

不同覆膜方式对旱作区春玉米农田土壤水分及产量的影响

蒋傲男, 闫静琦, 陈宗政, 卢海博, 赵海超, 黄智鸿*

(河北北方学院/河北省农产品食品质量安全分析检测重点实验室, 河北 张家口 075000)

摘要:为探究不同覆膜方式对旱作区春玉米土壤水分及产量的影响,进行地膜类型和覆膜方式对比试验,设置了黑色全膜、黑色半膜、白色全膜、白色半膜等4种覆膜方式,以不覆膜为对照,研究不同覆膜方式下土壤含水率、水分利用效率、叶绿素含量、产量等差异。结果表明,全膜覆盖保水性能显著高于半膜覆盖,黑色全膜覆盖对春玉米农田土壤保水作用高于白色全膜覆盖;黑色全膜、黑色半膜、白色全膜、白色半膜的产量与对照组相比分别提高了41.6%、21.5%、26.8%和17.2%;作物水分利用效率分别较对照提高22.53%、5.66%、9.99%和2.01%。在冀西北旱作区采用覆膜处理能够保蓄土壤水分,对提高春玉米籽粒产量和水分利用效率效果显著,采用黑色全膜覆盖处理效果最佳。

关键词:春玉米;地膜覆盖;土壤水分;水分利用效率;产量

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)03-0026-05

Effects of Different Film Mulching Methods on Soil Moisture and Yield of Spring Maize in Dry Farming Area

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

(Hebei North University/Hebei Key Laboratory of Quality & Safety Analysis-Testing for Agro-Products and Food, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different plastic film mulching method on soil moisture and yield of spring maize in arid area, the comparative experiment of plastic film type and plastic film mulching mode was carried out. Four kinds of film mulching methods, such as whole black film, half black film, whole white film and half white film and uncovered(CK), were set up to study the differences of soil moisture content, water use efficiency, chlorophyll and yield under different plastic film mulching methods. The results showed that the water retention performance of whole film mulching was significantly higher than that of semicircular film mulching, and the effect of whole black film mulching on soil water retention of spring maize farmland was higher than that of whole white film mulching. Compared with the control group, the yields of whole black film, black half film, whole white film and white half film increased by 41.6%, 21.5%, 26.8% and 17.2%, respectively. The crop water use efficiency increased by 22.53%, 5.66%, 9.99% and 2.01%, respectively. Plastic film mulching treatment can preserve soil moisture in northwest Hebei Province, which has a significant effect on improving grain yield and crop water use efficiency of spring maize, and whole black film mulching has the best effect.

Key words: Spring maize; Film mulching; Soil water content; Water use efficiency; Yield

中国是粮食生产大国,玉米因其产量高、耐旱等特性,在我国广泛种植,现在玉米已成为我国最重要的经济作物之一^[1]。玉米良好生长受多方

面因素影响,在所有影响农作物产量和正常生长发育的因素中,土壤的水热状况是关键因素^[2]。研究表明,对比传统栽培技术,覆膜栽培可以减少土壤中水分蒸发带来的损失,在保证玉米丰产的同时,缩短玉米成熟时间,起到土壤保湿、保温、保肥和保全苗的作用,促进玉米植株发育,提升玉米整体质量^[3-9]。全膜双垄春玉米种植模式可调控玉米生育期水热环境,全面改善玉米的产量性状,提高水分利用效率,增加产量^[10]。赵引

收稿日期:2019-12-12

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)

作者简介:蒋傲男(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: hbnuhz@163.com

等^[11]通过模拟预测未来气温升高和覆膜比变化情景下作物产量及水分利用效率的变化规律,得出覆膜比为50%时,可在保证产量的同时,提高水分利用效率,达到增产节水的效果。行间覆膜可显著减少土壤供水消耗,能够提高玉米的产量和收获指数,提高降水利用率和灌水利用率,从而使总耗水量降低^[12-14]。Yong等^[15]研究结果表明:中国粮食作物地膜覆盖率再增加5%,则粮食产量会达到 4.33×10^6 t。张琳琳等^[16]通过采用覆盖黑色地膜发现,试验组的春玉米产量和干物质积累量以及水分利用效率比对照组显著提高。

目前我国春玉米生产面临的一个重大难题是如何在水资源日益紧缺的状态下提高产量,并且使农业用水得到最大效率的利用^[17]。河北省北部春玉米种植带位于我国干湿交错带、暖温带向温带过渡地带,该区域春玉米生产既受到温度的制约,又受到水资源短缺的制约,是我国典型的寒旱区春玉米种植带,在该区域研发春玉米覆膜栽培技术,能够解决春玉米高产高效的瓶颈问题。本文通过研究寒旱区不同覆膜条件下的土壤含水率、作物田间水分利用率、作物产量,探究该地区推广玉米覆膜技术的可能性及最佳覆膜方式。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

试验于2017、2018年在张家口市宣化区赵川镇李家堡乡(115.05°E, 40.60°N)试验站进行,该站位于冀西北,属于典型的寒旱区,春季易干旱且伴有大风沙;夏季炎热且降水短促;秋季天气多晴朗且冷暖适中;冬季天气寒冷漫长。年降水量在365 mm左右,多集中在7~8月。4~9月,每月日照时数平均不低于250 h。无霜期86~125 d。

1.2 试验设计

根据河北省北部春玉米种植区的气候特征,结合国内外地膜覆盖技术参数,进行地膜类型和覆膜方式对比试验,设置4种处理方式,分别为黑色膜全膜覆盖、白色膜全膜覆盖、黑色膜半膜覆盖、白色膜半膜覆盖,对照组为不覆膜,每处理3次重复,各试验组面积667 m²。玉米种植品种为田丰118,半膜的幅宽为50 cm,黑膜白膜厚度均为0.008 mm。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水率的测定

采用土钻人工分层取土,深度为0~100 cm,每隔20 cm为一层进行取样,各处理3次重复,取样

时期为苗期、拔节期、抽雄期、成熟期。土壤含水率采用烘干称重法测定^[18]。计算公式为:

$$W(\%) = (P_1 - P_2) \times 100\% / (P_2 - P)$$

式中:W为土壤含水量(%),P₁为土壤鲜质量和铝盒质量(g),P₂为土壤干重和铝盒质量(g),P为铝盒质量(g)。

1.3.2 作物水分利用效率和作物耗水量

采用作物产量与全生育期耗水量的比值来计算水分利用效率(WUE)^[19-20]。

$$WUE = Y/ET$$

式中:Y为作物籽粒产量(kg/hm²),ET为全生育期田间耗水量(mm)。

作物耗水量通过土壤水量平衡方程计算:

$$ET = I + P_0 + (W_0 - W_1)^{[21]}$$

式中:I为作物生育期内灌溉总量(mm);P₀为生育期内有效降雨量(mm);W₀为生育阶段初期的土壤贮水量(mm),W₁为生育阶段末期的土壤贮水量(mm)。

土壤贮水量的计算公式为^[19]:

$$W = h \times a \times b \times 10/100$$

式中:W为土壤贮水量(mm);h为土层深度(cm);a为土壤容重(g/cm³);b为土壤含水量(质量%)。

1.3.3 叶片叶绿素含量(SPAD)的测定

用叶绿素仪(SPAD-502型)于苗期、拔节期选择最上部展开叶,抽雄期选择穗位叶,分别测定叶基部、中部、顶部,测定10次取平均值^[22]。

1.3.4 玉米生长和产量测定

在各小区的不同生育期中分别选取5株具有代表性且长势一致的植株,测定其株高和叶面积,80℃烘干至恒重,测定其干重。待成熟时,每个小区分别选取4行,每行随机连续收获10株玉米,测量其穗粗、穗长、秃尖长、穗粒数和千粒重(14%含水量)。测定玉米产量和增产量。

1.4 数据处理与分析

采用Excel软件进行数据整理分析,使用SPSS 22.0软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜处理对年均土壤含水率的影响

不同覆膜处理下年均土壤含水率的垂向变化如图1所示。不同覆膜处理下春玉米农田土壤含水率随深度增加总体呈上升趋势。各处理土壤含水率大小顺序为:黑色全膜覆盖>黑色半膜覆盖>白色全膜覆盖>白色半膜覆盖>对照,但随深度增

加各处理土壤含水率增幅逐渐下降。白膜半膜覆盖土壤含水率基本和对照无区别。全膜覆盖区土壤含水率均高于半膜覆盖区,可见,春玉米全膜覆盖比半膜能够提高土壤含水率,黑膜比白膜更有利于旱作区春玉米保持土壤水分。

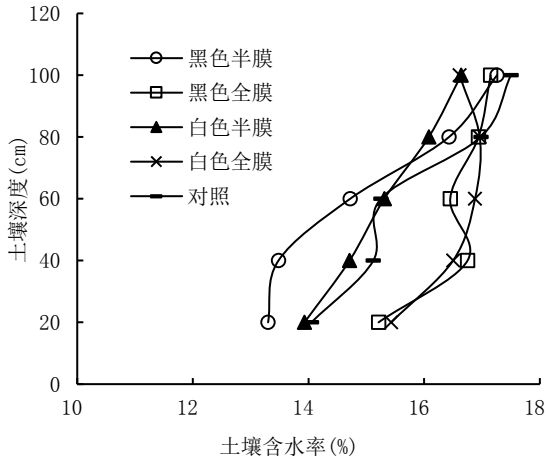


图1 不同覆膜处理土壤垂向含水率变化

2.2 不同生育期不同覆膜处理土壤含水率比较

各生育期内不同覆膜处理土壤含水率变化规律如图2所示。在苗期,5种处理方式下,土壤含水率最低的是0~20 cm的土层,黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>对照,不同覆膜处理剖面含水率随土层深度的增加而先升高后降低,这是因为玉米此时处于出苗期,需要吸收大量的水分,又因其根系大多分布在0~20 cm的土层中,而表层土壤处于裸露状态,水分散失比较严重,所以0~20 cm土层含水率相对较低;在拔节期,覆膜条件下有效减少了棵间蒸发,全膜覆盖>半膜覆盖>对照,且黑色覆膜土壤含水率高于白色覆膜土壤含水率;在玉米抽雄期,白色全膜土壤含水率高于对照。在春玉米成熟期,黑色全膜和白色全膜覆盖处理土壤含水率高于对照,其他处理低于对照。总体来看,全膜覆盖对土壤的保水能力高于半膜覆盖,特别是在土壤水分易蒸发的春季能够保持较高的土壤含水率。

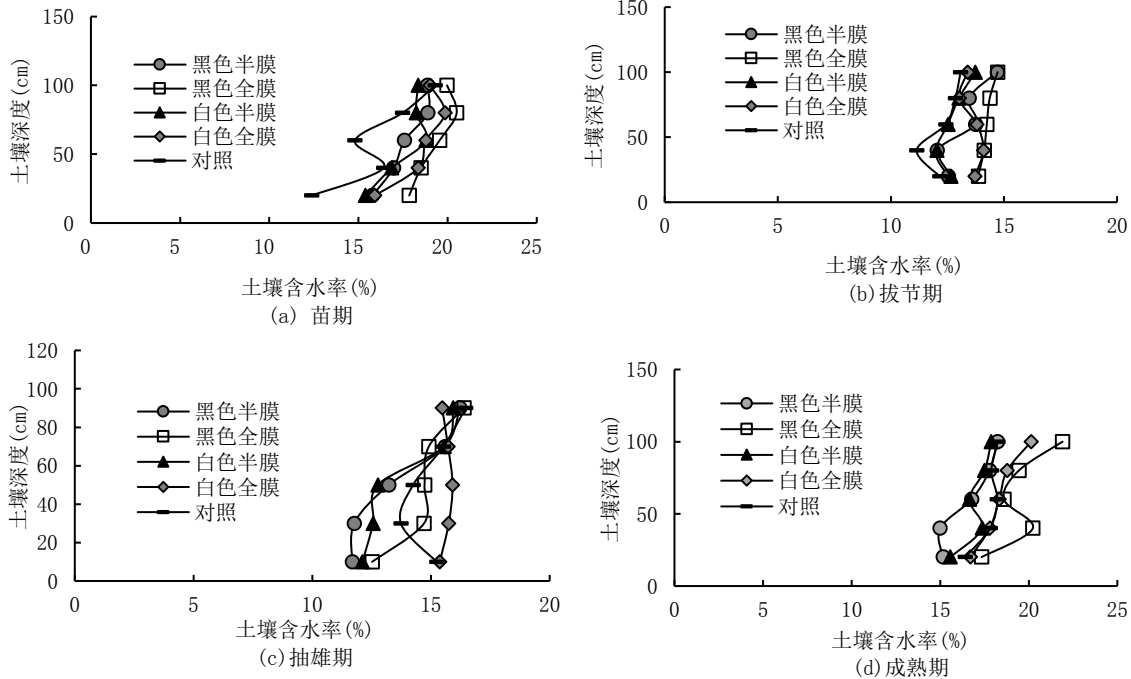
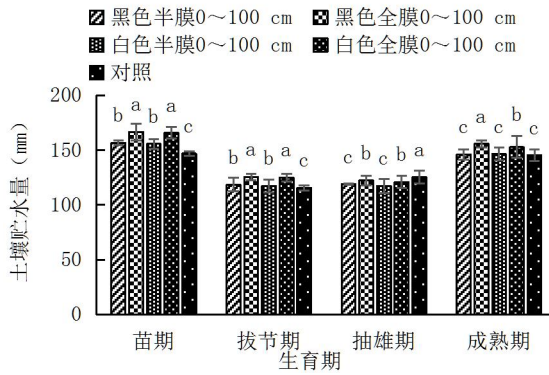


图2 各生育时期不同覆膜处理0~100 cm土层间土壤含水率

2.3 不同覆膜处理对土壤贮水量的影响

土壤贮水量的高低在一定程度上可以反映出土壤供水能力和持水能力。由图3可知,在苗期,黑色全膜处理和白色全膜处理土壤贮水量分别为166.68 mm和165.829 mm,分别较对照显著提高了13.47%和12.89%,黑色半膜处理和白色半膜处理土壤贮水量分别为156.727 mm和155.738 mm,分别较对照显著提高了6.69%和6.02%,玉米关键生育时期的土壤贮水效果与处理类型有着密切关

系。拔节期,黑色全膜覆盖处理和白色全膜覆盖处理土壤贮水量比对照显著高出8.78%和8.13%,黑色半膜覆盖处理和白色半膜覆盖处理土壤贮水量比对照提高2.5%和1.5%。除抽雄期外,不同处理在各生育时期的贮水量均表现为黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>对照,而抽雄期表现为:对照>黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜,这主要是因为抽雄期前,8月12日试验区发生了大于20 mm的降雨,未进行覆膜处理的裸



注:小写字母不同表示不同处理间5%水平差异显著,下同

图3 不同覆膜处理下各生育时期土壤贮水量

地迅速接纳了降水,而覆膜处理阻挡了雨水的渗入。在成熟期,覆膜处理土壤贮水量又比对照显著提高,说明覆膜处理在后期同样能够有效贮存水分,有效减少棵间蒸发,覆膜处理可以显著增加土壤贮水量,而全膜覆盖显著效果高于半膜覆盖,以黑色全膜处理效果最佳。

2.4 不同覆膜处理对春玉米功能叶片 SPAD 值的影响

叶绿素作为光合作用中最为重要的色素,在光合作用的光吸收中起着核心的作用。春玉米的叶绿素和叶面积受不同覆膜处理的影响如图4所示。总体来看,玉米生长的三个时期内,以抽雄期叶片叶绿素含量最高,且三个时期中不同覆膜

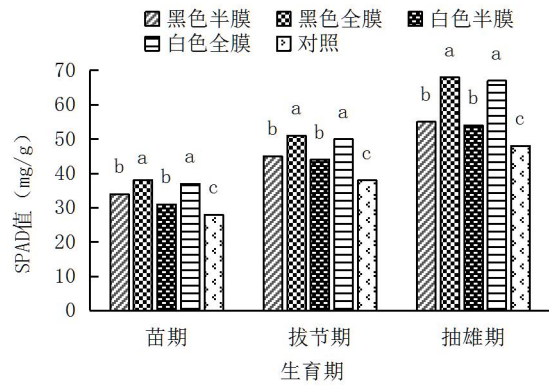


图4 不同覆膜处理对春玉米功能叶片 SPAD 值的影响

处理的叶绿素值间存在显著性差异,均为黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>对照。结果表明,覆膜有利于光合产物的积累,可以提高春玉米功能叶片的叶绿素含量且差异显著。

2.5 不同覆膜处理对春玉米产量性状的影响

由表1可知,各种覆膜处理均可提升玉米穗重,黑色全膜处理穗重与对照间差异达显著水平,从而使春玉米籽粒产量得到了显著提高。黑色全膜处理和白色全膜处理春玉米秃尖率显著低于黑色半膜处理、白色半膜处理、对照。不同覆膜处理间春玉米籽粒产量差异较大,黑色全膜处理显著高于黑色半膜处理、白色半膜处理、对照。全膜覆盖均优于半膜覆盖,以黑色全膜覆盖处理最优,比对照增产41.6%。

表1 不同覆膜方式春玉米产量性状比较

处理	穗重(g)	秃尖率(%)	千粒重(g)	籽粒产量(kg/hm ²)	增产量(kg/hm ²)	增产率(%)
黑色半膜	268.4b	9.09a	359.7a	14 092.2b	2 497.3	21.5
黑色全膜	312.7a	3.53b	399.6a	16 415.6a	4 820.7	41.6
白色半膜	258.8b	8.02a	395.1a	13 588.8b	1 993.9	17.2
白色全膜	280.0ab	4.56b	378.6a	14 700.0ab	3 105.1	26.8
对照	220.9b	9.68a	378.6a	11 594.9b	-	-

注:同列小写字母不同表示不同处理间5%水平差异显著,下同

2.6 不同覆膜处理对作物水分利用效率的影响

在寒旱地区,水资源不足是影响农业发展的重要因素。因此,节水保墒提高作物水分利用率是提高产量的重要手段之一^[23]。由表2可知,不

同覆膜处理对春玉米水分利用效率的影响效果依次为:黑色全膜>白色全膜>黑色半膜>白色半膜>对照。黑色半膜和白色半膜与对照间差异不显著,黑色全膜和白色全膜与对照间存在显著性差

表2 不同覆膜处理下作物水分利用效率的比较

处理	贮水量变化(mm)	灌溉量(mm)	降水量(mm)	耗水量(mm)	籽粒产量(kg/hm ²)	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)]
黑色半膜	14.5	262	280	556.5	14 092.2b	25.323bc
黑色全膜	17.0	262	280	559.0	16 415.6a	29.498a
白色半膜	13.9	262	280	555.9	13 588.8b	24.418c
白色全膜	15.7	262	280	557.5	14 700.0ab	26.415b
对照	15.5	262	280	557.5	11 594.9b	20.835c

异。黑色全膜与其他覆膜处理均存在显著性差异,较对照水分利用效率提高了22.53%,这一结果说明全膜覆盖种植尤其是使用黑色膜可以有效减少玉米的棵间蒸发量,有利于提高水分利用效率。

3 结论与讨论

在冀西北半干旱地区,土壤墒情是影响当地春玉米生长发育的关键因素,地膜覆盖能有效保持土壤水分,Li和Liu等^[24-25]研究表明:地膜覆盖可以聚集雨水并进行调节与分配,同时还可以有效改善土壤中水分的蒸发,提高雨水利用率,增加干旱、半干旱地区农作物的产量。胡敏等^[26]研究发现,不论是普通地膜覆盖处理,还是生物地膜覆盖处理,都能够提高春玉米水分利用率和产量且差异显著,这与本试验的研究结果一致。与对照相比,本试验各覆膜处理结果均能在土壤贮水量方面得到显著提升,但是,不同覆膜处理间的贮水效率会受到夏秋季降雨量和降雨分布的影响。本试验表明,黑色全膜、黑色半膜、白色全膜、白色半膜覆盖处理玉米苗期0~100 cm土层的土壤含水率分别较对照提高16.04%、7.76%、11.67%和7.83%;黑色全膜和白色全膜处理成熟期0~100 cm土层的土壤含水率分别较对照提高4.62%和5.14%。说明地膜覆盖可使土壤保持稳定的蓄水能力。

地膜覆盖在中国春玉米栽培上已推广应用了二十多年^[27],极大地推动了半干旱区旱作玉米的产量及其产量稳定性^[28]。地膜覆盖栽培措施能够提高春玉米的产量,显著提高经济效益。杨静然等^[29]研究结果显示,全膜覆盖与半膜覆盖春玉米产量均与露地种植存在显著差异,与本试验研究结果一致,黑色全膜、黑色半膜、白色全膜、白色半膜作物水分利用效率分别较对照提高22.53%、5.66%、9.99%和2.01%,黑色全膜较白色全膜提高11.41%;黑色全膜、黑色半膜、白色全膜、白色半膜产量分别较对照提高41.6%、21.5%、26.8%和17.2%,黑色全膜较白色全膜提高11.67%。

本试验结果表明,覆膜种植不仅具有保墒节水的效果,而且能够改善土壤耕层的水分条件。本试验中,各处理的灌水量、降雨量等条件均相同,但黑色全膜覆盖处理在春玉米生育期内土壤含水率均为最高,且水分利用率也是最佳,这可能与黑色全膜比白色全膜和半膜覆盖更能降低玉米植株的棵间蒸发有关。由于保墒增温的作用,

黑色全膜覆盖有效增加了春玉米功能叶片叶绿素含量,提高了叶片的光合作用强度,从而大幅度提高春玉米的籽粒产量,就产量性状来看,黑色全膜覆盖春玉米各性状均优于其他覆膜处理,说明在肥力相同的状况下,黑色全膜覆盖种植是提高春玉米产量的最佳选择,而且对春玉米的生长过程影响最大。在寒旱农业生产区,黑色全膜覆盖种植不仅可以有效节约水资源,还可以提高春玉米的产量,所以在春玉米实际生产中使用黑色全膜覆盖方式最佳。

参考文献:

- [1] 赵久然,王荣焕.中国玉米生产发展历程、存在问题及对策[J].中国农业科技导报,2013,15(3):1-6.
- [2] Ramakrishna A, Tam H M, Wan S P, et al. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern vietnam[J]. Field Crops Research, 2006, 95(2/3): 115-125.
- [3] 王秀领,闫旭东,徐玉鹏,等.不同覆膜方式对旱地春玉米生长和产量的影响[J].天津农业科学,2016,22(9):126-128.
- [4] 黄成秀,贾小琴,岳高峰,等.旱地春玉米不同覆膜方式土壤水分变化及产量分析[J].江西农业学报,2016,28(8):36-40.
- [5] 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.
- [6] 闫旭东,王秀领,徐玉鹏,等.旱地春玉米不同覆膜种植模式的增产效应[J].中国生态农业学报,2018,26(1):75-82.
- [7] 王生撼.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].农业与技术,2018,38(22):58.
- [8] 郑金华.内蒙古东部黑土区覆膜玉米土壤水分及地温变化规律初步研究[J].内蒙古水利,2018(4):9-10.
- [9] 刘晓伟,何宝林,郭天文,等.半干旱地区玉米覆膜方式研究[J].玉米科学,2012,20(2):107-110.
- [10] 杨封科,何宝林,张国平,等.土壤施肥与覆膜垄作对土壤养分、玉米产量和水分利用效率的影响[J].应用生态学报,2019,30(3):893-905.
- [11] 赵引,毛晓敏,薄丽媛.覆膜和灌水处理下土壤水分动态与玉米生长模拟研究[J].农业机械学报,2018,49(9):195-204.
- [12] 吕佳雯,武向良,高聚林,等.行间覆膜对内蒙古河套灌区春玉米水分利用效率及土壤排盐量的影响[J].玉米科学,2013,21(3):103-109.
- [13] 段萌,毛晓敏,许尊秋,等.覆膜和水分亏缺对制种玉米灌浆期气体交换参数及产量的影响[J].排灌机械工程专业报,2018,36(11):1065-1070.
- [14] 李玉霞.覆膜和种植密度对旱作春玉米产量的影响分析[J].食品安全导刊,2018(8):68.
- [15] Yong P W, Xiao G L, Jing Z, et al. Multi-site assessment of the effects of plastic-film mulch on dryland maize productivity in semiarid areas in China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2016, 217(S1): 203.

- 土有机碳、氮积累及其活性的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(3): 488-500.
- [9] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1095-1103.
- [10] 章星传, 黄文轩, 朱宽宇, 等. 施氮量对不同水稻品种氮肥利用率与农艺性状的影响[J]. 作物杂志, 2018(4): 69-78.
- [11] 龚玉琴, 白锦红, 侯小宁, 等. 中低产田水稻氮磷钾化肥最佳用量及适宜配比研究[J]. 宁夏农林科技, 2007(3): 8-9, 7.
- [12] 彭亚琼, 郑华斌, 扈婷, 等. 垄作梯式栽培对水稻根系生长的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(S1): 14-17.
- [13] 李文淑, 曾玉清, 吕泽林, 等. 水稻垄作栽培增产效果及原因分析[J]. 农业科技通讯, 2014(12): 118-122.
- [14] 余玮, 黄璜, 郑华斌, 等. 垄作梯式栽培对水稻养分吸收利用和根区土壤养分的影响[J]. 作物研究, 2015, 29(4): 357-361.
- [15] 唐晓红, 罗友进, 赵光, 等. 长期垄作对水稻土腐殖质特性的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20): 106-112.
- [16] 孙宝昌, 宋传毅. 水稻垄作栽培增产原因及技术要点[J]. 垦殖与稻作, 2003(4): 24-25.
- [17] 郑桂萍, 韩东来, 吕艳东, 等. 水稻旱平垄作双侧双深高效栽培新模式与技术规范[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2016, 28(1): 1-3, 24.
- [18] 王凯荣, 刘鑫, 周卫军, 等. 稻田系统养分循环利用对土壤肥力和可持续生产力的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004(6): 1041-1045.
- [19] 梁康迳, 王雪仁, 林文雄, 等. 水稻产量形成的生理生态研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2002(3): 63-65.
- [20] 唐新媛, 范昭能, 吕泽林, 等. 垄作栽培对水稻农艺性状及产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2014(3): 66-69.
- [21] 郑华斌, 刘建霞, 姚林, 等. 垄作梯式生态稻作对水稻光合生理特性及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2598-2604.
- [22] 钱永德, 李金峰, 郑桂萍, 等. 垄作栽培对寒地水稻根系生长的影响[J]. 中国水稻科学, 2005(3): 238-242.
- [23] 吴桂成, 张洪程, 钱银飞, 等. 粳型超级稻产量构成因素协同规律及超高产特征的研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 266-276.
- [24] 赵西梅, 陈印平, 夏江宝, 等. 六种叶面肥对冬枣生长发育及果实品质的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(16): 5530-5537.
- [25] 马兆惠, 李坤, 程海涛, 等. 表观直链淀粉和蛋白质双低型粳稻食味的关联性状分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2019, 50(1): 10-18.
- [26] 王志玺, 吕文俊, 崔晶, 等. 稻米品质的相关性分析[J]. 天津农学院学报, 2018, 25(3): 9-15, 33.
- [27] Tadashi Tsukaguchi, Yae Taniguchi, Rie Ito. The effects of nitrogen uptake before and after heading on grain protein content and the occurrence of basal- and back-white grains in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Plant Production Science, 2016, 19(4): 508-517.
- [28] Manish K Pandey, N Shobha Rani, M Sheshu Madhav, et al. Different isoforms of starch-synthesizing enzymes controlling amylose and amylopectin content in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Biotechnology Advances, 2012, 30(6): 1697-1706.
- [29] Navreet K Bhullar, Wilhelm Gruissem. Nutritional enhancement of rice for human health: The contribution of biotechnology[J]. Biotechnology Advances, 2013, 31(1): 50-57.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第30页)

- [16] 张琳琳, 孙仕军, 陈志君, 等. 不同颜色地膜与种植密度对春玉米干物质积累和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(1): 113-124.
- [17] 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.
- [18] 韩云良, 胡迎春, 张宁宁, 等. 覆膜时期和方式对黄土高原春玉米耗水特性和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(3): 362-371.
- [19] 路文涛, 贾志宽, 高飞, 等. 秸秆还田对宁南旱作农田土壤水分及作物生产力的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(1): 93-99.
- [20] 任新茂, 孙东宝, 王庆锁. 覆膜和种植密度对旱作春玉米产量和蒸散量的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 206-211.
- [21] 高剑民, 邓忠, 吕谋超, 等. 畦灌溉方式对夏玉米灌溉质量和水分利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(6): 79-86.
- [22] 孔丽丽, 李前, 侯云鹏, 等. 半干旱区覆膜玉米的氮肥运筹及干物质积累特性[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(4): 30-33.
- [23] 霍轶珍, 银花, 韩翠莲, 等. 施用有机肥及地膜覆盖对春玉米土壤温度及水分利用效率的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 211-215.
- [24] Li M Z, Feng M L, Sheng L J, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China[J]. Field Crops Research, 2009, 113(1): 41-47.
- [25] C A Liu, S L Jin, L M Zhou, et al. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 31(4): 241-249.
- [26] 胡敏, 苗庆丰, 史海滨, 等. 不同类型地膜覆盖对土壤水热及春玉米产量的影响[J]. 土壤, 2018, 50(3): 628-632.
- [27] 翟连仲. 塑料薄膜地面覆盖栽培技术的应用和发展前景[J]. 吉林农业科学, 1983(3): 36-40.
- [28] 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.
- [29] 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(9): 110.

(责任编辑:刘洪霞)