



李超, 唐海明, 汪柯, 等. 栽培模式对南方丘陵红壤旱地春玉米生理生化特性及产量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(4): 13-17.

# 栽培模式对南方丘陵红壤旱地春玉米 生理生化特性及产量的影响

李超, 唐海明, 汪柯, 程凯凯, 肖小平, 汤文光, 杨光立

(湖南省土壤肥料研究所, 湖南长沙 410125)

**摘要:**【目的】为我国南方丘陵红壤旱地春玉米 *Zea mays* L. 的高产栽培提供科学依据。【方法】将覆膜栽培、有机肥及增施钾肥进行耦合, 以常规施肥 + 裸地为对照 (CK), 研究不同栽培模式对南方丘陵红壤旱地春玉米的生理生化特性及产量的影响。【结果】常规施肥 + 有机肥 + 钾肥 + 地膜覆盖 (TOK) 的产量最高, 比 CK 提高了 3.4%; TOK 的百粒质量分别比常规施肥 + 有机肥 + 地膜覆盖 (TO)、常规施肥 + K 肥 + 裸地 (TK)、CK 提高了 14.9%、15.1%、20.4%; 各项抗旱指标值均表现为 CK > TK > TO > TOK; 各生育时期的净光合速率 (Pn) 均表现为 TOK > TO > TK > CK, 成熟期各处理之间 Pn 的变化幅度最大, 达到了 43.62%。【结论】TOK 能有效地增加春玉米的 Pn, 增强抗旱性, 有利于实现高产, 是我国南方丘陵地区红壤旱地春玉米高产的最佳栽培方式之一。

**关键词:** 春玉米; 红壤; 栽培模式; 生理生化特性; 抗旱性; 产量

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2016)04-0013-05

## Effects of cultivation models on physiological and biochemical characteristics and yield of spring maize in hilly red soil upland of southern China

LI Chao, TANG Haiming, WANG Ke, CHENG Kaikai, XIAO Xiaoping, TANG Wenguang, YANG Guangli  
(Hunan Province Soil and Fertilizer Research Institute, Changsha 410125, China)

**Abstract:**【Objective】To provide a scientific basis for high-yield cultivation of spring maize, *Zea mays* L., in southern hilly red soil.【Method】Film mulching cultivation was coupled with organic fertilizer and increasing K fertilizer, using conventional fertilization and open cultivation as the control. Yield, physiological and biochemical characteristics of spring maize were researched in different cultivation models.【Result】Conventional fertilization + organic fertilizer + K fertilizer + film mulching cultivation (TOK) resulted in the highest yield, increasing 3.4% compared with conventional fertilization + bare land (CK). One hundred-seed weight of TOK increased 14.9%, 15.1% and 20.4% respectively, compared with conventional fertilization + organic fertilizer + film mulching cultivation (TO), conventional fertilization + K fertilizer + bare land (TK) and CK. Each drought index showed TOK > TO > TK > CK. The net photosynthetic rate (Pn) in each growth stage showed TOK > TO > TK > CK. There was a maximum change range of Pn among all treatments in maturity, which was 43.62%.【Conclusion】TOK is one of the better cultivation models for spring maize in hilly red soil upland of southern China, which can achieve high yield by increasing Pn and drought resistance.

**Key words:** spring maize; red soil; cultivation model; physiological and biochemical characteristic; drought resistance; yield

收稿日期: 2015-11-03 优先出版时间: 2016-06-01

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160601.1629.032.html>

作者简介: 李超 (1989—), 男, 实习研究员, 硕士, E-mail: hnchaoli0419@163.com; 通信作者: 肖小平 (1963—), 男, 研究员, E-mail: hntfsxping@163.com

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划 (2012BAD20B05)

玉米 *Zea mays* L. 是当今世界重要的粮饲作物及工业原料,据中国统计年鉴统计,2013年玉米的播种面积达3 631.8万  $\text{hm}^{-2}$ 、产量为21 848.9万 t,已超越水稻成为我国的第一大粮食作物;玉米占农作物种植结构比达到22.06%,分别比水稻、小麦增加了19.8%、50.6%,且呈逐年递增趋势(中国统计年鉴,2014)。我国南方丘陵地区主要以红壤为主,南方各省的玉米种植严重失衡,开发利用空间极大,但近年来全球气候变暖,季节性干旱严重,干旱缺水成为限制旱地玉米可持续发展的重要因子<sup>[1]</sup>。开展南方丘陵红壤旱地玉米的高产栽培模式研究势在必行,探究玉米抗旱的生理生化特性,通过采取科学有效的蓄水保肥栽培措施,提高玉米抗旱性及产量,一直是旱作玉米的重点研究方向。目前,国内外有关旱地玉米蓄水保肥栽培的研究多集中在单一因素上,如全膜双垄沟播栽培<sup>[2-3]</sup>、增施钾肥<sup>[4-5]</sup>、有机肥等技术均能有效地提高玉米的抗旱性及产量,但将多项栽培技术通过顶层设计耦合起来进行研究鲜见报道。本研究以常规施肥加裸地栽培为对照,将覆膜起垅栽培、有机肥及增施钾肥耦合起来形成3种栽培模式,研究各栽培模式对南方丘陵红壤旱地春玉米生理生化特性及产量的影响,旨在探索出一种适宜该地区玉米高产的最佳栽培方式,为同类型地区玉米的高产栽培提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

玉米品种为“湘康玉1号”,由湖南省华容县农业局提供。LI-6400 便携式光合作用测定仪,美国LI-COR公司生产。

### 1.2 试验地概况

试验于2015年在湖南省华容县三封市镇(N 29°45'20"、E 112°18'47")进行。土壤为第四纪红色黏土发育的红壤,试验前耕层土壤基础养分性状为:pH 5.1,有机质、全氮、全磷和全钾分别为19.50、1.19、0.57和16.80  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效氮、有效磷和速效钾分别为108.00、0.68和63.10  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。试验地属于湿润性大陆季风湿润气候,年均气温16.3~17.6  $^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温5 270.3  $^{\circ}\text{C}$ ,全年无霜期257~259 d,年降雨量1 200~1 500 mm,季节性干旱时常发生。

### 1.3 方法

试验设4个处理:常规施肥+有机肥+K肥+地膜覆盖(TOK)、常规施肥+有机肥+地膜覆盖(TO)、常规施肥+K肥+裸地(TK)和常规施肥+裸地(CK),每个处理3次重复,随机区组排列,小区面积21.6  $\text{m}^2$ ,小区四周加设保护行。2015年3月23日播种,每小区108穴,每穴播2粒,出苗后定苗1株

以确保全苗,密度为49 500株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ ,2015年7月22日收获。常规施肥的基肥为淄博秦瀛复合肥有限公司提供的复合肥(N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 质量比为20:10:10),施肥量750  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;有机肥为猪粪(有机质、全N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 分别为6.89、0.24、0.58和0.16  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),施肥量15 000  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;钾肥为氯化钾,按 $\text{K}_2\text{O}$  180.0  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 施加。其中,钾肥及复合肥在整地前一次性作基肥施入;尿素150.0  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 作追肥,按4:5:1的比例分别于拔节期、大喇叭口期及抽雄期追施,有机肥在整地后采用穴施法一次性施入。其他栽培管理措施与常规大田生产一致。

生理指标的测定:于大喇叭口期、灌浆期、成熟期对玉米植株倒数第1片完全展开叶进行测定,各指标每小区测3片叶,共36片叶。晴天09:00—11:30测定叶片中部的光合速率、气孔导度及蒸腾速率,系统内气流速度为500  $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ 、温度为30  $^{\circ}\text{C}$ ,3个时期的光照度分别设定为900、1 000和800  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。测定超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[6]</sup>、过氧化氢酶(CAT)活性<sup>[6]</sup>、丙二醛(MDA)含量<sup>[7]</sup>和脯氨酸(Pro)含量<sup>[8]</sup>。CAT活力以每分钟、每克鲜叶吸光值( $D_{240\text{nm}}$ )的降低值来表示;SOD活性以抑制NBT光化还原50%作为1个酶活性单位(U),以每克鲜叶的酶活力单位表示。

春玉米籽粒成熟期,统计各处理小区全部株数,测定玉米的穗位高;从中随机取15穗进行室内考种,测定穗长、穗粗、秃顶长、穗行数、行粒数、穗粒数和籽粒干质量等指标;同时,测定各小区的产量。

运用DPS 9.50和Excel 2007数据分析软件对试验数据进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培模式对春玉米丙二醛和脯氨酸含量的影响

图1A表明,叶片丙二醛(MDA)含量伴随生育期的推进而逐渐增加,成熟期达到最大;各处理间均表现为TOK的MDA含量最低,TO次之,CK最高。说明在CK及TK处理下,叶片MDA含量显著增加( $P < 0.05$ ),膜脂过氧化加剧,而增施钾肥能在一定程度上减少叶片MDA的生成,增强玉米植株的抗旱性。TO和TOK处理有利于土壤的保水保肥,植株营养代谢受影响较少,叶片MDA的含量最低。

逆境条件下,植物体内脯氨酸(Pro)的含量显著增加。Pro含量在一定程度上反映了植物的抗逆性<sup>[9]</sup>。图1B表明,各处理叶片的Pro含量均伴随生育期的推进而逐渐增加,成熟期达到最大;各处理间叶片的Pro含量表现为CK > TK > TO > TOK。说明裸露条件下,土壤中的水分蒸发严重,玉米植株遭受

干旱而大量生成 Pro;在 TO 和 TOK 处理下,叶片的 Pro 含量较低,遭受的干旱较轻,而增施钾肥的 TOK 处理 Pro 含量最低,表明覆膜栽培能有效减轻玉米植株遭受干旱胁迫,增施钾肥后效果更显著。

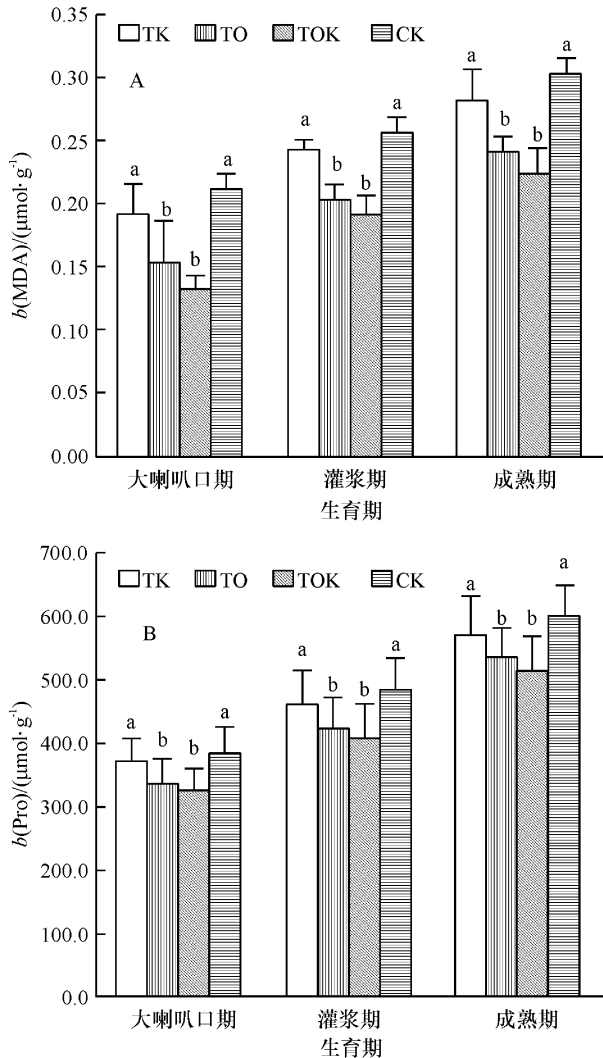


图1 不同栽培模式对春玉米叶片 MDA 和 Pro 含量的影响

Fig.1 Influences of different cultivation models on MDA and Pro contents of spring maize leaves

2.2 不同栽培模式对春玉米过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性的影响

过氧化氢酶(CAT)普遍存在于植物组织中,其活性与植物的代谢强度、抗衰老、抗寒、抗病能力有一定关系。图2A表明,总体上各处理间叶片的CAT活性变化规律与Pro、MDA含量的相似,但成熟期各处理间CAT活性的变化幅度明显要大于Pro及MDA含量的变化幅度。

超氧化物歧化酶(SOD)是一种重要的抗氧化酶,直接影响衰老过程中清除自由基的能力,植物体内SOD活性的大小是衰老与死亡的直观指标<sup>[10]</sup>。

图2B表明,各处理叶片的SOD活性均伴随生育期的推进而逐渐增加,成熟期达到最大;各处理间的SOD活性表现为CK > TK > TO > TOK,表明CK及TK处理加速了玉米植株的氧化衰老,导致SOD活性显著( $P < 0.05$ )增加,而TOK及TO处理的SOD活性较低,表明TOK及TO条件下能有效缓解玉米植株的氧化衰老。

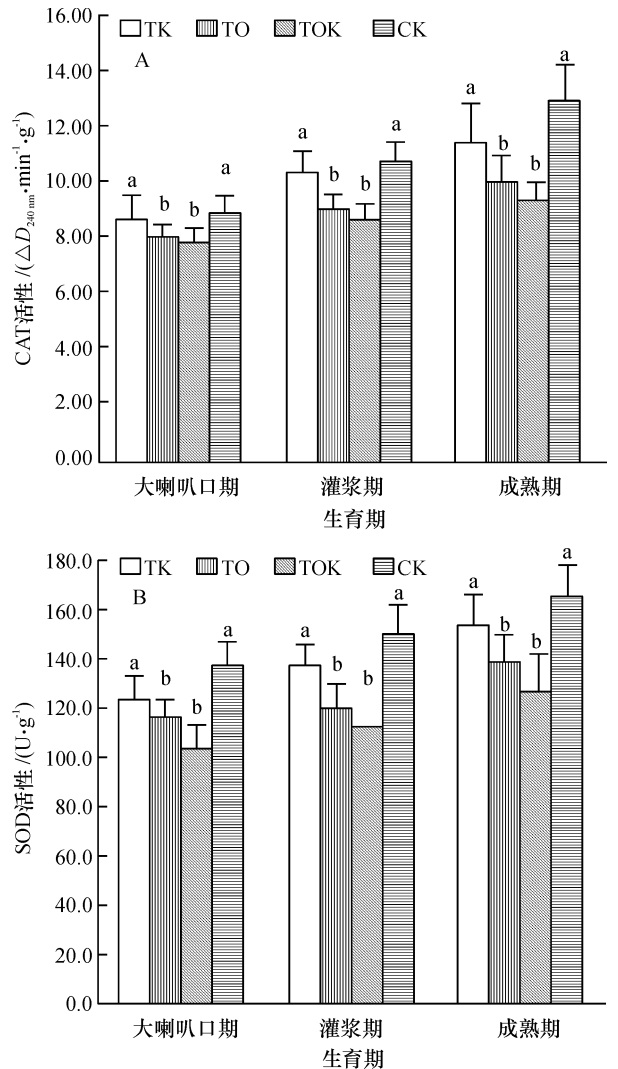


图2 不同栽培模式对春玉米叶片 CAT 和 SOD 活性的影响

Fig.2 Influences of different cultivation models on CAT and SOD activities of spring maize leaves

2.3 不同栽培模式对春玉米光合参数的影响

表1表明,随着生育进程的推进,各处理的净光合速率( $P_n$ )表现为先升后降的趋势,各处理 $P_n$ 排序为TOK > TO > TK > CK;气孔导度( $G_s$ )伴随生育期的推进逐渐降低;蒸腾速率( $T_r$ )表现为先增加后降低的趋势,各处理 $G_s$ 排序为TOK > TO > TK > CK。灌浆期的 $P_n$ 最大,比大喇叭口期、成熟期分别增加了10.8%、106.0%;成熟期各处理之间 $P_n$ 的变化幅

度较大,最大变幅达到了43.62%,而大喇叭口期及灌浆期仅分别为19.98%和23.45%;成熟期各处理的Tr与CK差异显著( $P < 0.05$ ),TOK处理的最高,

为 $3.61 \times 10^{-3} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,分别比TO、TK和CK提高了4.0%、19.5%和34.2%,大喇叭口期和灌浆期各处理的Tr差异不显著。

表1 不同栽培模式对春玉米光合参数的影响<sup>1)</sup>

Tab.1 Influences of different cultivation models on photosynthetic parameters of spring maize

$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

处理	大喇叭口期			灌浆期			成熟期		
	$\text{Pn}/\times 10^{-6}$	Gs	$\text{Tr}/\times 10^{-3}$	$\text{Pn}/\times 10^{-6}$	Gs	$\text{Tr}/\times 10^{-3}$	$\text{Pn}/\times 10^{-6}$	Gs	$\text{Tr}/\times 10^{-3}$
TK	27.8ab	0.34b	4.82a	30.3b	0.33ab	5.65a	14.2b	0.22b	3.02a
TO	28.1ab	0.36ab	4.85a	31.2ab	0.35ab	5.63a	15.1b	0.26ab	3.47a
TOK	30.1a	0.40a	4.91a	34.3a	0.39a	5.83a	18.3a	0.28a	3.61a
CK	24.6b	0.29c	4.74a	27.1c	0.30b	5.77a	11.8c	0.20b	2.69b
平均值	27.70	0.35	4.83	30.70	0.34	5.72	14.9	0.24	3.20
变化幅度/%	19.98	31.65	3.52	23.45	26.28	1.05	43.62	33.33	28.77

1) 相同生育期、同列数据后凡是有一个相同小写字母者,差异不显著( $P > 0.05$ , LSD法),变化幅度=(最大值-最小值)/平均值 $\times 100\%$ 。

## 2.4 不同栽培模式对春玉米产量及相关性状的影响

表2表明,TOK的产量最高,分别比TK、TO、CK提高了2.2%、2.4%和3.4%,均达显著水平( $P < 0.05$ );穗长、穗粗、行数、每穗粒数及百粒质量均以TOK最高,穗长、行数、每穗粒数及百粒质量与CK

相比均达到了显著差异( $P < 0.05$ ),其中TOK的百粒质量分别比TO、TK、CK提高了14.9%、15.1%和20.4%;穗位高以CK最高,分别比TK、TO、TOK提高了5.8%、5.9%和15.5%;秃顶长以CK最高,分别比TO、TK和TOK提高了55.7%、67.4%和68.3%,均达显著水平( $P < 0.05$ )。

表2 不同栽培模式对春玉米产量及相关性状的影响<sup>1)</sup>

Tab.2 Influences of different cultivation models on yield and yield-related traits of spring maize

处理	穗位高/cm	穗长/cm	穗粗/cm	秃顶长/cm	行数	行粒数	每穗粒数	百粒质量/g	产量/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
TK	83.41ab	23.05a	5.01a	1.86b	16.78b	39.85a	668.68ab	28.19ab	9 224.6a
TO	83.34ab	21.86ab	4.82a	2.01b	16.92b	38.91a	658.36ab	28.25ab	8 945.7a
TOK	76.42b	23.42a	5.13a	1.87b	17.96a	38.23a	686.61a	32.45a	11 086.8a
CK	88.26a	20.17b	4.82a	3.13a	16.90b	34.75b	587.28b	26.96b	8 275.8b

1) 同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , LSD法)。

## 3 讨论与结论

南方丘陵红壤旱地是湖南省主要丘陵旱地土壤之一,也是我国南方地区的主要代表性土壤之一,在季节性干旱越来越突出的背景下,通过不同栽培模式开展红壤旱地春玉米的节水增产研究,明确不同栽培模式下旱地春玉米增产稳产的生理生化差异特性,对于旱地春玉米的发展具有重要意义。

玉米是对水分胁迫敏感的植物之一<sup>[10-11]</sup>,前人在干旱胁迫下对玉米的农艺学性状<sup>[12-13]</sup>、光合生理特性和保护性酶<sup>[14-16]</sup>等方面进行了一系列研究。干旱胁迫抑制玉米苗期植株生长,导致植株株高降低、叶面积减少、生物量显著下降、根冠比增加,同时玉米叶片的SOD、POD、CAT活性表现为先升高后降低趋势,MDA含量呈增加趋势<sup>[13,17]</sup>。崔立梅等<sup>[19]</sup>研究表明,干旱条件下,玉米幼苗根系可溶性蛋白含量、MDA含量以及SOD、POD活性都呈明显增加趋

势,且在缺水处理96 h后增幅减小,缺水48 h后复水可使干旱时迅速增加的SOD、POD活性和MDA含量恢复到正常状态。本研究的各保护性酶活性均随着生育进程的推进呈增加趋势,与崔立梅等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,这主要是由于降雨在一定程度上缓解了干旱,故未出现下降趋势;MDA含量表现为TOK最低、TO次之、CK最高,与杜彩艳等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。前人在栽培措施<sup>[2-3,19-20]</sup>、钾肥<sup>[4-5,21]</sup>等对玉米的抗倒、光合生理、养分吸收运转、产量及品质等的影响也有过系统研究。有研究表明:全膜双垄沟播栽培相比全膜平铺穴播及露地平播栽培,能有效地提高土壤水分和温度、提高水分利用率、缩短生育期,显著地增加生物产量及经济产量<sup>[2-3,22]</sup>。桑丹丹等<sup>[20]</sup>研究表明,在玉米花粒期,行间覆膜处理可以提高玉米上位叶及穗位叶的净光合速率,减少气孔导度,降低叶片蒸腾速率,延缓叶片衰老,维持花粒期生理功能,保证子粒充分灌浆,提高千粒质量,实现

超高产。崔金虎等<sup>[23]</sup>研究表明,增施钾肥能有效地提高光合速率,且通过影响玉米的百粒质量、穗粒数和穗长来影响玉米的产量。许海涛等<sup>[24]</sup>研究表明,钾肥用量在 75 ~ 225 kg · hm<sup>-2</sup>时,玉米产量随钾肥用量的增加而提高,但当钾肥用量达 300 kg · hm<sup>-2</sup>时,玉米产量则下降。韩永超等<sup>[25]</sup>研究表明,有机无机肥配施可明显增加玉米叶片叶绿素含量,提高叶片蒸腾速率、气孔导度和净光合速率。周桦等<sup>[26]</sup>研究表明,长期施用有机肥具有稳产高产作用,且随着有机肥施用量的增加,玉米的稳产作用更为明显。本研究表明,常规施肥 + 有机肥 + 钾肥 + 地膜覆盖(TOK)的产量最高,比 CK 提高了 3.4%,百粒质量分别比 TO、TK 和 CK 提高了 14.9%、15.1% 和 20.4%;各项抗旱指标值均表现为 CK > TK > TO > TOK;各生育时期的净光合速率均表现为 TOK > TO > TK > CK,成熟期处理间净光合速率的变幅最大,达 43.62%。TOK 能有效地增加玉米的净光合速率、增强抗旱性,有利于实现高产,是适宜我国南方丘陵地区红壤旱地春玉米高产的最佳栽培方式之一。

#### 参考文献:

- [1] 刘德祥,白虎志,宁惠芳,等. 气候变暖对甘肃干旱气象灾害的影响[J]. 冰川冻土,2006,28(5):707-712.
- [2] 张雷,牛芬菊,李小燕,等. 旱地全膜双垄沟播秋覆膜对玉米产量和水分利用率的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(22):142-145.
- [3] 王红丽,张绪成,宋尚有,等. 西北黄土高原旱地全膜双垄沟播种植对玉米季节性耗水和产量的调节机制[J]. 中国农业科学,2013,46(5):917-926.
- [4] 魏建林,张英鹏,崔荣宗,等. 施钾量对山东褐土夏玉米产量、效益及钾素平衡的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2015,46(3):337-340.
- [5] 常莹,闫伟平,孙宁,等. 不同钾肥施用量对玉米抗倒性能及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(5):47-52.
- [6] 陈利锋,宋玉立,徐雍皋,等. 抗感赤霉病小麦品种超氧化物歧化酶和过氧化氢酶的活性比较[J]. 植物病理学报,1997,27(3):18-22.
- [7] 赵世杰,许长成,邹琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
- [8] 职明星,李秀菊. 脯氨酸测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,2005,41(3):355-357.
- [9] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 植物生理学通讯,1984,20(1):15-21.
- [10] VAMERALI T, SACEOMANI M, BONA S. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two corn hybrids[J]. Plant Soil,2003,255:157-167.
- [11] FARRE I, OILEN M V, LEFELAAR P A. Analysis of maize growth for different irrigation strategies in Northeastern Spain[J]. Eur J Agron,2000,12:225-238.
- [12] 马旭凤. 水分亏缺对玉米生理指标、形态特性及解剖结构的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [13] 杜彩艳,段宗颜,潘艳华,等. 干旱胁迫对玉米苗期植株生长和保护酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(3):124-129.
- [14] 张仁和,郑友军,马国胜,等. 干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响[J]. 生态学报,2011,31(5):1303-1311.
- [15] 张仁和,薛吉全,浦军,等. 干旱胁迫对玉米苗期植株生长和光合特性的影响[J]. 作物学报,2011,37(3):521-528.
- [16] 葛体达,隋方功,白莉萍,等. 水分胁迫下夏玉米根叶保护酶活性变化及其对膜脂过氧化作用的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(5):922-928.
- [17] EPHRATH J E. The effects of drought stress on leaf elongation, photosynthesis and transpiration rate in maize leaves[J]. Photosynthetica,1991,25:607-619.
- [18] 崔立梅,王欣欣,轩慧冬,等. 干旱胁迫对玉米幼苗根系几个生理生化指标的影响[J]. 山东农业科学,2015,47(4):26-29.
- [19] 胡春花,张吉贞,孟卫东,等. 不同栽培措施对青贮玉米产量和营养品质的影响[J]. 热带作物学报,2015(5):847-853.
- [20] 桑丹丹,高聚林,王志刚,等. 不同覆膜方式下超高产春玉米花粒期叶片衰老特性研究[J]. 玉米科学,2009,17(5):77-81.
- [21] 张玉芹,杨恒山,高聚林,等. 施钾方式对高产春玉米钾素养分吸收、积累与转运的影响[J]. 华北农学报,2014,29(3):193-198.
- [22] 郭满平,刘生瑞,白宏鹏. 不同覆膜栽培对玉米土壤水分温度及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(2):50-55.
- [23] 崔金虎,曹庆军,高亚男,等. 钾肥不同施用量对耐密型春玉米光合速率和产量的影响[J]. 玉米科学,2009,17(6):93-96.
- [24] 许海涛,班新河,许波. 钾肥施用对玉米干物质生产及籽粒产量影响研究[J]. 中国土壤与肥料,2009(3):48-50.
- [25] 韩永超,李静平,冀红,等. 不同施肥处理对膜下滴灌玉米光合特性和产量的影响[J]. 吉林农业大学学报,2012,34(3):248-253.
- [26] 周桦,马强,姜子绍,等. 有机肥用量对玉米体内养分浓度及分配的影响[J]. 中国生态农业学报,2009,17(4):647-650.

【责任编辑 周志红】