# 行向和行距对玉米牛长状况的影响

田畅1,2,3.王洋4\*

(1.陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司,陕西西安 710075;2.国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室,陕西西安 710075;3.陕西省土地整治工程技术研究中心,陕西西安 710075;4.中国科学院东北地理与农业生态研究所黑土区农业生态重点实验室,吉林长春 130102)

摘要 以玉米为研究对象,采用大田(大区对比)试验,通过分析 3 种行向(南北向、东西向、南偏西 20°)和 2 种行距(65 cm+65 cm、160 cm+40 cm)对玉米生长状况的影响,揭示其生理生态机制,筛选出最有利于玉米生长的田间配置方式。结果显示,160 cm+40 cm 有效延长了中上部叶片持绿期,增强玉米抗倒伏能力,延缓玉米开花后叶面积衰减速度。南偏西 20°可以维持玉米上部叶片较高的 SPAD值,延长玉米叶片持绿期,有效增加叶面积、叶面积指数及玉米开花后稳位叶的比叶重。南偏西 20°、160 cm+40 cm 有利于延长稳位叶持绿期。综上,南偏西 20°、160 cm+40 cm 有利于延长稳位叶持绿期。综上,南偏西 20°、160 cm+40 cm 有利于延长稳位叶持绿期。综上,南偏西 20°、160 cm+40 cm 有利于延长稳位叶持绿期。据高玉米产量效果最为明显。

关键词 行向;行距;玉米;生长状况

中图分类号 S513 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2019)12-0044-04 **doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.12.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 🖺

### Effects of Row Direction and Row Spacing on Growth Status in Maize

TIAN Chang<sup>1,2,3</sup>, WANG Yang<sup>4</sup> (1.Institute of Land Engineering Technology in Shaanxi Province Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075; 2.Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineerin Ministry of Land and Resources PRC Xi'an, Shaanxi 710075; 3. Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an, Shaanxi 710075; 4. Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun, Jilin 130102)

Abstract With maize as the research object, field test (regional contrast) was adopted to analyze three row orientations (south-north, east-west, southwestern 20°) and two row spacings (65 cm+65 cm, 160 cm+40 cm). To find out the most suitable field configuration for maize growth, we investigated the effects of row orientation and planting pattern on growth of maize, as well as physiological and ecological mechanism. Results showed that 160 cm+40 cm effectively extended the growth period in the upper and middle leaves of maize, enhanced the lodging resistance of maize and delayed the decay rate of leaf area after flowering. Southwestern 20° could maintain higher SPAD values in the upper leaves and extend the green period of leaves, effectively increased the leaf area, leaf area index and specific leaf weight of ear leaf after flowering in maize. Southwestern 20° and 160 cm+40 cm was conducive to prolonging the green period and photosynthesis time of ear leaf. In summary, southwestern 20° and 160 cm+40 cm was favorable for prolonging the photosynthesis time of ear leaf and increasing maize yield.

Key words Row orientation; Row spacing; Maize; Growth status

适宜的种植方式可有效延长叶片持绿期,达到增产的效果<sup>[1]</sup>。改变行向和种植模式能够优化冠层结构,改善玉米冠层光照条件,从而提高玉米产量。高亚男等<sup>[2]</sup>认为采用 70、50 cm 行距种植玉米较 65、60 cm 在生育后期具有更大的光合生产潜力,有利于高产。王洋等<sup>[3]</sup>认为,南偏西 20°的宽窄行种植方式下,生育后期玉米穗位叶的 SPAD 值、非结构性碳水化合物含量、SOD 酶活性和 POD 酶活性高于常规均匀垄种植方式,而脯氨酸含量则相反。宋伟<sup>[4]</sup>认为适当增大行距能有效提高植物体 SOD、POD、CAT 活性,维持活性氧代谢平衡,降低植物体 MDA 的含量,缓解细胞膜脂过氧化,防止过早衰老,保证荚果产量。

目前,国内外许多学者主要研究了行向和行距对于玉米生育后期叶片环境条件以及光合生理的影响,而对玉米各生育期内生长状况的影响还鲜见报道。鉴于此,笔者以玉米为研究对象,采用大田(大区对比)试验,分析3种行向(南北向、东西向、南偏西20°)和2种行距(65 cm+65 cm、160 cm+40 cm)田间配置对玉米生长状况的影响,揭示其生理生态机制,从而获得利于玉米生长最优田间配置方式。

作者简介 田畅(1990—),女,河北张家口人,助理工程师,硕士,从事 作物生理生态研究。\*通信作者,研究员,硕士,从事作物 栽培研究。

收稿日期 2018-10-25;修回日期 2018-11-06

## 1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在吉林省德惠市米沙子乡中国科学院东北地理与农业生态研究所农业试验基地进行。该基地位于北半球中纬度的北温带,地处东北平原腹地松辽平原(44°12′N,125°33′E),地势东高西低,地貌由台地和平原组成。在气候划分上,该区气候类型属于北温带大陆性季风气候区。在全国干湿气候分区中,处于湿润区向亚干旱区的过渡地带。该基地属于中温带大陆气候,年平均气温 4.4 ℃,最高温度 39.5 ℃,最低温度-39.8 ℃,日照时数 2 688 h。年平均降水量 520 mm,无霜期 138 d。试验区土壤为中层黑土,耕层土壤基本理化性状为有机质 26.9 g/kg,全氮 1.20 g/kg,全磷 1.06 g/kg,全钾 16.9 g/kg,速效氮 119 mg/kg,速效磷 18.0 mg/kg,速效钾 111 mg/kg,土壤容重 1.12 g/cm³, pH 6.6。

# 1.2 试验设计与方法

1.2.1 大田试验设计。试验设 3 种行向,分别为东西向、南北向、南偏西  $20^\circ$ ;设 2 种行距,分别为传统模式行距 65 cm+65 cm、新型种植模式行距 160 cm+40 cm,共设 6 个处理。试验田采用大区对比方式,每个大区面积 600 m²,3 次重复。试验采用手工点播,播种密度为 6.50 万株/hm²。施肥量为 N 240 kg/hm², $P_2O_5$  和  $K_2O$  为 90 kg/hm²。播种前施用磷肥、钾肥和 40%氮肥,60%氮肥施用于拔节期。其他管理措施与当地相同。供试作物为玉米,品种为雄玉 585。

1.2.2 测定方法。玉米出苗率达到 60%时,在各小区按照 "S"形选取长相一致,有代表性的幼苗 10 株,挂牌标记。自叶片可见且可测量时,开花前每7 d 测量 1 次,开花后每 15 d 测量 1 次,记录叶片的持绿期,测量叶片的长度和宽度及玉米植株高度,测得第 9、12 和 20 片叶的叶绿素含量和比叶重。

1.3 指标测定 持绿期的记载:持绿期=非功能期+功能期。 株高的测定:抽雄期以前以植株最顶端叶片直立时的植 株叶尖为准,抽雄期以后以雄穗最顶端为准。叶片长宽测 定:自叶片可见并可测量时,用直尺测量叶片绿色部分的长 和宽。

叶面积的计算方法:全展叶叶面积=叶长×叶宽×0.75; 未全展叶叶面积=叶长×叶宽×0.5;叶面积指数(LAI)的计算 方法:叶面积指数=叶片总面积/土地面积。

比叶重的测定:自叶片可见时,用打孔器打取叶面积一致的圆片,每个处理取 20 个,将其置于牛皮纸袋中,105  $^{\circ}$  个条 青 20  $^{\circ}$  min, 80  $^{\circ}$  下 烘 干 至 恒 重, 称 重 并 计 算。比 叶 重

(mg/cm²)=烘干重/叶面积。

叶绿素含量的测定:选取第 2 片叶、穗位叶和穗下第 3 片叶,手持叶绿素仪,避开主叶脉分别夹取叶片一侧的基部、中部和顶部,取不同部位 SPAD 的平均值作为该层叶片的 SPAD 值。

**1.4 试验数据处理** 采用 Excel 和 SPSS 数据分析软件进行数据处理和分析,采用最小显著差数法(LSD)进行差异显著性比较。

## 2 结果与分析

2.1 不同行向与行距对玉米叶片持绿期的影响 65 cm 均匀垄处理下玉米第 1~6 片叶持绿期大于 160 cm+40 cm 处理,而第 6~21 片叶小于 160 cm+40 cm 处理(表 1)。不同行向叶片持绿期比较可知南偏西 20°>东西向>南北向。叶位间叶片持绿期同样具有差异,随着叶位的上升,叶片功能期延长,穗位叶及其上部两叶和下部两叶的功能期最长。南偏西 20°、160 cm+40 cm 处理的玉米穗位叶功能期与其他种植方式相比平均延长了 4 d。

表 1 行向和行距对玉米叶片持绿期的影响

rable r	Effects of different row	orientation and r	ow spacing on the	e nota green stage of maize

叶位 Leaf position	持绿期天数 Duration of green period//d						
	SN 65+65	SN 160+40	EW 65+65	EW 160+40	SW 20 65+65	SW 20 160+40	
1	17	15	18	16	19	17	
2	20	17	21	18	22	19	
3	19	16	20	17	21	18	
4	20	21	21	22	22	23	
5	31	25	32	26	33	27	
6	35	33	36	34	37	35	
7	34	37	35	38	36	39	
8	35	40	36	41	37	42	
9	41	42	42	43	43	44	
10	47	49	48	50	49	51	
11	47	48	48	49	49	50	
12	48	52	49	53	50	54	
13	47	51	48	52	49	53	
14	47	52	48	53	49	54	
15	46	53	47	54	48	55	
16	39	50	40	51	41	52	
17	36	45	37	46	38	47	
18	32	41	33	42	34	43	
19	28	35	29	36	30	37	
20	25	27	26	28	27	29	
21	22	24	23	25	24	26	

注:SN.南北行向;EW.东西行向;SW 20.南偏西 20°行向;65+65.65 cm 均匀垄;160+40.160 cm+40 cm 行距,下同

Note: SN. North-south row; EW. East -west row; SW 20. South by west 20°; 65+65.65 cm uniform ridge; 160+40.160 cm+40 cm row space, the same as follows

2.2 不同行向与行距对玉米叶面积和叶面积指数的影响 由图 1 可知,不同种植方式下的玉米单株叶面积和 LAI 的变化趋势一致,生育期内均呈单峰曲线变化,出苗至拔节期单株叶面积增加缓慢,拔节期以后迅速上升,抽雄吐丝期(07-31)达到最大值,随后转入下降阶段。拔节期以后,65 cm均匀垄处理下玉米叶片叶面积和叶面积指数均大于160 cm+40 cm 处理。南偏西 20°玉米叶片叶面积和叶面积指

数大于其他 2 种行向。开花期以后,160 cm +40 cm 处理玉米叶面积和叶面积指数下降速率小于 65 cm 均匀垄,在玉米的整个生育期内,南偏西 20°、65 cm 处理玉米叶面积指数均大于其他种植方式。

**2.3** 不同行向与行距对玉米株高的影响 由图 2 可知,玉米株高随生育进程的推进逐渐增加,拔节期以前株高增加缓慢且不同种植方式下的玉米株高差异不明显,拔节后株高迅速

增加,65 cm 处理玉米株高增加较快,增加幅度较大,随着生育进程的推进与 160 cm+40 cm 处理差异逐渐增加,大喇叭

口期以后玉米的株高大于 160 cm+40 cm 处理。而种植行向对玉米株高的影响不显著。

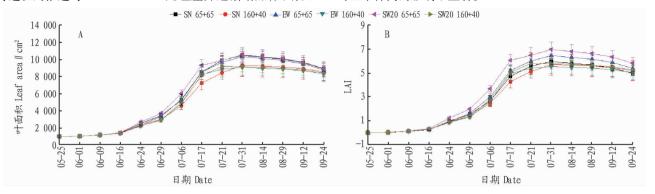


图 1 行向和行距对玉米叶面积(A)和叶面积指数(B)的影响

Fig.1 Effects of row orientation and row spacing on leaf area(A) and LAI(B)

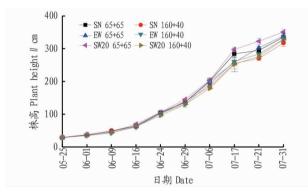


图 2 行向和行距对玉米株高的影响

Fig.2 Effects of row orientation and row spacing on plant height of maize

2.4 不同行向与行距对玉米不同部位叶片比叶重的影响 由图 3 可知,不同种植方式下玉米不同部位叶片比叶重在玉米生育后期均呈单峰曲线变化,上部叶片的比叶重大于中部和下部。上部叶片均在腊熟期达到最大。中部叶片中,南偏西 20°、65 cm 和南偏西 20°、160 cm+40 cm 这 2 种种植方式下玉米比叶重在乳熟期达到最大,而其他种植方式均在开花期达到最大。下部叶片均在开花期达到最大。种植行向和行距对玉米比叶重的影响不显著。

2.5 不同行向与行距对玉米不同部位叶片叶绿素含量的影响 由图 4 可知,不同种植方式下玉米不同部位叶片 SPAD 值在玉米生育期均呈单峰曲线变化。在叶片生长初期, SPAD 值随生育进程的推进而逐渐增加;在叶片功能期内变化较小,SPAD 值处于稳定状态;叶片衰老过程中,SPAD 值下降。抽雄吐丝期植株下部生活叶片的 SPAD 值高于顶部叶片。整个生育期内玉米不同部位叶绿素含量由高到低为中部叶片>下部叶片>上部叶片。南偏西 20°、65 cm 和南偏西 20°、160 cm+40 cm 这 2 种种植方式下玉米上部叶片 SPAD 值在生育前期低于其他种植方式,但是没有达到显著性差异,开花期以后差距逐渐缩小,甚至在腊熟期,南偏西 20°、65 cm 玉米叶片 SPAD 值显著高于东西 65 cm,两者相差6.75。下部叶片中,大口期南偏西 20°、65 cm 玉米叶片 SPAD 值均明显高于相同行距下其他 2 种行向,比南北行向高8.96,

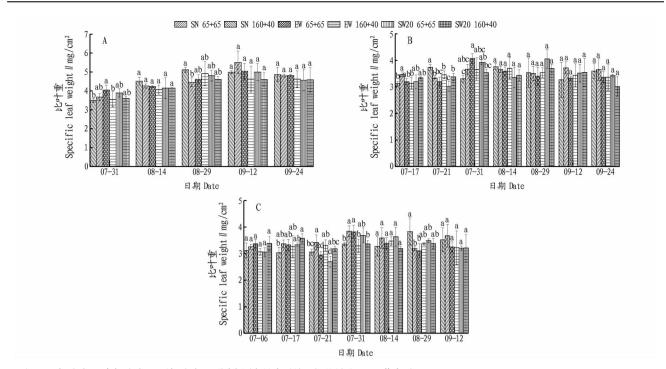
比东西行向高 8.74, 腊熟期南偏西 20°、65 cm 玉米叶片 SPAD 值显著比南北 65 cm 高 11.37。种植行向和行距对玉米不同部位叶绿素含量影响不显著。

## 3 结论与讨论

试验结果表明,叶位间叶片持绿期同样具有差异,随着 叶位的上升,叶片功能期延长,穗位叶及其上部两叶和下部 两叶的持绿期最长。这与不同叶位叶片的叶面积大小和环 境条件(主要是温度和光强)变化有关,植株中部的叶面积 大,光合作用强,持绿期长,基部和顶部叶片的叶面积小,光 合作用弱,持绿期短<sup>[5]</sup>。南偏西 20°玉米叶片持绿期较其他 行向长,说明它可以保持叶片良好的生长状态,延长持绿期。 65 cm 均匀垄玉米第 1~6 片叶持绿期大于 160 cm+40 cm, 而 第6~21 片叶小于160 cm+40 cm, 说明160 cm+40 cm 能够延 长中上部玉米叶片的持绿期,而中上部叶片持绿期对玉米生 育后期光合作用具有重要贡献,而宽窄行有利于叶片保持绿 色,延长收获期,进而增加产量,这与陈文俊等[6]研究发现的 早衰品种持绿性低的观点相符。南偏西 20°、160 cm+40 cm 玉米穗位叶功能期与其他种植方式相比平均延长 4 d,表明 玉米接受的光照多于其他处理,有利于增加叶片的光合 作用。

不同种植方式下的玉米单株叶面积和 LAI 在生育期内 均呈单峰曲线变化,出苗至拔节期单株叶面积增加缓慢,拔节期后迅速上升,抽雄吐丝期达到最大值,随后转入下降阶段<sup>[7]</sup>。不同行向对拔节前玉米株高、单株叶面积和叶面积指数没有显著影响,这与 Karlen 等<sup>[8]</sup>研究栽培行向对拔节期前玉米的生长发育没有显著影响的结果一致。拔节期后,65 cm 均匀垄玉米叶片叶面积和叶面积指数均大于160 cm+40 cm,原因可能是均匀垄比宽窄行更有利于玉米生长过程中叶片完全展开;株间的通风透光差及养分的不合理分配也可能会造成玉米叶面积减小。开花期以后,160 cm+40 cm 玉米叶面积和叶面积指数下降速率小于65 cm 均匀垄。说明160 cm+40 cm 可以延缓叶片凋落速率,有效延长叶片的功能期。

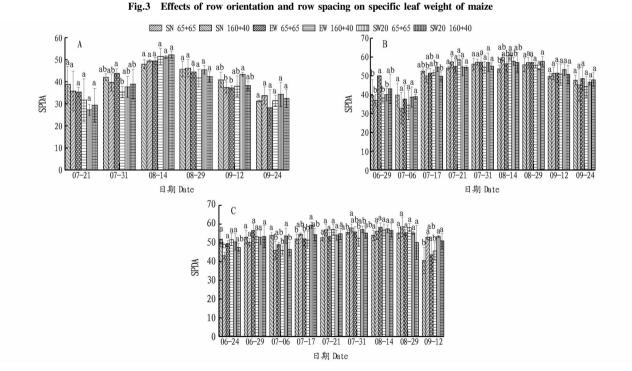
玉米株高随生育进程的推进逐渐增加,拔节期以前株高增加缓慢,拔节以后的15 d 内株高增加较快,之后株高进人



注:A.上部叶片;B.中部叶片;C.下部叶片。不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平

 $Note: A. Upper \ leaves: B. Middle \ leaves: C. Lower \ leaves. Different \ lowercases \ indicated \ 5\% \ significant \ differences \ between \ treatments$ 

图 3 行向和行距对玉米不同部位叶片比叶重的影响



注:A.上部叶片;B.中部叶片;C.下部叶片。不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平

Note; A. Upper leaves; B. Middle leaves; C. Lower leaves. Different lowercases indicated 5% significant differences between treatments

#### 图 4 行向和行距对玉米不同部位叶片 SPAD 值的影响

# Fig.4 Effects of row orientation and row spacing on SPAD values at different positions of maize leaves

迅速增长阶段<sup>[7]</sup>。拔节以前,不同种植方式下的玉米株高差异不明显,拔节以后 65 cm 均匀垄玉米株高增加较快,增加幅度较大,随着生育进程的推进与 160 cm+40 cm 差异逐渐增加,在大喇叭口期玉米的株高大于 160 cm+40 cm。这说明宽窄行玉米株高低于均匀垄,有利于增强玉米抗倒伏

能力[9]。

不同种植方式下玉米不同部位叶片比叶重在玉米生育 后期均呈单峰曲线变化,上部叶片均在腊熟期达到最大,下 部叶片均在开花期达到最大,这是由于在玉米抽雄开花时,

(下转第50页)

植3和10d后营养液4种植的生菜叶绿素含量增长最快,变化最明显,定植20和30d后4种营养液的叶绿素含量基本趋于一致,差异不显著。

**2.6** 不同配方营养液对生菜氮含量的影响 从图 2 可以看出,从定植到定植 30 d 后,营养液 2 生菜氮含量相对较高,营养液 4 生菜氮元素含量在 4 个定植阶段相对较少。

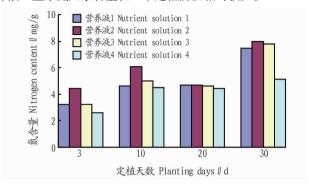


图 2 不同配方营养液对生菜氮含量的影响

Fig.2 Effect of different nutrient solutions on nitrogen content of lettuce

#### 3 结论

该试验结果表明,供试4个雾培营养液配方对生菜生理

指标的影响差异显著。其中,营养液 4 配方种植的生菜具有较高叶片数、叶面积、茎粗,叶绿素含量前期增长较快,是该试验条件下最适合生菜气雾栽培的营养液配方。

#### 参考文献

- [1] 徐伟忠,王利炳,詹喜法,等.一种新型栽培模式-气雾培的研究[J].广东农业科学,2006(7):30-33.
- [2] 王世彬,李宝海,朱荣杰,等温室雾培对8个叶菜品种生长发育的影响 [J].西南农业学报,2015(4)82:1854-1855.
- [3] 王明霞,周志峰,袁玲,硝态氮对不同品种生菜产量和品质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2007,32(4):43-46.
- [4] 曲明山,董海泉,邢文鑫,等.调整山崎生菜营养液配方对生菜产量及品质的影响[J].河北农业科学,2012,16(8):31-35.
- [5] 庄华才,高芳云,何建齐,等4种营养液配方对水培日本牛油生菜的影响[J].蔬菜,2012(7):66-68.
- [6] 陈永华,吴晓芙,张冬林,等.不同营养液浓度与配方对水培观赏植物的 影响[J].中南林业科技大学学报,2007,27(6):34-37.
- [7] 姜财勇,刘厚诚,孙光闻,等.不同营养液配方对红葱生长及品质影响 [J].内蒙古农业大学学报,2007,28(3):168-170.
- [8] 潘杰,李胜利,孙治强. 水培生菜适宜营养液配方筛选研究[J].河南农业科学,2007,36(7): 87-89.
- [9] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社, 2000.
- [10] 侯迷红, 范富, 宋桂云, 等. 不同配方营养液对三种叶菜产量和品质的 影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2011, 26(5): 541-544.

# (上接第47页)

上部叶片才展开,才进入生长阶段,而中部和下部叶进入到衰老阶段,因此它的最高峰在中部和下部叶片以后。南偏西20°玉米中部叶片比叶重最大值出现时期比其他行向晚,说明南偏西20°可以延迟穗位叶比叶重高峰期,提高叶片生育后期光合速率,与比叶重与光合速率大多呈显著正相关的观点一致。

不同叶位叶片的叶绿素总量的变化趋势一致,都呈单峰状:叶片伸展初期的快速上升阶段、叶片全展后的相对稳定阶段和叶片开始衰老的下降阶段,并且不同叶位叶片从叶尖伸出到叶片叶绿素总量达到峰值所需的天数大致相同,大约在叶片全展后很快就达到峰值。但是不同叶位叶片的叶绿素总量的峰值不同,并且不同叶位叶片的叶绿素含量保持高值的时间长度也不同。其中以中部叶片的叶绿素含量最高,功能期最长;其次是下部叶片和上部叶片[10]。不同部位叶片衰老在进度和程度上明显差异,上部叶片虽然比中部叶片后抽出,但比中部叶片早衰。抽雄吐丝期植株下部生活叶片的 SPAD 值高于顶部叶片,这是因为此时上部叶片刚展开,处于生长发育的初期,叶绿素含量还没有达到最大值,而下部叶片已经进入生长发育的中期,且叶绿素含量的下降并不明显[7]。南偏西 20°、65 cm+65 cm 和南偏西 20°、160 cm+

40 cm 这 2 种种植方式下玉米上部叶片叶绿素含量在生育进程中逐渐缩小与其他种植方式的差距,说明南偏西 20°有利于维持玉米上部叶片生育后期叶片中叶绿素的含量,原因是南偏西 20°可以缩短作物的水平投影,使玉米得到的光照时间最长,叶绿素含量最高。

综上,南偏西 20°、160 cm+40 cm 的种植方式有利于延长穗位叶持绿期,明显提高玉米产量。

#### 参考文献

- [1] 张敬宇,付健,杨克军,等.不同种植方式和密度对玉米产量及光合特性的影响[J].安徽农业科学,2015,43(23);29-32,93.
- [3] 高亚男,崔金虎.不同行距对春玉米生育后期绿叶面积及活性的影响 [J].农业工程,2011,1(1):115-117.
- [4] 宋伟种植方式对花生产量和品质的影响及其生理生态基础研究[D]. 青岛:青岛农业大学,2011.
- [5] 李维岳,田海云,尹枝瑞,等.吉林省中部黑土地区玉米早熟丰产栽培技术的研究[J].东北农业科学,1982(1):12-22.
- [6] 陈文俊,田孟良,张军杰,等.玉米叶片持绿性研究进展与对策[J].生物技术进展,2011,1(6);409-412.
- [7] 童淑媛.玉米茎叶发生发展及叶片光合特性变化规律的研究[D].长春:中国科学院东北地理与农业生态研究所,2009.
- [8] KARLEN D L, KASPERBAUER M J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth[J]. Applied agricultural research, 1989, 4:51–56.
- [9] 刘魏魏·密度和种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [10] 王洋,齐晓宁,刘胜群,等.宽窄行种植方式对生育后期玉米叶片衰老的影响[J].土壤与作物,2016,5(4):211-214.