

种植密度对玉米耐密性状的影响

宫 帅, 张中东, 郭正宇 (山西省农业科学院玉米研究所, 山西忻州 034000)

摘要 [目的]研究种植密度对玉米耐密性状的影响。[方法]以郑单 958 和华美 1 号为试验材料,研究了种植密度对植株冠层透光率、穗位叶夹角、穗位叶片厚度和叶绿素含量、产量及其构成因素的影响,并对玉米主要形态指标进行了相关性分析。[结果]适合密植的品种有以下特点:在灌层中下部透光系数较好;叶片夹角也随着种植密度增加而减小,而且响应灵敏;穗位叶片厚度和叶绿素含量较大;产量峰值出现在高密度的情况下。因此华美 1 号更适合密植。[结论]该研究为耐密型玉米品种的选育提供方向。

关键词 密植;灌层透光系数;叶片夹角

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)30-0047-04

Effects of Planting Density on Density Tolerance Characters of Corn

GONG Shuai, ZHANG Zhong-dong, GUO Zheng-yu (Institute of Maize, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Xinzhou, Shanxi 034000)

Abstract [Objective] To research the effects of planting density on density tolerance characters of corn. [Method] With Zhengdan 958 and Huamei 1 as the test materials, we researched the effects of planting density on light transmittance coefficient of canopy, ear leaf angle, ear leaf thickness, chlorophyll content, yield and its component factors. The correlation analysis of corn major morphological indexes was carried out. [Result] Varieties suitable for dense planting had the following characteristics: the light transmittance coefficient in the lower part of the canopy was better; the leaf angle decreased with the increase of planting density, and the response was sensitive; the leaf thickness and SPAD value were larger; the peak yield appeared under high density. Thus, the characteristics of Huamei 1 were more suitable for dense planting. [Conclusion] This research provided breeding direction for corn variety with density tolerance.

Key words Dense planting; Light transmittance coefficient of canopy; Leaf angle

随着近几年农作物产业结构调整,农业农村部对我国玉米种植结构和区域分布提出了指导意见,要求至 2020 年在镰刀弯地区减少玉米种植面积约 333.33 万 hm^2 以上^[1],在玉米需求量没有减少的情况下,土地面积大幅减少,因此提高玉米单产是保证在有限的土地资源上最大限度提高产值最有效的办法,而增加种植密度是实现玉米高产的重要调控措施之一。在玉米栽培过程中,玉米种植密度是影响玉米植株性状和产量的主要因素,前人的研究主要集中在如何提高玉米单产^[2-4]。郑单 958 是耐密型玉米的代表^[5],华美 1 号是忻州地区普遍种植的较耐密的品种之一,因此笔者以郑单 958 和华美 1 号作为试验材料,笔者研究了种植密度对植株冠层透光率、穗位叶夹角、穗位叶片厚度和叶绿素含量、产量及其构成因素的影响,并对玉米主要形态指标进行了相关性分析,旨在筛选出这 2 个品种在忻州地区的适宜种植密度,并为耐密型玉米品种的选育提供方向。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在山西农科院玉米研究所试验田进行,该试验田位于忻府区小檀村,土壤为黏土,0~20 cm 土层有机质含量 8.3 mg/kg,速效氮 44.0 mg/kg,速效磷 12.5 mg/kg,速效钾 130.6 mg/kg。

1.2 试验材料 试验以郑单 958 和华美 1 号为研究材料。华美 1 号小株小穗、株型紧凑,且穗上叶直立;郑单 958 中株中穗、株型较紧凑,且穗上叶较直立。

1.3 试验方法 试验采用 2 因素裂区设计,密度为主处理,品种为副处理。种植密度从 1.5 万株/ hm^2 起增至 18 万株/ hm^2 ,以 1.5 万株为梯度,共设置 12 个处理,每个处理小区 10 行,行

长 6 m,小区面积 36 m^2 ,采用 50 cm+70 cm 宽窄行种植。播种采用电子精量播种机,全田出苗率超过 95%,实际密度基本接近设计密度。播前基施复合肥(氮磷钾成分 15-15-15),包括 112.5 kg/ hm^2 N、112.5 kg/ hm^2 P_2O_5 、112.5 kg/ hm^2 K_2O ;大喇叭口期追施纯氮 140 kg/ hm^2 ;按时灌溉,及时除草,防治病虫害,其他栽培管理措施同一般高产田。华美 1 号和郑单 958 均于 4 月 28 日播种,生育期分别为 128 和 139 d。

试验地为水浇地,每年种植前与拔节期各浇灌 1 次,有机肥撒施量为 30 t/ hm^2 ,底肥为复合肥,撒施量 750 kg/ hm^2 。其他管理措施同大田。

1.4 测定项目

1.4.1 作物灌层透光系数。在吐丝期用灌层分析仪分别测定距离地面 0、50、100、150 cm 共 4 个高度的透光系数。

1.4.2 植株形态特征。吐丝期每小区连续调查 10 株,分别测定株高、穗位高、茎粗、叶夹角和穗位叶的叶片厚度;灌浆中期各处理选取中间 5 株,测定各节间长度。生理成熟期调查各处理的植株倒伏率。穗位系数=穗位高/株高;茎粗系数=茎粗/株高 $\times 100$ 。

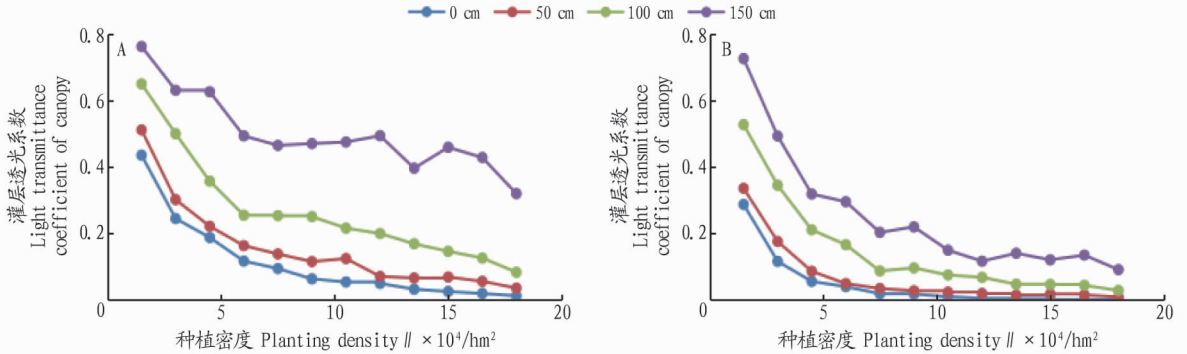
1.4.3 测产考种。在生理成熟期,收获每个小区中间 6 行,每 2 行 1 个重复,各选取 10 穗计算平均穗数,果穗数为该密度处理的收获穗数,称取并记录鲜果穗重,按平均穗重法取 10 个果穗,人工脱粒并分别称取籽粒重和穗轴重,计算出籽率,用谷物水分测定仪(PM-8188 型,凯特,日本)测定籽粒含水率,重复 3 次,取平均值。每个处理测定实收产量,重复 3 次,取其平均值并折算成 14%含水量下的产量。计算公式为实收产量(kg/ hm^2)=鲜穗重(kg/ hm^2) $\times$ 出籽率($\%$) $\times$ [1-含水率($\%$)] $\div$ (1-14%)。

1.5 数据分析与处理 采用 SPSS 软件进行统计分析和检验数据,采用 Microsoft office 软件做图。

2 结果与分析

2.1 不同高度植株的种植密度对灌层透光系数的影响 由图 1 可知,随着种植密度的增大,郑单 958 在不同高度灌层的透光率均降低。当种植密度为 $4.5 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,在距离地面 50 cm 以下灌层的透光系数基本为 0,即种植密度继续增大时,50 cm 以下的透光性很差,下部叶片基本不能接受光照进行光合作用;当种植密度为 $7.5 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,100 cm 高度

的灌层中透光系数仅为 0.08,这时的叶片接受光照也很弱。华美 1 号种植密度在 $10.5 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,50 cm 处灌层透光系数可达到 0.12,与郑单 958 透光系数相差较大;在 100 cm 处当种植密度为 $18.0 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,透光系数达 0.08,一般品种的穗位集中在 100 cm 处,当 100 cm 处透光系数较大时,植株的光合性能基本不受影响,所以从灌层透光率来看,华美 1 号更适合高密种植。



注:A.华美 1 号; B.郑单 958

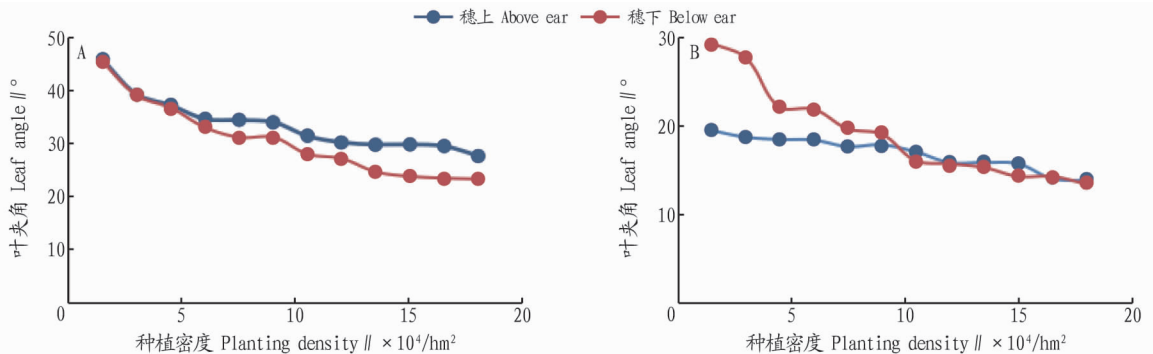
Note: A.Huamei 1; B.Zhengdan 958

图 1 不同高度植株的种植密度对玉米灌层透光系数的影响

Fig.1 Effects of planting density at different plant heights on light transmittance coefficient of canopy

2.2 种植密度对穗上和穗下部叶片叶夹角的影响 从图 2 可以看出,与华美 1 号相比,郑单 958 穗上和穗下部叶片叶夹角都较小,说明郑单 958 株型紧凑、适合密植。穗上叶夹角和穗下叶夹角随着密度增大变化很小,尤其是穗上叶夹角

变化幅度很小;而华美 1 号在低密度种植时,叶夹角都较大,但随着种植密度增大,叶夹角由 45° 减小到了 25° 左右,因此随着种植密度增大,华美 1 号自我调节的能力较强。



注:A.华美 1 号; B.郑单 958

Note: A.Huamei 1; B.Zhengdan 958

图 2 种植密度对玉米穗上和穗下部叶片叶夹角的影响

Fig.2 Effects of planting density on leaf angle above and below ears

2.3 种植密度对穗位叶厚度和叶绿素含量的影响 植物叶片叶绿素含量是反映植物光合性能强弱的指标。从图 3、4 可以看出,植株穗位叶叶绿素含量和叶片厚度的变化趋势基本一致,均随着种植密度的增加而逐渐降低。在各个密度下,华美 1 号的叶片厚度和叶绿素含量均高于郑单 958。因此,理论上华美 1 号的光合性能优于郑单 958。

2.4 种植密度对产量及其构成因素的影响 由表 1 可知,2014 年,当种植密度为 $6.0 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,郑单 958 的产量最高;种植密度为 $18.0 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,华美 1 号的产量最高。2015 年,当种植密度为 $7.5 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,郑单 958 的产量最

高;种植密度为 $9.0 \times 10^4/\text{hm}^2$ 时,华美 1 号的产量最高。随着密度增加,华美 1 号产量下降较缓慢,而郑单 958 的产量下降较快,造成两年产量结果相差较大,这可能是由于 2015 年降水较少所致,但总体上华美 1 号更耐密。

2.5 玉米主要形态指标的相关性分析 通常影响植株密植的因素是倒伏,有研究表明玉米的穗位高越高,玉米的重心越高,因此越容易倒伏^[6]。茎粗对玉米产量有一定影响^[7],玉米茎节越粗,穗粒数和穗粒重明显增加。胡昌浩等^[8]对我国不同年代玉米品种的植株性状更替研究指出,20 世纪 90 年代品种植株株高和穗位变高,茎秆变粗,耐密性增强,抗倒

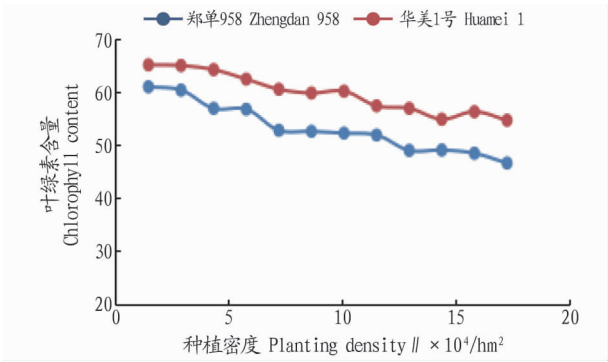


图3 种植密度对穗位叶绿素含量的影响

Fig.3 Effects of planting density on chlorophyll content of ear leaf

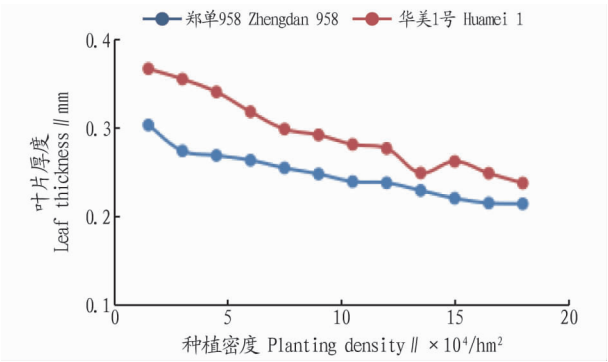


图4 种植密度对玉米穗位叶片厚度的影响

Fig.4 Effects planting density on leaf thickness of corn ear leaf

表 1 种植密度对玉米产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of planting density on yield and its component factors of corn

品种 Variety	种植密度 Planting density ×10 ⁴ /hm ²	2014 年 The year 2014				2015 年 The year 2015			
		穗粒数 Grain number per ear	千粒重 1 000- grain weight//g	有效穗数 Effective ears ×10 ⁴ /hm ²	产量 Yield t/hm ²	穗粒数 Grain number per ear	千粒重 1 000- grain weight//g	有效穗数 Effective ears ×10 ⁴ /hm ²	产量 Yield t/hm ²
郑单 958 Zhengdan 958	1.5	562.3 b	449.6 a	3.61 h	7.70 g	565.1 a	409.1 a	3.50 h	7.64 d
	3.0	616.0 a	442.7 a	5.23 g	11.02 f	573.5 a	410.5 a	6.25 g	13.50 b
	4.5	619.3 a	462.2 a	5.09 g	12.51 bcde	592.3 a	419.3 a	6.47 g	14.95 ab
	6.0	611.8 a	446.3 a	6.48 f	13.69 a	576.5 a	412.2 a	7.72 fg	16.93 a
	7.5	549.7 bc	411.7 b	7.45 f	13.43 ab	571.6 a	393.7 ab	8.11 f	16.64 a
	9.0	511.8 cd	379.4 c	8.70 e	13.34 abc	552.1 a	372.6 bc	8.83 ef	16.87 a
	10.5	467.1 ef	365.8 cd	10.14 d	12.72 abcd	496.2 b	359.9 cd	9.81 de	16.34 a
	12.0	490.3 de	352.7 cd	10.46 cd	12.26 cde	474.1 b	343.8 de	10.86 cd	15.40 ab
	13.5	471.7 ef	356.1 cd	11.30 bc	12.32 cde	426.6 c	310.9 f	12.02 bc	15.25 ab
	15.0	451.6 ef	354.1 cd	11.67 b	11.63 def	386.4 c	316.7 f	12.88 b	15.21 ab
华美 1 号 Huamei 1	16.5	434.0 f	353.1 cd	14.44 a	11.02 f	380.4 c	320.9 ef	13.07 b	13.45 b
	18.0	445.1 f	341.9 d	14.35 a	11.60 ef	327.5 d	310.3 f	14.61 a	11.15 c
	1.5	709.1 a	368.5 a	3.01 i	5.59 g	618.2 c	363.3 a	2.94 i	6.73 e
	3.0	728.0 a	368.2 a	3.52 i	8.78 f	667.8 bc	369.3 a	4.07 h	10.07 d
	4.5	690.1 a	352.5 a	5.00 h	11.42 e	753.4 a	356.4 a	4.87 h	13.22 c
	6.0	705.4 a	327.5 b	6.16 g	13.00 cd	687.3 b	337.7 b	6.68 g	15.70 b
	7.5	601.3 bc	311.1 bc	7.41 f	14.10 bc	622.3 c	329.3 bc	8.25 f	17.02 ab
	9.0	624.1 b	313.0 b	8.66 e	14.74 ab	543.2 d	315.5 cd	9.87 e	17.08 a
	10.5	597.5 bc	314.9 b	10.42 d	15.83 a	524.8 d	305.5 de	10.22 e	16.84 ab
	12.0	553.5 cd	317.9 b	11.71 c	15.91 a	440.4 e	307.1 de	11.93 d	16.56 ab

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

伏能力增强,更具高产稳产性。由表 2 可知,郑单 958 株高与穗位高呈显著正相关,华美 1 号株高与茎粗呈显著正相关,因此在种植密度增大、株高增大的情况下,郑单 958 穗位明显增高,而华美 1 号的茎粗明显增大。通常穗位以上各节间越长,中上层叶片光照条件越好,越有利于叶片达到较高的光合活性^[9-11],郑单 958 穗位上节间长与株高呈极显著正相关,华美 1 号的穗位下节间长与株高呈极显著正相关,这表明随着种植密度的增大,玉米株高增高。通常穗位以上平

均节间长越长,中上层叶片光照条件就越好,越有利于叶片达到较高的光合活性。由此可以看出,华美 1 号节间性状表现较好,冠层结构较优。

3 结论

郑单 958 和华美 1 号在山西种植较普遍,且相对较耐密。该试验研究了种植密度对植株冠层透光率、穗位叶夹角、穗位叶片厚度和叶绿素含量、产量及其构成因素的影响,并对玉米主要形态指标进行了相关性分析。结果显示,植株

表 2 玉米主要形态指标的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of major morphological indexes of corn

品种名称 Variety name	项目 Item	株高 Plant height	穗位高 Ear height	茎粗 Stem diameter	穗位下 平均节长 Internode length under ear	穗位上 平均节长 Internode length above ear
郑单 958 Zhengdan 958	株高	1				
	穗位高	0.720**	1			
	茎粗	-0.566	-0.950**	1		
	穗位下平均节长	0.759**	0.982**	-0.946**	1	
	穗位上平均节长	0.108	-0.511	0.672*	-0.463	1
华美 1 号 Huamei1	株高	1				
	穗位高	-0.53	1			
	茎粗	0.645*	-0.942**	1		
	穗位下平均节长	-0.336	0.853**	-0.865**	1	
	穗位上平均节长	0.868**	-0.223	0.314	-0.005	1

注：* 和 ** 分别表示在 0.05、0.01 水平显著、极显著相关
Note: * and ** indicated significant and extremely significant correlations at 0.05 and 0.01 levels, respectively

耐密性主要表现在以下几个方面：①植株灌层透光率，尤其是下部结构的透光率决定了植株的耐密性，植株下部透光率越大，植株越耐密。②随着植株种植密度的增加，植株穗位叶与茎秆夹角减小幅度越大的植株更耐密。③穗位叶片厚度越大，叶绿素含量越高。④产量峰值出现的密度越大，玉米越适宜密植。⑤植株种植密度增大，株高变化幅度较小，且茎粗有一定程度增大，下部节间长变化幅度小，上部节间长较长，该结构更有利于植株抗倒和密植高产。

参考文献

[1] 农业部关于“镰刀弯”地区玉米结构调整的指导意见[J].中华人民共和国农业部公报,2015(11):8-12.
[2] 杨建军.生物活性肽的研究及生产[J].饲料广角,2002(13):19-20,32.
[3] 马丽珍,甄润英,张建荣,等.具免疫活性的鲑鱼胶原蛋白酶解工艺研

究[J].食品工业科技,2008,29(4):152-155.
[4] 龚钢明,顾慧,蔡宝国.鱼类加工下脚料的资源化与利用途径[J].中国资源综合利用,2003(7):23-24.
[5] 赵久然,孙世贤.对超级玉米育种目标及技术路线的再思考[J].玉米科学,2007,15(1):21-23.
[6] 张泽民,贾长柱.玉米株型对遗传增益的影响[J].遗传,1997,19(2):31-34.
[7] 梁晓玲,阿布来提,冯国俊,等.玉米杂交种的产量比较及主要农艺性状的相关和通径分析[J].玉米科学,2001,9(1):16-20.
[8] 胡昌浩,董树亭,王空军,等.我国不同年代玉米品种生育特性演进规律研究[J].玉米科学,1998,6(2):44-48.
[9] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等.不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J].作物学报,2008,34(3):447-455.
[10] 王娜,李凤海,王志斌,等.不同耐密型玉米品种茎秆性状对密度的响应及与倒伏的关系[J].作物杂志,2011(3):67-70.
[11] 郭江,郭新宇,郭程瑾,等.密度对不同株型玉米群体结构的调控效应[J].华北农学报,2008,23(1):149-153.

(上接第 46 页)

强,生产投入成本低,且影响籽实产量的不利因素少,是适合高海拔低温干旱山区农户增收致富新的一条道路。藜麦既可作为粮食种植也可作为蔬菜栽培。藜麦不仅可作为高海拔低温干旱贫困山区产业结构调整的试点,而且对该类地区的脱贫增收工作的顺利推进具有重要作用。同时,由于藜麦种植中前期植株呈绿色,中后成熟期穗呈红、紫、粉、黄、白等多种丰富的颜色,也可为高原小镇旅游或生态农业观光旅游提供新思路。

参考文献

[1] GARCIA M,RAES D,JACOBSEN S E.Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands[J].Agricultural water management,2003,60(2):119-134.
[2] TAPIA M.The environment,crops and agricultural systems in the Andes and Southern Peru[M].San Jose,Costa Rica:IICA,1982.
[3] CUSACK D.Quinoa:Grain of the incas[J].Ecologist,1984,14(1):21-31.
[4] FAO.Quinoa:An ancient rop to contribute to world food security[M].Italy: Food and Agriculture Organization,2011.
[5] GONZÁLEZ J A,ROLDÁN A,GALLARDO M,et al.Quantitative determination of chemical compounds with nutritional value from Inca crops;*Chenopodium quinoa*(‘quinoa’)[J].Plant foods for human nutrition,1989,39(4):331-337.
[6] ABUGOCH JAMES L E.Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.):Composition,chemistry,nutritional,and functional properties[J].Advances in food

nutrition research,2009,58:1-31.
[7] PRAKASH D,PAL M.*Chenopodium*:Seed protein,fractionation and amino acid composition[J].International journal of food science and nutrition,1998,49(4):271-275.
[8] KONISHI Y,HIRANO S,TSUBOI H,et al.Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds[J].Bioscience biotechnology and biochemistry,2004,68(1):231-234.
[9] BHARGAVA A,SHUKIA S,OHRI D.*Chenopodium quinoa*:An Indian perspective[J].Industrial crops and products,2006,23(1):73-87.
[10] MAUGHAN P J,BONIFACIO A,COLEMAN C E,et al.Quinoa(*Chenopodium quinoa*)[M]//KOLE C.Genome mapping and molecular breeding in plants,Volume 3:Pulses,sugar and tuber crops.Berlin,Germany:Springer,2007:147-158.
[11] 任贵兴,杨修仕,么杨.中国藜麦产业现状[J].作物杂志,2015(5):1-5.
[12] 张建山.乌兰县引种藜麦试验研究初报[J].青海农技推广,2016(1):55-58.
[13] 李成祖.格尔木市藜麦引种栽培技术试验研究[J].农业科技通讯,2015(6):94-96.
[14] 蔺雪艳,任宏干,张文权,等.正宁县藜麦引进种植试验[J].中国农业信息,2014(12):96,100.
[15] 迪迪埃·巴齐尔,弗朗西斯科·富恩特斯,安琪·穆希卡,等.藜麦生产与应用 2 驯化和栽培史[C]//藜麦生产与应用.北京:科学出版社,2014:28-44.
[16] 成明锁,刘增玉,李玉春.藜麦的种植与栽培技术[J].河南农业,2013(21):43.
[17] 王晨静,赵习武,陆国权,等.藜麦特性及开发利用研究进展[J].浙江农林大学学报,2014,31(2):296-301.
[18] 姜庆国,温日宇,郭耀东,等.藜麦的种植栽培技术与病虫害防治[J].农民致富之友,2017(22):154.