °C, 由于黑膜在阳光照射下, 本身增温快, 但传给土壤的热量较少, 故增温作用不如透明膜。全生育期 BI 比 BM 平均土壤温度降低了 2.20 °C, CI 比 CM 平均土壤温度降低了 1.90 °C, 差异达显著水平。块茎增长期、淀粉积累期和成熟期, BM 比 BI 温度提高了 1.92~3.62 °C, CM 比 CI 温度提高了 1.88~2.80 °C。马铃薯块茎形成期到成熟期, 马铃薯和大豆均处于旺盛生长阶段, 地表覆盖度大, 大大提高了作物对光能的截获强度, 投射到地表的光能减少, 从而导致土壤温度降低。

2.4 不同处理对马铃薯产量构成因素的影响

不同种植方式对马铃薯产量构成有显著影响 (表 5)。黑膜覆盖马铃薯的株高、穴薯重和最大鲜

表 3 马铃薯各生育期不同处理 0~120 cm 土层土壤含水量

处理	苗期	块茎形成期	块茎增长期	淀粉积累期	成熟期	平均
BM	11.06 a	17.93 a	17.65 a	19.74 a	18.39 a	16.95 a
BI	11.01 a	16.58 a	15.72 b	17.56 b	16.72 b	15.52 a
CM	12.78 b	17.73 a	15.15 b	19.05 a	18.20 a	16.58 a
CI	12.31 b	16.07 ab	13.26 c	16.30 b	16.42 b	14.87 ab

表 4 马铃薯各生育期不同处理土壤温度变化

处理	苗期	块茎形成期	块茎增长期	淀粉积累期	成熟期	平均
BM	20.4 a	21.70 a	22.74 a	22.26 a	24.60 a	22.30 a
BI	18.8 b	20.36 ab	20.82 b	19.62 b	20.98 b	20.10 b
CM	20.0 a	21.90 a	23.16 a	22.78 a	25.11 a	22.60 a
CI	19.9 a	19.65 b	21.28 b	20.25 b	22.31 b	20.70 b

表 5 不同处理对马铃薯产量构成的影响

处理	株高 (cm)	穴薯数 (个)	穴薯重 (g)	最大鲜薯重 (g)	大薯率 (%)	中薯率 (%)	小薯率 (%)
CI	33.7 d	5 b	950 d	320 d	60.0 b	20.0 a	20.0 b
CM	48.3 b	5 b	1 010 c	330 c	70.0 a	9.2 b	20.8 b
BI	44.5 c	6 a	1 100 b	340 b	66.0 b	23.2 a	10.2 c
BM	57.2 a	4 c	1 160 a	520 a	75.0 a	0 c	25.0 a

薯重均显著高于透明地膜覆盖 ($P < 0.05$)。与透明地膜覆盖相比,黑膜覆盖的马铃薯平均株高高 9.85 cm,穴薯重增加 150 g,最大鲜薯重增加 105 g,大薯率提高 5.5 个百分点。BM 较 BI 马铃薯株高高 12.7 cm,穴薯重增加 60 g,最大鲜薯重增加 180 g,大薯率提高 9.0 百分点。CM 较 CI 马铃薯株高增加 14.6 cm,穴薯重增加 60 g,最大鲜薯重增加 10 g,大薯率提高 10.0 百分点。说明穴薯重、最大鲜薯重、大薯率直接影响着马铃薯的产量。套作马铃薯和单作马铃薯株高、穴薯重、最大鲜薯重、大薯率差异显著,单作较套作马铃薯平均株高高 13.65 cm,穴薯重增加 60 g,最大鲜薯重增加 95 g,大薯率提高 9.5 百分点。

2.5 不同处理的土地当量、产量及水分利用效率

统计分析结果(表6)表明,黑膜覆盖和透明膜覆盖马铃薯套作大豆的土地当量比(LER)均大于 1,说明 2 种膜色覆盖马铃薯套作大豆均可提高土地利用效率。黑膜覆盖马铃薯比透明膜覆盖马铃薯平均产量提高了 5.1%,WUE 提高了 11.3%。马铃薯黑膜覆盖下,BI 产量较 BM 降低了 0.3%,BI 大豆的产量较 SM 降低了 36.3%。透明地膜覆盖下,CI 马铃薯产量较 CM 降低了 1.0%,大豆产量较 SM 降低了 29.8%。说明套种中起主要增产作用的组分作物为马铃薯,对复合套作群体的增产潜力影响较大。地膜覆盖马铃薯单作比地膜覆盖马铃薯套作产量增加了 0.7%,WUE 降低了 11.7%,BI 比 BM 的 WUE 提高了 10.3%,CI 比 CM 的 WUE 提高了 16.6%。

表 6 不同种植模式土地当量比及对水分利用效率的影响

处理	大豆产量 (kg/hm ²)	马铃薯产量 (kg/hm ²)	土地 当量比	WUE [kg/(mm·hm ²)]
BM		44 027 a		59.3 b
BI	2 113 b	43 885 a	1.63	65.4 a
CM		42 045 b		51.7 b
CI	2 328 b	41 614 b	1.65	60.3 a
SM	3 316 a			

3 小结与讨论

1) 西北黄土高原沿黄灌区,采用黑膜和白膜覆盖马铃薯套作豆科作物(大豆)的土地当量比(LER)均大于 1。马铃薯块茎增长期黑色地膜覆盖马铃薯 0~25 cm 地温、0~120 cm 土层土壤含水量均低于透明地膜覆盖。黑色地膜覆盖比透明膜覆盖马铃薯的水分利用效率提高了 11.3%,产量提高了 5.1%。黑色地膜覆盖马铃薯套作大豆马铃薯产量较黑色地膜覆盖马铃薯单作降低了 0.3%,大豆产量较露地单作降低了 36.3%。透明膜覆盖马铃薯套作大豆马铃薯产量较透明地膜覆盖马铃薯单作降低了 1.0%,大豆的产量较露地单作降低了 29.8%。套种中马铃薯对复合套作群体的增产潜力影响较大。可见,采用豆科作物(大豆)与当地主栽作物马铃薯套种种植集成的黑色地膜覆盖技术,可以实现作物高产。

2) 水分短缺是西北黄土高原干旱半干旱地区农业发展的主要限制因子,因此调整种植结构,采用合理的种植方式成为农业可持续发展首待解决的问题。豆科作物与非豆科作物间作可以明显提高土地、光、热的利用效率,增加农作物产量^[15-17]。本研究中,马铃薯生育期覆膜单作土壤温度显著高于覆膜套作,可能原因是马铃薯套作大豆后,改善了马铃薯土壤微生态环境,作物地上部生长旺盛,增加了地表的覆盖度,作物叶片对光的捕获和利用率大大提高,削弱了太阳光对地表的日照射度,使土壤温度下降,而较低的地温为马铃薯生长提供了适宜的环境条件,从而有利于产量形成。

3) 在马铃薯生育期中,马铃薯覆膜套作的土壤含水量下降比覆膜马铃薯单作快,尤其是在马铃薯块茎增长期至淀粉积累期下降最快。由于马铃薯和豆生态位的差异,马铃薯在整个生育期中都存在着与大豆对土壤水分的强烈竞争,块茎增长期至淀粉积累期,大豆正处于结荚鼓粒期,对水分的竞争最为激烈,因此,套作使作物体系耗水

量增加, 土壤水分含量减少。这与前人关于豆科作物与玉米及大麦间作中“间作玉米及大麦土壤含水量低于单作玉米及大麦”的结论一致^[18-19]。

4) 在西北旱作区, 地膜覆盖栽培已作为农田保墒增产的一项重要措施, 不同覆盖栽培类型均可通过改变土壤地表状况, 阻隔土壤与大气的热交换, 影响土壤温度变化, 抑制土壤水分蒸发, 提高土壤表层温度, 最终提高作物产量^[20-21]。本研究结果表明, 马铃薯块茎生长期, 黑膜全膜覆盖马铃薯地温低于透明地膜全膜覆盖, 有利于马铃薯生长, 对植株长势和根茎的增长有明显促进作用, 加大对土壤水分的耗散, 进而导致黑色地膜覆盖的土壤含水量比透明地膜高。覆膜套作与单作相比, 覆膜套作耗水量增加, 水分利用效率高于单作, 这一结论与玉米水分利用效率、产量和产量构成因素间的关系一致^[22-23]。说明水分利用效率的改善是提高作物产量的最佳途径^[24]。

参考文献:

- [1] 李 隆, 杨思存, 孙建好. 春小麦大豆间作条件下作物养分吸收积累动态的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(2): 163-171.
- [2] 李 隆, 李晓林, 张福锁, 等. 小麦大豆间作中小麦对大豆磷吸收的促进作用[J]. 生态学报, 2000, 21(1): 629-633.
- [3] HAUGGAARD-NIELSNN, H. AMBUS, P. JENSEN, *et al.* Interspecific component, N use and interference with weeds in pea-barely intercropping[J]. Field Crop Research, 2001, 70: 101-109.
- [4] MARSCHNER P, BAUMANN K. Changes in bacterial community structure induced by mycorrhizal colonization in split-root maize[J]. Plant and Soil, 2003, 251: 279-289.
- [5] 柴 强, 罗照霞, 杨彩红, 等. 绿洲灌区交替灌溉小麦间作玉米的产量及水分利用效率[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(4): 126-128.
- [6] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态科学, 2003, 14(3): 349-353.
- [7] 徐瑞富, 陆宁海, 李小丽, 等. 土壤微生物群落对棉花黄萎病的影响[J]. 棉花学报, 2004, 16(6): 357-359.
- [8] 李勇杰, 陈远学, 汤 利, 等. 不同分根条件下氮对间作小麦生长和自粉病发生的影响[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(5): 581-585.
- [9] 王欣瑛, 孟亚利, 陈兵林, 等. 麦棉套作棉花根际非根际土壤微生物和土壤养分[J]. 生态学报, 2006, 26(10): 3 485-3 490.
- [10] 裴 冬, 张喜英, 李 坤. 华北平原作物裸间蒸发占蒸散比例及减少裸间蒸发的措施[J]. 中国农业气象, 2000(4): 33-37.
- [11] LI FENGMIN, GUO ANHONG, WEI HONG. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat [J]. Field Crops Res., 1999, 63: 79-86.
- [12] 李世清, 李凤民, 宋秋华, 等. 半干旱地区不同地膜覆盖时期对土壤氮素有效性的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1 519-1 526.
- [13] 赵建华, 孙建好, 陈 伟. 甘肃河西地区玉米不同间套作模式效益研究[J]. 甘肃农业科技, 2011(3): 13-15.
- [14] 崔云玲, 张立勤, 车宗贤. 注灌施肥对全膜双垄沟播玉米产量及土壤水分的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014(2): 7-10.
- [15] 胡恒觉, 黄高宝. 新型多熟种植研究[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1999: 18-204.
- [16] 李 隆. 间作作物种间促进与竞争作用的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1999.
- [17] 李文学. 小麦/玉米/蚕豆间作系统中氮、磷吸收利用及其环境效应[D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [18] 叶优良, 李 隆, 孙建好. 三种豆科作物与玉米间作对水分利用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(4): 33-36.
- [19] 周绍松, 周 敏, 李永梅, 等. 大麦/蚕豆间作对土壤含水量的影响研究[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(4): 532-535.
- [20] 李 毅, 王文焰, 门 旗, 等. 宽地膜覆盖条件下土壤温度场特征 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 32-36.
- [21] 杨祁峰, 岳 云, 熊春蓉, 等. 不同覆膜方式对陇东旱塬区玉米田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 29-33.
- [22] 方彦杰, 黄高宝, 李玲玲, 等. 旱地全膜双垄沟播玉米生长发育动态及产量形成规律研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 128-134.
- [23] 金胜利, 周丽敏, 李凤民, 等. 黄土高原地区玉米双垄全膜覆盖沟播栽培技术土壤水温条件及其产量效应[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 28-33.
- [24] 田 媛, 李凤民, 刘效兰. 半干旱区不同垄沟集雨种植马铃薯模式对土壤蒸发的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(4): 795-800.

(本文责编: 陈 伟)