

陕西关中地区带状间作模式下 夏播玉米品种筛选

万其鑫¹, 张 洋¹, 杨艺恒¹, 杨永军², 李得孝¹

(1.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学场站管理服务中心,陕西 杨凌 712100)

摘 要:为有效推进大豆玉米带状间作技术在陕西关中地区的推广,选取25个玉米杂交种,在带状间作模式(玉豆行比2:3)下进行田间种植鉴定,调查玉米株高、穗位高、产量等11个相关指标,通过方差分析、相关分析、回归分析和灰色关联分析,确定重点选择性状并筛选适宜玉米品种。结果表明:在带状间作模式下,玉米部分性状的遗传变异系数表现为百粒重(81.49%)>穗粒重(16.06%)>穗轴重(14.31%)>穗位高(12.67%)>穗轴粗(5.15%)>株高(4.23%)>穗行数(4.01%)>穗长(2.35%);环境变异系数表现为百粒重(15.78%)>穗粒重(15.31%)>穗轴重(14.57%)>穗位高(10.88%)>穗长(8.66%)>穗行数(7.70%)>株高(7.42%)>穗轴粗(5.09%)。相关性分析表明,穗粒重与百粒重、穗轴粗与穗行数、株高与穗位高的简单相关性和偏相关性皆正向显著,株高与穗行数间偏相关系数为显著负值。各性状与穗粒重的灰色关联度表现为穗轴重>百粒重>行粒数>株高>穗轴粗>穗行数>穗粗>穗位高>穗长>秃尖长;利用逐步回归法建立了行粒数(X_6)、穗行数(X_7)和百粒重(X_9)与单穗粒重(Y)的线性回归方程: $Y = -149.3581 + 2.3552X_6 + 5.6825X_7 + 3.5012X_9$ 。通径分析显示,百粒重(X_9)对穗粒重(Y)的直接贡献最大,百粒重(X_9)和行粒数(X_6)对穗粒重(Y)的贡献较大,决策系数表现为百粒重(X_9)>穗行数(X_7)>行粒数(X_6),在田间玉米品种筛选中应重点考察百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高等性状,适合带状间作的玉米品种应具备株型紧凑、矮秆、低穗位、高百粒重、多穗行、行粒数多等特征。通过灰色关联分析,筛选出4个玉米品种‘登海511’、‘良玉99’、‘伟育718’和‘登海618’,可在陕西关中夏播区带状间作中推广。

关键词:夏播玉米;带状间作;品种选择;灰色关联分析;关中地区

中图分类号:S513 **文献标志码:**A

Selection of maize varieties suitable for a summer-sowing soybean-maize strip intercropping system in the Guanzhong region of Shaanxi province

WAN Qixin¹, ZHANG Yang¹, YANG Yiheng¹, YANG Yongjun², LI Dexiao¹

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Field Station Management Service Office, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To promote soybean-maize strip intercropping technology in the Guanzhong region of Shaanxi province, 25 maize hybrids were evaluated in a two-row maize intercropped with three-row soybean system. Eleven maize traits, including plant height, ear height, and yield-related characteristics, were investigated and analyzed using variance analysis, correlation analysis, stepwise regression, and grey relational analysis. The aim was to identify key indicators and select maize varieties suitable for the strip intercropping system. The results showed that, under strip intercropping mode, the genetic coefficient of variance was sequenced as 100-kernel weight (81.49%)> seed weight per ear (16.06%)> cob weight (14.31%)> ear height (12.67%)> cob diameter (5.15%)> plant height (4.23%)> rows per ear (4.01%)> ear length (2.35%); and environmental coefficient of variance was sequenced as 100-kernel weight (15.78%)> seed weight per ear (15.31%)> cob weight (14.57%)> ear weight (10.88%)> ear length (8.66%)> rows per ear (7.70%)> plant height (7.42%)> cob diameter (5.09%). The

收稿日期:2024-10-29

修回日期:2024-12-31

基金项目:陕西省重点产业创新链项目(2023-ZDLNY-10);国家农业农村部科技创新2030-重大项目(2023ZD04035-5-2);2024年陕西省重点研发计划项目;2023年陕西省现代种业发展项目

作者简介:万其鑫(2002-),男,辽宁铁岭人,本科生,研究方向为种子科学与工程。E-mail:2845400083@qq.com

通信作者:李得孝(1973-),男,青海西宁人,副教授,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: lidexiao@nwfu.edu.cn

correlation analysis indicated that, the positive significant coefficients of pearson's and partial correlation were detected between three pairs of seed weight per ear with 100-kernel weight, cob diameter with rows per ear, and plant height with ear height, moreover, the negative significant partial correlation was detected between plant height and rows per ear. The grey relational degrees of ten traits with seed weight per ear were listed as cob weight > 100-kernel weight > kernels per row > plant height > cob diameter > rows per ear > ear diameter > ear height > ear length > bare tip length. A linear regression function of kernels per row (X_6), rows per ear (X_7), 100-kernel weight (X_9) and seed weight per ear (Y) was established by the stepwise regression analysis: $Y = -149.3581 + 2.3552X_6 + 5.6825X_7 + 3.5012X_9$ ($R^2 = 0.7975$), and the path analysis indicated that 100-kernel weight (X_9) had the highest direct contribution to seed weight per ear (Y), and more indirect contribution through the correlation path of 100-kernel weight (X_9) and kernels per row (X_6). The determination coefficient was sorted in the descender order of 100-kernel weight (X_9), rows per ear (X_7) and kernels per row (X_6). The field evaluation should focus on 100-kernel weight, seed weight per ear, cob weight and ear height, etc. The maize varieties suitable for strip intercropping should be characterized by a compact plant type, dwarf stature, low-height ears, higher 100-kernel weight, more rows per ear, and a greater number of seeds per row. Based on the grey relational analysis, four maize varieties of 'Denghai 511', 'Liangyu 99', 'Weiyu 718', and 'Denghai 618' are recommended for the strip intercropping system in summer-sown fields of the Guanzhong area in Shaanxi province.

Keywords: summer maize; strip intercropping mode; variety selection; grey correlation analysis; Guanzhong region

大豆和玉米都是我国重要的粮食作物,其中玉米是畜牧业重要的饲料来源,大豆不仅是动物饲料的蛋白质添加物,也是我国居民植物性蛋白的主要来源,二者均在我国粮食安全战略中占有重要地位。玉米和大豆是同季种植的竞争性作物,前人通过对光分布与作物响应、大豆耐荫机制、养分循环与互补规律等进行系统理论研究,形成了以“选配良种,扩间增光,缩株保密”为核心、“减量一体化施肥、化控抗倒、绿色防控”相配套的玉米-大豆带状间作技术,并研制了配套的播种、施药和收获机具,该技术通过条带种植实现和谐共生,为两作物双增产提供了全新思路^[1]。2022年起,农业农村部开始大力推广“大豆-玉米带状间作技术”,在国家及各省农技、种子、土肥、植保等涉农行政部门的高效组织下,山东、四川、陕西等16个省(市、区)推行面积逐年扩大,在保证技术到位的田块实现了玉米不减产、大豆增收的目标^[2]。

选配玉米良种是推行大豆-玉米带状间作模式的首要任务,全国各地都开展了相关的鉴选工作^[2-14]。袁晓婷等^[2]基于全国16个省(市、区)2991份种植示范户开展大豆-玉米带状间作示范的调研数据,系统评价了各省、各区域大豆和玉米产量及效益、种管收技术指标,为该技术稳步推进提供了数据支持。在陕西境内,渭南、渭北和石泉等地的农技部门也在该模式下开展玉米品种筛选试验,指导当地稳步推广这项新技术^[4-6]。鉴于全国每年均有大量玉米新品种在单作条件先进行品种

区域试验而审定,但这些新品种是否能适合带状间作这种新模式还需进一步鉴定;此外,目前各地筛选品种规模普遍偏小,难免沥沙遗珠。因此,本研究以带状间作模式对玉米品种选择的要求(熟期适宜、株高适中、株型紧凑)为标准,选取新育或生产上正在推广的25个紧凑/半紧凑型玉米品种为材料,在带状间作模式下鉴定其丰产性,评价其与带状间作模式的适配性,以期为陕西关中地区推广大豆-玉米带状间作技术提供品种支持和技术参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

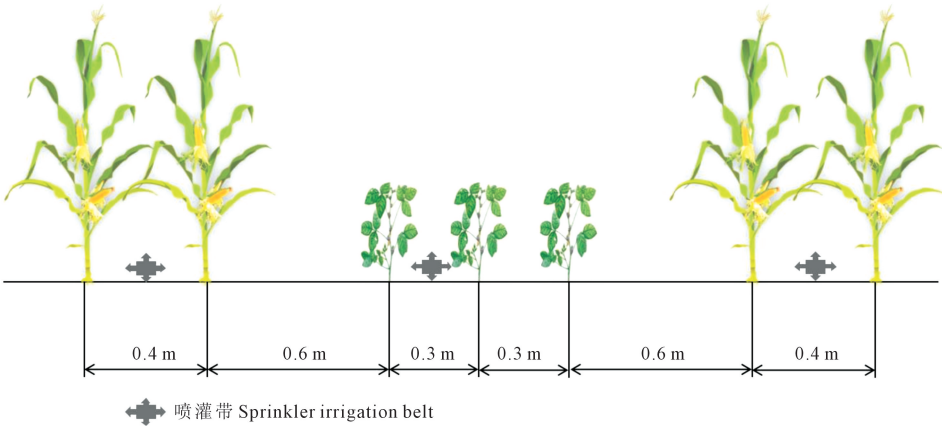
参试玉米品种共25个(表1),其中‘郑单958’和‘先玉335’为陕西省夏播和春播对照品种。大豆品种统一用‘陕豆10号’。

1.2 试验设计与田间管理

试验于2022年在陕西省杨凌农业高新示范区西北农林科技大学农学院作物标本区进行。采用大豆-玉米带状间作模式:玉米与大豆行数比为2:3,玉米品种分条带种植,两行区,行长7 m,玉米行距0.4 m,株距0.1 m(折合单作玉米种植密度67 500株·hm⁻²);大豆带行间距0.3 m,株距0.1 m。每个玉米品种1个小区,采用随机区组排列,3次重复,共75个小区。6月15日播种,玉米播种深度4~5 cm、大豆播种深度3~4 cm。所有材料在10月6日统一收获。田间种植示意图见图1。

表 1 参试品种编码、类型与种子来源
Table 1 Code, type and seed source of the materials

代码 Code	品种名称 Name	来源 Source	类型 Type	代码 Code	品种名称 Name	来源 Source	类型 Type
DH511	登海 511 Denghai 511	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	JKY2	金科玉 2 号 Jinkeyu 2	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
JRK573	金瑞卡 573 Jinruika 573	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	DD913	东单 913 Dongdan 913	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
XD601	先达 601 Xianda 601	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	YF620	裕丰 620 Yufeng 620	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
ZD958	郑单 958 Zhengdan 958	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	LY99	良玉 99 Liangyu 99	市售 Saled	杂交种 Hybrid corn
WY718	伟育 718 Weiyu 718	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	SD636	陕单 636 Shaandan 636	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
DH618	登海 618 Denghai 618	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	SD650	陕单 650 Shaandan 650	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
JKY13	金科玉 13 Jinkeyu 13	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	YD9953	豫单 9953 Yudan 9953	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
XY335	先玉 335 Xianyu 335	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	J1606	京 1606 Jing 1606	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn
SK6	陕科 6 号 Shaanke 6	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	ZJ605	紫金 605 Zijin 605	育种家种子 Breeders provide seed	鲜食玉米 Fresh corn
ZYY432	郑原玉 432 Zhengyuanyu 432	市售种子 Saled commercial seed	杂交种 Hybrid corn	N937	糯 937 Nuo 937	育种家种子 Breeders provide seed	鲜食玉米 Fresh corn
BJ186	宝景 186 Baojing 186	育种家种子 Breeders provide seed	杂交种 Hybrid corn	SK9256	SK9256	育种家种子 Breeders provide seed	鲜食玉米 Fresh corn
HS5065	宏盛 5065 Hongsheng 5065	育种家种子 Breeders provide seed	杂交种 Hybrid corn	SBH	三宝黑 Sanbaohei	育种家种子 Breeders provide seed	鲜食玉米 Fresh corn
HS001	宏盛 001 Hongsheng 001	育种家种子 Breeders provide seed	杂交种 Hybrid corn	SD10	陕豆 10 号 Shaandou 10	自育品种 Self-healing variety	常规种 Soybean variety



试验进行统一田间管理,即麦收后机械灭茬,以低氮复合肥(N : P₂O₅ : K₂O = 15 : 15 : 15)作底肥,施肥量为 150 kg · hm⁻²,随旋耕施入。按照大豆-玉米带状间作模式进行划行分排,用点播器进行播种。播种后铺喷灌带,玉米带行间和大豆带中间各铺一条三孔喷灌带,喷出苗水(以地面不积水为限,每带约 15 min),播后苗前喷除草剂 96%精异丙甲草胺乳油;在开花期和灌浆期充分灌溉两次(每

带约 40 min)。苗期分条带喷施苗后除草剂,其中大豆带喷施精喹禾灵+氟磺胺草醚,玉米带用氯氟吡氧乙酸进行二次化学除草。大豆 4~5 叶期定苗,每穴留苗 1 株。玉米喇叭口期按株追施尿素 5 g。玉米大喇叭口期全田喷施高氯·吡虫啉杀虫剂,药液中补加磷酸二氢钾和硼肥,大豆花荚期和鼓粒期喷施两次杀虫剂:第一次用噻虫嗪+吡唑醚菌酯+钼酸铵+磷酸二氢钾,第二次用联苯·噻虫嗪+噻呋己

唑醇+微量元素水溶肥(尿素)+磷酸二氢钾,预防点蜂缘蝽和豆荚螟。

1.3 测定项目及方法

记载作物物候期,玉米主要记载出苗期、散粉期和吐丝期,生理成熟期。大豆记载出苗期、始花期、成熟期,不进行考种计产。

玉米成熟期在各试验小区随机选择 10 个植株确定株型、株高和穗位高;随后取样 20 穗带回,进行室内考种计产。调查指标包括穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重、穗轴重、穗粒重等。

1.4 数据整理与分析

所有数据用 Excel 表格进行整理。利用 SAS 统计分析软件,按照单因素随机区组设计进行方差分析,并估计各方差分量,计算各指标的均值,环境变异系数和遗传变异系数等。其中,方差分量估计:

$$\hat{\sigma}_e^2 = MSe, \quad \hat{\sigma}_g^2 = (MSt - MSe)/r$$

环境变异系数和基因型的遗传变异系数计算公式:

$$ECV = \frac{\hat{\sigma}_e}{\bar{x}} \times 100\%, \quad GCV = \frac{\hat{\sigma}_g}{\bar{x}} \times 100\%$$

按照不同品种计算各性状均值,利用 SAS 软件进行简单相关分析、偏相关分析、回归分析和通径分析^[15]。灰色关联分析参考杜伟莉等^[16]的方法,相关说明如下:

初始参考数列选择:单穗粒重是影响玉米产量最重要的指标,不同性状与产量的灰色关联分析中以单穗粒重为初始参考数列;玉米品种灰色关联分析中以理想品种作初始参考数列,其中株高、穗位高、秃尖长、穗轴粗和穗轴重选取低值,其他指标选高值。

数据进行无量纲化处理:在对不同性状与产量灰色关联度的分析中,利用极差变换进行无量纲化处理,公式如下:

$$x_{is}^{(k)} = \frac{x_{io}^{(k)} - x_{\min}^{(k)}}{x_{\max}^{(k)} - x_{\min}^{(k)}}$$

在对品种进行灰色关联分析时,无量纲化处理采用最大值或最小值进行,即期望测定值偏大或偏小的指标分别用不同的计算公式:

$$x_{is}^{(k)} = \frac{x_{io}^{(k)}}{x_{\max}^{(k)}} \quad \text{或} \quad x_{is}^{(k)} = \frac{x_{\min}^{(k)}}{x_{io}^{(k)}}$$

然后计算参考数列与其他数列对应项的绝对差值:

$$\Delta^{(k)}_i = |x^{(k)}_{is} - \Delta^{(k)}_{iR}|$$

再计算某数列与参考数列的灰色关联系数:

$$r_{(x_0^{(k)}, x_i^{(k)})} = \frac{m + 0.5M}{\Delta_i^{(k)} + 0.5M}$$

最后计算某数列与参考数列的灰色关联度:等

$$\text{权关联度 } r_{(x_0, x_i)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{(x_0^{(k)}, x_i^{(k)})};$$
基于产量与其他

性状的关联度,计算加权关联度 $W_i = \frac{r_{io}}{\sum_{i=1}^k r_{io}}$,其中单

株产量权重 0.3,其他指标的合计为 0.7,分别与各指标与单株产量计算的权重相乘得到。

2 结果与分析

2.1 带状间作模式下玉米品种不同性状的变异分析

玉米 11 个性状的方差分析结果显示(表 2),穗粗、秃尖长、行粒数 3 个指标方差分析的模型检验不显著,可不对其进行方差分析及方差分量的估计。其他 8 个指标模型检验均显著,存在显著的品种效应,各性状的区组效应不显著,表明田间条件比较均匀,非试验因素的影响不显著。

从各指标的方差分量和变异系数可以看出(表 3),按遗传变异系数排序,不同性状表现为:百粒重(X_9)>穗粒重(Y)>穗轴重(X_{10})>穗位高(X_2)>穗轴粗(X_8)>株高(X_1)>穗行数(X_7)>穗长(X_3),其中百

表 2 带状间作模式下玉米不同性状
方差变异来源的均方比较

Table 2 Mean squares of different origins for 11 traits
of maize under strip intercropping mode

性状 Trait	模型 Model	区组均方 MS_B MS_B for block	品种均方 MS_I MS_I for variety	误差均方 MS_e MS_e for error
X_1	530.8913 *	575.9266	529.9994 *	268.2224
X_2	368.5829 **	45.8107	397.8015 **	78.50115
X_3	2.9287 *	3.0460	1.8559 *	1.5205
X_4	0.0995	0.0628	0.1014	0.0868
X_5	0.6478	2.0172	0.5211	0.5429
X_6	20.4305	2.8545	21.8992	14.0736
X_7	2.2614 *	0.1702	2.4269 *	1.3369
X_8	0.0626 **	0.0047	0.0673 **	0.0165
X_9	2293.0185 **	42.3449	2446.4468 **	30.2066
X_{10}	15.3265 **	2.1141	16.3513 **	4.2003
Y	1099.7424 **	361.2419	1135.9627 **	264.0668

注: X_1 :株高; X_2 :穗位高; X_3 :穗长; X_4 :穗粗; X_5 :秃尖长; X_6 :行粒数; X_7 :穗行数; X_8 :穗轴粗; X_9 :百粒重; X_{10} :穗轴重; Y :穗粒重;*和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平上的 F 测验显著性。下同。

Note: X_1 : Plant height; X_2 : Ear height; X_3 : Ear length; X_4 : Ear diameter; X_5 : Bare tip length; X_6 : Kernels per row; X_7 : Number of rows per ear; X_8 : Cob diameter; X_9 : 100-kernel weight; X_{10} : Cob weight; Y : Ear weight. * and ** indicate significance of Fisher's test at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same below.

粒重遗传变异系数最大(81.49%),说明品种间百粒重差异最大;穗粒重、穗轴重和穗位高次之,表明其在品种间差异较大;而不同品种间穗长、穗行数、株高和穗轴粗差异不明显(遗传变异系数 5.00%左右)。按环境变异系数排列,不同性状表现为:百粒重(X_9)>穗粒重(Y)>穗轴重(X_{10})>穗位高(X_2)>穗长(X_3)>穗行数(X_7)>株高(X_1)>穗轴粗(X_8),说明百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高这 4 个性状在不同重复间波动较大(环境变异系数超过 10.00%),而穗长、穗行数、株高和穗轴粗的环境稳定性更好。因此,在带状间作模式中,应该重点考察不同玉米品种的百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高,同时也要减小这 4 个指标受随机环境因素的干扰,以保证结果的可靠性。

2.2 带状间作模式下玉米部分性状间的相关与回归分析

带状间作条件下,玉米不同性状间简单相关系数和偏相关系数如表 4 所示。穗粒重(Y)与百粒重

(X_9)、行粒数(X_6)、穗轴重(X_{10})和穗行数(X_7)的简单相关系数显著正相关;而穗粒重(Y)的偏相关系数只与百粒重(X_9)显著正相关,与行粒数(X_6)和穗行数(X_7)正相关性较大但未达到显著水平,说明百粒重(X_9)对穗粒重(Y)的直接贡献最明显。百粒重(X_9)与穗轴重(X_{10})、行粒数(X_6)和穗粗(X_4),穗行数(X_7)与行粒数(X_6),穗长(X_3)与穗位高(X_2)和穗粗(X_4)简单相关性显著,但偏相关均未达到显著水平,说明这种相关性并不可靠;穗轴粗(X_8)与穗行数(X_7)、株高(X_1)与穗位高(X_2)的简单相关系数和偏相关均显著,说明它们的相关性是可靠的;同时还检测到株高(X_1)与穗行数(X_7)间偏相关性显著,且相关系数为显著负值,但简单相关性未达显著水平,表明株高矮化有利于增加穗行数。因此,从性状之间的相关性来看,选择适合带状间作的矮秆、低穗位、多行大粒的高产玉米品种是可行的。

表 3 玉米不同性状的方差分量估计和变异系数

Table 3 Estimate of variance components and variance coefficients for different maize traits

指标 Index	性状 Trait							
	X_1 /cm	X_2 /cm	X_3 /cm	X_7	X_8 /cm	X_9 /g	X_{10} /g	Y /g
均值 Mean	220.58	81.41	14.23	15.03	2.530	34.83	14.07	106.13
环境方差 $\hat{\sigma}_e^2$ Environment variance	268.22	78.50	1.52	1.34	0.016	30.21	4.20	264.07
遗传方差 $\hat{\sigma}_g^2$ Genotype variance	87.26	106.43	0.11	0.36	0.017	805.41	4.05	290.63
环境变异系数 Environmental coefficient of variance/%	7.42	10.88	8.66	7.70	5.090	15.78	14.57	15.31
遗传变异系数 Genetic coefficient of variance/%	4.23	12.67	2.35	4.01	5.150	81.49	14.31	16.06

表 4 带状间作条件下玉米 11 个性状的相关性分析

Table 4 Correlation analysis among 11 traits of maize under strip intercropping mode

性状 Trait	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	Y
X_1	1.0000	0.6382 **	-0.1922	-0.2960	0.2917	-0.0631	0.4127	-0.1416	0.2505	0.3032	-0.1667
X_2	0.4160 *	1.0000	0.2098	0.2311	-0.2632	0.2543	-0.5396 *	0.4599	-0.3282	-0.4710	0.2175
X_3	-0.0879	0.3960 *	1.0000	0.2318	0.1147	0.0635	-0.1603	0.2908	0.0640	-0.1156	-0.0369
X_4	-0.2754	0.0439	0.3988 *	1.0000	-0.1883	-0.1208	-0.0266	0.0181	0.2100	0.3058	-0.0990
X_5	0.3682	0.1922	0.1044	-0.3069	1.0000	0.1903	-0.3684	0.3771	-0.3979	-0.0384	0.1856
X_6	0.3328	0.0833	-0.0140	-0.0504	0.1592	1.0000	0.2170	-0.1541	0.1054	0.0370	0.3660
X_7	0.4326 *	-0.1611	-0.2707	-0.2902	0.1524	0.3944 *	1.0000	0.6283 **	-0.4613	-0.3028	0.4424
X_8	0.4185 *	0.2511	0.3020	0.1634	0.3584	0.2728	0.4648 *	1.0000	0.1602	0.5727 *	-0.2323
X_9	0.0353	-0.2380	0.0502	0.4326 *	-0.2677	0.4355 *	0.0318	0.2018	1.0000	0.1151	0.6368 **
X_{10}	0.2035	-0.2334	0.0490	0.3852 *	0.0242	0.3756	0.2427	0.5511 **	0.6930 **	1.0000	0.2877
Y	0.2364	-0.1661	-0.0735	0.1548	-0.0247	0.6826 **	0.4030 *	0.3155	0.7694 **	0.6659 **	1.0000

注:对角线左下角为简单相关系数,对角线右上角为偏相关系数。* 和 ** 分别表示相关系数达到 0.05 和 0.01 显著水平。
Note: The left triangle under diagonal line is Pearson correlation coefficients, and the right triangle above diagonal line is partial correlation coefficients. * and ** indicate significance at 0.05 and 0.01 level, respectively.

将不同品种的平均穗粒重(Y)与其他 10 个性状的均值进行逐步线性回归,得到其与行粒数(X_6)、穗行数(X_7)和百粒重(X_9)的回归方程: $Y=-149.3581+2.3552X_6+5.6825X_7+3.5012X_9$ ($R^2=0.7975$)。

对穗粒重(Y)和其他 3 个 X 因子进行通径分析(表 5),通径系数表现为百粒重(X_9)>行粒数(X_6)>穗行数(X_7),对穗粒重(Y)的直接决定系数分别为 39.44%、9.33%和 6.90%, X 因子各相关路对穗粒重(Y)的相关决定系数分别为 $R_{6Y}=6.33\%$ 、 $R_{9Y}=16.71\%$ 和 $R_{7Y}=1.05\%$,说明百粒重(X_9)和行粒数(X_6)的相关路对穗粒重(Y)的贡献较大。总决定系数为 79.75%,剩余因素的决定系数为 20.25%。从决策系数 $R_{(j)}$ 看,百粒重(X_9)对穗粒重(Y)最重要,

其次是穗行数(X_7)和行粒数(X_6),表明选择穗粒重时应该首先关注百粒重,其次考虑穗行数和行粒数。因此,在带状间作模式下,选择百粒重高、多穗行、行粒数较多的玉米品种容易获得高产。

2.3 带状间作模式下玉米部分性状与产量的关联性

穗粒重与其他 10 个性状间的灰色关联度结果显示(表 6),与穗粒重关联度较高的性状依次是穗轴重、百粒重、行粒数、株高、穗轴粗、穗行数、穗粗、穗位高、穗长和秃尖长。该顺序与简单相关系数和偏相关系数的分析顺序基本吻合,说明性状间的灰色关联度可以用于多指标整合,进而评价不同品种的优劣。

表 5 带状间作模式下不同玉米品种平均穗粒重与相关性状的通径分析
Table 5 Path analysis for seed weight per ear with related traits of maize under strip intercropping mode

通径 Path	直接作用 b^* Direct effect	间接作用 R_{jk} Indirect effect	X_i 对 Y 的总作用 r_{jy} Total effect	直接决定系数/% Direct coefficient of determination	决策系数 $R_{(j)}/\%$ Coefficient of determination
$X_6 \rightarrow Y$	0.3055	$X_6 \leftrightarrow X_7 \rightarrow Y$: 0.1036 $X_6 \leftrightarrow X_9 \rightarrow Y$: 0.2735	0.6826 **	9.33	9.33
$X_7 \rightarrow Y$	0.2626	$X_7 \leftrightarrow X_6 \rightarrow Y$: 0.1205 $X_7 \leftrightarrow X_9 \rightarrow Y$: 0.0200	0.4031 *	6.90	14.27
$X_9 \rightarrow Y$	0.6280	$X_9 \leftrightarrow X_6 \rightarrow Y$: 0.1331 $X_9 \leftrightarrow X_7 \rightarrow Y$: 0.0083	0.7694 **	39.44	57.19
$\varepsilon \rightarrow Y$	0.4500		0.4500	20.25	

表 6 带状间作模式下玉米穗粒重与其他性状间的灰色关联系数及权重分配

Table 6 Grey correlation coefficient of maize traits with seed weight per ear and weight assignment

性状 Trait	关联系数 r Correlation coefficient	权重 W^* Weight	权重分配* Weight assignment
X_1	0.731	0.103	0.072
X_2	0.667	0.094	0.065
X_3	0.654	0.092	0.064
X_4	0.706	0.099	0.069
X_5	0.646	0.091	0.064
X_6	0.742	0.104	0.073
X_7	0.711	0.100	0.070
X_8	0.719	0.101	0.071
X_9	0.768	0.108	0.075
X_{10}	0.782	0.110	0.077
Y			0.300

注:以单穗粒重为原始参考数列;权重分配用于后续玉米品种灰色关联分析。

Note: Seed weight is served as original reference series. Weight assignment is used for followed variety evaluation.

在带状间作模式中,既要保证玉米高产,同时还要尽量减少其对低位作物大豆的遮荫。因此,在多指标整合分析中,我们赋予穗粒重较高的权重(0.300),其他指标的权重合计 0.700,并基于其与穗粒重的关联度进行折算(表 5)。综合来看,产量构成因子穗粒重(Y)、穗行数(X_7)、行粒数(X_6)和百粒重(X_9)所占的比重达到 0.518;植株形态因子株高(X_1)和穗位高(X_2)合计占比 0.137;穗轴相关因子穗轴粗(X_8)和穗轴重(X_{10})占比 0.148;果穗形态因子穗长(X_3)、穗粗(X_4)和秃尖长(X_5)占比 0.197(表 6)。

2.4 带状间作模式下玉米品种优劣评价

基于灰色关联分析评价带状间作模式下不同玉米品种的表现。由表 7 可知,等权关联度排序排名前五位的玉米品种为‘良玉 99’、‘登海 511’、‘金瑞卡 573’、‘伟育 718’和‘宝景 186’。给产量更大的权重后得到的加权关联度排序为‘登海 511’>‘金瑞卡 573’>‘良玉 99’>‘伟育 718’>‘登海 618’。表 8 列出了优选品种的特征性状,从产量水平来看,‘登海 511’和‘金瑞卡 573’产量都超过 $7\ 500\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,二者株高与对照‘郑单 958’相当,但

表 7 带状间作模式下 25 个玉米品种灰色关联度评价

Table 7 Grey correlation evaluation of 25 maize varieties grown in strip intercropping mode

品种 Variety	株型 Plant type	关联系数 Correlation coefficient										等权关联度 Average relevance degree		加权关联度 Weighted relevance degree		
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	Y	排序 Ranking	排序 Ranking		
DH511	紧凑型	0.7352	0.8389	0.6692	0.8245	0.3344	0.9696	0.7600	0.8885	0.8823	0.4991	1.0000	0.7638	2	0.8205	1
JRK573	半紧凑型	0.7795	0.6776	0.7731	0.7944	0.3342	0.9696	0.8808	0.7637	0.7406	0.5501	0.9585	0.7475	3	0.7981	2
XD601	半紧凑型	0.6888	0.5901	0.8541	0.8662	0.3333	0.8969	0.8160	0.6658	0.8294	0.4927	0.7711	0.7095	15	0.7253	7
HS001	半紧凑型	0.6510	0.5628	0.7968	0.7568	0.3342	0.8200	0.8986	0.6962	0.7691	0.5375	0.7700	0.6903	21	0.7105	11
ZD958	紧凑型	0.7208	0.5932	0.9033	0.8509	0.3345	0.6752	0.7733	0.7600	0.8954	0.5657	0.7367	0.7099	14	0.7178	10
WY718	紧凑型	0.8183	0.6099	0.8813	0.9374	0.3351	0.9599	0.7228	0.7493	0.9424	0.5126	0.7361	0.7459	4	0.7463	4
DH618	紧凑型	0.7253	0.9801	0.7243	0.7381	0.3345	0.7994	0.7000	0.8735	1.0000	0.5475	0.7265	0.7408	6	0.7395	5
JKY13	紧凑型	0.7008	0.5851	1.0000	0.8147	0.3338	0.9599	0.7733	0.7217	0.8910	0.5353	0.7157	0.7301	7	0.7286	6
XY335	紧凑型	0.6510	0.5932	0.7259	0.8106	0.3342	1.0000	0.8986	0.8592	0.8653	0.5285	0.7111	0.7252	9	0.7252	8
SK6	紧凑型	0.6863	0.5317	0.7196	0.7585	0.3342	0.9599	0.7870	0.8206	0.7724	0.6577	0.6849	0.7012	16	0.7013	13
HS5065	紧凑型	0.7290	0.6619	0.6443	0.8189	0.3338	0.8061	0.8471	0.7873	0.7085	0.6834	0.6632	0.6985	17	0.6935	16
BJ186	半紧凑型	0.8105	0.6636	0.9285	0.8509	0.3357	0.7265	0.7348	0.9965	0.7406	0.7234	0.6471	0.7416	5	0.7218	9
ZJ605	紧凑型	0.7002	0.5219	0.9033	0.9230	0.3344	0.7435	0.6786	0.7873	0.8410	0.5705	0.6453	0.6953	19	0.6858	17
JKY2	紧凑型	0.7664	0.7482	0.7388	0.8539	0.3351	0.7612	0.7733	0.8328	0.7658	0.6355	0.6355	0.7133	13	0.6975	15
DD913	半紧凑型	0.7416	1.0000	0.6345	0.6834	0.3367	0.7673	1.0000	0.7873	0.7256	0.5840	0.6307	0.7174	12	0.6984	14
YF620	紧凑型	1.0000	0.6087	0.7938	0.8133	0.3354	0.7321	0.6488	0.8885	0.8910	0.5840	0.6283	0.7204	10	0.7024	12
LY99	紧凑型	0.9106	0.6430	0.8352	0.9958	1.0000	0.7863	0.7733	0.7795	0.8779	0.5780	0.6176	0.7998	1	0.7560	3
SD636	半紧凑型	0.8385	0.7011	0.6984	0.8302	0.3341	0.6849	0.6584	0.8824	0.7724	0.5748	0.5705	0.6860	22	0.6616	20
SD650	紧凑型	0.8264	0.7677	0.8311	0.8161	0.3336	0.6658	0.8636	0.7418	0.6038	0.5324	0.5620	0.6859	23	0.6571	22
YD9953	紧凑型	0.8116	0.6316	0.9033	0.7944	0.3337	0.8803	0.7472	0.8328	0.6226	0.8457	0.5358	0.7217	8	0.6818	18
J1606	紧凑型	0.7966	0.9268	0.7953	1.0000	0.3413	0.6612	0.7000	0.8206	0.7998	0.5202	0.5307	0.7175	11	0.6746	19
ZYY432	半紧凑型	0.8061	0.7032	0.7196	0.7840	0.3338	0.6567	0.7228	1.0000	0.6291	0.7925	0.5176	0.6969	18	0.6583	21
N937	半紧凑型	0.7041	0.6197	0.8220	0.7592	0.3335	0.7265	0.7472	0.7458	0.6403	0.6078	0.4950	0.6547	24	0.6191	24
SK9256	半紧凑型	0.7966	0.6008	0.8140	0.6994	0.3342	0.7435	0.7000	0.9582	0.5097	1.0000	0.4619	0.6926	20	0.6431	23
SBH	半紧凑型	0.6925	0.4978	0.7695	0.7892	0.3346	0.6522	0.7000	0.8089	0.4956	0.7925	0.4447	0.6343	25	0.5930	25

注:理想品种作初始参考数列,其中株高、穗位高、秃尖长、穗轴粗和穗轴重选取低值,其他指标选高值。

Note: The ideal variety is served as original reference series, and lower values are selected for plant height, ear height, bare tip length, cob diameter and cob weight, and upper values are assigned for the others.

Table 8 Characteristic parameters of recommended maize varieties suitable for strip intercropping mode

品种 Variety	株型 Plant type	粒型 Seed type	穗形 Ear type	株高		穗位高		穗长		穗粗		秃尖长 Bare tip length/cm	行粒数 Kernels per row	穗行数 Rows per ear	轴粗		百粒重 100-kernel weight/g	穗轴重		单穗粒重		出籽率		产量 Yield /(kg · hm ⁻²)
				Plant height /cm	Ear height /cm	Ear length /cm	Ear diameter /cm	Ear diameter /cm	Ear diameter /cm	Ear diameter /cm	Ear diameter /cm				Cob weight /g	Ear weight /g		Seed extraction rate/%						
DH511	紧凑型 Compact	硬粒 Flint	锥形 Taper	227.4	64.8	12.58	4.30	1.20	37.8	15.0	2.40	33.7	20.00	168.00	89.36							11340.00		
LY99	紧凑型 Compact	半硬粒 Semi-flint	筒形 Cylindric	196.2	81.0	15.05	4.80	0.00	33.2	15.2	2.62	33.6	15.71	116.19	88.09							7842.90		
WY718	紧凑型 Compact	半硬粒 Semi-flint	锥形 Taper	209.8	86.0	15.57	4.65	0.86	37.6	14.4	2.70	35.0	19.00	138.00	87.90							9315.00		
DH618	紧凑型 Compact	半硬粒 Semi-flint	锥形 Taper	230.0	59.2	13.52	3.96	1.13	33.6	14.0	2.43	36.1	17.00	136.50	88.93							9213.75		
JRK573	半紧凑型 Semi-compact	半马齿 Semi-dent	锥形 Taper	217.2	76.8	14.25	4.19	1.35	37.8	16.6	2.66	29.8	16.88	164.38	90.69							11095.35		
ZD958 (CK1)	紧凑型 Compact	半马齿 Semi-dent	筒形 Cylindric	231.2	89.0	15.80	4.39	1.10	29.2	15.2	2.67	34.0	16.19	138.10	89.51							9321.45		
XY335 (CK2)	紧凑型 Compact	硬粒 Flint	筒形 Cylindric	254.6	89.0	13.55	4.25	1.32	38.4	16.8	2.45	33.3	18.00	134.00	88.16							9045.00		

‘登海 511’株型更紧凑;‘伟育 718’和‘登海 618’产量高于 $9\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,均为紧凑型品种,产量与对照‘郑单 958’相当;‘良玉 99’株型紧凑较矮,产量高于 $7\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。因此,适于陕西关中地区大豆-玉米带状间作模式的高产紧凑型玉米品种为‘登海 511’、‘良玉 99’、‘伟育 718’和‘登海 618’。

3 讨 论

3.1 带状间作模式下玉米部分性状的稳定性与变异性分析

马红珍等^[17]研究指出,在玉米单作条件下,各指标遗传变异系数表现为倒伏率(90.21%)>秃尖长(87.06%)>行粒数(11.25%)>百粒重(10.12%)>穗行数(8.50%)>株高(7.54%)>小区产量(7.40%)>籽粒含水量(7.25%)>穗长(6.23%)>穗粗(3.70%)>生育时期(1.60%)>出籽率(1.19%)。本研究发现,在带状间作模式中,按遗传变异系数排序各指标表现为百粒重(81.49%)>穗粒重(16.06%)>穗轴重(14.31%)>穗位高(12.67%)>穗轴粗(5.15%)>株高(4.23%)>穗行数(4.01%)>穗长(2.35%),穗粗、秃尖长和行粒数因品种间差异不显著,其他指标在两种模式下的变异系数大小和顺序也有差异,这可能与我们对参试玉米品种初选有关。可见,在不同种植模式下,玉米产量及其相关性状的重要程度有一定差异,不能根据玉米单作的表现直接类比其在带状间作模式下的表现。

在选择玉米品种时,探究与产量相关性状的环境稳定性很有必要。本研究发现,在带状间作条件下,环境对玉米百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高影响较大(环境变异系数>10%),而穗轴粗、株高、穗行数、穗长等指标则表现相对稳定(环境变异系数<10%)。陈传永等^[18]通过在黄淮海南北 40 个试验点开展的两年品种联合鉴定发现,玉米穗长、秃尖、穗行数、行粒数等性状在黄淮海南北部种植表现基本稳定,其中穗行数和行粒数在年际间变化不大。刘世敏等^[19]通过统计黄淮海夏玉米区域试验潍坊试点不同玉米品种 6 a 的农艺性状发现,秃尖长受环境影响,稳定性较差,而穗行数等性状受环境影响较小。可见,穗行数和行粒数等性状是玉米比较稳定的特征指标,但百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高等指标容易受生态区和栽培条件的影响。因此,在带状间作模式中,可按照“株型紧凑,株高适中”的品种选择原则,同时参考穗行数、行粒数、穗长等相对稳定的产量相关性状,初筛参试玉米品种;在田间筛选试验中应重点考察百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高等性状,从而确定适宜的玉米品种。

3.2 带状间作模式下玉米部分性状间的相关性

前人对玉米性状相关性的分析多采用皮尔逊相关系数(简单相关),如彭伟等^[20]对单作玉米不同性状进行简单相关分析发现,穗粒重与百粒重、穗粗、行粒数、株高、穗长的简单相关系数呈显著正相关关系,穗长和穗行数表现为正相关但相关性不显著。龙舟等^[21]研究表明,小区产量与穗粗、百粒重、轴重、出籽率、籽粒深度、穗长呈正相关关系,而与秃尖呈负相关关系。本研究简单相关分析结果表明,穗粒重与百粒重、行粒数、穗轴重和穗行数显著正相关关系,其与株高和穗粗是正相关关系但不显著,与穗长负相关但不显著。与前人研究结果略有差异,可能与种植模式不同有关。简单相关系数主要反映性状间的表象相关,可能得出误导性结论;而偏相关系数则是将其他性状固定后计算的净相关,更能反映性状间的实质性相关关系。本研究发现,带状间作条件下,穗粒重(Y)与百粒重(X_9)、穗轴粗(X_8)与穗行数(X_7)、株高(X_1)与穗位高(X_2)三对性状的简单相关性和偏相关性均显著,同时株高(X_1)与穗行数(X_7)间的偏相关系数为显著负值,表明株高矮化有利于增加穗行数。综合已有的相关分析结果,本研究认为选择适合带状间作的矮秆、低穗位、多行大粒的高产玉米品种是可行的。

产量是一个综合性状,并与不同性状存在复杂的相关性。本研究利用灰色关联分析确定了不同性状与产量的关联度:穗轴重>百粒重>行粒数>株高>穗轴粗>穗行数>穗粗>穗位高>穗长>秃尖长。前人在玉米单作条件下开展的产量与其他相关性状的灰色关联分析结果不尽相同^[20-21],总体趋势为:穗粗排序靠前,穗轴重居中,株高排序位次变化较大。这些研究来自不同地域,参试品种多寡不一、类型多样,辨别系数取值也不相同,作为参考结果可靠性略有不足。逐步回归和通径分析能够有效筛选与产量有关的变量并分析各自的贡献大小^[19]。本研究建立了平均穗粒重(Y)与行粒数(X_6)、穗行数(X_7)和百粒重(X_9)的回归方程,并经过通径分析确定百粒重(X_9)对穗粒重的直接贡献最大,百粒重(X_9)和行粒数(X_6)的相关路对穗粒重(Y)的贡献较大;从重要性来看,百粒重(X_9)对穗粒重(Y)最重要,其次是穗行数(X_7)和行粒数(X_6)。因此,在带状间作模式下,建议种植百粒重高、多穗行、行粒数较多的玉米品种,容易获得高产。

3.3 适于带状间作模式的玉米品种选择

灰色关联分析可以整合多性状信息,综合评价玉米品种的表现。本研究通过灰色关联分析,筛选出‘登海 511’、‘良玉 99’、‘伟育 718’和‘登海 618’

可作为陕西关中地区推广大豆玉米带状间作的推荐品种。陕西省多地也报道了带状间作条件下玉米品种筛选试验的结果,如渭南地区推荐玉米品种‘陕单 650’、‘西蒙 168’和‘黄金粮 MY73’等^[4];安康地区石泉县筛选出‘强盛 101’、‘腾龙 3668’、‘延科 288’和‘同玉 808’共 4 个玉米品种可用于带状间作^[5];榆林市横山区玉米-大豆带状间作推荐品种为‘均隆 1377’^[3]。此外,与陕西关中地区处于同一生态区的山东济南市推荐适合大豆-玉米带状间作模式的玉米品种有‘立原 296’、‘登海 1996’、‘立原 26’、‘NK815’、‘鑫瑞 25’和‘鲁单 510’,均较对照‘郑单 958’增产 10% 以上^[7];湖北省推荐‘黄金粮 MY73’和‘汉玉 919’可在大豆玉米带状间作中使用^[8-9]。可见,不同区域均在田间试验的基础上因地制宜地鉴定出适合本地带状间作的玉米品种,但仍需要优中选优,并对优选玉米品种开展不同株距的密植高产试验,同时基于专用播种机开展适宜株距的筛选比较试验,以充分发挥带状间作模式下玉米的增产潜力^[6]。

4 结 论

带状间作模式中,各性状遗传变异系数表现为百粒重(81.49%)>穗粒重(16.06%)>穗轴重(14.31%)>穗位高(12.67%)>穗轴粗(5.15%)>株高(4.23%)>穗行数(4.01%)>穗长(2.35%),说明品种间百粒重差异最大;环境变异系数表现为百粒重(15.78%)>穗粒重(15.31%)>穗轴重(14.57%)>穗位高(10.88%)>穗长(8.66%)>穗行数(7.70%)>株高(7.42%)>穗轴粗(5.09%),说明穗长、穗行数、株高和穗轴粗的环境稳定性更好。建立的带状间作模式下平均单穗粒重(Y)与行粒数(X_6)、穗行数(X_7)和百粒重(X_9)的逐步回归方程为 $Y = -149.3581 + 2.3552X_6 + 5.6825X_7 + 3.5012X_9$ ($R^2 = 0.7975$)。通过性状相关分析和通径分析,提出适合带状间作模式的高产玉米品种应具备以下特征:株型紧凑、矮秆、低穗位、高百粒重、多穗行、行粒数多,在田间玉米品种筛选试验中应重点考察百粒重、穗粒重、穗轴重和穗位高等性状,从而确定适宜的玉米品种。利用灰色关联分析法从 25 个玉米材料中鉴定出‘登海 511’、‘良玉 99’、‘伟育 718’和‘登海 618’可作为陕西关中夏播区带状间作模式推荐品种。

参 考 文 献:

- [1] 杨文钰, 杨峰. 发展玉豆带状复合种植, 保障国家粮食安全[J]. 中国农业科学, 2019, 52(21): 3748-3750.
- YANG W Y, YANG F. Developing belt shaped composite planting of

- jade beans to ensure national food security[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(21): 3748-3750.
- [2] 袁晓婷, 汤松, 罗凯, 等. 大豆玉米带状复合种植产量与效益分析——基于全国 16 个示范省(市、区)的调查数据[J]. 四川农业大学学报, 2023, 41(5): 834-841, 872.
- YUAN X T, TANG S, LUO K, et al. Yield and benefit analysis of soybean and maize strip compound planting—based on survey data of 16 demonstration provinces (municipalities, autonomous regions) [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2023, 41(5): 834-841, 872.
- [3] 许晓瑞, 陈光龙, 屈高峰, 等. 玉米大豆带状复合种植模式条件下玉米品种筛选试验[J]. 基层农技推广, 2024, 12(10): 24-27.
- XU X R, CHEN G L, QU G F, et al. Screening experiment of maize varieties under the strip intercropping mode of maize and soybean [J]. *Primary Agricultural Technology Extension*, 2024, 12(10): 24-27.
- [4] 王楠, 王树星, 薛韦婷, 等. 渭南市玉米大豆带状复合种植模式下玉米品种筛选试验[J]. 中国种业, 2024, (7): 82-88.
- WANG N, WANG S X, XUE W T, et al. Screening experiment of corn varieties under corn/soybean strip intercropping model in Weinancity [J]. *China Seed Industry*, 2024, (7): 82-88.
- [5] 王良全, 李登炎, 赵匆. 石泉县玉米/大豆带状复合种植模式下不同玉米品种筛选[J]. 基层农技推广, 2024, 12(8): 26-30.
- WANG L Q, LI D Y, ZHAO C. Screening of different maize varieties under the strip intercropping mode of maize/soybean in Shiquan County [J]. *Primary Agricultural Technology Extension*, 2024, 12(8): 26-30.
- [6] 李华, 张涛, 马茹凤. 渭北旱塬大豆玉米带状复合种植模式下种植密度对玉米植株生长和产量的影响[J]. 基层农技推广, 2024, 12(5): 29-32.
- LI H, ZHANG T, MA R F. The effect of planting density on the growth and yield of maize plants under the strip intercropping mode of soybean and maize in the Weibei arid plateau [J]. *Primary Agricultural Technology Extension*, 2024, 12(5): 29-32.
- [7] 亓琴玲, 杨贵华, 陈珂, 等. 大豆玉米带状复合种植模式下玉米品种筛选试验[J]. 中国农技推广, 2024, 40(3): 30-32.
- QI C L, YANG G H, CHEN K, et al. Screening experiment of maize varieties under soybean maize strip intercropping mode [J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2024, 40(3): 30-32.
- [8] 王四芳, 刘翔, 赵光, 等. 汉川市带状复合种植模式下不同品种大豆玉米产量及效益分析[J]. 中南农业科技, 2024, 45(7): 30-33.
- WANG S F, LIU X, ZHAO G, et al. Analysis of yield and benefits of different soybean and corn varieties under the strip intercropping mode in Hanchuan city [J]. *South-Central Agricultural Science and Technology*, 2024, 45(7): 30-33.
- [9] 胡吕良, 汤灏军, 鄢克哲, 等. 湖北省大豆玉米带状复合种植模式玉米品种筛选[J]. 中国农技推广, 2023, 39(6): 35-37.
- HU L L, TANG H J, YAN J Z, et al. Screening of maize varieties under the strip intercropping model of soybean and maize in Hubei province [J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2023, 39(6): 35-37.
- [10] 徐敏, 罗洪秀, 陆江, 等. 大豆玉米带状复合种植模式下的玉米品种比较试验[J]. 四川农业与农机, 2023, (1): 38-39.
- XU M, LUO H X, LU J, et al. Comparative experiment of maize varieties under soybean maize strip intercropping mode [J]. *Sichuan Agricultural Machinery*, 2023, (1): 38-39.
- [11] 杨云, 金容, 符鹏, 等. 适合大豆玉米带状复合种植模式的玉米品种筛选试验[J]. 现代农业科技, 2024, (19): 38-41.
- YANG Y, JIN R, FU P, et al. Screening test of corn varieties suitable for strip intercropping mode of soybean and corn [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2024, (19): 38-41.

(下转第 33 页)