

黑色地膜覆盖土壤水热效应及对玉米产量的影响

霍轶珍^{1,2}, 丁春莲^{1,2}, 王文达^{1,2}, 韩翠莲^{1,2}, 郭彦芬^{1,2}, 李生勇^{1,2}

(1.河套学院, 内蒙古 巴彦淖尔 015000;

2.内蒙古自治区河套灌区灌溉排水工程技术研究中心, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘 要:为探究黑色地膜覆盖在河套灌区玉米种植过程中的适宜性, 试验对比研究了黑、白色地膜覆盖及不覆膜条件对土壤水热及玉米地上部生物量和产量的影响。结果表明: 玉米各生育期内, 黑色地膜与白色地膜各土层含水率差异性不显著($p>0.05$), 达到了土壤保墒的效果, 但两者 0—60 cm 土壤含水率显著高于不覆膜处理($p<0.05$)。黑色地膜覆盖达到了土壤增温、保温的作用, 且在高温条件下起到了一定的降温效果。生育前期两覆膜处理地上部干物质累积量均显著高于不覆膜处理($p<0.05$), 且两处理间无显著性差异($p>0.05$), 进入抽雄吐丝期以后, 各处理间差异不显著($p>0.05$)。黑色地膜覆盖显著提高了玉米百粒重和产量, 百粒重平均较白色地膜和不覆膜处理高 6.37% 和 11.95%, 产量平均高 5.12% 和 22.90%。黑色地膜覆盖适宜在河套灌区玉米种植过程中推广应用。

关键词:黑色地膜; 土壤水分; 土壤温度; 干物质累积量; 产量; 玉米; 河套灌区

中图分类号:S152.8; S513

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)01-0335-05

Effects of Black Plastic Film Mulching on Soil Moisture, Soil Temperature and Maize Yield

HUO Yizhen^{1,2}, DING Chunlian^{1,2}, WANG Wenda^{1,2},

HAN Cuilian^{1,2}, GUO Yanfen^{1,2}, LI Shengyong^{1,2}

(1. *Hetao University, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China*; 2. *Irrigation and Drainage*

Engineering Technology Research Center, Hetao Irrigation District, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China)

Abstract: In order to explore the suitability of black plastic film mulching in the process of maize planting in Hetao Irrigation District, three treatments including white plastic film, black plastic film and no plastic film were set up to study the effects of different mulching treatments on soil moisture, soil temperature, dry matter accumulation and yield of maize. The results showed that there was no significant difference in soil moisture content between black plastic film and white plastic film mulching during the growth period of Maize ($p>0.05$), however, soil moisture content of 0—60 cm layer under the treatments of black plastic film and white plastic film mulching was significantly higher than that of no plastic film treatment ($p<0.05$); the black plastic film has the effect on increasing the temperature and heat preservation of the soil, and it had a certain cooling effect in the high temperature conditions; the aboveground biomass with white plastic film and black plastic film mulching was significantly higher than that of no plastic film treatment in the early procreation of maize ($p<0.05$), and the two treatments were no significant difference ($p>0.05$); after maize tassel stage, there was no significant difference among treatments ($p>0.05$); the black plastic film mulching significantly increased the 100-grain weight and yield of maize, the average 100-grain weight was 6.37% and 11.95% higher than those of white plastic film and non plastic film mulching, and the average yield was increased by 5.12% and 22.90%, respectively, compared with those of the white plastic film and non plastic film mulching. Black plastic film mulching is suitable for popularization and application in maize planting

收稿日期:

修回日期:

资助项目:“十三五”国家重点研发计划(2016YFC0400205);“乌梁素河流域山水林田湖草生态保护修复试点工程支持计划项目”“农田排水水质分析评价及水资源再利用技术研究”(K 201754)

第一作者:霍轶珍(1966—),女,内蒙古巴彦淖尔市人,教授,主要从事节水灌溉技术研究。E-mail:805296445@qq.com

通信作者:丁春莲(1964—),女,内蒙古巴彦淖尔市人,教授,主要从事农业地理研究。E-mail:497433859@qq.com

process in Hetao Irrigation District.

Keywords: black plastic film; soil moisture; soil temperature; biomass accumulation; yield; maize; hetao irrigation district

河套灌区地处干旱半干旱地区,连年干旱少雨,蒸发强烈,另外由于引黄灌溉,地下水位较高,使得土壤盐碱化日益加剧,严重威胁当地农业的持续健康发展。大量研究表明,地膜覆盖后对土壤的增温、保墒、控制盐分聚积及作物增产效果显著,因此在农业生产中广泛应用并取得较为理想的效果^[1-4]。但近些年,随着部分学者对地膜覆盖的深入研究和生产实践发现,普通白色农用地膜不仅造成了白色污染,而且在一定程度上使得玉米出现早衰现象,限制了其增产上限。张冬梅等^[5]研究指出,地膜覆盖后使得玉米生育期提前,从而在抽雄期前后遭受干旱胁迫,减产较为严重。Zaongo 等^[6]通过研究发现,地膜覆盖对作物的前期生长具有促进作用,但却使得土壤水肥过早的大量消耗,生育后期土壤脱水、脱肥问题凸显,导致作物早衰减产。白色地膜覆盖带来的作物早衰问题已经严重影响了作物的生长和农业的长足发展,针对此类问题,有学者采用先覆后揭的覆膜方式进行试验研究,希望通过这种方式解决问题,但由于工作量的问题,很难推广应用^[7]。玉米是目前河套灌区种植面积较大的农作物,但传统不覆盖和白色地膜覆盖均存在一定的问题,制约了灌区玉米产业的发展。

有研究表明,与白色地膜相比,黑色地膜覆盖的增温、保墒效果显著,且由于其具有透光率低的特征,高温季节起到了一定的降温效应,使得作物免遭高温危害^[8]。并且在番茄和马铃薯等的种植过程中得到了较好的应用效果^[9-10]。但关于黑色地膜覆盖在玉米种植过程中的应用还鲜有报道,本研究通过对比研究黑、白色地膜及不覆膜条件对土壤水热及玉米地上部生物量和产量的影响,探索黑色地膜覆盖在河套灌区玉米种植过程中的适宜性,为其在灌区的推广应用提供理论依据和技术支撑,对灌区玉米产业的发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于内蒙古巴彦淖尔市临河区城关镇河套学院灌排试验基地,该地区多年平均降雨量为 140 mm,蒸发量为 2 306.5 mm,平均气温为 6.8℃,平均日照时数为 3 229.9 h,无霜期为 130 d 左右,是典型的中温带干旱大陆性气候。试验区土质以粉砂壤土为主,1 m 深土壤平均容重为 1.51 g/cm³,试验区采

用黄河水灌溉,平均矿化度为 0.6~0.8 g/L。

1.2 试验设计

设计白色地膜覆盖、黑色地膜覆盖和不覆膜共 3 个处理,采用小区试验,小区面积 75 m² (15 m × 5 m),3 次重复。平耙地后采用机械覆膜施肥,人工点种玉米,玉米品种选用当地常规品种西蒙 6 号,玉米种植行距 50 cm,株距 28 cm,每垄 2 行;黑白地膜均选用内蒙古华丰商贸有限责任公司生产聚乙烯普通农用地膜,膜厚 0.008 mm,膜宽 70 cm。播种时施底肥尿素(46% N) 300 kg/hm²,磷酸二铵(16% P₂O₅) 150 kg/hm²。根据当地来水时间,玉米全生育期共灌 3 次水,采用传统畦灌的灌水方式,三次灌水量分别为 975 m³/hm², 975 m³/hm², 900 m³/hm²,施肥量分别为尿素(46% N) 450 kg/hm², 300 kg/hm² 和不施用。

1.3 测定指标

记录玉米各生育阶段具体时间段,自播种后开始每隔 7 d 在玉米行间 100 cm 深土体内每隔 20 cm 取土,采用烘干称重法测定土壤含水率。玉米行间在深度为 5, 10, 15, 20, 25 cm 处理设直角地温计,各生育期连续 3 d 观测土壤温度变化,观测时间为每日的 8:00, 14:00, 20:00。玉米地上部生物量的测定方法为:不同生育期内,各处理选取 3 株植物样,自地面截取,分割后自然晾干,然后放入纸袋在 80℃ 恒温烘箱中烘干至恒重,利用度万分之一精度的电子天平称重;玉米成收获后,每个处理选取 15 株植物样测量穗粗、穗长、穗粒数、百粒重和产量。

1.4 数据处理

采用 Microsoft-Excel 2003 对数据进行处理并绘制图表,利用 SPSS 17.0 进行试验数据的方差检验。

2 结果与分析

2.1 不同地膜覆盖对土壤含水率的影响

由图 1 不同处理条件下土壤含水率变化情况可知,各土层含水率变化趋势一致,自表层至深层呈现“S”型变化规律。玉米苗期,植株矮小,土壤水分的消耗以表层蒸发为主,研究发现,此阶段白、黑色地膜覆盖处理各土层含水率差异性不显著($p > 0.05$),但表层 0—60 cm 土壤含水率平均较不覆膜处理高 7.98% 和 9.77%,差异性显著($p < 0.05$),而深层差异性较小,这主要是受作物生育期灌区地下水位较高的

影响。玉米拔节期至灌浆期是关键生育期,此阶段适宜的土壤水分条件是保证玉米生长发育和产量形成的关键期,研究发现,此时黑白地膜覆盖条件下土壤含水率无显著性差异($p>0.05$),高于不覆膜处理,且

表层 0—60 cm 含水率差异达到了显著性水平($p<0.05$)。说明与白色地膜覆盖相比,黑色地膜同样具有较好的土壤保墒功能,为玉米的正常生长提供适宜的水分供应。

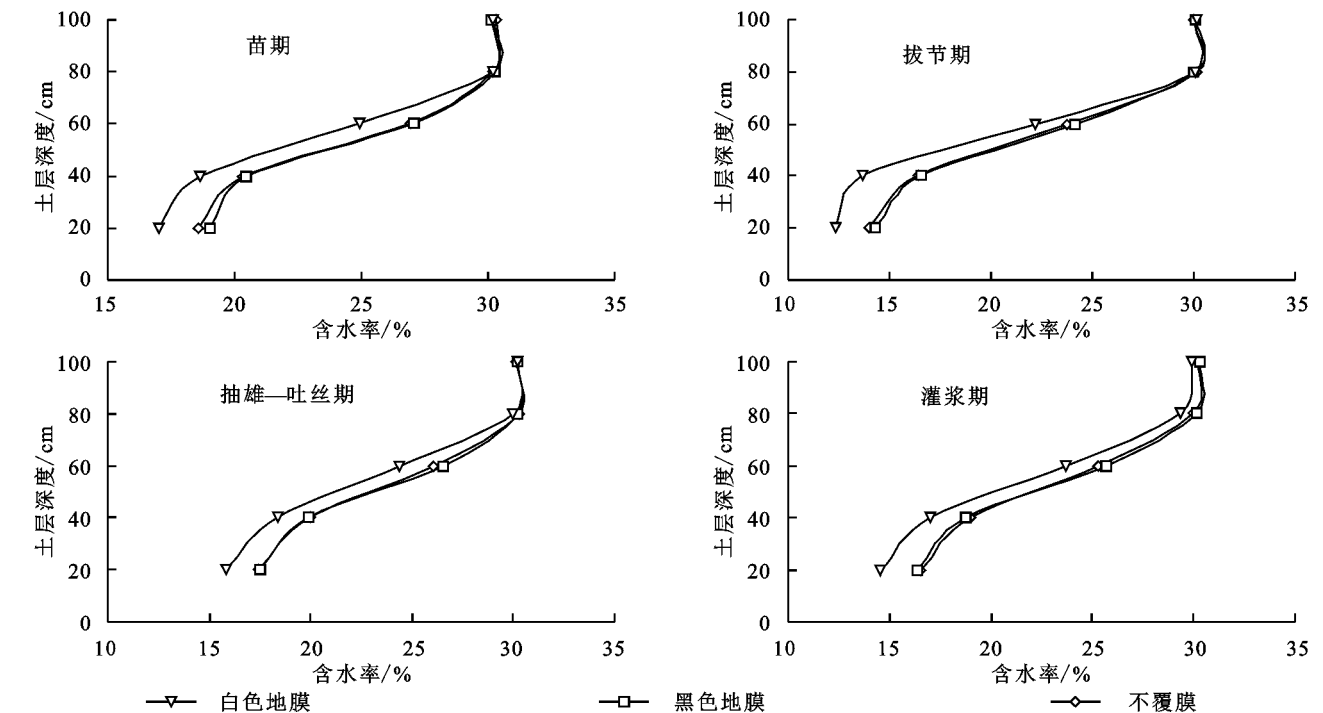


图 1 玉米不同生育期土壤含水率变化

2.2 不同地膜覆盖对土壤温度的影响

不同覆盖条件对土壤表层 0—15 cm 温度变化影响较大。由图 2 可知,不同生育期各处理土壤温度随时间推移均呈现开口向下的二次抛物线型变化规律,且极值点出现在 14:00,为全天温度最高时段。玉米生育前期(苗期至拔节期),适宜的土壤温度有利于植株的壮苗,过高或过低的温度均会在不同程度抑制幼苗的生长。研究发现,此阶段白色地膜和黑色地膜土壤温度均明显高于不覆膜处理,苗期和拔节期分别较不覆膜处理高 3.69℃,1.68℃和 3.16℃,1.51℃,差异性显著($p<0.05$),说明黑色地膜同样起到了较好的增温保温效应。但两生育期内白色地膜平均较黑色地膜高 2.01℃和 1.65℃,且在气温最高时段 14:00 差值达到了 2.44℃和 1.98℃,差异性显著($p<0.05$),这也说明黑色地膜较白色地膜在高温条件下相对有一定的降温效果,减轻高温对幼苗的危害,促进壮苗和生长发育,此结论与张琴^[8]和路海东^[11]等的研究结论一致。

玉米生育中后期(抽雄吐丝至灌浆期),植株枝叶茂盛,覆盖度较高,使得透光度减弱,从而减少了地面直接接受太阳辐射,地膜增温效应较生育前期有所减弱,但由于地膜的保温性能两处理均不同程度高于不覆膜处理。由于白色地膜透光能力较强^[12],该生育阶段各时段土壤温度平均较黑色地膜高 0.78℃和

1.09℃,差异性不显著($p>0.05$),但此时处于最高温季节,一定的降温作用,有利于玉米的生长。

2.3 不同颜色地膜覆盖对玉米地上部生物量的影响

由图 3 不同处理条件下玉米地上部生物量变化可知,玉米苗期至拔节期,由于两种颜色地膜覆盖提供的适宜水热条件促进了玉米的前期生长,两个生育阶段两处理生物量平均较不覆膜处理高 68.75%,46.94%和 59.38%,40.82%,差异性显著($p<0.05$)。而白色地膜长势略优于黑色地膜覆盖,生物量平均高 5.88%和 4.35%。玉米抽雄吐丝期至灌浆期,由于玉米的植株遮荫效应影响,覆膜效应及近丧失^[13],此外植株开始由营养生长逐渐转向生殖生长,各处理间玉米生物量达到相近水平。

2.4 不同颜色地膜覆盖对玉米产量指标的影响

由表 1 所示,两种颜色地膜覆盖条件下玉米穗长、穗粗、穗粒数差异性不显著($p>0.05$),但均显著高于不覆膜处理($p<0.05$)。各处理间玉米百粒重和产量差异性显著($p<0.05$),且以黑色地膜覆盖最高,百粒重平均较白色地膜和不覆膜高 6.37%和 11.95%,产量高 5.12%和 22.90%。这主要是因为黑白地膜覆盖处理土壤的保墒效果相当,但黑色地膜覆盖条件对根系层的降温效应,提高了根系活性和对土壤养分的吸收,从而提高了玉米百粒重和产量。

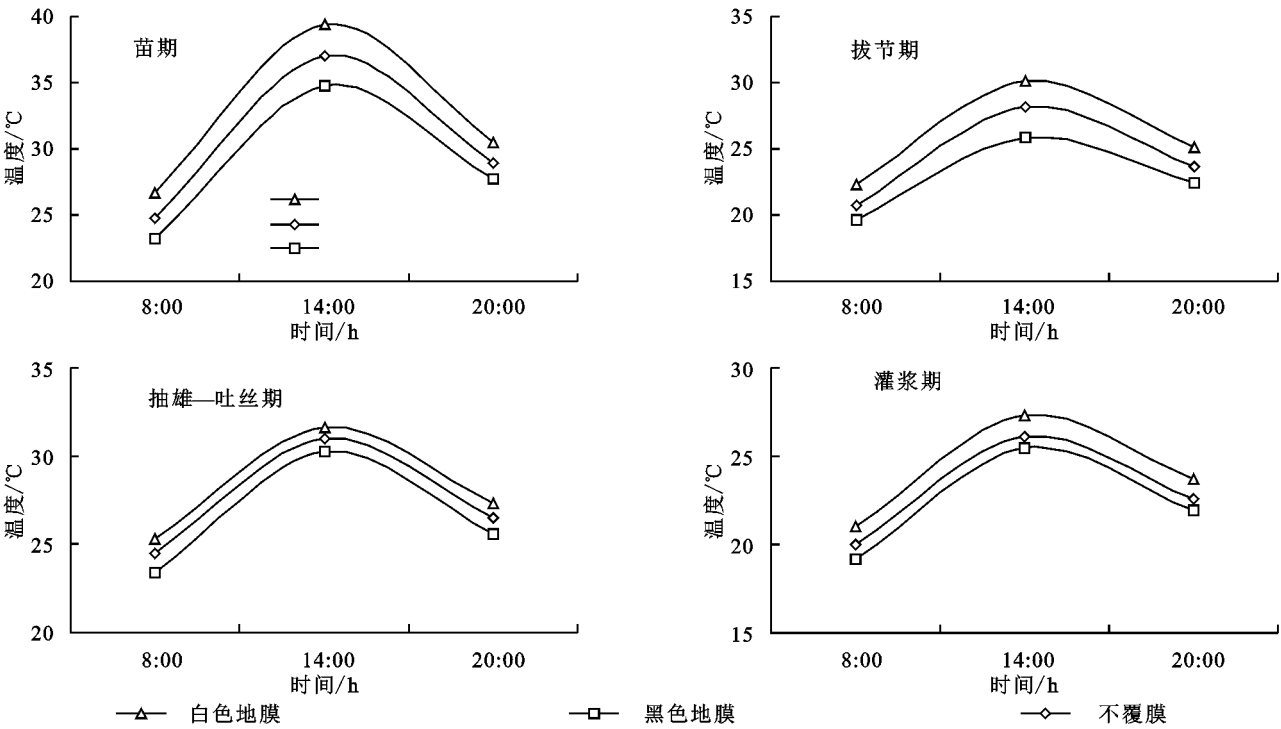


图 2 玉米不同生育期土壤温度变化

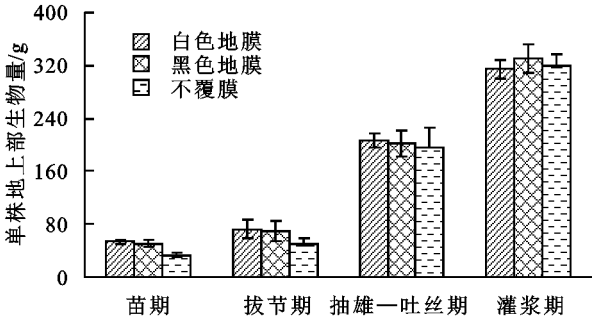


图 3 玉米不同生育期地上部生物量累积量变化

表 1 不同处理条件下玉米产量指标对比

处理	穗长/ cm	穗粗/ cm	穗粒数/ 粒	百粒重/ g	产量/ (kg·hm ⁻²)
白色地膜	20.9a	16.9a	653a	36.1b	9367.3b
黑色地膜	20.7a	17.1a	648a	38.4a	9846.9a
不覆膜	19.3b	15.7b	611b	34.3c	8012.4c

3 讨论

春玉米是河套灌区主要的经济作物,土壤水热条件的适宜性是促进作物生长的主要因素^[4,14]。玉米属于典型的喜温性作物,适宜的土壤温度是保证其正常生长的基础性条件,过高或过低的温度均会对玉米的生长产生抑制^[15]。与白色地膜覆盖相比,黑色地膜覆盖同样形成了有效的“隔膜效应”,改变了土壤水热与外界的交换条件,改善了土壤水热条件^[11]。春玉米全生育期内,两种颜色地膜覆盖 0~60 cm 含水率均要显著高于不覆膜处理,起到了良好的保墒效果,为玉米的生长提供了更充足的水分供应,研究结果与张琴^[8]等的研究结论具有一定的一致性。玉米

苗期至拔节期气温较低,此时较高的土壤温度有利于玉米的壮苗和生长,两种颜色地膜覆盖各时段表层 0—15 cm 土壤温度均显著高于不覆膜处理,起到了较好的增温保温效应,但白色地膜覆盖在气温最高时段 14:00 土壤温度显著高于黑色地膜覆盖,说明黑色地膜起到了一定降温效应,这也减小了高温对幼苗的伤害,有利于壮苗和生长发育。玉米进入抽雄吐丝和灌浆期的生育中后期后,由于植株生长茂盛,群体透光度降低,地膜的增温保温效应减弱,各处理间土壤温度无显著性差异。且黑色地膜覆盖明显低于白色地膜覆盖,该生育阶段是全生育期的气温最高期,一定的降温效应避免了玉米遭受高温危害,有利于玉米产量的生成^[8,11]。由于地膜覆盖显著改善了土壤水热环境,促进了玉米植株的生长发育。研究发现,玉米苗期至拔节期,两地膜覆盖处理地上部生物量累积量差异性不显著,但均显著高于不覆膜处理,而生育中后期,覆膜效应逐渐消失,且随植株逐渐转向生殖生长,各处理间差异性减弱^[13]。地膜覆盖显著提高了玉米产量,且以黑色地膜增幅最为显著,主要是由于黑色地膜的降温效应提高了根系活性和对土壤养分的吸收,有效促进了玉米产量的形成^[11]。

4 结论

(1) 玉米各生育期内两种颜色地膜覆盖处理间土壤含水率无显著性差异($p<0.05$),起到了良好的保墒效果,但两处理均明显高于不覆膜处理,且 0—

60 cm 土壤含水率差异达到显著性水平($p>0.05$)。

(2) 黑色地膜在低温季节的增温保温效果显著,且在高温季节和时段具有一定的降温效应,使得作物免遭高温危害。

(3) 地膜覆盖条件有效促进了玉米植株的生长发育,生育前期覆膜处理地上部生物量均显著高于不覆膜处理($p<0.05$),玉米进入抽雄吐丝期以后,覆膜效应及近丧失,各处理间差异减弱。

(4) 两种颜色地膜覆盖处理间穗长、穗粗和穗粒数产异性不显著($p>0.05$),但均显著高于不覆膜处理($p<0.05$)。且黑色地膜覆盖百粒重和产量最高,百粒重平均较白色地膜和不覆膜高 6.37%和 11.95%,产量高 5.12%和 22.90%。

参考文献:

[1] 赵靖丹,李瑞平,史海滨,等.滴灌条件下地膜覆盖对玉米田间土壤水热效应的影响[J].节水灌溉,2016(1):6-9,15.

[2] 李仙岳,彭遵原,史海滨,等.不同类型地膜覆盖对土壤水热与葵花生长的影响[J].农业机械学报,2015,46(2):97-103.

[3] 李尚中,樊廷录,王勇,等.旱地玉米抗旱覆膜方式研究[J].核农学报,2009,23(1):165-169.

[4] 倪东宁,史海滨,李瑞平,等.春玉米覆膜垄作沟灌条件下土壤水热效应及对产量的影响[J].水土保持研究,2016,23(2):89-94.

[5] 张冬梅,池宝亮,黄学芳,等.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.

[6] Zaongo C G L, Wendt C W, Lascaono R J, et al. Interactions of water, mulch and nitrogen in Niger. [J]. Plant and Soil, 1997,197(1):119-126.

[7] 董朝阳,杨晓光,杨婕,等.中国北方地区春玉米干旱的时间演变特征和空间分布规律[J].中国农业科学,2013,46(20):4234-4245.

[8] 张琴.不同颜色地膜覆盖对玉米土壤水热状况及产量的影响[J].节水灌溉,2017(4):57-61.

[9] Miles C, Wallace R, Wszelaki A, et al. Deterioration of potentially biodegradable alternatives to black plastic mulch in three tomato production regions[J]. Hort Science, 2012,47(9):1270-1277.

[10] 周丽娜,于亚薇,孟振雄,等.不同颜色地膜覆盖对马铃薯生长发育的影响[J].河北农业科学,2012,16(9):18-21.

[11] 路海东,薛吉全,郝引川,等.黑色地膜覆盖对旱地玉米土壤环境和植株生长的影响[J].生态学报,2016,36(7):1997-2003.

[12] 严涛.常温可逆温致变色农用塑料薄膜光谱透射率及其对温度的影响[J].安徽农业科学,2009,37(15):6822-6824.

[13] 乔海军,黄高宝,冯福学,等.生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,10(5):71-75.

[14] 郑和祥,郭克贞,郝万龙.作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究[J].水土保持研究,2011,18(3):210-212.

[15] 霍铁珍,郭彦芬,韩翠莲,等.不通覆膜处理对土壤水热效应及春玉米产量的影响[J].水土保持研究,2016,23(5):124-128.

(上接第 334 页)

[25] AbdElgawad H, Peshev D, Zinta G, et al. Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO₂: a comparison of fructan and non-fructan accumulators [J]. Plos One, 2014,9(3):e92044.

[26] Mette K, Kühl S, Düdder H, et al. Stable performance of Ni catalysts in the dry reforming of methane at high temperatures for the efficient conversion of CO₂ into syngas[J]. Chemcatchem., 2014,6(1):100-104.

[27] Eller F, Lambertini C, Nguyen L X, et al. Increased invasive potential of non-native Phragmites australis: elevated CO₂ and temperature alleviate salinity effects

on photosynthesis and growth[J]. Global Change Biology, 2014,20(2):531-543.

[28] Bauweraerts I, Wertin T M, Ameye M, et al. The effect of heat waves, elevated CO₂ and low soil water availability on northern red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings[J]. Global Change Biology, 2013,19(2):517-528.

[29] Eisenhauer N, Dobies T, Cesarz S, et al. Plant diversity effects on soil food webs are stronger than those of elevated CO₂ and N deposition in a long-term grassland experiment[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013,110(17):6889-6894.