

不同颜色地膜及覆盖方式对寒旱区春玉米土壤水热状况及产量的影响

闫静琦, 蒋傲男, 陈宗政, 赵海超, 卢海博, 黄智鸿*

(河北北方学院/农产品食品质量安全重点实验室, 河北 张家口 075000)

摘要:为研究寒旱区春玉米农田提水增温高效覆膜方式,通过田间试验,比较分析不同覆膜方式下土壤水分、温度空间分布及其产量效应。结果表明:春玉米生育期0~20 cm土层平均温度在19.76~23.12 °C,白色全膜>黑色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK,各覆膜处理比CK分别提高17.00%、13.49%、6.21%、3.21%,且温度随土壤深度的增加呈递减趋势。春玉米生育期0~20 cm土层平均含水率在12.01%~16.21%,黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK,覆膜比CK分别增加36.72%、34.88%、15.95%、10.62%。各生育时期白色全膜的根干重、茎干重、叶干重、穗干重均高于其他处理,春玉米产量白色全膜>黑色全膜>白色半膜>黑色半膜>CK,分别比CK增产39.06%、32.37%、9.99%、4.23%。拔节期土壤水分含量、温度与春玉米生物量呈显著正相关,白色全膜在苗期和拔节期增温效果最好,且全生育期温度利用效率最高为6.59%;黑色全膜在抽雄期和成熟期增温效果最好,且全生育期水分利用效率最高为34.1%。综合看来,冀西北寒旱区春玉米节水增温最佳覆膜方式为白色全膜覆盖。

关键词:覆膜方式;寒旱区;土壤水分;土壤温度;春玉米;产量

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)05-0014-07

Effects of Different Film Mulching Methods on Soil Hydrothermal Status and Yield of Spring Maize in Cold and Arid Regions

YAN Jingqi, JIANG Aonan, CHEN Zongzheng, ZHAO Haichao, LU Haibo, HUANG Zhihong*

(Hebei North University, Key Laboratory of Agricultural Product Quality and Safety, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: In order to study the high-efficiency film mulching method for water and temperature increase in spring maize farmland in cold and arid areas, a field experiment was conducted to analyze the spatial distribution of soil moisture, temperature and yield effects under different film mulching methods. The result showed that the average temperature of 0–20 cm soil layer in the growth period of spring maize is 19.76–23.12 °C; white full film>black full film>black half film>white half film>CK, and the film treatment increased by 17.00%, 13.49%, 6.21%, 3.21%, respectively. The temperature decreased with the increase of soil depth, which was consistent with the decay kinetics process. The average moisture content of 0–20 cm soil layer in spring maize growth period is 12.01%–16.21%; black full film>white full film>black half film>white half film>CK. Compared with CK, plastic film mulching increased 36.72%, 34.88%, 15.95%, 10.62%, respectively. The root dry weight, stem dry weight, dry weight of leaves and dry weight of the whole white film in each growth period were higher than other treatments, spring maize yield is white full film>black full film>white half film>black half film>CK, which increased 39.06%, 32.37%, 9.99%, 4.23%, respectively. There was a significant positive correlation between soil moisture content and temperature and spring maize biomass during jointing stage. White whole film had the best effect in temperature increase at seedling stage and jointing stage, and the highest temperature utilization black whole film has the best effect in temperature increase during the tasseling and maturity stages, and the water use efficiency is the highest of 6.59%. The optimal film-mulching method for spring maize water-saving in the cold and arid regions of Northwest Hebei is white full-

收稿日期:2019-11-06

基金项目:河北省现代农业产业技术体系(玉米体系岗位专家)(HBCT2018020203);河北省科技厅项目(18226334D);河北省教育厅重大项目(ZD2019097)

作者简介:闫静琦(1995-),女,在读硕士,主要从事作物高产栽培研究。

通讯作者:黄智鸿,女,博士,研究员,E-mail: hbnuzh@163.com

film coverage.

Key words: Film mulching methods; Cold and arid area; Soil moisture; Soil temperature; Spring maize; Yield

张家口市属于干旱半干旱地区,位于华北平原与内蒙古高原的交错地带,是冀西北春玉米重要的主产区。近年来,随着玉米需求量的快速增加,冀西北的农业发展迅速^[1]。由于该区域降雨量少、年有效积温低,土壤的水、热状况是影响春玉米生长和产量形成的关键因素^[2-3],地膜覆盖能很好地起到增温、保墒的作用,因此在农业生产中被广泛应用^[4-6]。很多学者针对地膜覆盖对土壤水热变化以及对作物产量等的影响进行了大量研究^[7-8]。范庆锋等^[2]研究发现,春季覆膜能够显著提高玉米播前和苗期的表层土壤温度,且增温效果随土层深度增加而增加^[2,9-10]。景东田^[11]、孙云云等^[12]研究认为,地膜覆盖可以有效保蓄土壤水分,提高水分利用率。李维敏等^[13]研究认为,覆膜能更好地调控土壤的水热效应,明显提高耕层土壤温度,有效减少水分耗散,保蓄更多水分供后期利用,可提高玉米穗粒数和百粒重,显著提高产量。任爱霞等^[14]研究认为地膜覆盖可以显著提高穗数且全覆盖高于半覆盖,最终显著提高产量29%~30%。研究表明玉米千粒重在全膜覆盖栽培以及半膜覆盖栽培之间的差异较小,但两者均明显高于露地栽培的千粒重^[15];玉米实际产量全膜覆盖、半膜覆盖、露地栽培三种方式之间存在明显差异。地膜覆盖对不同农作物产量和土壤水热状况的影响是众多学者研究的焦点。

寒旱区早春地温低,降雨量少,传统的春玉米种植方式因春季气温、地温、墒情等因素的影响,出现苗不齐、苗不壮、发苗慢等问题,严重影响春玉米产量^[16],采用覆膜播种的抗逆栽培措施很好地解决了上述问题,且覆盖不同颜色的地膜会对土壤水热状况产生不同的影响,从而影响作物的生长和产量^[17]。目前在同一农业生态环境下,不同地膜颜色及覆盖方式对同一作物产量及土壤水分、温度等的影响研究相对较少。本研究比较分析了不同覆膜方式对土壤温度、土壤水分以及春玉米产量等因素的影响,确定了最佳覆膜方式,为寒旱区春玉米地膜覆盖栽培技术提供理论依据与技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于2017年在河北省张家口市宣化区(115°03'E,40°63'N)春玉米试验基地进行,该地区

属于温带半干旱大陆性季风气候,年平均日照时数2 800~3 300 h,年平均气温6℃左右,年均降水量370~400 mm,全年≥10℃有效积温为2 500~2 750℃·d,无霜期130~150 d。0~20 cm土层总氮0.73 g/kg,总磷0.48 g/kg,有机质18.6 g/kg。

1.2 供试材料与试验设计

供试春玉米品种为田丰118(早熟品种,适宜春播,生育期125 d左右)。试验采用随机区组排列,春玉米覆膜包括:地膜颜色(黑色膜、白色膜)、覆膜方式(全膜覆盖、半膜覆盖),共4个处理分别为白色全膜覆盖、黑色全膜覆盖、白色半膜覆盖、黑色半膜覆盖,以不覆膜为对照(CK)。所有处理采用平垄覆膜,全膜的幅宽为1.1 m,半膜的幅宽为0.55 m,膜厚0.008 mm。按照45 cm:55 cm的大小行种植,株距28 cm,每公顷70 500株。玉米施用肥料为新洋丰肥业的硫酸钾复合肥,N-P₂O₅-K₂O比例为18-12-15,施用量为600 kg/hm²。其他田间管理按常规进行。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 土壤温度及含水率

于春玉米苗期(5月27日)、拔节期(6月25日)、抽雄期(8月9日)、成熟期(9月22日)使用曲管地温计(武强县红星仪表厂生产的HY-1型)分别测定各种覆膜方式下膜下地表5 cm、10 cm、15 cm、20 cm的土层温度,每个处理重复3次,取其平均值计算地表及各土层温度^[18]。各生育期采用分层取土器在玉米行间定点取土,每个处理取3个样点,采用烘干称重法测定土壤含水率,取样深度为0~20 cm^[18]。土壤温度随深度增加的衰减趋势采用动力学模型进行拟合,方程为: $y=k/(x+b)+c$ 。

式中: y 为土壤温度(℃), x 为土壤深度(cm), k 为衰减强度, c 为衰减最低稳定值, b 为常数。

1.3.2 生物量及产量指标

生物量即为地上部生物量与地下部(根系)生物量之和。采取烘干法测量,在各生育期取玉米整株,称鲜重后将烘箱调至105℃杀青30 min,再调至80℃烘干至恒重,用电子天平称重,精确到0.01 g。根冠比即地下部(根系)生物量与地上部生物量之比^[19]。玉米成熟期,每个处理连续选取25株测定其性状指标^[5],同时每个覆膜处理随机选取10个果穗留作室内考种,测量其穗重、穗粗、秃尖长、千粒重、穗行数、行粒数。对玉米进行测

产,测定增产率。增产率=(覆膜处理产量-CK产量)/CK产量。

1.3.3 水分及温度利用效率

水分利用效率计算公式为: $WUE=Y/ET^{[4]}$,式中:WUE为水分利用效率,Y为作物产量,ET为全生育期田间耗水量。 $ET=I+P_0+(W_0-W_1)$,式中:I为作物生育期内灌溉总量, P_0 为生育期内有效降雨量, W_0 为生育阶段初期的土壤贮水量, W_1 为生育阶段初期和末期的土壤贮水量。 $W=h \times a \times b \times 10/100$,式中:W为贮水量,h为土层深度,a为土壤容重,b为土壤含水量。温度利用效率计算,根据水分利用效率公式进行转换, $ET_{\text{温}}$ 为全生育期有效积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)。

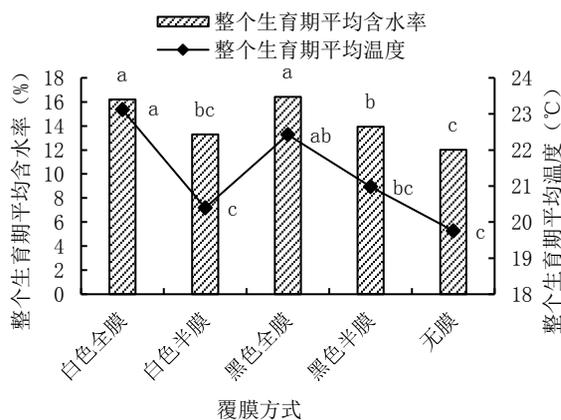
1.4 数据处理与分析

采用WPS 2019和Origin 8.5制作表格与绘图,采用SPSS 22.0统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式对0~20 cm土层土壤生育期平均温度及含水率的影响

由图1可知,春玉米生育期土壤平均温度在 $19.76^{\circ}\text{C} \sim 23.12^{\circ}\text{C}$,大小顺序为:白色全膜>黑色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK,各处理分别高于CK 3.36°C 、 2.67°C 、 1.23°C 、 0.63°C ,白色全膜高于白色半膜 2.72°C ,黑色全膜高于黑色半膜 1.44°C ;生育期土壤平均含水率在 $12.01\% \sim 16.43\%$,大小顺序为:黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK,分别比CK提高 36.72% 、 34.88% 、 6.20% 、 3.20% ,白色全膜比白色半膜提高 21.93% ,黑色全膜比黑色半膜提高 17.91% 。可见,玉米生育期内白色全膜覆盖0~20 cm土层平均温度最高,黑色全膜覆盖土壤平均含水率最高。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),下同

图1 不同覆膜方式0~20 cm土层土壤整个生育期平均温度及含水率

2.2 不同覆膜方式玉米生育期土壤温度衰减动力学过程

由图2可知,随着土壤深度的增加土壤温度均呈下降趋势,利用温度动力学模型拟合可见,不同覆膜处理土壤温度随深度的增加均符合动力学过程。各处理动力学模型k值大小为:黑色全膜<白色全膜<黑色半膜<白色半膜<CK,表明全膜覆盖降温速度慢,故增温能力较强,特别是黑色全膜覆盖增温效果最好;c值大小顺序为:黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK,表明在20 cm土层土壤温度全膜覆盖高于半膜覆盖高于CK,黑膜覆盖温度高于白膜覆盖。

2.3 不同覆膜方式对春玉米各生育期土层土壤温度的影响

由图3可知,苗期白色全膜>黑色全膜>白色半膜>黑色半膜>CK,与CK相比,分别平均增温 6.64°C 、 5.60°C 、 3.30°C 、 2.26°C ,白色全膜比白色半膜平均增温 3.34°C ,黑色全膜比黑色半膜平均增温 3.34°C ,随着土层深度的增加土壤温度降低,白色全膜覆膜增温效果最显著;拔节期白色全膜>黑色全膜>CK>黑色半膜>白色半膜,全膜覆盖与CK和半膜覆盖相比,全膜覆盖平均增温 1.85°C ,半膜覆盖平均增温 2.19°C ,白色全膜比白色半膜平均增温 2.76°C ,黑色全膜比黑色半膜平均增温 2.16°C ,且15 cm处土壤温度最低,最低温度为 16.5°C ,可见白色全膜覆盖增温效果最明显;抽雄期黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>CK>白色半膜,且10 cm处土壤温度最高,最高温度为 25.8°C ,可见黑色地膜增温作用较好;成熟期全膜覆盖>半膜覆盖>CK。总体来看,全膜覆盖增温效果较好,其中白色全膜在前期增温效果最好,且在成熟期时,植株叶片逐渐枯黄凋萎,群体透光度加强,覆膜增温效果显著。

2.4 不同覆膜方式对春玉米生物量及产量的影响

由表1可知,各生育时期的根茎叶干重比较均为全膜覆盖方式下生物量最佳,其中白色全膜>黑色全膜;苗期、拔节期白色全膜根冠比与CK存在显著性差异($P < 0.05$),分别减小 0.12 、 0.06 ,全膜覆盖与半膜覆盖相比,白色半膜分别减小 0.05 、 0.01 ,黑色半膜减小 0.12 、 0.04 ;抽雄期、成熟期白色全膜的穗干重与CK存在显著性差异($P < 0.05$),分别增重 37.2 、 58.2 g,白色全膜比白色半膜分别增重 26.7 、 44.3 g,黑色全膜比黑色半膜分别增重 29.7 、 21.2 g。可见春玉米各生育期白色全膜覆盖下生物量性状最佳,主要是因为白色全膜覆盖透

光性好,有利于土壤温度的提高,进而促进玉米生长,增加生物量。

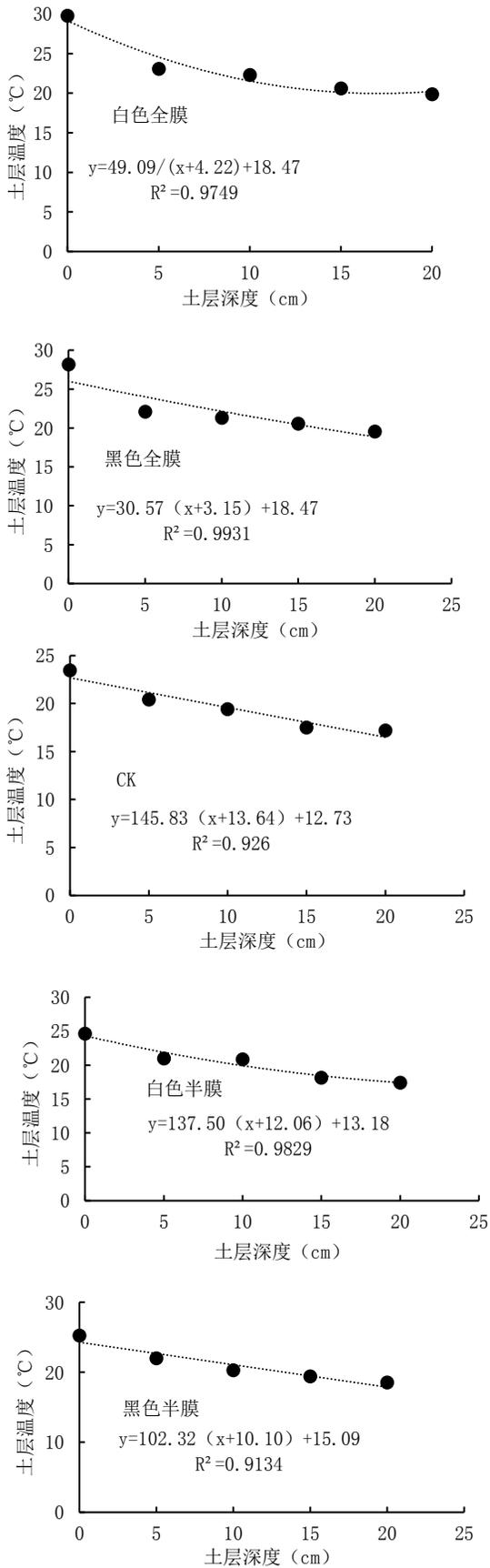


图2 0~20 cm 土层土壤温度动力学拟合

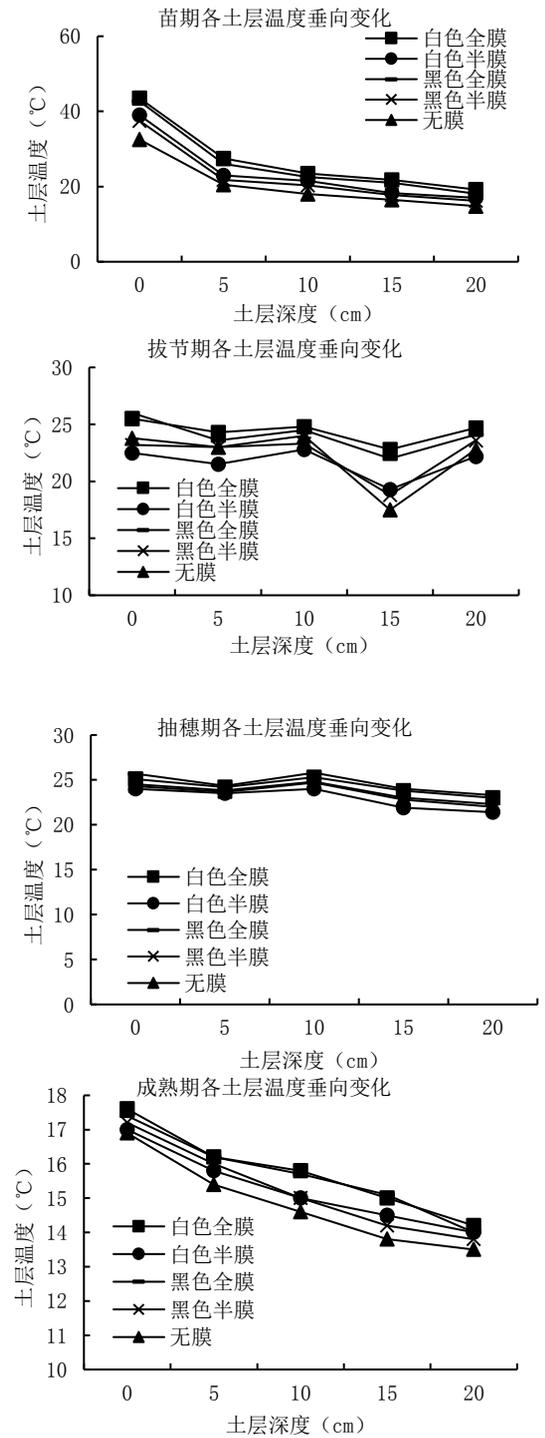


图3 不同覆膜方式不同生育期0~20 cm 土层土壤温度垂向变化

由表2可知,白色全膜的穗重、穗粗、秃尖长、千粒重、籽粒产量均表现最优,分别为312.7 g、5.38 cm、0.8 cm、418.7 g、13 531 kg/hm²。通过比较不同覆膜处理的籽粒产量,白色全膜>黑色全膜>白色半膜>黑色半膜>CK,分别较CK增产39.06%、32.37%、9.99%、4.23%,全膜覆盖与半膜覆盖相比,白色全膜增产26.43%,黑色全膜增产26.99%。

春玉米的生物量(根干重、茎干重、叶干重、穗

表1 不同覆膜方式下春玉米苗期、拔节期、抽雄期、成熟期生物量的比较

		白色全膜	白色半膜	黑色全膜	黑色半膜	CK
根干重(g)	苗期	1.0±0.04a	0.9±0.02a	0.7±0.05a	0.7±0.04a	0.7±0.03a
	拔节期	44.7±0.51a	25.9±1.46b	28.4±1.68b	23.1±0.91b	22.0±1.31b
	拔节期	78.7±2.33a	61.9±3.6ab	85.4±3.28a	54.0±2.03b	52.0±2.66b
茎干重(g)	抽雄期	358.1±11.95a	267.7±10.71c	316.4±13.13ab	306.2±10.74bc	265.3±9.06c
	成熟期	360.2±11.00a	234.9±10.42d	337.2±12.95b	275.1±13.17c	216.3±12.66e
叶干重(g)	苗期	3.5±0.44a	2.9±0.38b	2.5±0.41b	1.9±0.23c	1.7±0.19c
	拔节期	108.3±3.98a	71.9±3.21b	105.0±3.25a	70.8±3.03b	69.7±2.95b
	抽雄期	186.2±5.22a	145.0±4.98b	155.7±5.01b	164.7±4.95ab	143.7±3.59b
根冠比	成熟期	175.6±5.91a	137.6±5.26b	142.2±4.84b	139.8±4.28b	114.3±3.94c
	苗期	0.28±0.04bc	0.33±0.03abc	0.27±0.04c	0.39±0.03ab	0.40±0.03a
穗干重(g)	拔节期	0.18±0.02bc	0.19±0.03b	0.15±0.03c	0.19±0.02b	0.24±0.03a
	抽雄期	285.5±5.18a	258.8±5.21b	280.0±4.89a	250.3±4.59b	248.3±4.21b
	成熟期	312.7±3.66a	268.4±3.28b	280.0±2.89ab	258.8±3.05b	254.5±3.16b

注:表中大小写字母不同表示处理间在0.05水平差异显著,下同

表2 不同覆膜方式对春玉米产量性状的比较

覆膜方式	穗重(g)	穗粗(cm)	秃尖长(cm)	千粒重(g)	籽粒产量(kg/hm ²)
白色全膜	312.7±4.21a	5.38±0.4a	0.8±0.02b	418.7±5.21a	13 531±212.4a
白色半膜	268.4±3.54b	5.27±0.3a	1.8±0.03a	371.0±4.28b	10 702±235.1c
黑色全膜	280.0±3.56ab	5.37±0.4a	1.0±0.04b	411.0±3.58a	12 880±198.4b
黑色半膜	258.8±3.21b	5.25±0.3a	1.7±0.03a	359.7±4.25b	10 142.5±187.6d
CK	254.5±3.59b	4.81±0.3b	1.9±0.02a	348.0±3.23b	9 730±182.4e

表3 土壤温度及水分与春玉米不同生育期生长指标的相关性分析

项目	0~20 cm	0~20 cm
	土层平均温度	土层平均水分
苗期根干重	0.448	0.436
拔节期根干重	0.816*	0.785*
拔节期茎干重	0.954*	0.904*
抽雄期茎干重	0.815	0.61
成熟期茎干重	0.749	0.764
苗期叶干重	0.785*	0.65
拔节期叶干重	0.968**	0.936*
抽雄期叶干重	0.613	0.386
成熟期叶干重	0.837	0.618

注:“**”和“*”分别表示在0.01和0.05水平显著相关,下同

干重)与土壤温度及水分进行相关性分析,由表3可知,拔节期根茎叶干重与0~20 cm土层土壤水分呈显著正相关,拔节期根茎干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈显著正相关,拔节期叶干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈极显著正相关,因此拔节期提高0~20 cm土层土壤水温对生物量增加具有重要作用;苗期叶干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈显著正相关,因此苗期提高0~20

cm土层土壤温度有利于培育壮苗。

2.5 不同覆膜方式对春玉米温度及水分利用效率的影响

由图4可知,不同处理温度利用效率在4.24℃~6.59℃,大小顺序为白色全膜>黑色全膜>白色半膜>黑色半膜>CK,分别较CK提高55.42%、48.11%、31.60%、48.11%,白色全膜比白色半膜提高18.10%,黑色全膜比黑色半膜提高16.73%;不同处理水分利用效率在23.82%~34.1%,大小顺序为黑色全膜>白色全膜>白色半

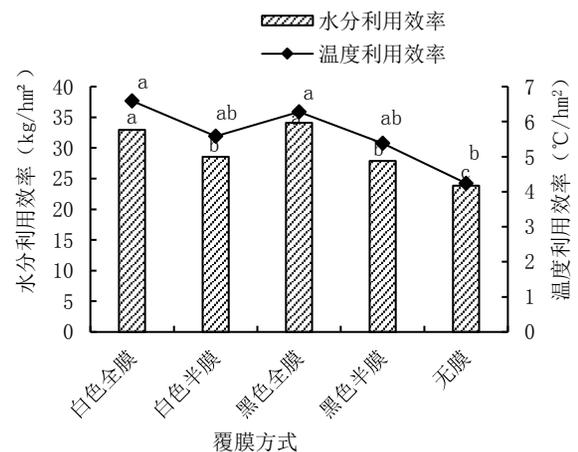


图4 不同覆膜方式对春玉米温度及水分利用效率的影响

膜>黑色半膜>CK,分别较CK提高10.28%、9.11%、4.74%、4.06%,白色全膜比白色半膜提高5.54%,黑色全膜比黑色半膜提高5.05%。

3 讨论

3.1 土壤温度及水分对春玉米不同生育期生长指标的影响

寒旱区春季地温较低和干旱限制了春玉米的出苗及发育^[20]。玉米作为喜温作物,对低温的耐受程度较低,即使1℃的温度差异也会对玉米生长发育造成影响^[21]。本研究表明,白色全膜覆盖0~20 cm土层平均温度最高,黑色全膜覆盖0~20 cm土层平均含水率最高,主要是因为黑色地膜在阳光照射下,本身增温快、湿度高,但传给土壤的热量较少,故增温作用不如白膜,且黑色膜几乎不透光,水分散失较慢,故保墒能力高于白膜。全膜覆盖增温效果较好,其中白色全膜在前期增温效果最好,这一结果与孙仕军等^[22]研究结果一致。这主要是因为玉米在生长前期植株根冠覆盖度小,地面可以直接吸收到太阳辐射,白色膜比黑色膜透光性能好,能吸收更多的太阳辐射,从而使得白色膜处理土壤温度高于黑色膜处理;在玉米生长中期,植株枝叶茂盛,冠层结构阻碍地面接收阳光辐射,且黑色地膜抑制温度的散失,从而抽雄期黑色全膜土层温度最高。拔节期根茎叶干重与0~20 cm土层土壤水分呈显著正相关,拔节期根茎干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈显著正相关,拔节期叶干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈极显著正相关,说明地膜覆盖后,阻断了与外界的水热交换,与露地相比有效地增加了生育期的积温,改善了土壤墒情,尤其在作物

生育前期,增温保墒效果明显,促进根系与茎叶生长,从而有利于生物量的提高,与赵欢、段义忠等^[23-24]研究结果一致,故拔节期提高0~20 cm土层土壤对生物量增加具有重要作用;苗期叶干重与0~20 cm土层土壤平均温度呈显著正相关,表明地膜覆盖后,增温效果主要表现在前期,有利于促进春玉米苗期叶片生长,培育壮苗,促进籽粒增产,与李玉玲等^[18]研究结果一致。

3.2 土壤温度及水分利用效率对春玉米产量的影响

刘灿玉等^[25]研究发现,在干旱、半干旱地区通过地膜覆盖栽培技术种植的作物较露地种植作物平均增产5.8%~10.5%。就产量性状来看,白色全膜覆盖的产量最高为13 531 kg/hm²,主要是因为白色膜透光能力强,光合速率快,产生温室效应,提高土壤温度,所以春玉米生长旺盛。影响玉米籽粒产量的因素有很多,耕作方式、玉米生物量以及产量构成因子等均可以影响玉米籽粒产量的形成^[26-27]。对春玉米的产量性状(穗粗、穗重、秃尖长、穗行数、行粒数、千粒重)与温度及水分利用效率进行相关性分析(表4),穗重、穗粗、千粒重与温度和水分利用效率均呈显著正相关,说明地膜覆盖后提高了土壤温度和土壤含水率,促进玉米叶片的早生快发,而且延缓叶片的衰老进程,延长玉米籽粒灌浆期天数,有利于籽粒产量的形成,与何增国等^[28]研究结果一致,故温度与水分利用效率越高,穗粗越粗,穗重越重,千粒重越重,从而有利于产量的增加;秃尖长与温度、水分利用效率呈显著负相关,表明温度及水分利用效率越高,秃尖长越短,籽粒增加,从而有利于产量增加,与张贵曦、程俊珊等^[29-30]研究结果一致。

表4 土壤温度及水分利用效率与春玉米产量性状的相关性

项目	穗粗	穗重	秃尖长	穗行数	行粒数	千粒重
温度利用效率	0.947*	0.849*	-0.883*	0.661	0.741	0.934*
水分利用效率	0.894*	0.790*	-0.911*	0.551	0.703	0.956*

4 结论

(1)不同覆膜处理土层(0~20 cm)生育期平均温度在19.76℃~23.12℃,大小顺序为白色全膜>黑色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK;平均含水率在12.01%~16.43%,大小顺序为:黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>CK;随着土层深度的增加温度呈下降趋势,均符合动力学过程。白色全膜主要增加春玉米前期土壤温度,黑色全膜有

利于增加土壤含水率。

(2)白色全膜产量性状最好,穗重为312.7 g,穗粗为5.38 g,秃尖长为0.8 cm,千粒重为418.7 g,籽粒产量为13 531 kg/hm²。全膜覆盖均高于半膜覆盖,白膜均高于黑膜;白色全膜覆盖提高0~20 cm土层土壤整个生育期平均温度16.99%,且温度利用效率提高55.42%,黑色全膜覆盖提高0~20 cm土层土壤整个生育期平均含水率36.72%,且水分利用效率提高10.28%。

(3)拔节期根茎叶干重与0~20 cm 土层土壤水分呈显著正相关,苗期叶干重、拔节期根茎干重与0~20 cm 土层土壤平均温度呈显著正相关,拔节期叶干重与0~20 cm 土层土壤平均温度呈极显著正相关;穗重、穗粗、千粒重与温度和水分利用效率均呈显著正相关,秃尖长与温度、水分利用效率呈显著负相关;苗期及拔节期提高水温利用效率有利于春玉米产量提高,而白色全膜产量最高,因此冀北寒旱区应采用白色全膜覆盖栽培技术。

参考文献:

- [1] 王激清,刘社平,张宝悦.冀西北坝下地区农户春玉米施肥现状调查与分析[J].贵州农业科学,2016,44(4):43-47.
- [2] 范庆锋,张玉龙,黄毅,等.覆膜方式对辽西旱地农田土壤水热及玉米出苗率的影响[J].沈阳农业大学学报,2012,43(4):467-471.
- [3] Gao Yuhong, Xie Yaping, Jiang Hanyu, et al. Soil water status and root distribution across the rooting zone in maize with plastic film mulching[J]. Field Crops Research, 2014, 156(2): 76-81.
- [4] 霍轶珍,郭彦芬,韩翠莲,等.不同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.
- [5] 申胜龙.不同覆盖方式与覆盖量对土壤水热氮利用及夏玉米生长发育的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2018.
- [6] 胡宇,具红光,赵鑫,等.不同覆盖条件对吉林省东部冷凉区中晚熟玉米产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(5):20-25,42.
- [7] 李尚忠,王勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.
- [8] 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):210-212,216.
- [9] 韩云良.黄土高原不同覆膜时期和方式对农田水温及春玉米生长的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2018.
- [10] 白雪,周怀平,解文艳,等.不同类型地膜覆盖对玉米农田水热状况及产量的影响[J].土壤,2018,50(2):414-420.
- [11] 景东田.陇东旱塬区冬小麦不同覆膜方式对土壤水热及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(4):218-224.
- [12] 孙云云,侯中华,窦金刚,等.花生可降解地膜筛选研究[J].东北农业科学,2018,43(4):23-26.
- [13] 李维敏,周国兴,李媛媛,等.不同覆膜方式对春玉米土壤温度和水分效应影响[J].北方农业学报,2017,45(2):46-53.
- [14] 任爱霞,孙敏,王培如,等.黄土高原旱作麦区休闲期覆盖对土壤水分、根系特性和产量的调控效应研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(8):533-539.
- [15] 杨静然.解读不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J].农民致富之友,2019,2(9):110.
- [16] 肖继兵,孙占祥,蒋春光,等.辽西半干旱区垄膜沟种方式对春玉米水分利用和产量的影响[J].中国农业科学,2014,47(10):1917-1928.
- [17] 薛占奎,陈军,洪一前,等.不同垄作覆膜方式及氮、钾肥料配施对马铃薯农艺性状及产量的影响[J].东北农业科学,2018,43(1):9-12.
- [18] 李玉玲,张鹏,张艳,等.旱区集雨种植方式对土壤水分、温度的时空变化及春玉米产量的影响[J].中国农业科学,2016,49(6):1084-1096.
- [19] 王俊雅,胡兵辉.覆盖条件下不同生育期干旱胁迫对玉米植株生长的影响探讨[J].绿色科技,2017(9):113-116.
- [20] 王秀领,阎旭东,徐玉鹏,等.不同耕作方式对春玉米土壤水分、温度及产量的影响[J].玉米科学,2017,25(3):87-93.
- [21] Barlow E W R, Boersma L, Young J L. Photosynthesis, transpiration, and leaf elongation in corn seedlings at suboptimal soil temperatures[J]. Agronomy Journal, 1977, 69(1):95-100.
- [22] 孙仕军,朱振闯,陈志君,等.不同颜色地膜和种植密度对春玉米田间地温、耗水及产量的影响[J].中国农业科学,2019,52(19):3323-3336.
- [23] 赵欢,张萌,秦松,等.缓释肥减量施用对覆膜栽培玉米生物性状、干物质积累与养分分配的影响[J].玉米科学,2017,25(1):139-146.
- [24] 段义忠,亢福仁.不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水热状况及其水分利用效率的影响[J].水土保持通报,2014,34(5):55-59,66.
- [25] 刘灿玉,陆信娟,樊继德,等.不同地膜覆盖对大蒜鳞茎综合品质的影响[J].湖南农业科学,2018(9):24-26.
- [26] 王勇,高育锋.旱地秋覆膜玉米干物质积累、分配与转移的特性研究[J].玉米科学,2004,12(1):76-78.
- [27] 徐静芳,刘红霞,周美文,等.不同密度与播期对登海11号玉米生物性状与产量的影响[J].农技服务,2012,29(7):817-819.
- [28] 何增国,杨慧林,黄少学.不同覆膜方式对玉米产量和节水保墒的影响[J].土壤与作物,2017,6(2):113-118.
- [29] 张贵曦,胡琼艳,王静.不同地膜全膜双垄沟播栽培玉米除草及产量效果试验初报[J].农业科技与信息,2011(5):8-9.
- [30] 程俊珊.渭源地区旱地玉米覆膜种植增温效应及高产增效研究初报[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):39-42.

(责任编辑:刘洪霞)