

# 种植密度对糜子产量的影响

陈凌<sup>1</sup>, 王君杰<sup>1</sup>, 王海岗<sup>1</sup>, 任志鹏<sup>2</sup>, 曹晓宁<sup>1</sup>, 乔治军<sup>1\*</sup> (1. 山西省农业科学院农作物品种资源研究所, 农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室, 杂粮种质资源发掘与遗传改良山西省重点实验室, 山西太原 030031; 2. 河曲县气象局, 山西河曲 036500)

**摘要** [目的] 种植密度对糜子产量的影响。[方法] 采用完全随机区组试验设计, 以晋黍 7 号和崤崤黄糜子为材料, 研究不同种植密度对糜子的分蘖数、叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率、产量及其构成因素的影响。[结果] 随着密度的增加, 分蘖数呈降低趋势; 在一定范围内随着密度的增加叶绿素含量呈降低趋势; 晋黍 7 号和崤崤黄糜子在密度 75 万和 105 万/hm<sup>2</sup> 的处理下的蒸腾速率最大, 随着密度的增加呈降低趋势; 随着密度的增加, 晋黍 7 号和崤崤黄糜子 2 个品种的单株穗重和单株粒重呈递减趋势; 晋黍 7 号和崤崤黄糜子在 90 万/hm<sup>2</sup> 密度下的产量最大。[结论] 在干旱半干旱地区, 种植糜子的最适密度为 90 万/hm<sup>2</sup>。

**关键词** 种植密度; 糜子; 产量

中图分类号 S516 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)08-0027-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.08.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Planting Density on Yield of *Panicum miliaceum* L.

CHEN Ling, WANG Jun-jie, WANG Hai-gang et al (Institute of Crop Germplasm Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement on Loess Plateau, Ministry of Agriculture/Shanxi Key Laboratory of Genetic Resources and Genetic Improvement of Minor Crops, Taiyuan, Shanxi 030031)

**Abstract** [Objective] To research the effects of planting density on yield of *P. miliaceum*. [Method] Completely randomized block trial was designed. With Jinli 7 and Kelanhuangmizi as the test materials, we researched the effects of planting density on the tiller number, chlorophyll content, photosynthetic rate, transpiration rate, yield and its components of *P. miliaceum*. [Result] With the increase of density, the tiller number showed a decreasing trend. Within a certain range, the chlorophyll content decreased with the increase of density. Transpiration rates of Jinshu 7 and Kelanhuangmizi were the maximum under the treatments 750 thousand and 1 050 thousand/hm<sup>2</sup>, which reduced as the density enhanced. With increase of density, ear weight per plant and grain weight per plant of Jinshu 7 and Kelanhuangmizi decreased. Yields of Jinshu 7 and Kelanhuangmizi were the maximum under the density of 900 thousand/hm<sup>2</sup>. [Conclusion] In arid and semi-arid regions, the optimal density for planting *P. miliaceum* is 900 thousand/hm<sup>2</sup>.

**Key words** Planting density; *P. miliaceum*; Yield

糜子(*Panicum miliaceum* L.)属禾本科黍属,是中国古老的粮食作物,具有生育期短、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱、适应性强等特性,在中国西部农业种植业结构调整和产业发展中具有不可替代的作用<sup>[1]</sup>。糜子的产量潜力受诸多栽培因素的影响,其中密度是影响糜子群体性状和产量性状的重要因素,适宜的种植密度是构建合理群体结构的必要条件,有利于分蘖数、穗数、穗粒数和千粒重的协调发展,可得到穗、粒、种的最佳组合,从而获得较高的产量<sup>[2-4]</sup>,且种植密度对作物的营养生长和生殖生长都有重要的影响<sup>[5-6]</sup>。密度过大,糜子茎秆过细,在灌浆期容易产生倒伏从而减产。在一定范围内,增加种植密度可提高作物的光能利用率,而作物的叶面积、光合效率决定作物的群体产量<sup>[7-8]</sup>,合理密植是提高作物单产的关键之一。不同地域条件由于气候、地力等因素对产量及其构成因素的影响不同,且不同品种要求的最佳密度也不同<sup>[9-11]</sup>。鉴于此,笔者研究了对山西晋西北地区的主栽品种在不同种植密度下对糜子产量及其构成因素的影响,分析其分蘖动态、农艺性状、光合特性,确定最佳的播种密度,为旱薄地优质高产高效栽培提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验于 2012 年在忻州市崤崤试验站进行,供试土壤为砂质土壤,土壤肥力中等,有机质含量 22.01 g/kg,碱解氮 43.79 mg/kg,速效磷 16.59 mg/kg,速效钾 153.66 mg/kg。

**1.2 试验材料** 供试材料为晋黍 7 号和当地主栽品种崤崤黄糜子。

**1.3 试验方法** 试验为随机区组设计,密度设为 75 万、90 万、105 万、120 万、135 万/hm<sup>2</sup> 5 个处理,编号分别为 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>,小区面积 3 m×5 m,行距 33 cm,重复 3 次。肥料作为基肥一次性施入,尿素 195 kg/hm<sup>2</sup>,过磷酸钙 750 kg/hm<sup>2</sup>,采用人工条播,其他栽培管理措施同大田。

**1.4 指标测定** 各生育期取样测定糜子植株分蘖数;每个处理小区随机选取 3 株糜子进行标记,于各生育期采用 CI-340 光合作用仪测定主茎上旗叶的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $E$ );同时采用日本生产的 SPAD-502 叶绿素仪在各生育期随机选取的 3 株糜子上,测定旗叶叶绿素相对值,测定时避开叶脉,测定叶片的中、上、下部位,求其平均值,作为该叶片的 SPAD 值。

成熟期,每小区随机取样 10 株,测定穗重、粒重、千粒重,计算其平均值。在每个处理的 3 个小区种收取中间 3 行,称重,计算其实际产量,并折算成产量。

**1.5 数据处理** 采用 Microsoft Excel 2003、DPS 7.05 统计软件进行相关数据的处理和分析。多重比较采用 Duncan's 新

**基金项目** 山西省农业科学院优势课题项目(YYS1711);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-06-13.5-A16)。

**作者简介** 陈凌(1983—),女,山西芮城人,助理研究员,硕士,从事糜子栽培生理研究。\*通信作者,研究员,从事种质资源等方面的研究。

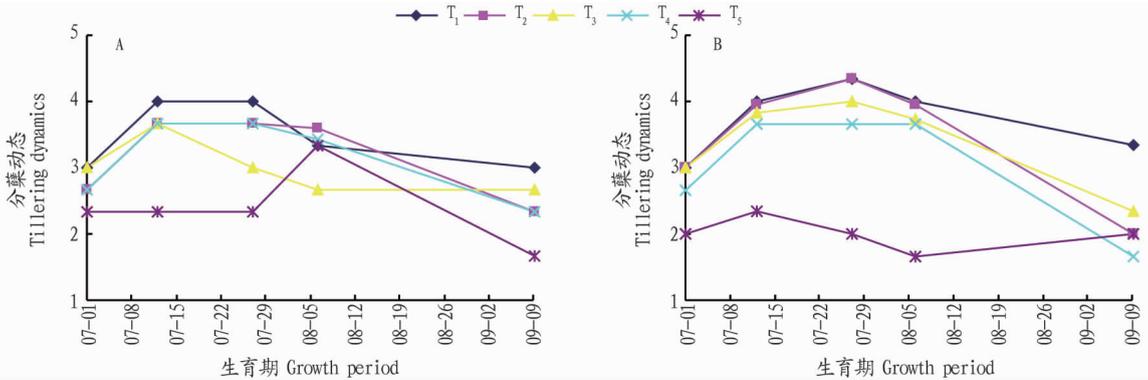
**收稿日期** 2018-11-09

复极差法测验。

## 2 结果与分析

**2.1 不同密度处理对糜子分蘖动态的影响** 从图 1A 和 B 可以看出,晋黍 7 号和崑崑黄糜子以密度 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理

的分蘖最多,其次为密度 90 万、105 万/hm<sup>2</sup> 的处理,密度 135 万/hm<sup>2</sup> 的处理分蘖为最小值;7 月 1 日分蘖期—7 月 27 日抽穗期,晋黍 7 号密度 90 万和 120 万/hm<sup>2</sup> 的处理间差异不显著,崑崑黄糜子密度 75 万和 90 万/hm<sup>2</sup> 的差异不显著。



注:A.晋黍 7 号;B.崑崑黄糜子

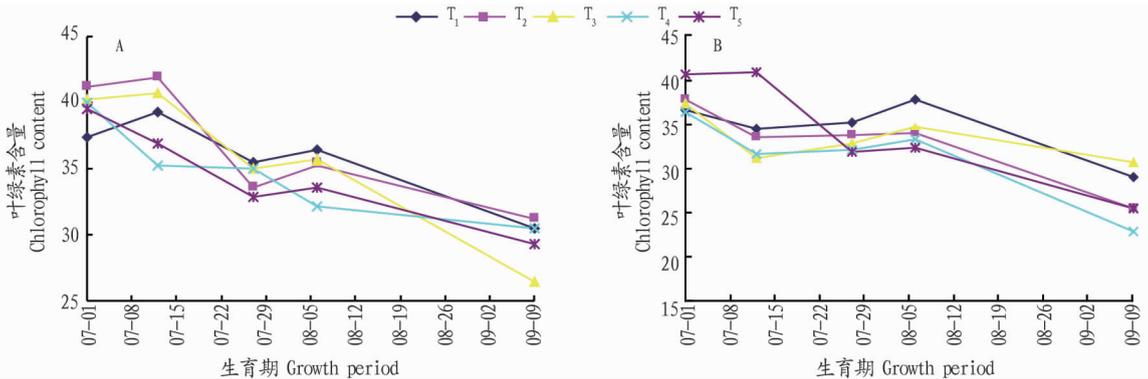
Note: A. Jinshu 7; B. Kelanhuangmizi

图 1 不同处理对糜子分蘖动态的影响

Fig.1 Effects of different treatments on the tillering dynamics of *P. miliaceum*

**2.2 不同处理对糜子叶绿素含量的影响** 从图 2 可以看出,晋黍 7 号和崑崑黄糜子在整个生育期的叶绿素含量呈逐渐下降趋势;由图 2A 可知,晋黍 7 号从 7 月 1 日分蘖期—7 月 12 日拔节期,密度 90 万/hm<sup>2</sup> 的处理叶绿素含量为最大值,其次为密度 105 万/hm<sup>2</sup> 处理,7 月 27 日抽穗期—8 月 25 日

灌浆中期,密度 75 万/hm<sup>2</sup> 处理的叶绿素含量为最大值,其次为密度 90 万/hm<sup>2</sup> 的处理;图 2B 显示崑崑黄糜子在 7 月 27 日抽穗期—8 月 25 日灌浆中期,密度 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理叶绿素含量为最大值,其次为密度 105 万、90 万/hm<sup>2</sup> 的处理。



注:A.晋黍 7 号;B.崑崑黄糜子

Note: A. Jinshu 7; B. Kelanhuangmizi

图 2 不同处理对糜子叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the chlorophyll content of *P. miliaceum*

**2.3 不同处理对糜子光合速率的影响** 从图 3 可以看出,晋黍 7 号和崑崑黄糜子在整个生育期呈先增长再下降的趋势,2 个不同品种都是在 8 月 4 日开花期的净光合速率呈现最大值;图 3A 显示,7 月 1 日分蘖期—8 月 4 日开花期晋黍 7 号以密度 105 万/hm<sup>2</sup> 的处理增长最迅速,崑崑黄糜子以密度 90 万/hm<sup>2</sup> 的处理增长最迅速,在开花期晋黍 7 号以密度 75 万/hm<sup>2</sup> 处理的净光合速率达到最大值,其次为密度 105 万、90 万/hm<sup>2</sup> 处理,崑崑黄糜子以密度 90 万/hm<sup>2</sup> 的处理达到最大值,其次为 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理,但差异不显著。

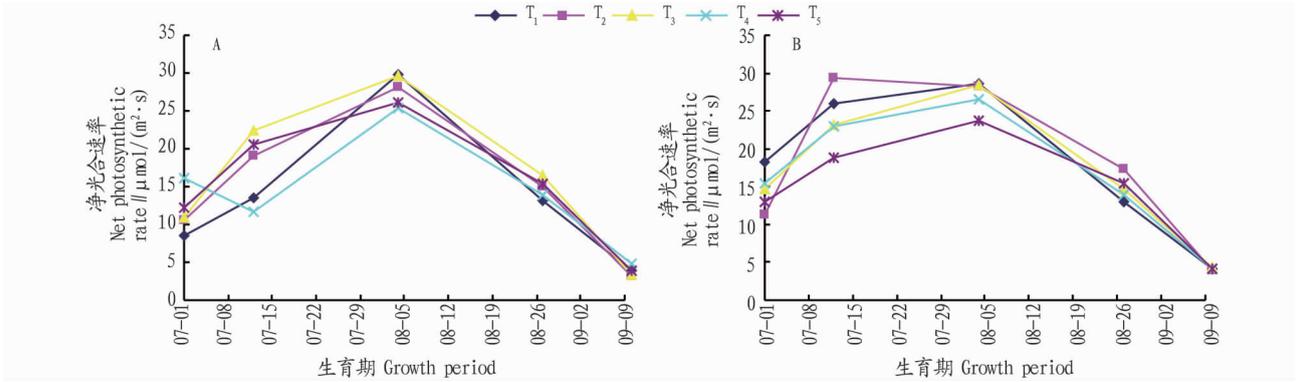
都呈先增长再下降的趋势,8 月 4 日开花期达到最大值;7 月 1 日分蘖期—8 月 4 日开花期晋黍 7 号密度 105 万/hm<sup>2</sup> 的处理的蒸腾速率呈最大值,崑崑黄糜子以 75 万和 90 万/hm<sup>2</sup> 的处理蒸腾速率较高,在 8 月 4 日开花期晋黍 7 号和崑崑黄糜子各密度处理的蒸腾速率密度 75 万和 105 万/hm<sup>2</sup> 的处理呈最大值。

**2.4 不同处理对糜子蒸腾速率的影响** 从图 4 可以看出,整个生育期晋黍 7 号和崑崑黄糜子 2 个不同品种的蒸腾速率

**2.5 不同处理对糜子产量及其构成因素的影响** 从表 1 可以看出,晋黍 7 号和崑崑黄糜子 2 个品种的单株粒重随着密度的增加依次呈递减趋势,晋黍 7 号单株粒重大于崑崑黄糜子,晋黍 7 号各密度处理间差异不显著,崑崑黄糜子各处理间差异显著;2 个品种单株穗重都以密度 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理

最大,135 万/hm<sup>2</sup> 的处理最小,晋黍 7 号各处理间的单株穗重大于岢岚黄糜子,且 2 个品种间各处理差异不显著;晋黍 7 号和岢岚黄糜子的千粒重都以 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理最大,且晋黍 7 号的千粒重大于岢岚黄糜子各处理;从产量来看,晋黍 7

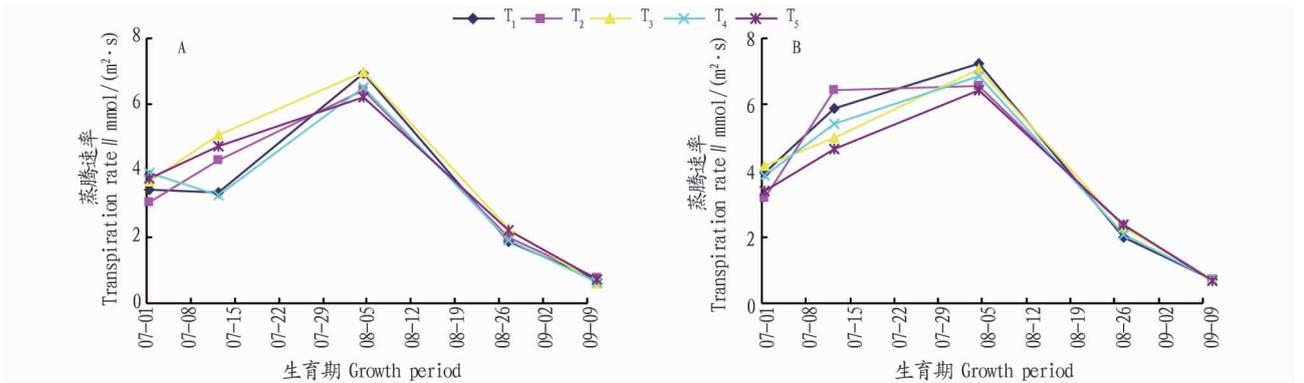
号和岢岚黄糜子都以 90 万/hm<sup>2</sup> 处理的产量最大,其次是晋黍 7 号为密度 75 万/hm<sup>2</sup> 的处理和岢岚黄糜子为 105 万/hm<sup>2</sup> 的处理,晋黍 7 号各处理间差异不显著,当地品种岢岚黄糜子各处理间呈极显著差异性。



注:A.晋黍 7 号;B.岢岚黄糜子  
Note: A. Jinshu 7; B. Kelanhuangmizi

图 3 不同处理对糜子净光合速率的影响

Fig.3 Effects of different treatments on the net photosynthetic rate of *P. miliaceum*



注:A.晋黍 7 号;B.岢岚黄糜子  
Note: A. Jinshu 7; B. Kelanhuangmizi

图 4 不同处理对糜子蒸腾速率的影响

Fig.4 Effects of different treatments on the transpiration rate of *P. miliaceum*

表 1 不同处理对糜子产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of different treatments on the yield and its component factors of *P. miliaceum*

品种名称 Variety name	处理编号 Treatment code	单株粒重 Grain weight per plant//g	单株穗重 Ear weight per plant//g	千粒重 1 000-grain//g	产量 Yield//kg/hm <sup>2</sup>
晋黍 7 号 Jinshu 7	T <sub>1</sub>	24.274 33 aA	32.771 7 aA	8.929 7 aA	4 470.131 aA
	T <sub>2</sub>	21.127 33 aA	27.144 0 aA	8.065 3 abA	4 750.374 aA
	T <sub>3</sub>	19.245 33 aA	24.998 7 aA	8.022 3 bA	3 839.252 aA
	T <sub>4</sub>	17.829 33 aA	22.575 0 aA	7.937 7 bA	3 857.928 aA
	T <sub>5</sub>	11.005 00 aA	14.094 0 aA	8.261 7 abA	3 642.573 aA
岢岚黄糜子 Kelanhuangmizi	T <sub>1</sub>	23.273 33 aA	30.033 0 aA	7.816 0 aA	4 174.508 abA
	T <sub>2</sub>	15.731 33 abA	20.109 3 aA	7.505 0 abA	4 507.929 aA
	T <sub>3</sub>	14.905 33 abA	20.867 7 aA	7.552 7 abA	4 204.409 abA
	T <sub>4</sub>	11.709 67 abA	15.140 7 aA	7.458 0 abA	3 771.327 bAB
	T <sub>5</sub>	10.179 00 bA	13.933 3 aA	7.247 7 bA	2 978.687 bAB

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

### 3 结论与讨论

合理的种植密度是糜子形成适宜的植株形态的必要条

件。有效分蘖是糜子产量构成的重要因素,王先宇等<sup>[11]</sup>、王德惠等<sup>[12]</sup> 研究表明,糜子的分蘖数随着密度的增大而降低。

该研究认为,晋黍7号和岢岚黄糜子以密度75万/hm<sup>2</sup>的处理分蘖最多,其次为密度90万和105万/hm<sup>2</sup>的处理,密度135万/hm<sup>2</sup>处理的分蘖为最小值,这与上述结论一致。

叶片是植物进行光合作用的功能器官,SPAD值与叶片叶绿素含量呈密切正相关关系,叶绿素含量的多少直接反映作物光合能力的大小及同化产物积累的多少<sup>[13-14]</sup>。该研究认为,晋黍7号和岢岚黄糜子在整个生育期的叶绿素含量呈逐渐下降趋势;晋黍7号从7月1日(分蘖期)—7月12日(拔节期),密度90万/hm<sup>2</sup>的叶绿素含量呈最大值,其次为密度105万/hm<sup>2</sup>处理;岢岚黄糜子在7月27日(抽穗期)—8月25日(灌浆中期),密度75万/hm<sup>2</sup>处理的叶绿素含量呈最大值,其次为密度105万、90万/hm<sup>2</sup>的处理。

光合性能可以通过光合速率、蒸腾速率来衡量<sup>[15-16]</sup>。有研究表明,随着种植密度的增加,玉米等作物的净光合速率和蒸腾速率不断减小<sup>[17]</sup>。由海霞<sup>[18]</sup>研究表明,当小麦达到一定种植密度时,随着密度的增加,光合速率随之减小。张永丽等<sup>[19]</sup>研究表明,不同种植密度的小麦随着密度的增高其叶绿素含量和光合速率呈降低趋势。该研究结果表明,2个糜子品种在整个生育期呈先增长再下降的趋势,都是在8月4日开花期的净光合速率达最大值,在8月4日开花期晋黍7号和岢岚黄糜子在密度75万和105万/hm<sup>2</sup>处理的蒸腾速率达最大值,随着密度的增加呈降低趋势。

多项研究表明,在一定范围内,作物的产量随着种植密度的增加而增加,当产量达到一定值时,则随着密度的增加产量逐渐下降<sup>[20-21]</sup>。丰光等<sup>[20]</sup>研究表明,玉米、高粱的株高随着种植密度的增加而增加,茎粗逐渐减小;王德慧等<sup>[12]</sup>研究表明,随着糜子栽培密度的增加,其株高增加,但茎秆变细,糜子群体容易产生倒伏从而引起减产,这与该试验结论一致。晋黍7号和岢岚黄糜子都在90万/hm<sup>2</sup>密度时产量最大,且晋黍7号各处理的产量均高于岢岚黄糜子。

(上接第17页)

种(系)有12个,平均发芽率为3.0%~9.2%,占有参试品种数的16.9%,主要来源于7个不同组合,分别为[淮麦18/周91177]/泛麦5号、淮麦0226/矮抗58、淮麦0226/烟606、烟606/淮麦0226、明天0402/泛麦5号、石02-6207/周麦18、宿553/周麦18,这些抗性种质的鉴定为下一步小麦抗穗发芽育种提供了技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 方正武,李玉莹,马东方,等.长江中下游麦区小麦材料穗发芽抗性评价[J].西北农业学报,2015,24(2):33-38.
- [2] 肖世和,闫长生,张海萍,等.小麦穗发芽研究[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:92-99.
- [3] XIAO S H,ZHANG X Y,YAN C S,et al.Germplasm improvement for pre-

#### 参考文献

- [1] 柴岩.糜子[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [2] 王彦丽,邱喜阳,朱云集,等.施氮量和施氮时期对冬小麦幼穗小花发育及产量的影响[J].西北农业学报,2011,20(7):82-87.
- [3] 董剑,赵万春,陈其皎,等.陕西关中地区不同冬小麦品种晚播高产的适宜播期和密度[J].西北农业学报,2010,19(3):66-69.
- [4] 王萍,陶丹,宋海星,等.品种、播期和密度对冬小麦生育期和产量的影响[J].沈阳农业大学学报,1999,30(6):602-605.
- [5] TETIO-KAGHO F,GARDNER F P.Responses of maize to plant population density:I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth [J].Agron J,1988,80(6):930-935.
- [6] TETIO-KAGHO F,GARDNER F P.Responses of maize to plant population density:II. Reproductive development, yield, and yield adjustments [J].Agron J,1988,80(6):935-940.
- [7] 徐庆章,王庆成,朱玉贞,等.玉米株型与群体光合作用的关系研究[J].作物学报,1995,21(4):492-496.
- [8] SHEN X Y,DAI J Y,HU A C,et al.Studies on relationship among character of canopy light interception and yield in maize populations (*Zea mays* L.)[J].Acta agronomica sinica,1993,19(3):246-252.
- [9] 赵永萍,张保军,张正茂,等.种植密度对冬小麦产量及其构成因素的影响[J].西北农业学报,2009,18(6):107-111.
- [10] 潘洁,姜东,戴廷波,等.不同生态环境与播种期下小麦籽粒品质变异规律的研究[J].植物生态学报,2005,29(3):467-473.
- [11] 王宇先,李清泉,刘玉涛,等.密度和施氮量对糜子产量及综合性状的影响[J].中国农学通报,2012,28(36):188-194.
- [12] 王德慧,乔治军,盛晋华,等.种植密度对糜子生长发育及产量影响[J].干旱区资源与环境,2015,29(5):127-131.
- [13] 马小凤,栾春荣,周振元,等.不同播期和播量对小麦生长发育的影响[J].安徽农学通报,2010,16(1):84-85.
- [14] 李兴,史海滨,程满金,等.集雨补灌区谷子种植方式对产量及水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2008,27(2):106-109.
- [15] 梁秋霞,曹刚强,苏明杰,等.植物叶片衰老研究进展[J].中国农学通报,2006,22(8):282-285.
- [16] 赵洋,董宽虎,赵焱,等.水分胁迫及复水对达乌里胡枝子光合特性的影响[J].草地学报,2011,19(4):584-590.
- [17] 吴亚男,齐华,盛耀辉,等.密度、氮肥对春玉米光合特性、干物质积累及产量的影响[J].玉米科学,2011,19(5):124-127.
- [18] 由海霞.不同密度小麦群体的光合作用特性研究[J].中国农学通报,2005,21(4):162-165.
- [19] 张永丽,肖凯,李雁鸣.种植密度对杂种小麦 C6-38/Py85-1 旗叶光合特性和产量的调控效应及其生理机制[J].作物学报,2005,31(4):498-505.
- [20] 丰光,李妍景,景希强,等.玉米不同种植密度对主要农艺性状和产量的影响[J].玉米科学,2011,19(1):109-111.
- [21] 许章全,黄炳生,沈仲茂.春玉米密植定额和种植方式研究[J].作物学报,1964,3(3):229-245.

harvest sprouting resistance in Chinese white-grained wheat: An overview of the current strategy [J].Euphytica,2002,126(1):35-38.

- [4] 董静,李梅芳,许甫超,等.湖北小麦材料穗发芽抗性评价[J].湖北农业科学,2011,50(24):5040-5043.
- [5] 闫长生,张海萍,海林,等.中国小麦品种穗发芽抗性差异的研究[J].作物学报,2006,32(4):580-587.
- [6] HUMPHREYS D G,NOLL J.Methods for characterization of preharvest sprouting resistance in a wheat breeding program [J].Euphytica,2002,126(1):61-65.
- [7] 张兆萍,周丽敏,宋晓朋,等.小麦穗发芽抗性鉴定及相关分子标记的有效性验证[J].麦类作物学报,2015,35(3):300-305.
- [8] 朱玉磊,王升星,赵良侠,等.以关联分析发掘小麦穗发芽抗性基因分子标记[J].作物学报,2014,40(10):1725-1732.
- [9] 赵斌,万映秀,王瑞,等.小麦抗穗发芽品种资源的筛选[J].安徽农业科学,2010,38(17):8900-8902.
- [10] 张宗敏,陈巧艳,李新华,等.豫北地区不同小麦品种穗发芽初步研究[J].农业科技通讯,2006(11):60-63.