

# 新疆糜子地方种杂交后代农艺性状的遗传规律研究

张东杰<sup>1</sup> 张喆钧<sup>2</sup> 阿依丁库力·沙黑多拉<sup>3</sup> 桑塔那提·阿斯卡尔<sup>1</sup> 吾买尔夏提·塔汉<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>新疆农业大学生命科学学院, 830052, 新疆乌鲁木齐; <sup>2</sup>新疆农业大学草业学院, 830052, 新疆乌鲁木齐; <sup>3</sup>托里县农业农村局, 834500, 新疆塔城)

**摘要** 通过2个糜子地方种紫秆侧穗(TKS)和黄秆密穗(HP)进行正反交, 分析子二代(F<sub>2</sub>)茎叶颜色和穗型的分离情况, 并对株高、主茎节数、穗长等共7个农艺性状作遗传变异分析。结果表明, F<sub>2</sub>中, TKS×HP (TH)和HP×TKS (HT)群体均出现了茎叶颜色和穗型分离现象; HT群体中茎叶的紫黄颜色分离比例约为15:1, 表明紫色对黄色呈显性, 紫色由多基因控制。TH群体中茎叶的紫黄颜色分离比约为1:1, 表明紫色受多基因控制。2个群体中穗型比例均约为15:1, 表明穗型受多基因控制。F<sub>2</sub>中, 2个群体穗重均高于亲本范围, HT群体穗长高于亲本范围, 株高低于亲本范围, 存在超亲分离现象。F<sub>2</sub>中穗型和茎叶颜色遗传多样性指数最高; 中亲优势分析表明, TH比HT群体中亲优势明显; 相关性分析中, 2个群体均表现出穗型与茎叶颜色呈极显著正相关, 其他性状表现出不同的相关性。

**关键词** 糜子; 农艺性状; 茎叶颜色; 穗型; 超亲分离; 中亲优势; 遗传规律

糜子 (*Panicum miliaceum* L.) 抗旱、耐贫瘠、籽实宜贮藏且营养价值高, 能适应干旱的自然环境并正常结实, 因此, 糜子在干旱地区种植业中有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。糜子适应新疆种植环境, 该地种植的糜子因长期自交繁殖, 存在近交衰退的风险, 通过不同糜子地方种杂交获得兼具优良性状的新种质是实现农业增效和农民增收的有效途径<sup>[2]</sup>。新疆土地干旱、盐碱严重, 而糜子有优异的抗逆性表现<sup>[3-4]</sup>和较高的食用价值<sup>[5]</sup>, 故培育本地优良品种具有重要意义。

目前, 关于糜子产量、性状、抗性、营养品质以及生理等方面的研究较多<sup>[6-12]</sup>, 而在糜子有性杂交遗传方面的研究较少, 新疆糜子杂交研究更是处于空白状态。李强等<sup>[13-14]</sup>通过糜子杂交研究 F<sub>2:3</sub> 群体茎秆颜色性状、叶片和果皮颜色的遗传规律, 提出不同的茎秆颜色可能会导致作物产量和品质差异的观点, 并确定了糜子茎秆和果皮颜色的遗传分离比均约为3:1。在玉米<sup>[15]</sup>、小麦<sup>[16]</sup>、薏苡<sup>[17]</sup>、红掌<sup>[18]</sup>和小菰菜<sup>[19]</sup>等作物杂交的颜色性状遗传研究中发现, 性状分离比例也约为3:1, 显性性状变异率的增加有利于优异性状的选择。植物叶片颜色与色素含量相关, 较高的色素含量有利于植株抵抗强光及干旱环境<sup>[20-21]</sup>, 茎叶颜色遗传规律的掌握将对

强化新疆糜子抗逆性起辅助作用。

穗重对产量的影响比较大, 是糜子育种的重要指标之一<sup>[22]</sup>。侧穗型品种数量在干旱、半干旱地区有明显优势<sup>[1]</sup>, 侧穗型糜子的穗长普遍较大, 而穗长与穗重间存在显著正相关<sup>[22]</sup>。本试验以新疆紫秆侧穗糜子 (TKS) 和黄秆密穗糜子 (HP) 为研究对象, 通过杂交探究其茎叶颜色、穗型和穗重及部分农艺性状的相关性, 观测杂交糜子的穗长及穗重变化, 进而探索其遗传规律及糜子部分农艺性状遗传变异特点, 为培育优良品种提供理论指导和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以紫秆侧穗糜子 (TKS) 和黄秆密穗糜子 (HP) 为试验材料, 紫秆侧穗为母本、黄秆密穗为父本杂交得到 F<sub>1</sub> (TKS×HP), 自交产生 F<sub>2</sub> (TH); 黄秆密穗为母本、紫秆侧穗为父本杂交得到 F<sub>1</sub> (HP×TKS), 自交产生 F<sub>2</sub> (HT)。从历年种植栽培的23个地方种中挑选出生育期较短、农艺性状优良、产量较高且在23个地方种中综合产量及性状表现优异的2个地方种 TKS 和 HP, 试验材料信息见表1。

作者简介: 张东杰, 主要从事糜子生物学研究, E-mail: 1578827746@qq.com

吾买尔夏提·塔汉为通信作者, 主要从事植物资源与遗传多样性研究, E-mail: 574669891@qq.com

基金项目: 国家自然科学基金 (31760083)

收稿日期: 2024-02-29; 修回日期: 2024-04-03; 网络出版日期: 2024-08-13

表 1 试验材料的主要信息  
Table 1 Main information of test materials

试验材料 Test material		来源 Source	样本量 Sample number	性状 Trait
杂交亲本 Hybrid parent	TKS	中国新疆伊犁	1	侧穗，株高较高，生育期长，成熟期茎叶部分呈紫色
	HP	哈萨克斯坦	1	密穗，株高较矮，生育期短，成熟期茎叶呈黄色
F <sub>1</sub>	TKS×HP	—	1	侧穗，茎叶颜色枯萎后呈浅紫色
	HP×TKS	—	1	侧穗，茎叶颜色枯萎后呈浅紫色
F <sub>2</sub>	TH	—	791	生育期、穗型、穗长、株高、茎叶颜色分离
	HT	—	873	生育期、穗型、穗长、株高、茎叶颜色分离

1.2 试验方法

2021 年在新疆乌鲁木齐市头屯河区新疆农业大学三坪实习农场进行杂交试验，以 TKS 和 HP 为亲本进行正反交，不同糜子地方种花期不同且每年温度、水分等自然条件的变化会导致花期的波动，因此对 2 个地方种进行分批分期播种，以期达到花

期相遇的目的。杂交的方法主要参考文献[23-24]并做出调整。于 2022 年播种获得 F<sub>1</sub>，选取 F<sub>1</sub> 优良单株穗，于 2023 年播种获得 F<sub>2</sub>。在糜子成熟期观测 2 个质量性状（穗型和茎叶颜色）和 5 个数量性状（株高、主茎节数、穗长、穗重和生育期），性状描述及代码见表 2。

表 2 农艺性状及测定标准  
Table 2 Agronomic traits and determination standard

性状 Trait	类型 Type	赋值 Valuation	性状描述及代码 Trait description and code
株高 Plant height	数量性状	数值	成熟期地面至穗最高点的自然高度
主茎节数 Number of nodes on the main stem	数量性状	数值	主茎的分节数量
穗型 Panicle type	质量性状	0, 1	侧穗（0）、密穗（1）
穗长 Panicle length	数量性状	数值	穗基第一分枝到穗尖的绝对长度
穗重 Panicle weight	数量性状	数值	成熟后穗的干重
茎叶颜色 Stem and leaf color	质量性状	0, 1	成熟期旗叶枯萎后颜色，黄色（0）、淡紫色（1）
生育期 Growth period	数量性状	数值	从出苗到成熟的天数

变异系数（CV，%）=S/X×100，表示数据离散程度的绝对值，式中，S 代表标准差，X 代表平均值。杂种优势由中亲优势和中亲优势率表示。中亲优势（ $H_m$ ）= $F_m-V_{MP}$ ，表示子代某一性状的均值与双亲性状均值的差异性，式中， $F_m$  代表 F<sub>1</sub> 群体表型性状的平均数， $V_{MP}$  代表双亲表型性状的平均数；中亲优势率（ $R_{H_m}$ ，%）= $(F_m-V_{MP})/V_{MP} \times 100$ ，表示子代某一性状的均值与双亲性状均值的差异率；Shannon-wiener 多样性指数（ $H$ ）= $-\sum [p_i \times \ln(p_i)]$ ，式中， $p_i$  为物种个体数占总个体数比例，指遗传多样性指数。

1.3 数据处理

使用 Excel 2019 整理数据，使用 SPSS 21 分析数据。

2 结果与分析

2.1 TH 和 HT 群体表型鉴定与评价

表 3 中 TH 群体 F<sub>2</sub> 代的表型性状中亲优势分析表明，主茎节数的中亲优势小于 0，表明主茎节数表现低于 2 个亲本的平均值，其他 4 个性状中亲优

表 3 TH 群体 F<sub>2</sub> 代杂种优势表现  
Table 3 Performance of heterosis in F<sub>2</sub> generation of TH population

性状 Trait	父本 Male parent	母本 Female parent	$V_{MP}$	F <sub>2</sub>		
				$F_m$	$H_m$	$R_{H_m}$ (%)
株高 Plant height	81.31	106.43	93.87	95.75	1.88*	2.00
主茎节数 Number of nodes on the main stem	5.33	7.07	6.20	6.00	-0.20	-3.23
穗长 Panicle length	17.62	31.23	24.43	36.65	12.22**	50.02
穗重 Panicle weight	6.30	4.37	5.34	6.52	1.18*	22.10
生育期 Growth period	67.00	95.00	81.00	85.00	4.00*	4.94

“\*” 表示差异显著 ( $P < 0.05$ )， “\*\*” 表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )，下同。  
“\*” indicates significant difference ( $P < 0.05$ ), “\*\*” indicates extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), the same below.

势均大于 0，呈极显著或显著差异；穗长、穗重数值高于亲本数值范围，存在超亲分离现象。

表 4 中 HT 群体 F<sub>2</sub> 代的表型性状中亲优势分析表明，株高和主茎节数中亲优势小于 0，表明株高和主茎节数表现低于 2 个亲本的平均值，且株高存在极显著差异。穗重均值高于亲本范围，存在超亲分离现象。穗长和生育期均值在亲本范围之内，株高低于亲本范围，与 TH 群体结果基本一致。

表 4 HT 群体 F<sub>2</sub> 代杂种优势表现  
Table 4 Performance of heterosis in F<sub>2</sub> generation of HT population

性状 Trait	父本 Male parent	母本 Female parent	$V_{MP}$	F <sub>2</sub>		
				$F_m$	$H_m$	$R_{Hm}(\%)$
株高 Plant height	106.43	81.31	93.87	75.00	-18.87**	-20.10
主茎节数 Number of nodes on the main stem	7.07	5.33	6.20	6.00	-0.20	-3.23
穗长 Panicle length	31.23	17.62	24.43	27.00	2.57*	10.52
穗重 Panicle weight	4.37	6.30	5.34	7.08	1.74*	32.58
生育期 Growth period	95.00	67.00	81.00	87.00	6.00**	7.41

在 TH 群体中，5 个数量性状有不同程度的分离（表 5），变异系数在 8.33%~42.13%。主茎节数偏度接近于 0，数据偏移较小，符合正态分布。株高、穗长和生育期偏度小于 0，表明数据集分布有负偏离。穗重偏度大于 0，表明数据分布具有正偏离。株高、穗重和生育期峰度大于 0，表明数据在中心聚集程度高，而主茎节数和穗长峰度小于 0，表明数据在中心聚集程度低。

表 5 TH 群体表型性状的描述性统计  
Table 5 Descriptive statistics of phenotypic traits in the TH population

性状 Trait	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD	极差 Range	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数 CV (%)
株高 Plant height	90.80	65.10	83.51	7.46	25.70	-1.27	1.18	8.93
主茎节数 Number of nodes on the main stem	7.00	5.00	5.87	0.74	2.00	0.22	-0.97	12.67
穗长 Panicle length	34.00	16.30	26.40	5.28	17.70	-0.42	-0.91	19.99
穗重 Panicle weight	12.20	2.58	5.92	2.49	9.62	1.36	2.22	42.13
生育期 Growth period	95.00	65.00	93.00	7.75	30.00	-3.87	15.00	8.33

在 HT 群体中，5 个数量性状有不同程度的分离（表 6），变异系数在 8.32%~35.59%。株高分布具有负偏离，生育期偏度接近于 0，数据偏移度较小，两侧数据占比接近对称。株高、穗重峰度指标大于 0，表明指标分布比较聚集；主茎节数、穗长和生育期的峰度指标小于 0，表明数据在中心聚集

表 6 HT 群体表型性状的描述性统计  
Table 6 Descriptive statistics of phenotypic traits in the HT population

性状 Trait	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD	极差 Range	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数 CV (%)
株高 Plant height	117.50	83.50	105.31	8.76	34.00	-1.09	1.56	8.32
主茎节数 Number of nodes on the main stem	8.00	6.00	6.73	0.80	2.00	0.55	-1.13	11.86
穗长 Panicle length	35.90	22.30	28.41	4.13	13.60	0.33	-0.91	14.53
穗重 Panicle weight	12.84	1.95	6.90	2.46	10.89	0.54	2.22	35.59
生育期 Growth period	72.00	58.00	65.60	6.45	14.00	-0.07	-2.09	9.83

程度低。

2.2 不同亲本组合 F<sub>2</sub> 群体穗型和茎叶颜色的分离规律分析

从表 7 可知，2 个群体 F<sub>2</sub> 代共有 1664 株，穗型性状分离，侧穗型共计 1557 株，密穗型共计 107 株，经卡方检验，分离比例约为 15:1，推测穗型是

由 2 对等位基因控制，属于质量性状。茎叶颜色的分离情况为，TKS×HP 亲本组合中，茎叶紫黄颜色比值约为 1:1，HP×TKS 亲本组合中，紫黄颜色比值约为 15:1。

2.3 F<sub>2</sub> 不同群体农艺性状遗传多样性分析  
穗型和茎叶颜色遗传多样性指数较大（表 8），

表 7 F<sub>2</sub> 群体穗型和茎叶颜色的分离规律  
Table 7 Segregation pattern of panicle type as well as stem leaf color in F<sub>2</sub> population

性状 Trait	亲本组合 Parental combination	F <sub>2</sub> 株数 Number of F <sub>2</sub>	频率 Frequency (%)				比值 Ratio
			0	1	2	3	
穗型 Panicle type	TKS×HP	791	47.28(374)	45.89(363)	3.16(25)	3.67(29)	15:1
	HP×TKS	873	5.61(49)	88.32(771)	0.34(3)	5.73(50)	15:1
总计 Total	—	1664	423	1134	28	79	
茎叶颜色 Stem and leaf color	TKS×HP	791	47.28(374)	45.89(363)	3.16(25)	3.67(29)	1:1
	HP×TKS	873	5.61(49)	88.32(771)	0.34(3)	5.73(50)	15:1
总计 Total	—	1664	423	1134	28	79	

穗型、茎叶颜色赋值：黄色侧穗（0），紫色侧穗（1），黄色密穗（2），紫色密穗（3）。  
Panicle type, stem and leaf color valuation: yellow lateral panicle (0), purple lateral panicle (1), yellow dense panicle (2), purple dense panicle (3).

表 8 F<sub>2</sub> 不同群体 Shannon-wiener 多样性  
Table 8 Shannon-Wiener diversity in different populations of F<sub>2</sub>

群体 Population	株高 Plant height	主茎节数 Number of nodes on the main stem	穗长 Panicle length	穗重 Panicle weight	生育期 Growth period	穗型 Panicle type	茎叶颜色 Stem and leaf color
TH	2.71	2.78	2.71	2.71	2.71	2.94	2.95
HT	2.71	2.77	2.71	2.71	2.71	2.94	2.93

其次为主茎节数，株高、穗长和穗重指数相近。

明，穗长与穗型和茎叶颜色呈极显著正相关，与生育期呈显著正相关；穗型与茎叶颜色呈极显著正相关。

2.4 不同群体性状相关性分析

TH 群体 7 个农艺性状相关性分析（表 9）表

表 9 TH 群体农艺性状相关性分析  
Table 9 Correlation analysis of agronomic traits in the TH population

相关系数 Correlation coefficient	株高 Plant height	主茎节数 Number of nodes on the main stem	穗长 Panicle length	穗重 Panicle weight	生育期 Growth period	穗型 Panicle type	茎叶颜色 Stem and leaf color
株高 Plant height	1.00						
主茎节数 Number of nodes in the main stem	-0.28	1.00					
穗长 Panicle length	0.00	-0.17	1.00				
穗重 Panicle weight	0.18	0.21	0.42	1.00			
生育期 Growth period	-0.05	-0.05	0.53*	0.33	1.00		
穗型 Panicle type	-0.20	-0.13	0.84**	0.50	0.38	1.00	
茎叶颜色 Stem and leaf color	-0.15	0.15	0.90**	0.41	0.33	0.87**	1.00

HT 群体 7 个农艺性状相关性分析（表 10）表

明，株高与穗长、生育期和穗型呈极显著正相关。穗长与生育期呈极显著正相关，与穗型呈显著正相关。生育期与穗型呈极显著正相关，与茎叶颜色呈

表 10 HT 群体农艺性状相关性分析  
Table 10 Correlation analysis of agronomic traits in the HT population

相关系数 Correlation coefficient	株高 Plant height	主茎节数 Number of nodes on the main stem	穗长 Panicle length	穗重 Panicle weight	生育期 Growth period	穗型 Panicle type	茎叶颜色 Stem and leaf color
株高 Plant height	1.00						
主茎节数 Number of nodes on the main stem	0.49	1.00					
穗长 Panicle length	0.68**	-0.03	1.00				
穗重 Panicle weight	0.23	-0.43	0.31	1.00			
生育期 Growth period	0.66**	0.17	0.85**	-0.01	1.00		
穗型 Panicle type	0.65**	0.38	0.55*	-0.01	0.74**	1.00	
茎叶颜色 Stem and leaf color	0.28	0.26	0.42	-0.12	0.61*	0.83**	1.00

显著正相关。穗型与茎叶颜色呈极显著正相关。

### 3 讨论

杂种优势指杂种子代在个体大小、繁殖能力、环境适应性以及抗病抗性等方面表现出优于双亲的遗传现象<sup>[25]</sup>，对长期自交繁育的糜子种质资源起到增加遗传多样性的作用。本研究表明，杂交糜子的穗型和茎叶颜色遗传多样性较高，有利于糜子的可视化选育。

在 TH 和 HT 群体表型变异分离结果中，穗重的变异系数最高，这表明穗重之间存在较大的差异，即高产穗和低产穗的存在。穗型对穗重有直接影响<sup>[26]</sup>，通过人工有针对性地穗型选育栽培，筛选出高产穗并进行子代更新，可以有效提高糜子的产量。通过对子代数量性状分离情况的深入分析，发现 F<sub>2</sub> 群体中的穗长和穗重均超过了亲本范围，呈现出超亲分离的现象。这种现象可能涉及基因的互补作用或超加性效应。值得注意的是，类似的现象也在玉米<sup>[27]</sup>、小麦<sup>[28]</sup>、谷子<sup>[29]</sup>、燕麦<sup>[30]</sup>、大豆<sup>[31]</sup>、高粱<sup>[32]</sup>和向日葵<sup>[33]</sup>等作物中出现。穗长和穗重这 2 个性状与产量关系密切，相关性分析的结果与张尚沛等<sup>[22]</sup>的研究一致。此外，张立媛等<sup>[8]</sup>的研究发现，穗重与产量之间存在强烈的关联性，穗重是影响产量的主要因素，这证实了糜子杂种优势对其产量的正向影响。

在 HT 群体中，茎叶颜色的分离比例约为紫色：黄色=15:1，可以推测紫色对黄色具有显性特征。而在 TH 群体中，茎叶颜色的分离比例为 1:1，推测茎秆和叶片颜色可能受一个基因座上的 1 对显性基因和 1 对隐性基因的控制。这一结果与李强等<sup>[13]</sup>研究中紫色性状由 1 对等位基因控制的说法不一致。在植物颜色遗传规律研究中发现，糜子茎秆、果皮颜色、玉米和小菰菜叶柄的颜色分离比均为 3:1，而薏苡<sup>[17]</sup>具有紫叶鞘：绿叶鞘=9:7 和紫叶鞘：绿叶鞘=3:1 不同分离比，这表明在不同杂交结果中，颜色性状呈现出不同的遗传机制。这种情况说明遗传学中基因互作的复杂性，同时也表明在植物颜色遗传研究中，不同性状背后可能存在着不同的遗传机制。作物农艺性状受密度、温度、水分、播期、土壤及肥力等多种因素的影响<sup>[34-37]</sup>，因此，需要进行更为详细的遗传分析来确定。

穗型与茎叶颜色均存在极显著正相关，穗长与

茎叶颜色存在正相关，穗长与穗型性状间存在显著正相关，表明性状间可以协同改良<sup>[33]</sup>，有利于糜子优良性状的筛选，这对于丰富新疆糜子种质的遗传多样性有重要意义。

### 4 结论

通过对紫秆侧穗糜子（TKS）和黄秆密穗糜子（HP）正反交得出 TH 和 HT 2 个群体，F<sub>1</sub> 自交后，F<sub>2</sub> 中 2 个群体中穗长和穗重均值大于亲本范围，出现超亲分离，且 2 个群体中穗重变异系数最高，TH 群体为 42.13%，HT 群体为 32.58%，TH 和 HT 2 个群体穗型侧密比值均为 15:1，较长的侧穗型在糜子遗传中占有优势，因此糜子的穗长和穗重可作为杂交研究的重点。综合 2 个子代群体表现，TH 群体在产量和抗逆性方面更具有提升潜力。

#### 参考文献

- [1] 柴岩. 糜子. 北京：中国农业出版社，1999.
- [2] 杨天育，董孔军，何继红，等. 利用糜子野生种进行旱地糜子育种的实践. 作物杂志，2005(5): 69-70.
- [3] 古丽米娜·吐尔孙江，吾买尔夏提·塔汉，师小军. 不同糜子材料萌发期和苗期对干旱胁迫的响应及抗旱性评价. 种子，2021，40(9): 34-39.
- [4] 张盼盼，杨裕然，薛佳欣，等. 烯效唑对盐胁迫下糜子幼苗形态和生理特性的调控效应. 草业学报，2020，29(10): 81-90.
- [5] 托列霍加·加吾提，吾买尔夏提·塔汉，隋晓青. 20 份糜子材料的氨基酸含量分析及营养价值评价. 种子，2020，39(7): 31-36.
- [6] 王倩，董孔军，薛亚鹏，等. 糜子核心种质成株期抗旱性鉴定评价与抗旱种质筛选. 中国农业科学，2023，56(21): 4163-4174.
- [7] 李清泉. 粘丰 7 号糜子及其高产栽培技术. 作物杂志，1996(6): 16.
- [8] 张立媛，杨恒山，王显瑞，等. 10 个糜子品种产量与农艺性状的灰色关联度分析. 种子，2014，33(11): 68-69.
- [9] 何继红，刘天鹏，董孔军，等. 糜子育成品种成株期抗旱性鉴定与评价. 植物遗传资源学报，2016，17(1): 45-52.
- [10] 董扬. 糜子对不同除草剂的生理响应机制研究. 作物杂志，2022(5): 255-260.
- [11] 马金丰，刁现民，李志江，等. 莠去津对糜子幼苗形态和生理指标的影响. 作物杂志，2014(4): 138-142.
- [12] 杨清华，王洪露，冯佰利. 糜子品质研究进展与展望. 植物学报，2023，58(1): 22-33.
- [13] 李强，雷勇，白璐，等. 糜子 F<sub>2:3</sub> 群体茎秆颜色遗传规律及农艺性状. 分子植物育种. (2022-04-29) [2024-10-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220429.0840.002.html>.
- [14] 李强，白璐，郭世华，等. 糜子黄、黑果皮遗传及转录组学分析. 西北植物学报，2023，43(8): 1268-1275.
- [15] 张芳魁，霍仕平，张兴端，等. 玉米叶片紫色中脉性状的遗传. 中国农学通报，2015，31(3): 118-121.
- [16] 邵中子，邓景扬. 内蒙古紫皮小麦紫皮性状的遗传分析. 遗传学报，1987，14(3): 179-187, 243.
- [17] 陆秀娟，李祥栋，石明，等. 薏苡苗期紫叶鞘性状的遗传分析. 江苏农业科学，2020，48(14): 146-149.
- [18] 陈艳艳，黄少华，冷青云，等. 不同红掌杂交组合 F<sub>1</sub> 代重要

- 形态性状的遗传分析. 热带作物学报, 2019, 40(8): 1488-1494.
- [19] 陈永浩, 沈向群, 洪雅婷, 等. 紫叶柄小菰菜甲型雄性不育两用系的转育及叶柄紫色性状的遗传特性. 中国蔬菜, 2013 (12): 40-45.
- [20] 庄晔, 刘瑞恒, 付国占, 等. 外源花青素对干旱胁迫下烤烟幼苗生长及其生理特性的影响. 干旱地区农业研究, 2022, 40 (6): 63-71.
- [21] 付佳琳, 蔡江平, 刘贺永, 等. 内蒙古草甸草原植物叶片光合色素对极端干旱的响应. 中国草地学报, 2022, 44(4): 40-47.
- [22] 张尚沛, 杨军学, 罗世武, 等. 糜子育成品种(系)农艺性状遗传变异与丰产性分析. 作物杂志, 2023(5): 37-42.
- [23] 魏仰浩. 糜黍有性杂交技术. 内蒙古农业科技, 1975(6): 10-13.
- [24] 魏仰浩, 高志军, 宋满刚, 等. 糜子的开花习性和有性杂交技术. 安徽农学通报, 2014, 20(9): 26-27.
- [25] 李博, 张志毅, 张德强, 等. 植物杂种优势遗传机理研究. 分子植物育种, 2007, 5(6): 36-44.
- [26] 闫锋, 李清泉, 董扬, 等. 黑龙江糜子种质资源农艺性状遗传多样性. 干旱地区农业研究, 2021, 39(4): 239-244.
- [27] 卫晓轶, 杨海峰, 魏锋, 等. 不同基因型玉米株型性状的杂种优势分析. 农学学报, 2022, 12(1): 1-5.
- [28] 李燕红, 高世庆, 任扬, 等. 小麦核质互作杂种农艺性状和籽粒性状的杂种优势分析. 麦类作物学报, 2021, 41(10): 1228-1237.
- [29] 李志华, 穆婷婷, 李爱军. 生育进程相近的谷子杂交种两系亲本的选育及其杂种优势分析. 作物杂志, 2022(6): 75-81.
- [30] 苏玮娟, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 正反交亲本配置方式对燕麦 $F_1$ 代杂种优势和表型的影响. 草原与草坪, 2023, 43(3): 69-76.
- [31] 王艳玲, 奚广生, 王丕武, 等. 大豆不同杂交组合杂种优势分析. 大豆科学, 2008, 27(5): 760-763, 772.
- [32] 余忠浩, 周伟, 李岩, 等. 10 个高粱自交系及其杂交组合配合力和遗传力分析. 种子, 2023, 42(1): 116-122.
- [33] 刘继霞, 山军建, 王平. 不同花色观赏向日葵杂交后代主要观赏性状遗传规律研究. 作物杂志, 2022(5): 56-61.
- [34] 马继钰, 王爽, 李云, 等. 种植密度对谷子农艺性状及产量的影响. 作物杂志, 2023(2): 222-228.
- [35] 温蕊, 陈茜午, 赵雅杰, 等. 西北黄土高原旱作区不同地膜覆盖种植模式谷田水温效应及水分利用效率研究. 作物杂志, 2022(6): 111-117.
- [36] 邹丹, 王慰亲, 郑华斌, 等. 播期对再生稻生长影响的研究进展. 杂交水稻, 2021, 36(4): 6-10.
- [37] Kejiya P, Vajantha B, Naidu M V S, et al. Soil fertility and yield of finger millet (*Eleusine coracana* L.) as influenced by phosphorus management practices in sandy loam soils. International Journal of Plant Soil Science, 2023, 35(19): 1984-1991.

## Study on the Inheritance Rules of Agronomic Traits in the Progeny of Crosses between Local Species of Xinjiang Proso Millet

Zhang Dongjie<sup>1</sup>, Zhang Zhejun<sup>2</sup>, Ayidingkuli·Shaheiduola<sup>3</sup>,  
Sangtanati·Asikaer<sup>1</sup>, Wumaierxiati·Tahan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>College of Life Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;

<sup>2</sup>College of Grass Industry, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;

<sup>3</sup>Tuoli County Agricultural and Rural Affairs Bureau, Tacheng 834500, Xinjiang, China)

**Abstract** Through direct and reciprocal crosses between two varieties of proso millet purple culm with lateral spikes (TKS) and (yellow culm with dense spikes (HP), the genetic variation for seven agronomic traits, such as plant height, number of nodes on the main stem, as well as panicle length were measured and the segregation of stem and leaf color as well as panicle type in the second generation ( $F_2$ ) was examined. The results showed that stem and leaf color as well as panicle shape segregated in both TK SXHP (TH) and HPX TKS (HT) populations in  $F_2$ . The segregation ratio of purple to yellow in stem and leaf color in the HT population was about 15:1, indicating that purple was dominant to yellow and purple was controlled by multiple genes. The segregation ratio of purple to yellow in stem and leaf color in the TH population was about 1:1, indicating that purple was controlled by multiple genes. In  $F_2$ , the panicle weight of two groups was higher than the parental range, the panicle length of HT population was higher than the parental range, and the plant height was lower than the parental range, so there was transgressive segregation. The mid-parent heterosis in the TH population was more obvious than that in HT population. The genetic diversity indices of panicle type and stem and leaf color were the greatest in  $F_2$ . In the correlation analysis, two groups showed an extremely significant positive correlation between panicle shape and the color of stems and leaves, while other traits showed different correlations.

**Key words** Proso millet; Agronomic traits; Stem and leaf color; Panicle type; Transgressive segregation; Mid-parent heterosis; Inheritance rule