

覆盖方式对温室辣椒结果期生长和水分利用的影响*

吴 兴¹ 梁银丽^{1,2**} 郝旺林³ 罗安荣⁴ 彭 强³ 陈 晨⁴

(1. 西北农林科技大学农学院 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学林学院 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学生命科技学院 杨凌 712100)

摘 要 在日光温室条件下,通过地膜覆盖、秸秆覆盖、地膜加秸秆覆盖和对照共4个处理的小区试验,研究覆盖方式对温室辣椒结果期生长及水分利用的影响,从中筛选出有利于温室辣椒生产的较佳覆盖模式。结果表明:地膜加秸秆覆盖处理结果初期土壤温度升温幅度大于秸秆覆盖,结果盛期和结果末期土壤温度降温趋势小于地膜覆盖;各覆盖处理都显著促进植株生长,增加结果期辣椒叶片叶绿素相对含量和植株总干重及各部分干重,并显著提高辣椒产量,减少耗水量,其中,地膜加秸秆覆盖表现尤为突出;地膜加秸秆覆盖、地膜覆盖和秸秆覆盖处理的水分利用效率分别为对照的2.17倍、2.09倍、1.67倍。总之,地膜加秸秆覆盖是利于日光温室辣椒生产、提高水分利用效率的较佳覆盖方式。

关键词 覆盖方式 地膜 秸秆 日光温室 辣椒生长 水分利用 结果期

中图分类号: S641.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2011)01-0054-05

Effect of mulching mode on growth and water use of greenhouse pepper during fruiting stage

WU Xing¹, LIANG Yin-Li^{1,2}, HAO Wang-Lin³, LUO An-Rong⁴, PENG Qiang³, CHEN Chen⁴

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China; 3. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 4. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract The effects of different mulching treatments (e.g., plastic film mulching, wheat straw mulching, combined plastic film and wheat straw mulching and no mulching) on the growth and water use of greenhouse pepper during fruiting stage were studied in order to establish an optimum mulching mode for greenhouse pepper production. The results showed that soil temperature increasing extent under combined plastic film and wheat straw mulching treatment was higher than that under straw mulching treatment at the early fruiting stage. At the middle and late fruiting stage, soil temperature decreasing extent was lower under combined plastic film and wheat straw mulching treatment than that under plastic film mulching treatment. Mulching significantly promoted greenhouse pepper growth, and increased leaf chlorophyll content, gross and plant-part dry weight, and fruit yield. Mulching also reduced water consumption. Combined plastic film and wheat straw mulching had the strongest effect on growth and water use characteristics of greenhouse pepper. Greenhouse pepper water use efficiency under plastic film mulching, wheat straw mulching, and combined plastic film and wheat straw mulching treatments were 2.09, 1.67 and 2.17 times of that under no mulching treatment, respectively. Based on the results, it was concluded that combined plastic film and wheat straw mulching was the best mulching mode for greenhouse pepper production in terms of plant dry weight, yield and water use efficiency.

Key words Mulching mode, Plastic film, Wheat straw, Solar greenhouse, Pepper growth, Water use, Fruiting stage

(Received Feb. 1, 2010; accepted Aug. 13, 2010)

辣椒(*Capsicum annuum* L.)属茄科(Solanaceae)具有重要的经济价值和食疗保健作用,目前已发展辣椒属(*Capsicum*)常异花授粉作物。辣椒营养丰富,成为一种世界性的蔬菜作物^[1]。由于种植辣椒经济

* 中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX2-YW-443-3)和国家科技支撑计划项目(2006BAD09B07)资助

** 通讯作者: 梁银丽(1957~),女,博士,研究员,博士生导师,主要从事农业生态及作物生理生态研究。E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn
吴兴(1985~),男,硕士,主要从事农业高效耕作制度研究。E-mail: wx19850513@126.com

收稿日期: 2010-02-01 接受日期: 2010-08-13

效益好,近年来在我国栽培面积不断扩大,现已成为西北地区的重要蔬菜作物,同时也成为增加农民收入、促进农村经济发展的优势作物。辣椒在西北地区以露地种植为主,近年来保护地栽培面积不断扩大。日光温室、塑料大棚、地膜覆盖、间作套种等各种栽培方式的广泛应用,保障了辣椒的采收供应,有效提高了辣椒生产的经济效益^[2]。

研究证明,地表覆盖具有保水保墒,调节土壤肥力状况,改善作物生长环境,增加作物产量等作用,是旱地农业持续稳定发展的有效措施和途径之一。段德玉等^[3]研究了限水条件下地膜覆盖对夏玉米的生态效应,表明地膜覆盖能促进夏玉米生长,提高产量,且穗粒重、百粒重和出粒率明显增加。许海涛等^[4]研究表明小麦秸秆覆盖有利于夏玉米根系生长和干物质积累,穗粒数多,千粒重高,产量性状明显改善,增产显著。翟胜等^[5]的研究表明,采用地膜覆盖、秸秆覆盖和地膜加秸秆覆盖可有效促进黄瓜植株生长,提高坐瓜率和正常瓜比例,缩短成瓜时间,增加单瓜重,且以地膜加秸秆覆盖效果较好。Patra 等^[6]认为,秸秆覆盖下不同深度土壤温度分布均匀,不覆盖的土壤温度随深度增加而增高。崔凤俊等^[7-9]认为,秸秆覆盖具有“高温降温,低温保温”的调温效应,在作物生育前期和土壤表层表现突出。

农田覆盖是一种历史悠久的作物栽培技术,目前对覆盖方面的研究多集中于大田作物,且多为单一覆膜^[10-12]或单一覆草^[13-15]对作物生长及环境影响的研究,而在蔬菜生产中则主要研究地膜覆盖,但在日光温室条件下进行地膜覆盖、秸秆覆盖和地膜加秸秆覆盖对蔬菜作物生长发育的研究报道较少。在中国农业生产中广泛应用的覆盖材料为秸秆和地膜,且地膜的应用范围与面积远大于秸秆,然而秸秆作为传统覆盖材料却没有得到很好的利用^[16]。本试验立足于前人在单一覆盖方式下对蔬菜作物的研究,在日光温室条件下研究地膜覆盖、秸秆覆盖和地膜加秸秆覆盖对辣椒生长及水分利用的影响,筛选出有利于辣椒生长的较佳覆盖模式,为发展设施农业提供技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与设 计

试验于 2009 年在陕西杨凌西北农林科技大学水土保持研究所实验场的日光温室内进行。供试土壤为黑垆土,肥力中等,田间持水量为 24%,土壤容重 $1.26 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (0~20 cm 土层),含有机质 $14.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮 $0.82 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷 $0.99 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全

钾 $8.65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $28.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $30.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $153.68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。供试作物为辣椒,品种为“湘椒 61”和“大果 99”。试验设 4 个覆盖处理:地膜覆盖(地膜厚为 0.01 mm,覆于植株行间,覆膜后四周用土压实, T_1)、秸秆覆盖(半腐熟小麦秸秆,秸秆用量为 $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, T_2)、地膜加秸秆覆盖(地膜覆于植株行间,覆膜后四周用秸秆铺满,秸秆为半腐熟小麦秸秆,秸秆长度为 3 cm,秸秆用量 $0.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, T_3)、对照(不作任何覆盖,CK),每个处理 3 次重复。小区面积为 5 m^2 ($2.5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$),行距 50 cm,株距 50 cm。双苗定植后浇透水,缓苗后进行处理,每小区选定长势一致的 10 株作为测定植株。土壤含水量控制在田间最大持水量的 70%~85%,整个生育期每 15 d 用烘干法测定 1 次土壤含水量,各小区低于控水下限时即按控水上限补充灌水,土壤计划湿润层深度为:从苗期到开花坐果期 0~20 cm,结果期 0~40 cm。灌水量依据公式 $M(\text{kg})=(B \times \theta_{\text{田}} - S) \times 5 \times h \times r \times 10$ 计算,式中 B 为灌水上限,为田间持水量 ($\theta_{\text{田}}$) 的 85%; $\theta_{\text{田}}$ 为 24%; S 为土壤含水量; 5 为小区面积 (m^2); h 为灌水计划湿润层深度; r 为土壤容重, $1.26 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (0~20 cm 土层)。

1.2 测定项目与方 法

生长指标:用直尺或游标卡尺于辣椒结果初期(7月26日至8月10日)、结果盛期(8月11日至8月29日)和结果末期(8月30日至9月16日)分别测定株高和茎粗。

叶绿素相对含量:于辣椒结果初期、结果盛期和结果末期在定株上选取植株中上部长势一致的功能叶,用日产 SPAD-502 叶绿素仪测定,每处理测定 30 片叶,取平均值。

土壤温度:辣椒结果期每 10 d 用土壤温度仪于 8:00 分别测定地表下 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 温度。

水分利用效率:统计各小区辣椒产量及耗水量,计算水分利用效率(水分利用效率=产量/耗水量)^[17],重复 3 次,取平均值。

生物量:结果末期每小区选定 10 株,分别测定地上部和地下部生物量,取平均值。

产量:一般分 5~6 次收获,每次收获后称重,求和即为产量。

数据分析:用 SPSS 12.0 进行数据分析,多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 覆盖对结果期辣椒土壤温度的影响

地膜覆盖和秸秆覆盖都有保墒保水、调节土壤

温度的效应。图 1 表明, 结果初期, 所有覆盖处理的土壤温度在同一土层深度随覆盖时间延长而升高, 且地膜覆盖处理的土壤温度升温幅度最大。这是由于地膜覆盖能有效保墒, 隔绝土壤与外界的水分交换, 抑制潜热和显热交换, 地膜及其表面附着的水层对长波反辐射有削弱作用, 使夜间温度下降减缓, 进而提高土壤温度^[18-19]。进入结果盛期后, 地膜覆盖、秸秆覆盖和地膜加秸秆覆盖及对照的土壤温度均随深度增加呈下降趋势, 而秸秆覆盖处理的土壤温度下降趋势较弱, 此时期秸秆覆盖可有效保持土壤热量不流失。结果末期, 所有覆盖处理都表现出同一深度土壤温度随覆盖时间延长先降低再升高的趋势, 而秸秆覆盖处理的土壤温度变化趋势弱于其他 2 种覆盖处理及对照。胡实等^[20]研究表明秸秆覆盖地表后改变了下垫面状况, 使地表能量分配和近

地层的各种气象要素发生变化。随着覆盖量增加, 显热通量增加, 潜热通量减小; 近地层空气温度升高, 水汽压降低; 并且由于覆盖阻挡了太阳辐射向地面的传播, 土壤温度也随覆盖量的增加而下降, 且这些影响均随离地表距离增加而减弱。整个结果期, 地膜加秸秆覆盖兼备了其他 2 种覆盖处理的特点, 前期升温幅度大于秸秆覆盖, 后期降温趋势小于地膜覆盖, 因此从土壤温度角度, 地膜加秸秆覆盖是较为理想的覆盖方式。由于覆盖改善了土壤温度, 为作物生长发育创造了良好的温度条件。

2.2 覆盖对结果期辣椒生长的影响

植物营养生长突出体现在植株高度和主茎茎粗两方面。从表 1 看出覆盖对结果期辣椒生长有较明显影响。整个辣椒结果期, 覆盖处理的株高和茎粗显著高于对照, 表明覆盖可促进辣椒地上部生长。

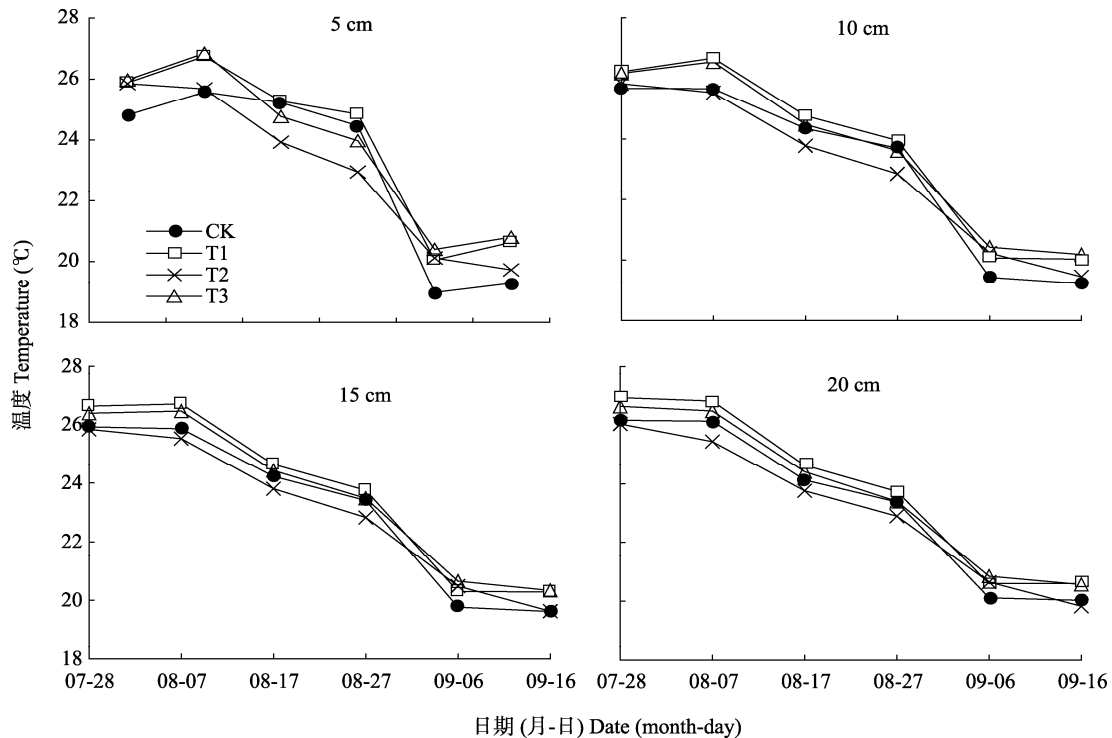


图 1 不同覆盖方式对结果期温室辣椒不同深度土壤温度的影响

Fig. 1 Effects of different mulching treatments on soil temperature at different depth of greenhouse pepper during fruiting stage
T₁ 地膜覆盖 Plastic film mulching; T₂ 秸秆覆盖 Wheat straw mulching; T₃ 地膜加秸秆覆盖 Combined plastic film and wheat straw mulching. 下同 The same below.

表 1 不同覆盖方式对结果期温室辣椒生长的影响

Tab. 1 Effects of different mulching treatments on plant growth of greenhouse pepper during fruiting stage

处理 Treatment	结果初期 Early fruiting stage		结果盛期 Middle fruiting stage		结果末期 Late fruiting stage	
	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem thickness (mm)	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem thickness (mm)	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem thickness (mm)
CK	41.63b	6.26b	46.38c	8.32b	47.08c	8.85c
T ₁	44.75a	7.03a	49.00b	8.70ab	47.88b	9.72b
T ₂	45.62a	6.64ab	56.88b	9.30ab	51.25b	10.34ab
T ₃	55.13a	6.46ab	72.88a	10.04a	73.13a	11.34a

同列不同小写字母表示处理间 $P < 0.05$ 水平差异显著 Different small letters in the same column show significant difference ($P < 0.05$). 下同 The same below.

进入结果盛期后, 地膜加秸秆覆盖处理对植株营养生长的影响更为突出, 这种影响还延伸至结果末期, 这表明在以生殖生长为主的时期, 地膜加秸秆覆盖处理可以保持相对稳定的营养生长, 为营养器官积累更多数量的有机物; 到结果末期时, 对照的植株已经表现出衰老迹象, 而覆盖处理的植株还保持稳定生长。综观整个结果期, 覆盖处理对植株生长起显著促进作用, 在保证生殖生长的前提下, 依然能进行稳定的营养生长, 其中以地膜加秸秆覆盖方式为最佳。

2.3 覆盖对结果期辣椒叶片叶绿素相对含量的影响

在植物的光合作用中, 叶绿素是捕获光的主要成分, 植物叶片叶绿素含量高低是光合作用的重要指标^[21]。从表 2 看出, 整个辣椒结果期, 覆盖处理条件下植株叶片的叶绿素相对含量显著高于对照。结果初期, 依次为秸秆覆盖 > 地膜加秸秆覆盖 > 地膜覆盖 > 对照; 结果盛期, 依次为地膜加秸秆覆盖 > 秸秆覆盖 > 地膜覆盖 > 对照; 结果末期与结果盛期的趋势相同。综上可得, 覆盖处理可以显著增加结果期辣椒叶片叶绿素相对含量, 并以地膜加秸秆覆

表 2 不同覆盖方式对结果期温室辣椒叶片叶绿素相对含量的影响

Tab. 2 Effects of different mulching treatments on relative chlorophyll contents (SPAD) of greenhouse pepper leaves during fruiting stage

处理 Treatment	叶绿素相对含量 Relative chlorophyll content (SPAD)		
	结果初期 Early fruiting stage	结果盛期 Middle fruiting stage	结果末期 Late fruiting stage
CK	54.41c	56.16c	57.41c
T ₁	55.60bc	58.04b	58.96bc
T ₂	58.23a	59.90a	60.00b
T ₃	56.51b	60.23a	62.83a

盖效果最佳。

2.4 覆盖对辣椒干物质积累和分配的影响

由表 3 得出, 3 种覆盖处理都可显著促进温室辣椒干物质积累, 增加植株干重。在 3 种覆盖处理中, 秸秆覆盖作用较为突出, 其植株的各部分干重和总干重较其他处理和对照有明显增加; 其次为地膜加秸秆覆盖, 其植株的各部分干重和总干重较地膜覆盖和对照有明显增加。

表 3 不同覆盖方式对温室辣椒干物质积累和分配的影响

Tab. 3 Effects of different mulching treatments on accumulation and distribution of dry matter of greenhouse pepper

处理 Treatment	植株总干重 Gross dry weight (g)	茎干重 Dry weight of stem (g)	茎分配比例 Percentage of stem (%)	叶干重 Dry weight of leaf (g)	叶分配比例 Percentage of leaf (%)	根干重 Dry weight of root (g)	根分配比例 Percentage of root (%)
CK	19.40c	8.47b	43.34	7.91b	40.97	3.02b	15.69
T ₁	29.83b	12.25ab	41.38	11.52ab	38.65	6.06ab	19.97
T ₂	50.23a	20.58a	40.76	20.32a	40.74	9.33a	18.50
T ₃	46.74ab	17.96ab	39.03	20.07a	41.51	8.71a	19.46

2.5 覆盖对辣椒产量、耗水量及水分利用效率的影响

由表 4 可以看出, 覆盖对辣椒果实产量有显著影响。地膜加秸秆覆盖处理能显著提高辣椒产量, 其次为地膜覆盖处理, 在 3 种覆盖处理中, 秸秆覆盖对辣椒产量的影响最小。农业生产的耗水量由土壤耗水、地面蒸发消耗以及植物蒸腾消耗共同决定。由于在本试验条件下土壤水分无地表径流和地下渗漏产生, 所以水分消耗主要通过地面蒸发和植物蒸腾作用。从表 3 可以看出, 秸秆覆盖处理的生物量显著高于其他处理, 所以通过植物蒸腾作用消耗的水量高于其他处理, 总耗水量也相应地较高(表 4); 在地膜加秸秆覆盖和地膜覆盖处理中, 因为土壤水分蒸发遇到地膜阻挡形成蒸汽, 夜晚遇冷凝结成水珠重新被植株利用, 无地表蒸发, 水分主要通过植物蒸腾作用消耗, 故水分消耗较少, 这 2 种处理的总耗水量显著低于其他处理。辣椒生长进入结果期后, 植株从以营养生长为主转向以生殖生长为主, 而秸秆覆盖造成辣椒植株营养生长旺盛, 在一定程

度上抑制了生殖生长, 使得结果数降低, 从而分配给果实的有机物质减少, 所以秸秆覆盖具有较高的生物量(表 3)和耗水量(表 4), 但其产量并不是最高(表 4)。不同覆盖处理对水分利用效率的影响也达极显著水平, 依次为地膜加秸秆覆盖 > 地膜覆盖 > 秸秆覆盖 > 对照, 3 种覆盖处理下的水分利用效率分别为对照的 2.17 倍、2.09 倍、1.67 倍。由此可见, 覆盖处理能够获得较高的经济收入和节水效果。

表 4 不同覆盖方式对辣椒产量及水分利用效率的影响

Tab. 4 Effects of different mulching treatments on yield and water use efficiency of pepper

处理 Treatment	产量 Yield (kg · m ⁻²)	耗水量 Water consumption (m ³ · m ⁻²)	水分利用效率 Water use efficiency (kg · m ⁻³)
CK	1.545c	0.074 4a	20.77d
T ₁	2.135a	0.049 2c	43.39b
T ₂	1.824b	0.052 7b	34.61c
T ₃	2.268a	0.050 3c	45.09a

3 结论与讨论

地膜覆盖改善了耕层及近地面的微环境,其增产机制在于地膜具有透光率高、保持土壤水分等特性。进行地膜覆盖时,由于土壤表面覆盖了一层不透气膜,可阻止土壤水分纵向蒸发,促进水分横向移动,有效地保持土壤水分,减少蒸发,协调作物生长需水与供水的矛盾,并且促进对深层水分的利用。因此地膜覆盖具有保持土壤水分,提高土壤温度,并可有效抑制杂草,从而影响土壤微生物和相关酶活性,提高土壤有机质及养分含量等生态效应^[22-23]。由于覆盖秸秆可有效调节和稳定地表土层的水、肥、气、热诸要素,秸秆覆盖能减缓地表径流,增强土壤导水性,提高土壤渗水性,隔断蒸发层与下层土壤的毛管联系,有效降低地面最高温度,提高地面最低温度,稳定土层温度;减少土壤水分蒸发和灌溉用水,提高水分利用率;为植物生长提供稳定的水热条件,从而增加作物产量^[15,24]。秸秆覆盖还具有技术灵活多变、适应性广等特点^[25]。如果能将地膜覆盖和秸秆覆盖有效结合,就可以兼具其特点,形成有机统一的整体,在农业生产中发挥最大的资源优势。

本研究表明:与地膜或秸秆单一覆盖方式及对照相比,地膜加秸秆覆盖在温室辣椒生产中具有比较明显的优势。在整个辣椒结果期,地膜加秸秆覆盖处理下,结果初期土壤温度升温幅度大于秸秆覆盖,结果盛期和末期土壤温度降温趋势小于地膜覆盖,地膜加秸秆覆盖显著促进植株生长,增加结果期辣椒叶片叶绿素相对含量和植株总干重及各部分干重,并显著提高辣椒产量,减少耗水量。地膜加秸秆覆盖、地膜覆盖及秸秆覆盖处理下的水分利用效率分别是对照的 2.17 倍、2.09 倍、1.67 倍。由此可见,覆盖处理能够获得较高的经济收入和节水效果。本研究与薛少平等^[16]、翟胜等^[5,26]、卜玉山等^[27]对相同覆盖条件下不同试验材料的研究结果具有一致性,另外,在温室中得到的结果还需进一步验证。综上所述,地膜加秸秆覆盖方式是有利于温室辣椒生长发育及其土壤温度的较佳覆盖模式。

参考文献

- [1] 程永安. 辣椒无公害生产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 5-10
- [2] 曹广俊. 西北地区辣椒生产现状及发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2007(2): 24-26
- [3] 段德玉, 刘小京, 李伟强, 等. 夏玉米地膜覆盖栽培的生态效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 6-9
- [4] 许海涛, 王友华, 许波, 等. 小麦秸秆覆盖对夏玉米干物质生产及主要性状的影响[J]. 作物杂志, 2008(6): 45-48
- [5] 翟胜, 梁银丽, 王巨媛, 等. 地表覆盖对日光温室黄瓜生长发育及生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 73-77
- [6] Patra D D, Ram M, Singh D V. Influence of straw mulching on fertilizer nitrogen use efficiency, moisture conservation and herb and essential oil yield in Japanese mint (*Mentha arvensis* L.)[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1993, 34(2): 135-139
- [7] 崔凤俊, 王国柱, 尹振君, 等. 秸秆覆盖对棉田土壤的影响[J]. 中国棉花, 1998, 25(5): 7-9
- [8] 巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69-73
- [9] 刘世平, 张洪程, 戴其根, 等. 免耕套种与秸秆还田对农田生态环境效应及小麦生长的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 393-396
- [10] Fonseca I C B, Klar A E, Goto R, et al. Colored polyethylene soil covers and grafting effects on cucumber flowering and yield[J]. Scientia Agricola, 2003, 60(4): 643-649
- [11] Li Y S, Wu L H, Lu X H, et al. Soil microbial biomass as affected by non-flooded plastic mulching cultivation in rice[J]. Biol Fertil Soils, 2006, 43(1): 107-111
- [12] 姜成, 申晓慧. 有机肥和地膜覆盖对辣椒生长发育及产量影响[J]. 核农学报, 2009, 23(5): 879-883
- [13] Fang S Z, Xie B D, Zhang H C. Nitrogen dynamics and mineralization in degraded agricultural soil mulched with fresh grass[J]. Plant Soil, 2007, 300(1/2): 269-280
- [14] 赵凤霞, 温晓霞, 杜世平, 等. 渭北地区残茬(秸秆)覆盖农田生态效应及应用技术实例[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 90-95
- [15] 苏衍涛, 王凯荣, 刘迎新, 等. 稻草覆盖对红壤旱地土壤温度和湿度的调控效应[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2): 670-676
- [16] 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(6): 71-73
- [17] 梁银丽, 党廷辉, 张成娥. 黄土区农田生态系统生产力研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000: 72-75
- [18] 门旗, 李毅, 冯广平. 地膜覆盖对土壤田间蒸发影响的研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(2): 17-20, 25
- [19] 王树森, 邓根之. 地膜覆盖增温机制的研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(3): 74-78
- [20] 胡实, 谢小立, 王凯荣. 秸秆覆盖对夏玉米田棵间蒸发和近地层气象要素的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2): 170-173
- [21] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 55-57
- [22] 胡明芳, 田长彦. 新疆棉田地膜覆盖耕层土壤温度效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 128-130
- [23] 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
- [24] 蔡晓布, 钱成, 张永青, 等. 秸秆还田对西藏中部退化土壤环境的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 411-415
- [25] 王维, 郑曙峰, 路曦结, 等. 农田秸秆覆盖技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8343-8346
- [26] 翟胜, 王巨媛, 梁银丽. 地面覆盖对温室黄瓜生产及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 129-133
- [27] 卜玉山, 苗果园, 周乃健, 等. 地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 1069-1075