

## 不同种植方式对糜子干物质积累及产量的影响

宋艳丽<sup>1</sup> 张东旗<sup>1</sup> 赵涛<sup>1</sup> 王睿豪<sup>1</sup> 黄贵斌<sup>1</sup> 梁鸡保<sup>2</sup> 高小丽<sup>1\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 农学院/旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 神木县农业技术推广中心, 陕西 神木 719300)

**摘要** 为明确种植方式对糜子产量的影响,以抗旱高产糜子品种‘陕糜1号’为材料,常规等行距条播为对照(CK),研究等行距穴播(CX)、宽窄行条播(KT)和宽窄行穴播(KX)3种不同种植方式对糜子地上干物质积累、顶三叶叶绿素含量及产量的影响。结果表明,糜子抽穗后,不同种植方式的地上部分干物质积累量均呈现先上升后随植株衰老下降的趋势;叶片、叶鞘和茎秆干物质积累呈单峰变化趋势,在抽穗后14 d达到最大值;籽粒随着生育期推进呈“S”型增长趋势;顶三叶叶绿素相对含量(SPAD值)在抽穗14 d后总体呈下降趋势。CX、KT和KX3种植方式的干物质积累量、顶三叶叶绿素含量均显著高于CK;KX、KT2种植方式下的产量显著高于CX、CK,但CX与CK的产量差异不明显。综合分析显示,因地制宜选择宽窄行种植方式是糜子增产增效的关键栽培措施。

**关键词** 糜子; 种植方式; 干物质积累; SPAD值

中图分类号 S516

文章编号 1007-4333(2017)12-0026-09

文献标志码 A

## Effects of different planting patterns on the dry matter accumulation and yield of broomcorn millet

SONG Yanli<sup>1</sup>, ZHANG Dongqi<sup>1</sup>, ZHAO Tao<sup>1</sup>, WANG Ruihao<sup>1</sup>,  
HUANG Guibin<sup>1</sup>, LIANG Jibao<sup>2</sup>, GAO Xiaoli<sup>1\*</sup>

(1. College of Agronomy/Arid State Key Laboratory of Crop Stress Biology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. Agricultural Extension Station of Shenmu County, Shenmu 719300, China)

**Abstract** In order to clarify the effects of planting patterns on the yield of millet, millet variety ‘Shanmi 1’ was taken as study material. The effects of sowing in equal bunch planting (CX), sowing in wide-narrow drill (KT), sowing in wide-narrow bunch planting (KX) and sowing in equal drill (CK) on the above-ground dry matter accumulation, leaf chlorophyll content and yield were studied as control. The results showed that the above-ground dry matter accumulation increased of different planting patterns after heading and then decreased with the senescence of plants. The dry matter accumulation of leaf, sheath and stem reached the maximum value 14 d after the heading; Grain displayed “S” type growth trend with the growth of plant; The SPAD value of the top three leaves decreased. The dry matter accumulation and chlorophyll content of the top three leaves in X, KT, and KX were significantly higher than in CK. The yield of KX and KT was significantly higher than that of CX and CK, there was no significant difference between CK and CX. Comprehensive analysis showed that choosing wide-narrow row planting pattern according to local conditions was the key to increase the production and efficiency of broomcorn millet.

**Keywords** broomcorn millet; planting pattern; accumulation of dry matter; SPAD

糜子(*Panicum miliaceum* L.)属禾本科黍属, 又称黍、稷、禾祭和糜。是起源于中国的古老作物之

一,糜子生育期短,耐旱,耐瘠薄,是干旱半干旱地区的主要杂粮作物和重要的避灾作物,也是中国主要

收稿日期: 2016-11-15

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2014BAD07B03)

第一作者: 宋艳丽, 硕士研究生, E-mail: songyl11@nwsuaf.edu.cn

通讯作者: 高小丽, 副教授, 主要从事小宗粮豆作物高产栽培生理及产业开发研究, E-mail: gao2123@nwsuaf.edu.cn

制米作物之一。我国糜子栽培面积和产量均居世界第二位,发展糜子生产对改善人民的膳食结构,增加农民收入,防灾避旱具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。通过种植方式改善作物群体结构,提高光能利用率,是增加糜子产量的重要途径<sup>[3]</sup>。目前,关于不同种植方式对小麦、玉米等作物干物质积累、叶绿素 SPAD 值及产量的影响研究较多<sup>[4-10]</sup>。张凤洁等<sup>[4]</sup>研究表明,窄行稀条播能增加小麦的叶和茎鞘质量,提高花后小麦营养器官及各节间的干物质运转量、运转率及对籽粒的贡献率。赵桂范等<sup>[5]</sup>研究表明,大豆窄行穴播种植法优于窄行条播、垄上双条播和垄上穴播,不同种植方式干物质积累量均可用 Logistic 方程来描述。童有才等<sup>[6]</sup>研究表明,在种植密度较大的条件下,实行宽窄行种植可增产。郑亭等<sup>[7]</sup>研究表明,不同行数与行距配置方式可引起带状小麦田间通风透光状况的差异,从而影响拔节后各行群体及个体素质、产量。陈翠贤等<sup>[8]</sup>研究表明,小麦在同等生产条件下,宽幅匀播比常规条播明显增产。宽窄行栽培较等行距栽培增产达极显著水平。赵甘霖等<sup>[9]</sup>研究表明,高粱在同一密度下,随行宽增大产量下降,即获得同一产量水平下宽窄行栽培比等行距栽培需要更低的种植密度,可有效防止倒伏,提高产品质量。王在满等<sup>[10]</sup>研究表明,采用机械穴播处理的水稻产量较采用机械条播处理的有优势,可有效提高产量。薛香等<sup>[11]</sup>研究表明,SPAD 值与分光光度计法测定的小麦叶绿素含量呈显著正相关。蔡红光等<sup>[12]</sup>研究表明,玉米叶片 SPAD 值与产量及生物量显著相关。

曹晓宁等<sup>[13]</sup>研究表明,不同种植方式对糜子产量也有明显影响。但目前对糜子不同种植方式下干物质积累,叶绿素 SPAD 值对产量的影响研究较少。因此,本研究以‘陕糜 1 号’糜子品种为材料,通过研究糜子抽穗后不同种植方式对植株叶片、茎秆等地上部干物质积累、顶三叶 SPAD 值和产量的影响,旨在确定陕北旱作地区糜子高产的适宜种植方式,为糜子高产栽培提供技术支持,为糜子产业发展提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料及试验区概况

以“陕糜 1 号”糜子品种为供试材料,由西北农林科技大学育成。

试验设在陕西省神木县解家堡乡赵家沟旱作农

业示范园。土壤肥力中等。该地区海拔 738.7~1 448.7 m,属温带干旱半干旱大陆性季风气候,年平均气温 7.9~11.3 °C,≥10 °C 的积温为 2 847.2~4 147.9 °C。年均无霜期 134~169 d,年日照时数 2 593.5~2 914.2 h,年辐射总量 1 393~1 625 kW·h/m<sup>2</sup>,年平均降水量 316~513 mm,是我国的辐射高值区,是陕西省降水量最少的地区,光照充足,温差大,气候干燥,雨热同季,四季明显。干旱和低温是主要自然灾害。

### 1.2 试验设计

试验设 3 种植方式。以常规等行距条播为(CK):行距 33.3 cm,株距 5 cm。常规等行距穴播(CX):行距 33.3 cm,穴距 10 cm,每穴留 2 苗。宽窄行(2 行 1 带)条播(KT):小行距 20 cm,大行距 40 cm,株距 5 cm。宽窄行(2 行 1 带)穴播(KX):小行距 20 cm,大行距 40 cm,穴距 10 cm,每穴留 2 苗。设基本苗 60 万株/hm<sup>2</sup>,小区面积 20 m<sup>2</sup>(4 m×5 m),12 行区,重复 4 次,共 16 个小区,采用随机区组排列。试验田按糜子高产栽培措施及当地实际进行大田管理。

### 1.3 测定指标及方法

#### 1.3.1 干物质积累量测定

糜子抽穗(2015 年 8 月 5 日)后,每隔 7 d 定期取样,每次每小区各取 9 个单株,用烘干法测定干物质质量。主茎按茎、叶、鞘(顶三叶分别测)、穗、籽粒进行分解处理,然后 105 °C 杀青 30 min,并 80 °C 烘干至恒重,称取干重。

#### 1.3.2 叶绿素相对含量测定(SPAD 值)

糜子抽穗后,每隔 7 d 定期取样测定,从每小区内随机选取长势较一致的单株 6 株,用日本 Konica Minolta 公司生产的 SPAD-502 Plus 便携式叶绿素计分别测定顶三叶叶片的叶绿素相对质量分数,每片叶测量叶基部、中部和尖部 3 个部位,以 3 个部位的平均值代表该片叶的叶绿素 SPAD 值,以所测 18 片叶(6 片旗叶,6 片倒二叶和 6 片倒三叶)的 SPAD 值代表该处理小区的顶三叶叶绿素 SPAD 值。

#### 1.3.3 产量测定

成熟后,分小区收获籽粒,称质量并折算成公顷产量。

### 1.4 数据处理

利用 SPSS 19.0 统计分析软件进行方差分析、相关分析和各性状间的多重比较,用 Microsoft Excel 进行数据处理与作图。

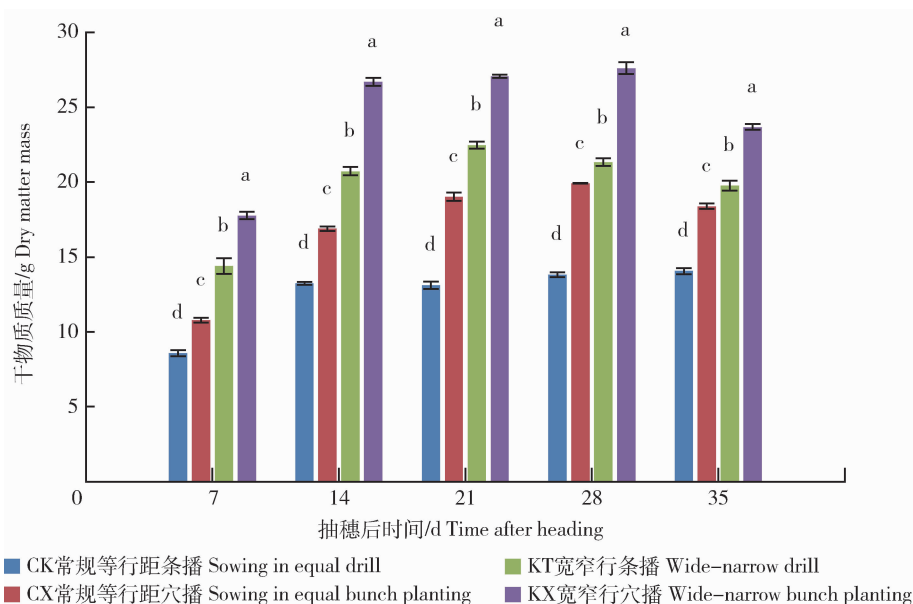
## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植方式糜子抽穗后植株地上部分干物质积累动态

由图1可知,糜子抽穗后,CK植株地上部分干物质在抽穗后随生育进程的推进而增加,到后期积累速率变缓。KX、KT和CX则呈现相同的变化趋势,均随生育进程的推进先增加后下降。KX与CX

均在抽穗后28d达到最大值,KT则在抽穗后21d达到最大值。这可能是由于穴播有利于分蘖形成,在生长发育后期主茎生长缓慢的情况下,分蘖仍继续快速生长而形成的。

不同种植方式下植株地上部分干物质积累量表现为 $KX > KT > CX > CK$ 。在同一测定时期,不同种植方式下糜子籽粒干物质积累量间均存在显著差异。



同一天内标不同字母表示在5%水平上显著差异,下同。

Different letters within the same day are significantly different at 5% probability level. The same below.

图1 不同种植方式糜子抽穗后植株地上部分干物质积累

Fig. 1 Above-ground dry matter accumulation of broomcorn millet at different planting patterns

### 2.2 不同种植方式糜子抽穗后不同器官的干物质积累动态

由图2、图3和图4可知,不同种植方式糜子抽穗后植株主茎上叶片、叶鞘和茎秆的干物质积累量表现出相同的变化规律,即主茎叶片、叶鞘和茎秆干物质积累量均在抽穗后迅速增加,并在抽穗14d后达到最大值,之后随着籽粒灌浆的进行,各营养器官干物质向籽粒转移,干物质积累量开始呈现下降趋势,并逐渐趋于平缓。

叶片、叶鞘和茎秆在不同时期的干物质积累量不同,且宽窄行种植表现一定的优势。可能是由于抽穗后初期,宽窄行种植构建的良好群体结构促进植株生长。而随着生育进程的推进,群体竞争逐渐激烈,分蘖增多、植株衰老等都将引起干物质积累量

的变化。

### 2.3 不同种植方式糜子籽粒干物质积累动态

由图5可知,糜子抽穗后,籽粒干物质积累量逐渐增加,且呈“S”型的增长趋势,即在抽穗初期质量增长较慢,抽穗21d后快速增加,且不同种植方式下糜子籽粒干物质积累量在抽穗后不同时期均存在显著差异,成熟期表现为: $KX > KT > CX > CK$ 。

### 2.4 不同种植方式糜子主茎顶三叶叶绿素相对含量(SPAD值)变化动态

由图6可知,糜子植株主茎旗叶绿素自抽穗后7~35d在CK与CX条件下均呈现先上升后下降的趋势,并于抽穗后14d达到最大,随着籽粒灌浆成熟,生殖生长逐渐占据优势,叶片等营养器官生长变缓并趋于衰老,旗叶绿素相对含量迅速减少;

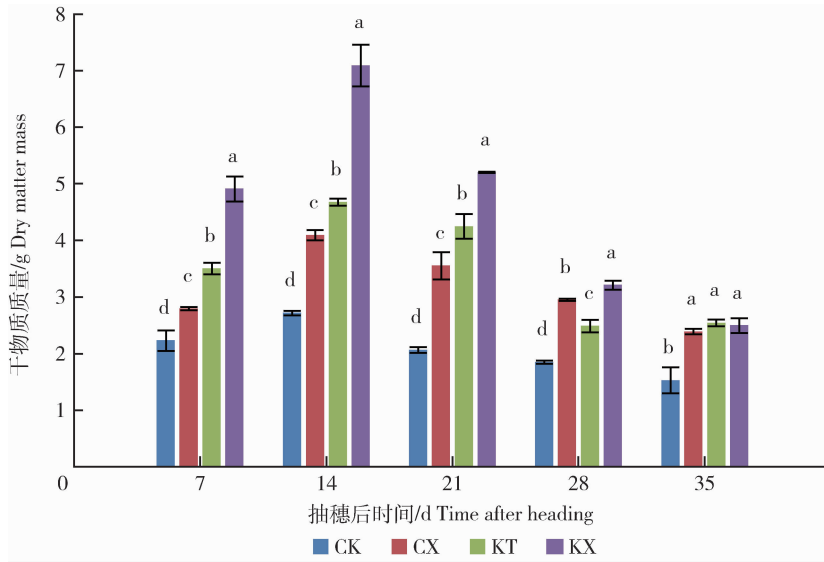


图 2 不同种植方式糜子抽穗后叶片干物质积累

Fig. 2 Leaves dry matter accumulation of broomcorn millet at different planting patterns

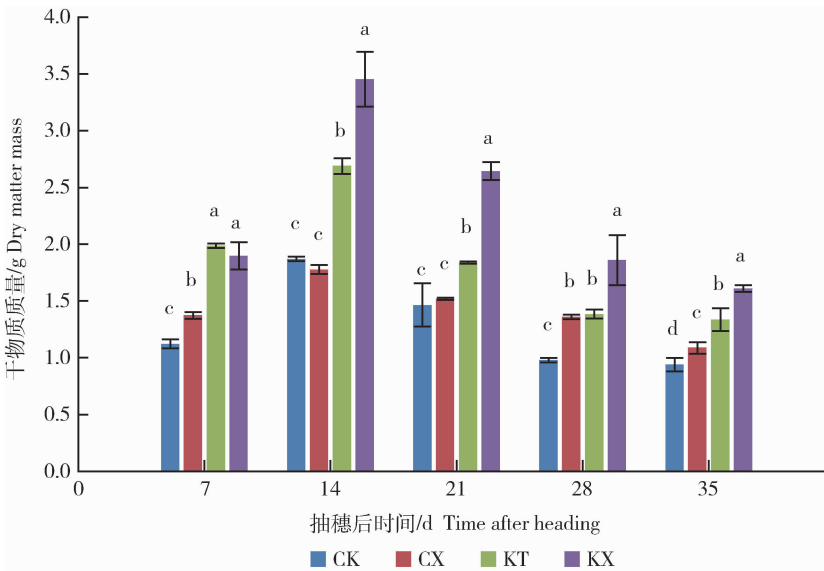


图 3 不同种植方式糜子抽穗后叶鞘干物质积累

Fig. 3 Leaf sheath dry matter accumulation of broomcorn millet at different planting patterns

KT 与 KX 在抽穗后 7 d 处于最高值,随着生育进程的推进,旗叶叶绿素相对含量不断减少,呈现持续下降的变化趋势。主茎倒二叶、倒三叶叶绿素相对含量变化趋势与旗叶相似,在 CX、KT、KX 条件下均呈现相同的变化趋势,即在抽穗后 7 d 处于最高值,随着生育进程的推进不断减少。而 CK 则表现为先上升后下降的趋势。抽穗后 7~35 d,在不同的种植

方式下,SPAD 值出现最高值的时间不同,可能是由于条播植株顶土力弱,苗弱小,光合作用合成叶绿素缓慢;穴播则相反。因此,在抽穗后 7 d,CK 未能达到最高值。而 KT 则可能由于群体配置优势使得其补偿了条播顶土力弱的缺点。

同一生育时期不同种植方式下主茎顶三叶叶绿素相对含量存在显著差异,表现为  $KX > KT > CX > CK$ 。

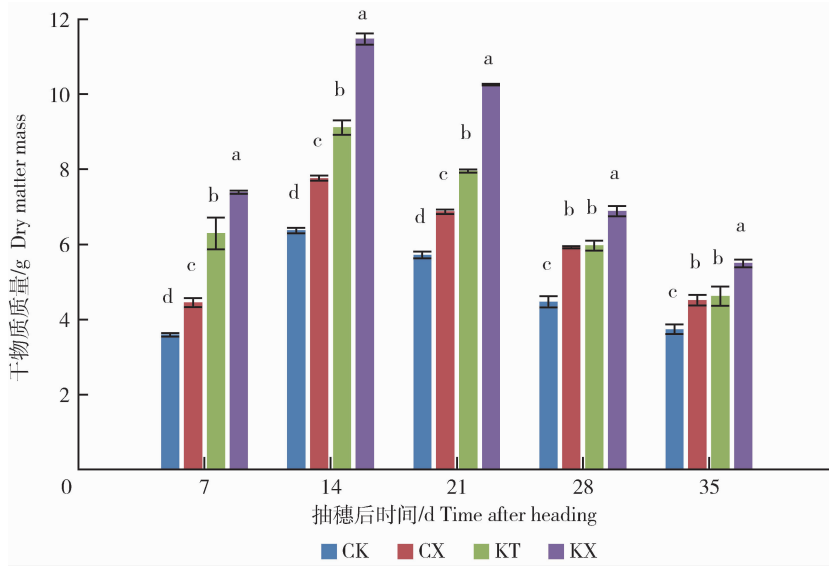


图4 不同种植方式糜子抽穗后茎秆干物质积累

Fig. 4 Stem dry matter accumulation of broomcorn millet at different planting patterns

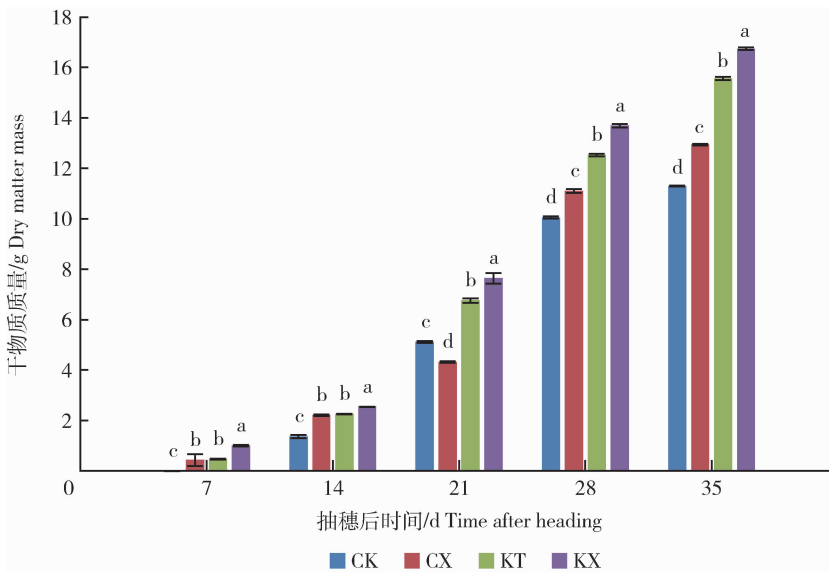


图5 不同种植方式糜子抽穗后籽粒干物质积累

Fig. 5 Dry matter accumulation of seeds of broomcorn millet at different planting patterns

## 2.5 产量

由表1可知,不同种植方式下糜子产量存在一定差异,产量由高到低依次为宽窄行穴播(KX) > 宽窄行条播(KT) > 等行距穴播(CX) > 等行距条播(CK),且宽窄行穴播(KX)、宽窄行条播(KT)与等行距条播(CK)差异显著,而等行距穴播(CX)与等行距条播(CK)差异不显著。

## 2.6 不同种植方式下各性状间的相关分析

不同种植方式下,糜子抽穗后地上部分、各器官干物质积累量、顶三叶叶绿素相对含量和产量的相关分析结果如表2。由表2可知,不同种植方式下,糜子抽穗后各性状间,除地上部分干物质积累量与倒二、倒三叶绿素相对含量 SPAD 值无显著相关关系外,其他性状间存在显著的相关关系。

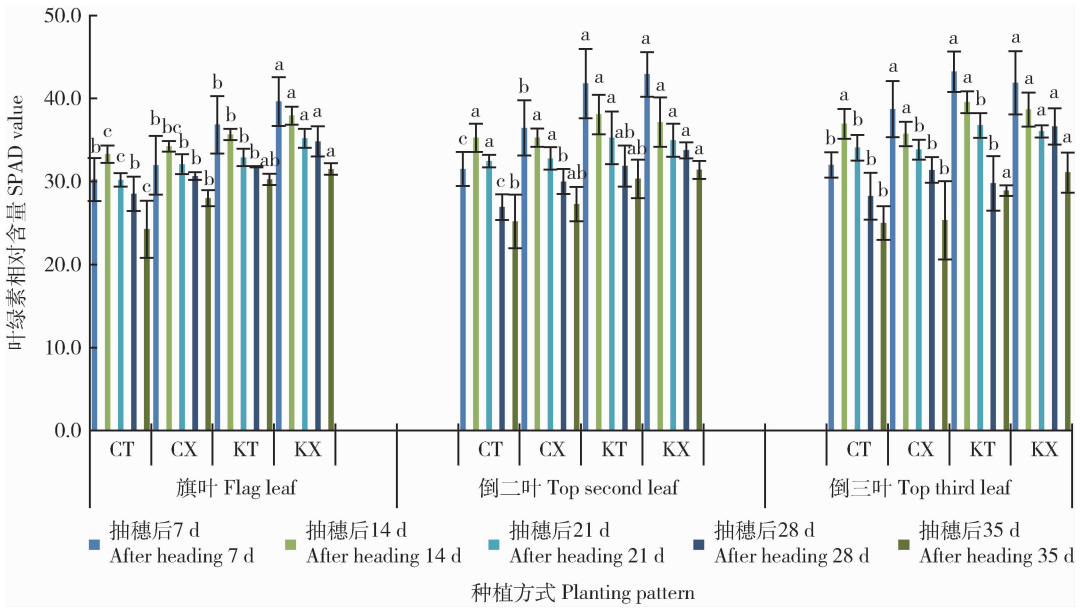


图 6 不同种植方式糜子抽穗后顶三叶叶绿素相对含量

Fig. 6 Relative content of chlorophyll in top three leaves of broomcorn millet at different planting patterns

表 1 不同种植方式下的糜子籽粒产量

Table 1 Yield of broomcorn millet at different planting patterns

种植方式 Planting patterns	小区产量/(kg/20 m <sup>2</sup> ) Yield per plot	公顷产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield per hectare
CK	5.8±0.1 c	3 038.0±61.6 c
CX	6.1±0.3 c	3 131.5±50.8 c
KT	6.8±0.1 b	3 421.7±31.2 b
KX	8.5±0.2 a	4 252.1±75.5 a

注：标不同字母表示在 5% 水平上显著差异。

Note: The different letters indicate significant differences at the 5% level.

### 3 结论与讨论

不同种植方式很大程度上影响着作物群体结构,进而影响到群体的光能利用效率和同化物的生产<sup>[14]</sup>。同化物的生产是作物产量形成的基础,干物质积累是提高作物产量的关键<sup>[15-16]</sup>。本研究表明,宽窄行穴播(KX)种植条件下,地上部分、各器官干物质积累量在一定时期均显著高于其他种植方式,且表现出一定的增产优势,其中,较对照增产高达 40.0%。宽窄行种植对不同品种具有很强的适应性<sup>[17]</sup>,但本研究只针对‘陕糜 1 号’进行研究,其他作物或品种有待进一步研究。

梁熠等<sup>[18]</sup>研究表明,宽窄行栽培有效改善了玉

米的群体结构,促进个体生长发育,增加了干物质积累,改善玉米叶片的光合性能,最终提高玉米产量。刘武仁等<sup>[19]</sup>研究表明,玉米宽窄行种植可促进生长发育,根系数量增多,叶面积增大和干物重增加。魏珊珊等<sup>[20]</sup>研究表明,玉米产量、干物质积累量、作物生长率、灌浆速率和冠层光合能力等均表现为宽窄行处理高于等行距处理,各种种植方式中以宽窄行每穴 2 株种植产量最高。杨延兵等<sup>[21]</sup>研究表明,穴播可以解决谷子单籽出苗顶土力弱的问题,从而一定程度上促进植株生长,谷子在不同试验地点穴播与条播相比籽粒产量水平相当或有所提高。赵奇等<sup>[22]</sup>研究表明,冬小麦露地穴播比露地条播成穗率和产量均有所提高。本研究结果与前人在玉米、谷

表2 不同种植方式下各性状间的相关性

Table 2 Correlation of traits under different planting patterns

项目 Item	地上部分 ( $X_1$ ) Above-ground	叶片 ( $X_2$ ) Leaf	叶鞘 ( $X_3$ ) Leaf sheath	茎秆 ( $X_4$ ) Stem	旗叶 SPAD 值( $X_5$ ) Flag leaf SPAD value	倒二叶 SPAD 值( $X_6$ ) Top second leaf SPAD value	倒三叶 SPAD 值( $X_7$ ) Top third leaf SPAD value	产量 (Y) Yield
地上部分( $X_1$ )	1.000							
叶片( $X_2$ )	0.577**	1.000						
叶鞘( $X_3$ )	0.587**	0.902**	1.000					
茎秆( $X_4$ )	0.681**	0.929**	0.934**	1.000				
旗叶 SPAD 值( $X_5$ )	0.378**	0.771**	0.745**	0.715**	1.000			
倒二叶 SPAD 值( $X_6$ )	0.123	0.647**	0.619**	0.563**	0.875**	1.000		
倒三叶 SPAD 值( $X_7$ )	0.099	0.627**	0.649**	0.577**	0.864**	0.917**	1.000	
产量(Y)	0.777**	0.623**	0.623**	0.598**	0.618**	0.441**	0.391**	1.000

注: \*\*表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。\*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: \*\* indicates a significant correlation at 0.01 level (both sides). \* indicates a significant correlation at 0.05 level (both sides).

子和小麦等作物上的研究结果一致,糜子宽窄行种植较等行距种植、穴播较条播干物质积累量及产量更占优势。

糜子叶片是进行光合作用的主要器官和场所,因此叶片叶绿素 SPAD 值可以反映出光合作用的强弱<sup>[23]</sup>。叶片光合作用是作物生长发育和物质生产的基础,而叶绿素的含量一定程度上影响着作物的最终产量。罗宏博等<sup>[24]</sup>研究表明,穴播栽培条件下小麦叶片 SPAD 值大于条播栽培,各生育时期平均单株地上、地下部分干质量、籽粒产量穴播均大于条播。何甜等<sup>[25]</sup>研究表明,各生育时期小麦旗叶 SPAD 值与产量均存在正相关关系,与本研究结果一致。本研究表明,糜子抽穗后,宽窄行种植顶三叶叶绿素 SPAD 值高于等行距种植,穴播高于条播,且旗叶叶绿素 SPAD 值与植株地上部干物质积累、产量等均呈极显著正相关,不同种植方式下产量表现为叶绿素 SPAD 值高的产量相对较高。旗叶叶片 SPAD 值可以很好的反应植株叶绿素及产量水平,可作为早期预测产量的指标<sup>[26]</sup>。因此,在糜子育种过程中,应选择旗叶叶绿素 SPAD 值较高的品种类型作为高产育种材料。

综合分析表明,糜子等行距穴播、宽窄行条播和宽窄行穴播比等行距条播有不同程度的增产效果,且宽窄行穴播较其他 3 种植方式干物质积累量、

顶三叶叶绿素相对含量(SPAD 值)及产量更占据优势。因此,在糜子生产实践中,应该根据当地生产实际采用宽窄行高效种植方式,促进植株干物质的积累量及顶三叶叶绿素 SPAD 值的增加,最终提高糜子产量。

## 参考文献 References

- [1] 林汝法,柴岩,廖琴.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002,2-3  
Lin R F, Chai Y, Liao Q. *Minor Grain Crops in China* [M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press, 2002, 2-3 (in Chinese)
- [2] 柴岩,万富世.中国小杂粮产业发展报告[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007,3-5  
Chai Y, Wan F S. *Report on Development of Minor Cereal Industry in China* [M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press, 2007, 3-5 (in Chinese)
- [3] 张盼盼.糜子农田小气候特征及生物学特性对施肥水平的响应[D].杨凌:西北农林科技大学,2013  
Zhang P P. Response of field microclimate characteristics and biological properties of broomcorn millet to fertilization levels [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2013 (in Chinese)
- [4] 张凤洁,郭欢,冯变娥,乔俊芳,苟洁,董琦,王爱萍.窄行稀条播对小麦干物质积累及运转的影响[J].山西农业科学,2014,42(2):123-125  
Zhang F J, Guo H, Feng B E, Qiao J F, Xun J, Dong Q, Wang A

- P. Study on accumulation and translation of dry matter in winter wheat under narrow row sparse drilling[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2014, 42 (2): 123-125 (in Chinese)
- [5] 赵桂范, 连成才, 郑天琪, 王成, 张洪全. 种植方式对大豆植株干物质积累及养分吸收影响的研究[J]. *大豆科学*, 1995, 14(3): 233-239
- Zhao G F, Lian C C, Zheng T Q, Wang C, Zhang H Q. The effect of planting pattern on dry matter accumulation and nutrient content absorbability of soybean plant[J]. *Soybean Science*, 1995, 14(3): 233-239(in Chinese)
- [6] 童有才, 张会南, 左晓龙, 刘泽, 张玮, 阮龙, 陈洪俭. 不同宽窄行及播种密度对玉米弘大 8 号产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(13): 62-65
- Tong Y C, Zhang H N, Zuo X L, Liu Z, Zhang W, Ruan L, Chen H J. Effects of planting density and row distance on the yield of a hybrid maize cultivar Hongda 8 [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25 (13): 62-65 (in Chinese)
- [7] 郑亭, 樊高琼, 陈溢, 李金刚, 荣晓椒, 李国瑞, 杨文钰. 行数与行距配置对带状条播小麦群体及个体质量的影响[J]. *作物学报*, 2013, 39(5): 885-895
- Zheng T, Fan G Q, Chen Y, Li J G, Rong X J, Li G R, Yang W Y. Effect of number and interspace of planting rows on population and individual quality of strip-drilling wheat[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2013, 39(5): 885-895(in Chinese)
- [8] 陈翠贤, 樊胜祖, 刘广才, 周廷芬, 陶英, 杨霞霞. 宽幅匀播与常规条播春小麦产量和农艺性状比较[J]. *甘肃农业科技*, 2016 (1): 36-38
- Chen C X, Fan S Z, Liu G C, Zhou T F, Tao Y, Yang F X. Comparison of yield and agronomic characters between wide spread and conventional drilling spring wheat [J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2016 (1): 36-38 (in Chinese)
- [9] 赵甘霖, 丁国祥, 刘天朋, 倪先林, 陈国民, 胡炯凌, 汪小楷. 宽窄行和等行距栽培条件下高粱种植密度与产量的关系研究[J]. *农学报*, 2013, 3(8): 11-13
- Zhao G L, Ding G X, Liu T P, Ni X L, Chen G M, Hu J L, Wang X K. Studied on relationship on the sorghum density and yield under different width row space with narrow row space and same row space culture[J]. *Journal of Agriculture*, 2013, 3 (8): 11-13(in Chinese)
- [10] 王在满, 戴亿政, 王宝龙, 张明华, 莫钊文, 罗锡文. 水稻机械化穴播和条播的对比研究[J]. *中国稻米*, 2016, 22(4): 19-20
- Wang Z M, Dai Y Z, Wang B L, Zhang M H, Mo Z W, Luo X W. Research on hill-drop drilling and row drilling of rice[J]. *China Rice*, 2016, 22(4) : 19-20(in Chinese)
- [11] 薛香, 吴玉娥. 小麦叶片叶绿素含量测定及其与 SPAD 值的关系[J]. *湖北农业科学*, 2010, 49(11): 2701-2702
- Xue X, Wu Y E. Chlorophyll content determination and its relationship with SPAD value in wheat[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2010, 49(11): 2701-2702(in Chinese)
- [12] 蔡红光, 米国华, 陈俊璇, 张秀芝, 高强. 玉米叶片 SPAD 值、全氮及硝态氮含量的品种间变异[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(4): 866-873
- Cai H G, Mi G H, Chen F J, Zhang X Z, Gao Q. Genotypic variation of leaf SPAD value, nitrogen and nitrate content in maize[J]. *Plant Nutrition & Fertilizer Science*, 2010, 16(4): 866-873(in Chinese)
- [13] 曹晓宁, 王君杰, 王海岗, 陈凌, 刘思辰, 田翔, 乔治军. 糜子栽培研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(31): 79-81
- Cao X N, Wang J J, Wang H G, Cheng L, Liu S C, Tian X, Qiao Z J. Research progress on cultivation of *Panicum miliaceum* L [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43 (31): 79-81(in Chinese)
- [14] 卢亚妮, 侯青光. 不同种植方式对玉米产量及相关性状的影响[J]. *广西农学报*, 2014, 29(4): 10-12
- Lu Y N, Hou Q G. Effects of different planting methods on yield and related traits of maize [J]. *Guangxi Journal of Agriculture*, 2014, 29(4): 10-12(in Chinese)
- [15] 黄智鸿, 王思远, 包岩, 梁焯赫, 孙刚, 申林, 曹洋, 吴春胜. 超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究[J]. *玉米科学*, 2007, 15(3): 95-98
- Huang Z H, Wang S Y, Bao Y, Liang X H, Sun G, Shen L, Cao Y, Wu C S. Studies on dry matter accumulation and distributive characteristic in super high-yield maize[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 15(3): 95-98(in Chinese)
- [16] 姚素梅, 康跃虎, 刘海军. 喷灌与地面灌溉冬小麦干物质积累、分配和运转的比较研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(6): 51-56
- Yao S M, Kang Y H, Liu H J. Studies on dry matter accumulation, partitioning and translocation in winter wheat under sprinkler and surface irrigation conditions [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(6): 51-56 (in Chinese)
- [17] 王根全, 王节之, 郝晓芬, 王晓宇, 张艾英, 秦玉忠. 谷子宽窄行种植效果研究[J]. *陕西农业科学*, 2015, 61(12): 8-10.
- Wang G Q, Wang J Z, Hao X F, Wang X Y, Zhang A Y, Qin Y Z. Millet spacing planting effect research [J]. *Shaanxi Agricultural Sciences*, 2015, 61(12): 8-10(in Chinese)
- [18] 梁熠, 齐华, 王敬亚, 白向历, 王晓波, 刘明, 孟显华, 许晶. 宽窄行栽培对玉米生长发育及产量的影响[J]. *玉米科学*, 2009, 17(4): 97-100
- Liang Y, Qi H, Wang J Y, Bai X L, Wang X B, Liu M, Meng X H, Xu J. Effects of growth and yield of maize under wide and narrow row cultivation[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2009, 17(4): 97-100(in Chinese)
- [19] 刘武仁, 冯艳春, 郑金玉, 刘凤成, 朱晓丽, 何志, 李勇, 裴攸, 曹雨. 玉米宽窄行种植产量与效益分析[J]. *玉米科学*, 2003, 11(3): 63-65
- Liu W R, Feng Y C, Zheng J Y, Liu F C, Zhu X L, He Z, Li Y, Pei Y, Cao Y. Analysis of yield and benefit of corn planting row



- [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2003, 11 (3): 63-65 (in Chinese)
- [20] 魏珊珊,王祥宇,董树亭. 株行距配置对高产夏玉米冠层结构及籽粒灌浆特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(2): 441-450  
Wei S S, Wang X Y, Dong S T. Effects of row spacing on canopy structure and grain-filling characteristics of high-yield summer maize[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(2): 441-450 (in Chinese)
- [21] 杨延兵,高凤菊,秦岭,曹鹏鹏,管延安,王海莲,张华文. 穴播与条播对夏谷产量及相关性状的影响[J]. *山东农业科学*, 2011 (10): 36-38  
Yang Y B, Gao F J, Qin L, Cao P P, Guan Y A, Wang H L, Zhang H W. Effects of bunch planting and row planting on grain yield and related agronomic traits of summer-sowing foxtail millet (*Setaria italica* L Beauv) [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2011(10): 36-38 (in Chinese)
- [22] 赵奇,雷钧杰,陈兴武,宋敏,赛力汗. 不同播种方式对冬小麦生物特性及其产量的影响[J]. *新疆农业科学*, 2001, 38(6): 313-314  
Zhao Q, Lei J J, Chen X W, Song M, Sai L H. Effects of different sowing methods on the biological characteristics and yield of winter wheat [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2001, 38(6): 313-314 (in Chinese)
- [23] 王志伟,乔祥梅,程加省,宗兴梅,丁礼云,和立宣,杨金华,胡银星,程耿,黄锦,于亚雄. 不同小麦品种叶面积、叶绿素相对质量分数、根系性状及产量的研究[J]. *西南大学学报:自然科学版*, 2016, 38(8): 10-15  
Wang Z W, Qiao X M, Cheng J S, Zong X M, Ding L Y, He L X, Yang J H, Hu Y X, Cheng G, Huang J, Yu Y X. Study on leaf area, relative chlorophyll contents, root traits and yields among the different types of wheat cultivars [J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2016, 38(8): 10-15 (in Chinese)
- [24] 罗宏博,海江波,白银萍,邵玉伟,平亚琴. 穴播栽培对冬小麦生理特性及干物质积累的影响[J]. *西北农业学报*, 2016, 25(6): 841-848  
Luo H B, Hai J B, Bai Y P, Shao Y W, Ping Y Q. Effect of dibbling cultivation on physiological characteristics and dry matter accumulation of winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2016, 25(6): 841-848 (in Chinese)
- [25] 何甜,雒景吾,张保军,张正茂,王晓乐,张楠. 冬小麦叶片 SPAD 值和产量对种植密度和施肥的响应[J]. *西北农业学报*, 2013, 22(8): 21-26  
He T, Luo J W, Zhang B J, Zhang Z M, Wang X L, Zhang N. Response of SPAD and yield to planting density and fertilizer application for winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2013, 22(8): 21-26 (in Chinese)
- [26] 于亚利,贾文凯,王春宏,姜佰文. 春玉米叶片 SPAD 值与氮含量及产量的相关性研究[J]. *玉米科学*, 2011, 19(4): 89-92  
Yu Y L, Jia W K, Wang C H, Jiang B W. Study on the relationship of SPAD readings to nitrogen content and to yield in spring maize [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2011, 19(4): 89-92 (in Chinese)

责任编辑:吕晓梅