

地膜覆盖及施用有机肥对地温及冬小麦水分利用的影响

陈玉华¹, 张岁岐^{1,2}, 田海燕¹, 陈炜¹

(1. 西北农林科技大学 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 在大田试验条件下,研究了地膜覆盖及施用有机肥对地温及冬小麦水分利用的影响。结果表明,地膜覆盖及施用有机肥的增温效应主要表现在冬小麦的生育前期,单覆地膜的增温效应先于并且高于单施有机肥;后期仅在地表表现明显,单施有机肥的增温效应高于单覆地膜。地膜覆盖及施用有机肥通过显著增加拔节—开花期的耗水,显著增加了总耗水量,并提高了产量和水分利用效率。单覆地膜的增温、节水、增产及水分利用效率均高于单施有机肥。地膜小麦施用有机肥后,生育前期的增温效应有所减弱,生育后期增温效应反而增强,同时苗期耗水量减少;总耗水量少量增加(3.5%)却大幅度提高了产量(10.6%)和水分利用效率(7.6%)。从增施有机肥对地膜小麦的地温和水分利用的影响来看,增施有机肥可以控制地膜小麦冬前苗期的过旺生长,但在成熟期却又促进了地膜小麦的衰老。

关键词: 地膜覆盖; 有机肥; 旱作冬小麦; 地温; 水分利用效率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)02-0059-05

中图分类号: S152.7, S152.8

Effects of Plastic Mulch and Manure on Soil Temperature and Water Consumption of Winter Wheat

CHEN Yu-hua¹, ZHANG Sui-qi^{1,2}, TIAN Hai-yan¹, CHEN Wei¹

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry-land Farming on the Loess Plateau; Northwest A & F University; Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to investigate the effects of plastic mulch on soil temperature and water consumption of winter wheat on dry-land, a field experiment was carried out. Results indicated that plastic mulch and manure increased soil temperature obviously at early growth stage and the effect only appeared on soil surface obviously at latter growth stage. Single plastic mulch had better effect in increasing soil temperature and was more previous compared with single manure at early growth stage, while single manure had higher temperature than single plastic mulch at latter growth stage. Plastic mulch and manure improved not only water consumption of wheat significantly through increasing water consumption from jointing to anthesis, but also yield and the WUE. Single plastic mulch had better effects in increasing soil temperature, saving water, and increasing yield and the WUE compared with single manure. Mixture of manure and plastic mulch reduced the effect in increasing soil temperature by plastic mulch at early growth stage and improved the effects at latter growth stage, reduced water consumption at seedling stage, and improved water consumption of mulch-covered wheat (3.5%) weakly, while yield and the WUE were increased sharply by 10.6% and 7.6%, respectively. By the influences of manure applied on soil temperature and water consumption of mulch-covered wheat, manure can regulate exuberant growth of mulch-covered wheat before winter, but promote mulch-covered wheat's senescence during maturity stage.

Keywords: plastic mulch; manure; winter wheat on dry-land; soil temperature; WUE

水分不足是黄土高原旱作地区限制植物生产力发展的主要因素。其典型的气候特点:冬春干旱多风,年降雨量少且降水分布与冬小麦的需水规律不相吻合,土壤水分无效蒸发大,导致冬小麦的产量和水分利用

收稿日期:2009-12-24

修回日期:2010-01-06

资助项目:国家重点基础研究发展计划("973"项目)"主要粮食作物高产栽培与资源高效利用的基础研究"(2009CB118604);教育部新世纪优秀人才支持计划项目"根系吸水对植物高效用水的调控"(NCET-06-0869)

作者简介:陈玉华(1977—),女(汉族),河南省息县人,在读硕士,研究方向为植物水分生理生态。E-mail:chenyuhua99@163.com。

通信作者:张岁岐(1966—),男(汉族),陕西省岐山县人,研究员,博士生导师,主要从事植物水分生理生态研究。E-mail:sqzhang@ms.isw.ac.cn。

效率低下。地膜覆盖栽培由于良好的增温、保墒、增产作用在农业生产中已得到广泛应用,但地膜覆盖在作物生育后期的增温会导致根系早衰现象,如果地膜小麦苗期生长过旺,土壤水分消耗过快,后期降水不足也会导致生长后期严重缺水。地膜玉米拔节孕穗期间“卡脖子”严重,增产效果不显著甚至减产^[1-2]。因此若地膜覆盖技术应用不当,长期连续或全程覆膜会导致水分利用效率下降甚至减产^[3-4]。有机肥能提高根系活力,延缓根系的衰老^[5-6],地膜覆盖栽培可以通过增施有机肥来缓解作物早衰现象^[7-9]。以往的研究多关注地膜覆盖本身对土壤温度及水分利用的影响^[1-4],而施用有机肥特别是地膜覆盖下施用有机肥对于土壤温度及水分利用的影响研究较少。

本文通过在黄土高原旱作地区所进行的田间试验,研究了地膜覆盖增施有机肥对旱作冬小麦土壤温度、水分利用的影响,以期旱地冬小麦高产高效栽培提供理论参考。

1 材料和方法

1.1 试验地土壤状况和气候特点

试验在中国科学院水利部水土保持研究所长武农业生态试验站进行,该区位于陕西省渭北旱塬西部,属于西北黄土高原丘陵沟壑区,海拔 1 220 m,气候为暖温带半湿润大陆性气候,年均温 9.1℃, 10 积温 2 994℃,年均降水量 584.1 mm,且降水集中于 7—9 月,占全年降水总量的 55% 以上,无霜期 171 d,地下水埋深 60 m。该区农业生产主要依靠天然降雨,作物一年一熟,为典型的旱作农业区。试验土壤为中壤质黑垆土,土壤质地疏松,孔隙率占 50% 左右,有机质含量为 11.579 g/kg,全 N 0.803 g/kg,碱解 N 52.33 mg/kg,全 P 0.684 g/kg,速效 P 1.11 mg/kg,速效 K 154.98 mg/kg。

1.2 试验设计与方法

试验于 2008 年 10 月至 2009 年 6 月底进行,试验地前茬为冬小麦,夏闲时为撂荒地,试验设置 4 个处理:对照 (CK),地膜覆盖 (P),施用有机肥 (O),地膜覆盖 + 有机肥 (OP)。整地前施入基肥 N 150 kg/hm²,P 120 kg/hm²,有机肥 4.5 t/hm²,整地后覆盖地膜,膜上打孔,人工穴播。供试冬小麦品种为长武 134,播量 150 kg/hm²,行距均为 20 cm,穴距 6 cm。每处理设置 3 次重复,随机区组排列。小麦全生育期降水 155.2 mm(图 1)。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤含水量 于苗期、返青期、拔节期、开花期、成熟期开始和结束时用干重法测定,土钻取土,

0—100 cm 处每 10 cm 一个样,100—200 cm 处每 20 cm 一个样。

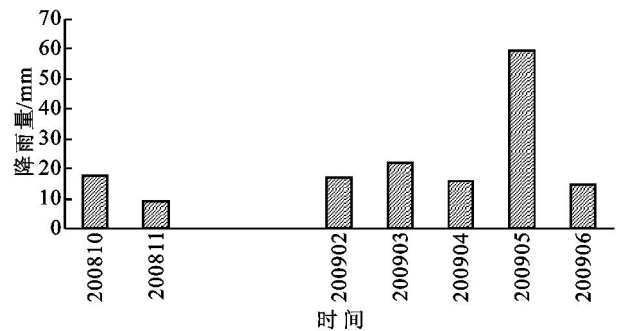


图 1 冬小麦生育期间的降雨量

1.3.2 地温 与土壤含水量测定同时进行,每处理按 0, 5, 10, 15, 20 cm 深度在观测前 1 d 埋入一组地温计,选择各个生育期 2 d 晴朗的天气连续定点测量,于 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 记录每个处理的地温。地温生育期日平均值的计算为每连续 2 d 6 次测定值的平均。

1.3.3 作物耗水量 用水分平衡公式计算

$$E_T = R + W$$

式中: E_T ——作物蒸发蒸腾量,即为作物的耗水量 (mm); R ——为生育期内降水量 (mm); W ——土壤水分消耗量 (mm) (初期土壤含水量与末期土壤含水量的差)。

1.3.4 水分利用效率 计算公式为: $WUE = Y / E_T$, 式中: Y ——小麦籽粒产量 (kg/hm²); E_T ——田间耗水量 (mm)。

1.4 数据分析

用 Excel2003 进行数据整理,用 SPSS 进行统计分析,新复极差法检验处理间的差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦不同生育期土壤日平均温度的影响

试验结果表明,在冬小麦生育前期(苗期,返青期),单覆地膜的增温效应大于并且先于单施有机肥,地温顺序为:CK < O < OP < P。单覆地膜在冬小麦生育期前期(苗期,返青期)均能提高地温,但单施有机肥的处理到了返青期才开始表现出增温效应,可能是由于苗期气温偏低不利于有机肥的分解造成的。单覆地膜的处理在苗期 5 cm 处的地温增温效果最为明显,比对照高 1.13℃,同时施用有机肥的处理比对照高 0.73℃,随深度增加而减弱;单施有机肥的地温增温作用最小;返青期增温效果随深度而增加。地膜覆盖、有机肥在拔节期表现出明显的降温效应;可能

是由于地膜、有机肥改善了冬小麦的生育前期水热条件,更有利于地上部分的生长,因此更加枝叶茂盛造成的遮荫导致增温作用减弱^[10]。在冬小麦的开花、灌浆期,地膜覆盖以及有机肥的增温主要表现在地表,可能是生长后期,叶片逐渐衰老死亡,地面覆盖度降低,增温效应又开始表现出来。灌浆期的地面温度顺序为:CK < P < OP < O,单覆地膜的增温低于单施

有机肥,可能与后期地膜透光性降低而有机肥分解加快有关。说明地膜覆盖、有机肥对冬小麦的生育前期地温增温效果明显。随生育期延后下降,生育后期仅在地面表现明显(见表1)。受气温的影响,单覆地膜的增温效应在冬小麦生育前期大于单施有机肥,后期则相反。地膜小麦增施有机肥后,在生育前期的增温效应有所降低,而后期又有所增强。

表1 地膜覆盖及施用有机肥对0—20 cm日平均地温的影响

生育期	深度/ cm	CK	O	比对照	P	比对照	OP	比对照
苗期	5	-0.17 ±0.71	-0.65 ±0.27	-0.48	0.96 ±0.53	+1.13	0.56 ±0.56	+0.73
	10	0.50 ±0.12	0.50 ±0	0	1.48 ±0.03	+0.98	1.15 ±0.15	+0.65
	15	1.50 ±0	1.50 ±0	0	2.29 ±0.24	+0.79	1.85 ±0.21	+0.35
	20	2.42 ±0.12	2.21 ±0.29	-0.21	2.75 ±0.35	+0.33	2.48 ±0.03	+0.06
返青期	5	4.92 ±0.35	5.04 ±0.06	+0.12	5.67 ±0.53	+0.75	5.38 ±0.27	+0.46
	10	4.54 ±0.35	4.67 ±0.27	+0.13	5.50 ±0.47	+0.96	5.08 ±0.59	+0.54
	15	4.33 ±0.85	4.50 ±0.15	+0.17	5.50 ±0.82	+1.17	5.75 ±1.3	+1.42
	20	4.00 ±0.62	4.50 ±0.65	+0.50	5.17 ±0.59	+1.17	4.83 ±0.68	+0.83
拔节期	0	24.27 ±1.60	23.5 ±0.63	-0.77	20.78 ±0.68	-3.49	19.53 ±0.6	-4.74
	5	17.11 ±0.29	14.97 ±0.38	-2.14	15.78 ±0.71	-1.33	13.39 ±0.47	-3.72
	10	15.86 ±0.48	15.06 ±0.32	-0.80	13.56 ±0.67	-2.30	13.63 ±0.37	-2.23
	15	15.92 ±0.52	13.14 ±0.75	-2.78	13.39 ±0.67	-2.53	11.85 ±1.44	-4.07
开花期	20	12.94 ±0.88	12.44 ±0.67	-0.50	12.85 ±0.63	-0.09	11.83 ±0.63	-1.11
	0	26.21 ±4.42	27.29 ±5.13	+1.08	27.46 ±4.54	+1.25	22.96 ±3.48	-3.25
	5	17.92 ±1.77	15.58 ±1.18	-2.34	15.67 ±1.30	-2.25	16.67 ±1.89	-1.25
	10	16.50 ±0.94	14.88 ±0.77	-1.62	15.46 ±1.94	-1.04	14.67 ±1.06	-1.83
灌浆期	15	15.67 ±0.82	14.21 ±0.29	-1.46	14.54 ±0.53	-1.13	13.79 ±0.53	-1.88
	20	15.21 ±0.41	14.04 ±0.06	-1.17	14.19 ±0.44	-1.02	13.73 ±0.38	-1.48
	0	32.88 ±2.65	36.00 ±5.89	+3.12	34.38 ±3.12	+1.50	34.67 ±4.48	+1.79
	5	25.29 ±2.18	21.13 ±1.47	-4.16	23.75 ±2.12	+0.21	22.83 ±1.53	-2.46
灌浆期	10	21.33 ±0.71	20.13 ±0.88	-1.20	21.54 ±1.00	-0.34	21.63 ±1.24	+0.30
	15	20.88 ±0.29	20.46 ±0.77	-0.42	20.54 ±0.41	-1.38	21.63 ±1.12	+0.75
	20	21.13 ±0.41	20.21 ±0.41	-0.92	19.75 ±0	-0.74	20.25 ±0.35	-0.88

注:表内数据为平均值±标准差;CK为对照;O为有机肥;P为覆膜;OP为覆膜+有机肥。下同。

2.2 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦不同时期土壤温度日变化的影响

在冬小麦的生育前期,地温的日变化不太明显,各个处理5—20 cm地温在观测的时间段内一直呈现缓慢上升的趋势。以返青期5 cm为例(图2a),8:00时地温最低,地温经历快—慢—快的升温过程,至16:00时达到峰值后开始缓慢下降。地膜覆盖、有机肥通过提高最低温度,降低日温差,从而提高了日平均温度。单覆地膜的最低、最高温度均高于单施有机肥,所以增温效果更好。地膜小麦施用有机肥后,提高了最低温度,降低了最高温度,从而降低了日温差。冬小麦的生育后期,由于地表受气温的影响最大,各个处理只有地表温度的日变化比较明显,以灌浆期0

cm为例(图2b),各个处理升温降温的趋势基本一致,各个处理均在14:00时达到峰值后开始下降。地膜、有机肥均提高了最低和最高温度,且最高温度的增幅(3~10)大于最低温度的增幅(2~3),因此也提高了日平均温度、日温差。和返青期相反,单施有机肥在灌浆期0 cm的最低、最高温度均高于单覆地膜,所以增温效果更好。地膜小麦施用有机肥后,同时提高了地膜小麦0 cm的最低、最高温度和日温差,因而也提高了日平均温度。

地膜、有机肥在冬小麦的生育前期、后期均提高了最低温度,且在8:00—16:00一直保持相对较高的地温,因此日平均温度高于对照,单覆地膜在生育前期的最低、最高温度均高于单施有机肥,所以增温效

果更好;在生育后期刚好相反。地膜小麦施用有机肥后,在生育前期和后期均提高了最低温度,但降低了

前期日温差和日平均温度,而升高了后期日温差和日平均温度。

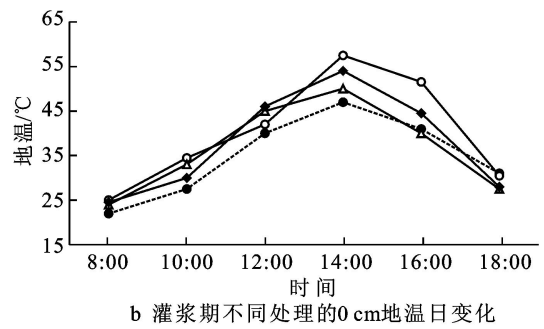
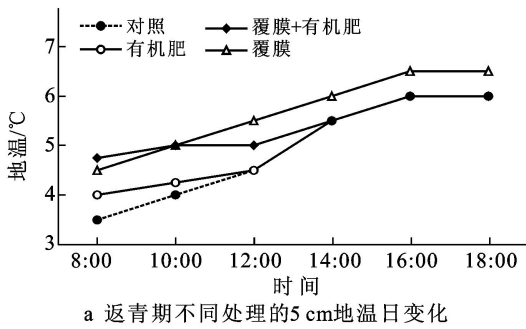


图 2 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦不同生育期地温日变化的影响

2.3 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦不同生育期水分消耗的影响

由表 2 可以看出,各个处理在冬小麦生育期间的耗水趋势基本一致,从返青期开始,随着生育期的推进耗水量逐渐增加,拔节—开花期达到最高峰,然后又随着冬小麦的逐渐衰老成熟耗水降低。

表 2 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦不同生育期 0—200 cm 耗水量的影响

生育期	阶段耗水量/mm	处理			
		CK	O	P	OP
苗期	耗水量/mm	47.9b	65.5ab	78.9a	69.7ab
	比例/%	14.7	18.3	22.7	19.3
越冬—返青期	耗水量/mm	28.7a	23a	11.7a	22.7a
	比例/%	8.8	6.4	3.4	6.3
返青—拔节期	耗水量/mm	53.4a	38.6a	45.4a	57.9a
	比例/%	16.4	10.8	13	16.1
拔节—开花期	耗水量/mm	114.5b	153.7a	153.3a	153.9a
	比例/%	35.1	42.9	44	42.7
开花—成熟期	耗水量/mm	81.8a	77.9a	58.8b	59.4b
	比例/%	25.1	21.8	16.9	16.5
全生育期		326.4c	358.5ab	348ab	360.3a

注:表内数据分别为各处理的阶段耗水量及所占生育期总耗水量的百分比。数据右侧字母表示处理间差异显著水平($F=0.05$)。下同。

地膜覆盖以及有机肥均显著增加了总耗水量,单覆地膜比对照增加了总耗水量 22 mm,约占总耗水量的 6.6%,单施有机肥显著增加了总耗水量 32 mm,

约 9.8%,以地膜覆盖同时施用有机肥的总耗水量最大,增幅达 10%,和地膜小麦相比,施用有机肥后加大了总耗水量,但增幅较小仅为 3.5%。

地膜覆盖以及有机肥均增加了冬小麦苗期、拔节—开花期的耗水量及占总耗水的比例,而显著增加拔节—开花期的耗水量更有利于成穗以及冬小麦粒数形成。

地膜小麦施用有机肥后苗期耗水量降低,说明有机肥能防止地膜小麦在苗期生长过旺现象。

2.4 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦产量和水分利用效率的影响

试验结果表明,地膜覆盖及施用有机肥均能提高冬小麦产量和生物量(表 3),但差异不显著。

单施有机肥,单覆地膜,地膜覆盖同时施用有机肥分别比对照增产 3.6%,9.5%,21%。和对照相比,地膜覆盖及有机肥均显著增加了穗数、千粒重。单覆地膜还显著增加了每穗粒数,地膜覆盖同时施用有机肥显著增加了单位面积上的穗数。地膜小麦施用有机肥后,穗数有所提高,因此也提高了产量。单覆地膜提高了水分利用效率,单施有机肥反而降低了水分利用效率,但与对照相比均未达显著水平。由于单覆地膜的增温、节水、增产效果均优于单施有机肥,因此水分利用效率也高,地膜小麦施用有机肥后少量增加了耗水量(3.5%)而大幅度提高了产量(10.6%),因此水分利用效率最高。

表 3 地膜覆盖及施用有机肥对冬小麦产量及水分利用效率的影响

处理	穗数/ ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	每穗粒数/ 个	千粒重/ g	产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	生物量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	收获 指数	WUE/ ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)
CK	436c	30.8b	47.3c	5.4b	11b	0.49a	16.6a
O	551ab	32.8b	50.1ab	5.6ab	12ab	0.47a	15.7a
P	459ab	36.9a	51.1a	5.9ab	12.3ab	0.48a	17a
OP	537a	33.1b	48.5bc	6.6a	14a	0.47a	18.3a

3 结论

多数研究表明,地膜覆盖对冬小麦生育前期的地温升高作用,对培养冬前壮苗,后期夺取高产非常有利;而生育后期覆膜会抑制作物根系发育,使得作物蒸散量和水分利用效率下降,影响产量的形成甚至减产,因此冬小麦不能全程覆膜,而应适时揭膜^[10]。也有研究发现:地膜覆盖增温作用在作物生育后期下降,甚至在作物旺盛生育期或高温季节有降温效应^[11-13],这种降温效应可减轻夏季高温对作物生育的危害^[13],因而使作物增产。本研究结果也表明,覆膜在生育后期增温作用减弱甚至出现降温效应,对冬小麦的产量不仅无害反而增产,地膜小麦施用有机肥后减弱了地膜在生育前期的增温作用,而后期却又促进了增温作用;说明有机肥可以一定程度地控制地膜冬小麦苗期生长过旺现象,但在生育后期又促进了地膜冬小麦的成熟。

黄土高原旱作地区冬小麦的生育期间水分消耗以土壤供水为主,因此如何优化小麦生育期内的水分利用,是提高水分利用效率的关键。地膜覆盖由于改善了地表水温条件,前期大量利用土壤水分,若后期降水不足,中下部丰富的根系不能发挥作用,导致产量下降^[4]。但本研究发现,地膜覆盖在增加苗期耗水量的同时更显著加大了拔节—开花期的耗水量,这可能与不同年型的降水分布有关,而本试验期间冬小麦生育中后期降水较多。

由于地膜覆盖以及施用有机肥对冬小麦生育前期的增温及对整个生育期的表层土壤水分无效蒸发的控制作用,促进茎叶、根系的发育及养分的吸收,改善了作物生长的土壤环境,从而提高了产量^[5,8,14-17]。但全程覆膜对小麦产量的影响结果并不一致。王勇^[16]认为,旱地冬小麦全生育期地膜穴播具有明显的抗旱、保水及增产效果,特旱及干旱年增产效果更为显著。杜延军等人^[7,17]的研究表明,在中底墒时则随覆膜时间延长产量呈下降趋势,全程覆膜产量低于不覆膜处理。因此地膜覆盖增产是有条件的,必须以有墒可增,有温可保,有肥可供,增产效益显著作为先决条件^[18]。本研究结果表明,虽然冬小麦在生育前期经历了严重的旱情,但全程地膜覆盖及施用有机肥条件下冬小麦产量和水分利用效率并没有下降。可能与冬小麦生育中后期降水较多有关。且由于单覆地膜的增温、节水、增产效果均优于单施有机肥,因此水分利用效率较高,地膜小麦施用有机肥后少量增加

耗水量(3.5%)而大幅度提高了产量(10.6%),因此水分利用效率最高。

由于有机肥对地膜小麦的地温及水分的控制作用,因此认为地膜小麦增施有机肥可以在一定程度上控制苗期生长过旺现象,而在生育后期却又促进了地膜小麦的衰老。

[参 考 文 献]

- [1] 乌瑞翔,刘荣权,卢翠玲,等.地膜玉米的最佳播期及其两个学说的应用[J].中国农业科学,2001,34(4):433-438.
- [2] 张冬梅,池宝亮,黄学芳.地膜覆盖导致旱地玉米减产的负面影响[J].农业工程学报,2008,24(4):99-102.
- [3] 王俊,李凤民,宋秋华,等.地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J].应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [4] 薛少平,朱琳,姚万生,等.麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J].农业工程学报,2002,18(06):71-73.
- [5] 张永清,苗果园.水分胁迫条件下有机肥对小麦根苗生长的影响[J].作物学报,2006,32(6):811-816.
- [6] 李絮花,杨守祥,于振文,等.有机肥对小麦根系生长及根系衰老进程的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(4):467-472.
- [7] Li Feng-Min, Guo An-Hong, Wei Hong. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat [J]. Field Crops Research, 1999, 63(1): 79-86.
- [8] 中国地膜栽培研究会[M].地膜栽培技术大全,北京:农业出版社,1988:66.
- [9] 杜勇.我国西部山区玉米覆膜栽培的气候生态效益研究[J].中国农业气象,1992,13(5):47-49.
- [10] 杜社妮,白岗栓.玉米地膜覆盖的土壤环境效应[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):56-58.
- [11] 张保军,韩海,朱芬萌,等.地膜小麦土壤温度动态变化研究[J].水土保持研究,2000,7(1):59-62.
- [12] 王有宁,王荣堂,董秀荣.地膜覆盖棉花、玉米、大豆地的降温效应研究[J].中国农业气象,2003,24(4):45-47.
- [13] 夏自强,蒋洪庚,李琼芳,等.地膜覆盖对土壤温度、水分的影响及节水效益[J].河海大学学报,1997,25(2):39-44.
- [14] Xie Zhong-kui, Wang Ya-jun, Li Feng-min. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China[J]. Agricultural Water Management, 2005, 75(1): 71-83.
- [15] 唐小明.有机肥的保水培肥效果及对冬小麦产量的影响[J].水土保持研究,2003,10(1):130-132.
- [16] 王勇,樊廷录,崔明九.旱地地膜冬小麦增产机理研究初报[J].西北农业学报,1998,7(4):43-48.
- [17] 杜延军,李自珍,李凤民.半干旱黄土高原地区地膜覆盖和底墒对春小麦生长及产量的影响[J].西北植物学报,2004,24(3):404-411.
- [18] 赵克明.推广地膜覆盖玉米栽培技术应注意的问题[J].山西农业科学,1987,15(12):25-27.