文章编号：1005-0906(2026)01-0073-10 DOI: 10.13597/j.cnki.maize.science.20260109

# 陕西关中地区大豆玉米带状复合种植模式下玉米品种耐密性评价

杨继贵,龚国飞,万其鑫,郝志颖,闫潞洋,赵 越,李得孝
(西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100)

**摘 要**：在陕西关中地区采用带状复合种植和玉米单作两种方式,测定35个玉米品种的株高、茎粗、穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、百粒重和单穗粒重,通过方差分析、主成分分析和隶属度分析等,评价玉米品种的丰产性和耐密性。结果表明,在带状复合种植模式下,玉米秃尖长增加,单穗粒重下降,茎粗略有降低,其他指标变化不大,且存在明显的品种差异。筛选适合大豆玉米带状复合种植的玉米品种,应重点关注秃尖长、单穗粒重、行粒数、穗行数和穗长。建立耐密性隶属度D与9个测定指标耐密指数($Y_i$)的线性回归方程,D=0.072 5-0.006 9$Y_1$+0.198 4$Y_2$+0.117 0$Y_3$+0.052 9$Y_4$+0.143 3$Y_5$+0.076 1$Y_6$+0.126 7$Y_7$+0.054 5$Y_8$+0.175 9$Y_9$($R^2$=0.999 9)。通过对带状复合种植模式下的玉米子粒产量、株高以及耐密性综合评判,登海605、陕单650、陕单659、良玉99、郑单326等5个矮秆紧凑耐密的高产玉米品种可作为陕西关中地区与大豆带状复合种植的玉米主推品种。

**关键词**：玉米;带状复合种植;品种筛选;耐密指数
**中图分类号**：S513.047 **文献标识码**：A

# Evaluating Maize Density Tolerance under the Condition of Soybean-Maize Strip Intercropping in Guanzhong Area of Shaanxi Province

YANG Ji-gui, GONG Guo-fei, WAN Qi-xin, HAO Zhi-ying, YAN Lu-yang, ZHAO Yue, LI De-xiao
(*College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling* 712100, China)

**Abstract**: Under the condition of soybean-maize strip intercropping in Guanzhong area of Shaanxi Province, 35 maize variety were used as test materials, and their plant height, stem diameter, ear length, ear diameter, bare tip length, row number per ear, seed number per row, 100-grain weight, and seed weight per ear were measured. The yield performance and density tolerance of maize varieties were evaluated by analysis of variance(ANOVA), principal component analysis(PCA) and membership function analysis. The results showed that, under the condition of strip intercropping, maize bare tip length increased, seed weight per ear decreased, stem diameter decreased slightly, while other traits showed no significant differences, and there were obvious varietal differences. To determine maize varieties suitable for the condition of soybean-maize strip intercropping the traits, focus should be placed on traits such as bare tip length, seed weight per ear, seed number per row, row number per ear and ear length. The linear regression function was established between membership function value(D) and density tolerance index of nine measured traits($Y_i$): D=0.072 5-0.006 9$Y_1$+0.198 4$Y_2$+0.117 0$Y_3$+0.052 9$Y_4$+0.143 3$Y_5$+0.076 1$Y_6$+0.126 7$Y_7$+0.054 5$Y_8$+0.175 9$Y_9$($R^2$=0.999 9). Based on the comprehensive evaluation of seed yield and plant height of variety grown in intercropping system, as well as density tolerance, four varieties characterized as dwarf and compact phenotype, including Denghai605, Shaandan650, Liangyu 99 and Zhengdan326, density tolerance and high yield, were recommended to be the dominant varieties suitable for strip intercropping mode in Guanzhong area of Shaanxi Province.

**Key words**: Maize; Strip intercropping; Variety selection; Density tolerance index

**录用日期**：2024-11-02
**基金项目**：陕西省重点产业创新链项目(2023-ZDLNY-10)、国家农业部科技创新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**：杨继贵(1999-),男,硕士,研究方向为农艺与种业。E-mail:2897138251@qq.com
李得孝为本文通信作者。E-mail:lidexiao@nwafu.edu.cn

大豆玉米带状复合种植是解决我国玉米大豆争地矛盾的重要栽培模式，该模式通过条带种植，采用“选、扩、缩、调”等核心技术有效协调高位作物与低位作物的生长竞争，从而实现“玉米不减产，增收一季豆”的生产目标[1]。选择适合当地生态条件、株高适中、株型紧凑的耐密玉米品种是该模式成功推行的关键措施之一。大豆玉米带状复合种植模式下，要保证玉米单位面积株数不减少，必须要进行窄行密植[2]。前人研究表明，玉米品种的耐密性存在差异。苏方宏依据单株产量和密度定义了玉米耐密系数的计算公式，得到同行的广泛应用[3]。也有研究者基于指标的相对变化，筛选与玉米耐密性相关的评价指标，关于玉米耐密性的评价标准也不统一。王富贵等在内蒙古对28个西北春玉米杂交种进行耐密性鉴定，以各指标相对值的变异系数($CV$≥15%)为标准，筛选出相对茎粗、相对SPAD值、相对$P$n、相对干物质量、相对秃尖长、相对行粒数和相对单株产量7个主要指标作为耐密性的评价指标[4]。杨锦越等在贵州以20个玉米杂交种为材料进行鉴定，从20个指标中筛选出株高、压折强度、压碎强度、穗长、千粒重和秃尖长6个指标与耐密性相关[5]。洪德峰等在河南新乡对14个玉米杂交种在单作模式下进行耐密性鉴定，发现株高、穗位高、茎粗、节间长度、茎粗系数、地上部干物质等存在显著的基因型差异[6]。郭海等从18个表型指标中筛选出5个指标(单株产量、弯曲性能、株高、穗轴重和叶夹角)可作为玉米自交系耐密性的评价指标[7]。王富贵等研究认为，在相同处理条件下，单株产量、茎粗、干物质积累量、叶绿素相对含量、秃尖长和行粒数这6个指标的相对值可以反映玉米自交系的耐密性[8]。现代玉米对耐密性的改良与穗位高更低、雄穗分枝更少、叶夹角更小、开花更早等趋势密切相关[9]。玉米耐密性指标的筛选可能与研究者测定的指标有关，但最终还要用产量来评判。产量一般与多个指标相互关联，所以，采用基于多指标的综合指数来评价玉米耐密性是一种有效的方法。

玉米带状复合种植模式不同于玉米单作。李润润等研究表明，与单作相比，带状间作模式下玉米穗粗和穗行数略降，高密度间作种植的穗长、行粒数、子粒蛋白、脂肪及纤维含量最高[10]。马艳玮等研究认为，叶面积、株高、穗上位二叶夹角和穗位高可作为选择带状套作高产玉米品种的主要形态指标[11]。本研究在玉米单作和带状复合种植模式下评价35个玉米杂交种的耐密性，为大豆玉米带状复合种植技术在陕西关中地区的推广提供品种选择依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选择黄淮地区审定、株型紧凑或半紧凑的夏播玉米品种35个(表1)。以郑单958和先玉335为对照，大豆品种为陕豆10号。

### 1.2 试验方法

试验设置两种种植模式，玉米大豆带状复合种植采用2∶3行比(图1)。即玉米带2行与大豆带3行相间种植，每个种植单元2.2 m，其中大豆与玉米间距60 cm，玉米带行间距40 cm、株距10 cm(折合90 900株/hm$^2$)；大豆带行间距30 cm、株距10 cm(折合136 350株/hm$^2$)。玉米单作种植，行距60 cm，株距25 cm(折合67 500株/hm$^2$)。随机安排玉米品种，每个品种小区行长5.5 m，3次重复。

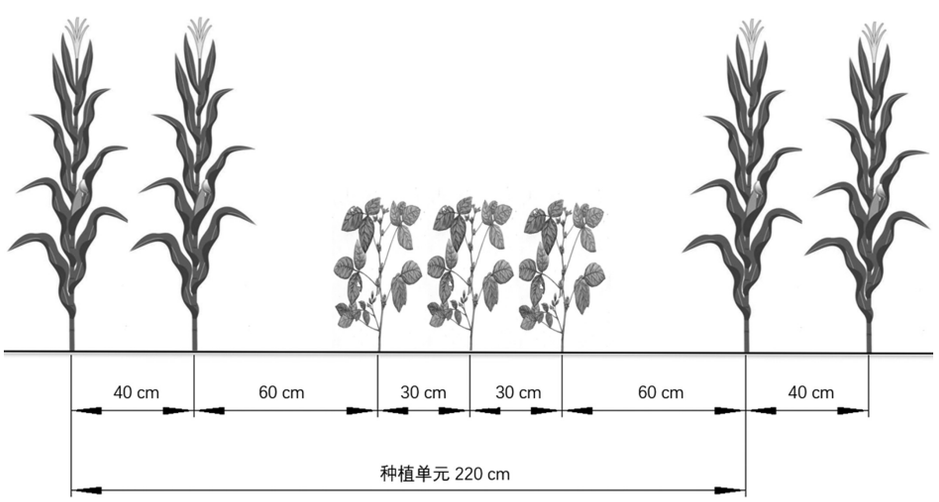


**图1 玉米大豆带状复合种植模式图**

Fig.1 The strip intercropping pattern of maize and soybean

### 1.3　试验田管理

2023年麦收后旋耕整地,用史丹利®氮磷钾复合肥750 kg/hm²(N∶$P_2O_5$∶$K_2O$=15∶15∶15)做基肥,6月10日同期播种玉米和大豆,播后喷水催苗。7月4日定苗,7月6日喷高效氯氟氰菊酯防治卷叶螟,7月11日定向喷施苗后除草剂硝磺·莠去津(玉米带)和金斗虎(精喹禾灵+磺氟胺草醚,大豆带);玉米大喇叭口期(7月19日)追施尿素(按20 g/株计),大豆初花期前(7月21日)人工喷施烯效唑控旺。开花期、结荚期、鼓粒期喷施3次杀虫剂,综合防治点蜂缘蝽、豆荚蓟、斜纹夜蛾、大豆食心虫等。其他管理措施同普通大田。

### 1.4　测定指标与方法

玉米成株期田间取样5株,测定株高、茎粗、叶片数。成熟期按株收取20个标准果穗,自然风干后测定穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重、秃尖长、穗粒重等。

### 1.5　数据处理与分析

采用Office 2016进行数据整理,方差分析、相关性、偏相关、主成分分析、系统聚类分析、逐步回归分析等借助SAS和SPSS24.0统计分析软件完成。

#### 1.5.1　玉米耐密指数的主成分分析

$$\text{指标的耐密指数}(X_i)=\frac{\text{带状复合种植下的指标测定值}(X_{i1})}{\text{单作指标测定值}(X_{i2})}$$

将9个指标的耐密指数进行主成分分析,选择贡献较大的几个主成分作为综合指标,将各品种的耐密指数转换成综合指标得分($Y_i$)。

$$Y_i=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{ij}\cdot X_j$$

式中,$\lambda_{ij}$表示第$i$个综合指标与第$j$个具体指标的特征向量取值;$X_j$表示第j个具体指标的耐密指数值。

#### 1.5.2　模糊隶属函数分析

基于每个玉米品种的主成分得分,计算隶属函数值($U_i$),结合相对权重计算出综合隶属度(D)。

$$U_i=(Y_i-Y_{\min})/(Y_{\max}-Y_{\min})$$

式中:$U_i$表示第$i$个综合指标的隶属函数值;$Y_i$表示第$i$个综合指标值;$Y_{\min}$与$Y_{\max}$分别表示第$i$个综合指标的最小值与最大值。

$$W_i=P_i/\sum_{i=1}^{n}|P_i| \quad i=1,2,\cdots n$$

式中:$W_i$(权重)表示第$i$个综合指标在所有综合指标中的重要程度;$P_i$表示各指标经过主成分分析后所得到的第$i$个综合指标的贡献率。

$$D=\sum_{i=1}^{n}[U_i\times W_i] \quad i=1,2,\cdots n$$

式中,D为综合隶属度,可以综合评价各品种耐密性强弱。D值越大耐密性越强;反之,耐密性越弱。

## 2　结果与分析

### 2.1　不同玉米品种在间作模式下生育进程

如表1所示,参试品种于播种后6~7 d出苗,54~56 d进入吐丝期,生育期平均113.7 d(变幅107~116 d),表明品种间种子发芽势一致,发育进程相近,所有参试玉米品种都能在陕西关中地区正常成熟。

**表1　带状复合种植模式下35个玉米品种的发育进程**

Table 1　The growth of 35 maize varieties under the condition of maize-soybean strip intercropping

| 品种 Hybrid | 生育期(月·日) Phenological phase | | | | | | 生育阶段(d) Growth stage | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 播种期 Seeding | 出苗期 Emergence | 拔节期 Elongation | 吐丝期 Silking | 成熟期 Maturation | 收获期 Harvesting | 出苗 VE | 吐丝 Silking | 生育期 Growth period |
| 陕单816 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 眉单6号 | 6·10 | 6/17 | 7·09 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 7 | 55 | 115 |
| 博赟88 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·27 | 9·30 | 6 | 55 | 113 |
| 延科338 | 6·10 | 6·17 | 7·09 | 8·04 | 9·27 | 9·30 | 7 | 55 | 112 |
| 豫单733 | 6·10 | 6·17 | 7·09 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 115 |
| 禾源919 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 金科玉3308 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 6 | 54 | 116 |
| 豫单186 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·03 | 9·25 | 9·30 | 6 | 54 | 111 |
| 太玉339 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 117 |
| 金农308 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·27 | 9·30 | 6 | 55 | 113 |
| 汉单229 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 6 | 54 | 116 |

续表1 Continued 1

| 品 种 Hybrid | 生育期(月·日) Phenological phase | | | | | | 生育阶段(d) Growth stage | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 播种期 Seeding | 出苗期 Emergence | 拔节期 Elongation | 吐丝期 Silking | 成熟期 Maturation | 收获期 Harvesting | 出 苗 VE | 吐 丝 Silking | 生育期 Growth period |
| 金科玉3328 | 6·10 | 6·17 | 7·09 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 7 | 54 | 115 |
| 禾源187 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 裕丰620 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 郑单326 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·27 | 9·30 | 6 | 55 | 113 |
| 强盛193 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 兴玉2018 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 优迪919 | 6·10 | 6·17 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 7 | 55 | 116 |
| 金科玉3313 | 6·10 | 6·17 | 7·10 | 8·04 | 9·22 | 9·30 | 7 | 55 | 107 |
| 陕单650 | 6·10 | 6·17 | 7·10 | 8·03 | 9·25 | 9·30 | 7 | 54 | 110 |
| 京科968 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 6 | 54 | 116 |
| 先达601 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·03 | 9·22 | 9·30 | 6 | 54 | 108 |
| 秋乐368 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·03 | 9·25 | 9·30 | 6 | 54 | 111 |
| 登海605 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·04 | 9·25 | 9·30 | 6 | 55 | 111 |
| 明天695 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 6 | 54 | 116 |
| 京科999 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 登海511 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·25 | 9·30 | 6 | 55 | 111 |
| 郑单958 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·03 | 9·30 | 9·30 | 6 | 54 | 116 |
| 良玉99 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·04 | 9·27 | 9·30 | 6 | 55 | 113 |
| 郑原玉432 | 6·10 | 6·16 | 7·09 | 8·05 | 9·25 | 9·30 | 6 | 56 | 111 |
| 陕单659 | 6·10 | 6·17 | 7·11 | 8·03 | 9·25 | 9·30 | 7 | 54 | 110 |
| 先玉335 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·22 | 9·30 | 6 | 55 | 108 |
| 秋润168 | 6·10 | 6·16 | 7·11 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 裕丰801 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 金玉619 | 6·10 | 6·16 | 7·10 | 8·04 | 9·30 | 9·30 | 6 | 55 | 116 |
| 平 均 | | | | | | | 6.2 | 54.7 | 113.7 |

## 2.2 单作和带状复合种植对玉米农艺和产量性状的影响

对9个性状指标进行方差分析(表2),种植模式的主效应差异显著;品种主效应除单穗粒重外,其他指标的主效应都显著;穗长、秃尖长和单穗粒重的品种与种植模式互作效应不显著。不同种植模式间、不同品种间,以及品种与种植模式的搭配对检测性状的影响并不完全一致,需要进一步分析。

在两种模式下单独分析不同性状的变异系数(表3)。结果表明,在带状复合种植模式下,玉米株高和茎粗的变异系数均较小;在产量构成因素中,秃尖长变异系数最大(55.70%),单穗粒重次之

表2 玉米不同性状的变异来源效应分析(*F*值)

Table 2 Analysis of variance in different traits of maize(*F* values)

| 变异来源 Source of variation | 株 高 Plant height | 茎 粗 Stem diameter | 穗 长 Ear length | 穗 粗 Ear diameter | 秃尖长 Bald tip length | 穗行数 Rows per ear | 行粒数 Grains per row | 百粒重 100-grain weight | 单穗粒重 Grain weight per ear |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 种植模式 | 10.57** | 7.02** | 76.99** | 59.02** | 6.67** | 7.59** | 186.16** | 7.48** | 40.94** |
| 品 种 | 24.59** | 1.92** | 3.20** | 12.35** | 2.82** | 4.48** | 7.74** | 7.54** | 0.97 |
| 品种×种植模式 | 2.84** | 1.71* | 0.86 | 8.28** | 0.29 | 3.08** | 2.31** | 3.48** | 0.61 |

注:"*和**"表示Pr>*F*概率值小于0.05和0.01

Note: * and ** indicate the significance at 0.05 and 0.01 level, respectively

表3　两类种植模式下玉米不同性状的变异分析

Table 3　Variability analysis of different traits in maize under two types of planting patterns

| 性状 Trait | 玉米带状复合种植 Maize strip intercropping | | | 玉米单作 Maize monoculture | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 均值 Mean | 标准差 SD | 变异系数(%) CV | 均值 Mean | 标准差 SD | 变异系数(%) CV |
| 株高(cm) | 281.44 | 8.31 | 2.95 | 276.73 | 11.14 | 4.03 |
| 茎粗(cm) | 21.53 | 1.72 | 7.97 | 22.50 | 3.27 | 14.53 |
| 穗长(cm) | 15.92 | 1.59 | 9.97 | 17.74 | 0.58 | 3.28 |
| 秃尖长(cm)* | 0.85 | 0.47 | 55.70 | 0.61 | 0.42 | 69.31 |
| 穗粗(cm)* | 4.75 | 0.21 | 4.43 | 5.06 | 0.74 | 14.61 |
| 穗行数 | 15.64 | 1.65 | 10.53 | 16.45 | 9.34 | 56.82 |
| 行粒数 | 33.12 | 4.28 | 12.92 | 36.63 | 3.63 | 9.92 |
| 百粒重(g) | 33.45 | 2.04 | 6.10 | 34.12 | 3.16 | 9.28 |
| 单穗粒重(g)* | 160.00 | 0.02 | 15.76 | 190.00 | 0.02 | 9.85 |

注:“*”表示该指标在单作条件下无重复值。其他标准差则有重复数据

Note: * means that this trait has only one observed value for each variety under monocropping. However, the other trait has replicated values

(15.76%)。在单作模式下,秃尖长和穗行数的变异系数较大(分别为69.31%和56.82%),穗粗和茎粗的变异系数相对较小(接近15%)。两类种植模式相比较,在复合种植条件下穗长、行粒数和单穗粒重的变异系数有增大趋势,株高、茎粗、秃尖长、穗粗、穗行数和百粒重的变异系数趋势则相反。因此,筛选适合带状复合种植的玉米品种,应重点关注秃尖长、单穗粒重、行粒数、穗行数和穗长。

## 2.3　玉米不同性状的耐密指数比较

不同品种和性状的耐密指数存在差异(表4),其中,秃尖长的耐密指数均值和变异系数最大(分别为1.64和46.44%);单穗粒重耐密指数均最小、变异系数较大(分别为0.85和13.39%);茎粗耐密指数值为0.97,变异系数较大(14.14%);其他指标的耐密指数接近1,变异系数也不大。在带状复合种植模式下,玉米秃尖长有增大趋势,品种间差异较大;单穗粒重下降,品种间也有差异;茎粗略有降低,品种间存在明显差异;其他指标变化不大。

表4　35个玉米品种的耐密指数

Table 4　The density tolerance index of 35 maize varieties

| 品种 Hybrid | 株高 Plant height | 茎粗 Stem diameter | 穗长 Ear length | 穗粗 Ear diameter | 穗行数 Rows per ear | 行粒数 Grains per row | 秃尖长 Bald tip length | 百粒重 100-grain weight | 单穗粒重 Grain weight per ear |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 京科999 | 1.14 | 0.84 | 0.91 | 0.97 | 0.96 | 0.90 | 1.10 | 0.95 | 0.83 |
| 禾源919 | 1.14 | 0.84 | 0.86 | 0.95 | 1.06 | 0.81 | 3.11 | 1.01 | 0.96 |
| 汉单229 | 0.98 | 1.39 | 0.93 | 0.95 | 0.99 | 0.96 | 2.81 | 0.99 | 0.87 |
| 秋乐368 | 0.94 | 1.28 | 0.96 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 3.22 | 1.03 | 0.81 |
| 先达601 | 0.99 | 1.01 | 0.96 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 3.29 | 0.95 | 0.74 |
| 陕单816 | 0.97 | 0.89 | 0.95 | 0.98 | 0.93 | 0.89 | 1.83 | 0.92 | 0.79 |
| 金农308 | 1.02 | 0.90 | 0.89 | 0.94 | 0.98 | 0.86 | 1.39 | 0.98 | 0.72 |
| 陕单650 | 0.99 | 1.06 | 0.91 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 1.63 | 1.00 | 0.96 |
| 博赟88 | 1.00 | 0.92 | 0.86 | 0.92 | 0.90 | 0.92 | 1.00 | 0.97 | 0.72 |
| 太玉339 | 0.97 | 0.94 | 0.83 | 0.92 | 1.01 | 0.84 | 2.92 | 0.90 | 0.83 |
| 秋润168 | 1.03 | 0.96 | 0.91 | 0.95 | 0.93 | 0.97 | 1.01 | 0.99 | 0.71 |
| 延科338 | 0.92 | 1.02 | 0.80 | 0.91 | 0.95 | 0.83 | 1.70 | 0.89 | 0.70 |
| 郑原玉432 | 0.96 | 0.65 | 0.81 | 0.96 | 0.98 | 0.78 | 1.65 | 1.00 | 0.73 |
| 眉单6号 | 1.03 | 0.86 | 0.88 | 0.93 | 0.90 | 0.89 | 1.82 | 1.00 | 0.75 |
| 郑单326 | 1.04 | 0.85 | 0.88 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 2.24 | 0.96 | 0.84 |

续表4 Continued 4

| 品 种 Hybrid | 株 高 Plant height | 茎 粗 Stem diameter | 穗 长 Ear length | 穗 粗 Ear diameter | 穗行数 Rows per ear | 行粒数 Grains per row | 秃尖长 Bald tip length | 百粒重 100-grain weight | 单穗粒重 Grain weight per ear |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 裕丰620 | 0.99 | 0.88 | 0.94 | 0.96 | 0.99 | 0.91 | 1.94 | 0.95 | 0.74 |
| 登海511 | 1.05 | 0.94 | 0.85 | 0.97 | 0.98 | 0.76 | 1.64 | 0.98 | 0.66 |
| 金科玉3308 | 1.09 | 1.10 | 0.99 | 1.02 | 1.07 | 1.01 | 1.16 | 0.97 | 0.98 |
| 明天695 | 1.05 | 1.03 | 0.93 | 0.87 | 1.03 | 0.89 | 0.72 | 0.95 | 1.06 |
| 豫单733 | 1.13 | 1.04 | 0.92 | 1.02 | 1.02 | 0.90 | 1.54 | 1.05 | 0.91 |
| 京科968 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 0.56 | 1.02 | 1.02 | 0.90 | 0.83 | 0.97 |
| 良玉99 | 1.15 | 0.81 | 0.92 | 0.95 | 0.95 | 0.92 | 1.00 | 0.91 | 0.85 |
| 裕丰801 | 0.99 | 1.00 | 0.89 | 0.97 | 1.00 | 0.85 | 1.35 | 0.98 | 0.87 |
| 金科玉3328 | 1.02 | 0.96 | 0.90 | 0.99 | 1.02 | 0.89 | 1.86 | 1.02 | 1.10 |
| 先玉335 | 0.98 | 0.95 | 0.93 | 0.99 | 0.94 | 0.97 | 1.41 | 1.05 | 1.10 |
| 豫单186 | 0.99 | 1.07 | 0.90 | 0.98 | 1.00 | 0.87 | 0.82 | 1.00 | 0.86 |
| 强盛193 | 1.03 | 0.98 | 0.93 | 0.98 | 0.96 | 0.89 | 1.21 | 0.95 | 0.92 |
| 和育187 | 1.02 | 0.92 | 0.87 | 1.00 | 0.98 | 0.92 | 0.69 | 1.01 | 0.87 |
| 陕单659 | 1.03 | 1.06 | 0.99 | 1.01 | 0.91 | 0.96 | 1.26 | 0.91 | 0.89 |
| 兴玉2018 | 0.92 | 0.80 | 0.83 | 0.92 | 1.01 | 0.84 | 2.92 | 0.90 | 0.83 |
| 金科玉3313 | 1.03 | 0.84 | 0.95 | 0.96 | 0.93 | 1.04 | 0.87 | 1.04 | 0.84 |
| 优迪919 | 1.01 | 0.95 | 0.95 | 0.89 | 0.94 | 0.87 | 0.75 | 0.88 | 0.72 |
| 登海605 | 0.98 | 0.93 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 0.91 | 1.88 | 0.94 | 0.98 |
| 郑单958 | 0.98 | 1.03 | 0.92 | 0.98 | 0.93 | 0.92 | 0.97 | 1.01 | 0.79 |
| 金玉619 | 1.02 | 1.17 | 0.97 | 0.96 | 0.91 | 0.92 | 1.94 | 1.07 | 0.85 |
| 均 值 | 1.02 | 0.97 | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.90 | 1.64 | 0.97 | 0.85 |
| 变异系数(%) | 5.63 | 14.14 | 5.58 | 8.03 | 4.52 | 6.85 | 46.44 | 5.59 | 13.39 |

表5 9个性状耐密指数的简单相关系数和偏相关系数

Table 5 The Pearson's and partial correlation coefficient matrix between the density tolerance index of nine traits

| 指 标 Index | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ | $X_9$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 1 | −0.184 | 0.222 | 0.091 | 0.192 | 0.137 | −0.349* | 0.142 | 0.251 |
| $X_2$ | −0.18 | 1 | 0.482** | 0.075 | 0.039 | 0.33 | 0.164 | 0.196 | 0.216 |
| $X_3$ | 0.20 | 0.46** | 1 | −0.115 | −0.01 | 0.711** | −0.101 | −0.033 | 0.305 |
| $X_4$ | 0.09 | 0.08 | −0.11 | 1 | −0.109 | −0.164 | 0.179 | 0.579** | −0.053 |
| $X_5$ | 0.20 | 0.04 | −0.04 | −0.11 | 1 | −0.166 | 0.193 | −0.104 | 0.478** |
| $X_6$ | 0.12 | 0.32 | 0.72** | −0.16 | −0.18 | 1 | −0.226 | 0.052 | 0.327 |
| $X_7$ | −0.24 | 0.13 | −0.22 | 0.16 | 0.18 | −0.27 | 1 | 0.074 | 0.05 |
| $X_8$ | 0.14 | 0.19 | −0.02 | 0.58** | −0.11 | 0.06 | 0.02 | 1 | 0.161 |
| $X_9$ | 0.22 | 0.20 | 0.35* | −0.05 | 0.43** | 0.36* | −0.11 | 0.16 | 1 |

注:对角线左下角为Pearson相关系数,对角线右上角为偏相关系数。"*"和"**"分别表示在0.05和0.01水平上差异显著

Note: The lower left corner under diagonal line is Pearson's correlation coefficients, and the upper right corner is partial correlation coefficients. * and ** indicate the significance at 0.05 and 0.01 level, respectively

不同指标的耐密指数的相关性分析表明(表5),单穗粒重($X_9$)与穗行数($X_5$)、行粒数($X_6$)和穗长($X_3$)呈显著正相关。偏相关系数显示,单穗粒重($X_9$)只与穗行数($X_5$)呈显著正相关。茎粗($X_2$)与穗长($X_3$)、穗长($X_3$)与行粒数($X_6$)、穗粗($X_4$)与百粒重($X_8$)的简单相关系数和偏相关系数都为极显著正相关,株高($X_1$)只与秃尖长($X_7$)呈显著负相关。

## 2.5 不同玉米品种的综合耐密性分析

带状复合种植条件下玉米的耐密特性与多个性状有关,利用主成分分析可以有效整合不同性状的

耐密指数信息。表6显示,前4个主成分(以 $Y_1$ ~ $Y_4$ 命名)的贡献率超过15%,累计可以解释77.19%的信息变异。基于贡献百分率调整前4个主成分(综合指标)的相对权重为34.05%、24.56%、21.31%、20.07%。

4个综合指标与9个原始指标的耐密指数的线性关系可由特征向量建立起来(表7)。获得35个玉米品种耐密性的综合隶属度D值(表8),将D与9个指标(株高、茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、百粒重、单穗粒重)的耐密指数($Y_j$)进行逐步回归,得到回归方程:

$$D=0.072\ 5-0.006\ 9Y_1+0.198\ 4Y_2+0.117\ 0Y_3+0.052\ 9Y_4+0.143\ 3Y_5+0.076\ 1Y_6+0.126\ 7Y_7+0.054\ 5Y_8+0.175\ 9Y_9\ (R^2=0.999\ 9)$$

可以看出,最终模型无法剔除多余变量。除株高外,其他8个指标对玉米耐密性隶属度D的贡献为正方向。

**表6　相关系数矩阵的特征值与主成分的权重分配**

Table 6　Eigenvalues of the correlation matrix and weight determination of principal components

| 序号 No. | 特征值λ Eigenvalue | 贡献百分率(%) Contribution rate | 累积贡献率(%) Cumulative contribution rate | 权重(%) Weight |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.365 4 | 26.28 | 26.28 | 34.05 |
| 2 | 1.706 4 | 18.96 | 45.24 | 24.57 |
| 3 | 1.480 5 | 16.45 | 61.69 | 21.31 |
| 4 | 1.394 4 | 15.49 | 77.19 | 20.07 |
| 5 | 0.646 7 | 7.19 | 84.37 | – |
| 6 | 0.517 8 | 5.75 | 90.12 | – |
| 7 | 0.398 8 | 4.43 | 94.56 | – |
| 8 | 0.280 0 | 3.11 | 97.67 | – |
| 9 | 0.209 9 | 2.33 | 100.00 | – |

**表7　前4个主成分的特征向量矩阵**

Table 7　The eigenvector matrix of four principal components

| 指标 Index | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 0.201 | 0.045 | 0.256 | −0.615 |
| $X_2$ | 0.331 | 0.263 | −0.076 | 0.508 |
| $X_3$ | 0.567 | −0.047 | −0.118 | 0.106 |
| $X_4$ | −0.093 | 0.645 | −0.106 | −0.176 |
| $X_5$ | 0.047 | 0.002 | 0.759 | 0.083 |
| $X_6$ | 0.550 | −0.077 | −0.234 | 0.025 |
| $X_7$ | −0.211 | 0.274 | 0.247 | 0.524 |
| $X_8$ | 0.077 | 0.648 | −0.094 | −0.195 |
| $X_9$ | 0.405 | 0.100 | 0.451 | −0.033 |

注:$X_1$为株高、$X_2$为茎粗、$X_3$为穗长、$X_4$为穗粗、$X_5$为穗行数、$X_6$为行粒数、$X_7$为秃尖长、$X_8$为百粒重、$X_9$为单穗粒重;$Y_1$ ~ $Y_4$为前4个主成分

Note: $X_1$–$X_9$ indicate plant height, Stem diameter, Ear length, Ear diameter, Rows per ear, Grains per row, Bald tip length, 100-grain weight, Grain weight per ear, respectively. $Y_1$ – $Y_4$ is the former four principal component

## 2.6　适合大豆玉米带状复合种植模式的玉米品种筛选

适应大豆玉米带状复合种植模式的玉米品种应该具备株高适中、株型紧凑、高产耐密等特性。参试品种均属于紧凑半紧凑型玉米品种,株高标准比照郑单958,耐密性比照先玉335,产量水平不低于郑单958,按照该标准对35个品种进行分析(表8)。

从株高来看,与郑单958株高(256.7 ± 16.8 cm)相当的品种有12个,包括郑原玉432、延科338、登海511、郑单326、豫单733、陕单650、裕丰620、金玉619、良玉99、兴玉2018、登海605。耐密性隶属度D与先玉335相当的品种有汉单229、

金科玉3308、秋乐368、金科玉3328、豫单733、先达601、禾源919、登海605、明天695。产量水平不低于郑单958的品种有京科968、金科玉3328、金科玉3313、陕单659、陕单650、明天695、豫单186、陕单816、禾源919、先玉335、秋乐368、太玉339、兴玉2018、良玉99、裕丰801、强盛193、金科玉3308、登海605、郑单326。综合来看，适合关中地区玉豆带状复合种植模式的矮秆玉米新品种有登海605、陕单650、良玉99、郑单326。

**表8 35个玉米品种的耐密性、间作产量和株高比较**

Table 8 The comparison of density tolerance, yield and plant height for 35 maize varieties

| 品 种 Hybrid | 带状间作产量(g) Yield under strip intercropping | | 带状间作株高(cm) Plant height under strip intercropping | | 综合耐密性 Comprehensive tightness resistance | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 单穗粒重 Ear-grain weight | 排 序 Ranking | 株 高 Plant height | 排 序 Ranking | 隶属度D Degree of membership | 排 序 Ranking |
| 京科968 | 192.17 | 1 | 302.0 | 29 | 0.583 | 12 |
| 金科玉3328 | 191.83 | 2 | 289.0 | 20 | 0.659 | 4 |
| 金科玉3313 | 182.83 | 3 | 296.7 | 27 | 0.478 | 20 |
| 陕单659 | 182.33 | 4 | 277.0 | 15 | 0.531 | 14 |
| 陕单650 | 180.17 | 5 | 256.7 | 6 | 0.581 | 13 |
| 明天695 | 178.50 | 6 | 292.0 | 25 | 0.601 | 10 |
| 豫单186 | 177.17 | 7 | 302.7 | 30 | 0.517 | 17 |
| 陕单816 | 176.50 | 8 | 290.7 | 22 | 0.454 | 24 |
| 禾源919 | 175.00 | 9 | 284.3 | 19 | 0.612 | 8 |
| 先玉335 | 172.83 | 10 | 305.0 | 32 | 0.622 | 5 |
| 秋乐368 | 171.33 | 11 | 317.0 | 34 | 0.687 | 3 |
| 太玉339 | 170.17 | 12 | 283.0 | 18 | 0.509 | 18 |
| 兴玉2018 | 170.17 | 13 | 271.7 | 11 | 0.474 | 21 |
| 良玉99 | 170.00 | 14 | 268.3 | 10 | 0.408 | 28 |
| 裕丰801 | 165.50 | 15 | 304.3 | 31 | 0.518 | 16 |
| 强盛193 | 164.17 | 16 | 306.3 | 33 | 0.518 | 15 |
| 金科玉3308 | 161.17 | 17 | 330.7 | 35 | 0.732 | 2 |
| 登海605 | 160.00 | 18 | 273.0 | 12 | 0.606 | 9 |
| 郑单326 | 159.83 | 19 | 255.0 | 4 | 0.454 | 25 |
| 郑单958 | 157.73 | 20 | 256.7 | 7 | 0.461 | 22 |
| 金农308 | 157.17 | 21 | 282.3 | 17 | 0.414 | 27 |
| 豫单733 | 156.83 | 22 | 256.0 | 5 | 0.618 | 6 |
| 汉单229 | 156.67 | 23 | 282.0 | 16 | 0.733 | 1 |
| 秋润168 | 155.25 | 24 | 290.0 | 21 | 0.406 | 29 |
| 先达601 | 148.50 | 25 | 291.3 | 23 | 0.613 | 7 |
| 和育187 | 148.33 | 26 | 274.3 | 13 | 0.457 | 23 |
| 延科338 | 146.50 | 27 | 247.3 | 2 | 0.352 | 33 |
| 京科999 | 146.33 | 28 | 292.0 | 24 | 0.424 | 26 |
| 博赟88 | 143.67 | 29 | 298.3 | 28 | 0.335 | 34 |
| 眉单6号 | 141.33 | 30 | 277.0 | 14 | 0.370 | 31 |
| 优迪919 | 139.67 | 31 | 293.3 | 26 | 0.373 | 30 |
| 裕丰620 | 137.50 | 32 | 257.3 | 8 | 0.494 | 19 |
| 金玉619 | 135.50 | 33 | 259.0 | 9 | 0.593 | 11 |
| 郑原玉432 | 131.00 | 34 | 234.0 | 1 | 0.313 | 35 |
| 登海511 | 125.83 | 35 | 254.3 | 3 | 0.367 | 32 |

## 3　结论与讨论

大豆玉米带状复合种植模式的关键核心技术首先要选择合适的玉米品种。适合带状复合种植的玉米品种应该具备株高适中、株型紧凑、高产、耐密等特性。玉米的耐密性评价尚没有统一的标准。马艳玮等提出的叶面积、株高、穗上位叶夹角和穗位高等具体参数可作为玉米品种形态初选的参考[11]。玉米品种是不是适合带状复合种植模式的密植条件,还有待进行田间耐密性实测。玉米耐密性可以用不同的测定指标进行度量,前人已经探索了产量相关性状、植株农艺性状、叶片光合能力性状、茎秆强度相关性状等[12-13]。但株高、茎粗、和产量相关性状是最容易度量的性状,因而更方便使用。本文利用主成分分析和隶属函数分析法,建立了耐密性综合指标的隶属度D与9个指标(株高、茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、百粒重、单穗粒重)的耐密指数($Y_i$)回归方程:D=0.072 5−0.006 9$Y_1$+0.198 4$Y_2$+0.117 0$Y_3$+0.052 9$Y_4$+0.143 3$Y_5$+0.076 1$Y_6$+0.126 7$Y_7$+0.054 5$Y_8$+0.175 9$Y_9$($R^2$=0.999 9),该方程或可用于玉米品种耐密性预测。

与玉米单作模式相比,在带状复合种植模式下,玉米秃尖长度增加,单穗粒重下降,茎粗略有降低,其他指标变化不大,且存在明显的品种差异。单穗粒重和穗行数的耐密指数存在显著正相关,株高和秃尖长的耐密指数存在显著负相关。马晓明等研究发现,带状复合种植模式下玉米有效穗数、千粒重、穗粒数、穗长、穗粗、株高、茎粗均有减少,秃尖长度增加[14]。曹曼君等研究指出,玉米单作的行粒数、穗行数、穗粗显著低于带状复合种植处理,秃尖长显著高于带状复合种植处理,对于茎粗的影响存在差异[15]。综合来看,筛选适合大豆玉米带状复合种植的玉米品种,应重点关注秃尖长、单穗粒重、行粒数、穗行数和穗长。

目前,带状复合种植模式中玉米品种来源于已经审定的玉米品种。生产中每年都推出一批玉米新品种,但这些品种都是在单作条件下筛选的。本研究中采用郑单958和先玉335两个对照品种,分别作为丰产性、株高和耐密性评价的比较标准。陕西关中地区推广玉米大豆带状复合种植模式下,推荐5个矮秆紧凑耐密的高产玉米品种登海605、陕单650、陕单659、良玉99、郑单326。另外,对丰产性和耐密性突出但株高略高的品种金科玉3328,在玉米大豆带状复合种植模式下种植时要注意控制株高。前人在不同生态区鉴定了适宜当地带状复合种植的玉米品种。王楠等在陕西渭南地区以郑单958为对照,开展玉米品种筛选试验,确定陕单650、西蒙168、黄金粮MY73适合玉米大豆带状复合种植[16]。李文峰等在玉米大豆带状复合种植模式下鉴定5个玉米品种,筛选出MY73适于湖北省玉米大豆带状复合种植[17]。薛根祥等鉴定出禧玉115、嘉禧100、中江玉99适于江苏东台市带状复合种植[18]。保持对照品种相对稳定,每年筛选适宜带状复合种植的玉米品种,将为各地推广大豆玉米带状复合种植提供更优的玉米新品种。

**参考文献:**


[1] 杨文钰,雍太文,王小春,等. 玉米-大豆带状复合种植技术体系创建与应用[J]. 中国高新科技,2020(15):149-151.
YANG W Y, YONG T W, WANG X C, et al. Establishment and application of the technical system for maize-soybean strip intercropping[J]. China High-Tech, 2020(15): 149-151. (in Chinese)

[2] 黄方华. 玉米大豆带状复合种植技术的优势、成效及发展建议[J]. 种子科技,2024,42(6):122-124.
HUANG F H. Advantages, effects and development suggestions of maize and soybean strip intercropping technology[J]. Seed Science and Technology, 2024, 42(6): 122-124. (in Chinese)

[3] 苏方宏. 玉米耐密性的数学表达及其应用[J]. 玉米科学,1998,6(1):52-54,68.
SU F H. Mathematical expression of maize tightness tolerance and its application[J]. Journal of Maize Sciences, 1998, 6(1): 52-54, 68. (in Chinese)

[4] 王富贵,于晓芳,高聚林,等. 高种植密度条件下玉米杂交种耐密性鉴选指标及评价方法[J]. 玉米科学,2017,25(6):119-126.
WANG F G, YU X F, GAO J L, et al. indexes screening and comprehensive evaluation of density tolerance of maize hybrid under higher planting density[J]. Journal of Maize Sciences, 2017, 25(6): 119-126. (in Chinese)

[5] 杨锦越,罗英舰,宋碧,等. 不同玉米品种耐密性分析及其鉴定指标的筛选[J]. 种子,2019,38(5): 80-85.
YANG J Y, LUO Y J, SONG B, et al. Analysis of density tolerance and screening of identification indexes of different maize varieties[J]. Seed, 2019, 38(5): 80-85. (in Chinese)

[6] 洪德峰,卫晓轶,马俊峰,等. 高密度对不同基因型夏玉米农艺特性、产量性状及耐密性的影响[J]. 中国农学通报,2020,36(28):13-21.
HONG D F, WEI X T, MA J F, et al. Effects of high density on agronomic traits, yield components and tolerance of different high density maize genotypes[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(28): 13-21. (in Chinese)

[7] 郭海,庄泽龙,姬祥卓,等. 不同基因型玉米自交系耐密性评价与筛选[J]. 甘肃农业大学学报,2023,58(5):53-62.
GUO H, ZHUANG Z L, JI X Z, et al. Evaluation and screening of density tolerance of corn inbred lines with different genotypes[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2023, 58(5): 53-62. (in Chinese)

[8] 王富贵,于晓芳,李懿璞,等. 高密度胁迫下玉米自交系耐密性鉴

定指标筛选及综合评价[J]. 江苏农业科学,2024,52(2):40-45.
WANG F G, YU X F, LI Y P, et al. Screening and comprehensive evaluation of density tolerance of maize inbred line under higher planting density stress[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(2): 40-45. (in Chinese)

[9] WANG B B, LIN Z C, LI X, et al. Genome-wide selection and genetic improvement during modern maize breeding[J]. Nature Genetics, 2020, 52(6): 565-571.

[10] 李润润,卢培娜,蔡雪梅,等. 种植密度对玉米-大豆带状间作系统玉米产量性状及品质的影响[J]. 热带农业工程,2024,48(1):71-76.
LI R R, LU P N, CAI X M, et al. Effects of planting density on maize yield traits and quality in maize-soybean strip intercropping system[J]. Tropical Agricultural Engineering, 2024, 48(1): 71-76. (in Chinese)

[11] 马艳玮,蒲甜,李丽,等. 玉米-大豆带状套作高产玉米品种的形态特征[J]. 玉米科学,2019,27(4):93-99.
MA Y W, PU T, LI L, et al. Morphological characteristics of high-yield maize varieties in maize-soybean relay strip intercropping system[J]. Journal of Maize Sciences, 2019, 27(4): 93-99. (in Chinese)

[12] 边丽梅,孙峰成,董喆,等. 燕山北部丘陵区春玉米品种耐密性评价及鉴定指标筛选[J]. 作物研究,2021,35(1):72-79.
BIAN L M, SUN F C, DONG Z, et al. Evaluation of density-tolerance and selection of identification indexes of spring maize varieties in hilly areas of Northern Yanshan[J]. Crop Research, 2021, 35(1): 72-79. (in Chinese)

[13] 徐丽娜,安治良,陈士林,等. 种植密度对玉米茎秆强度和穗部性状的影响[J]. 河南农业科学,2023,52(8):11-17.
XU L N, AN Z L, CHEN S L, et al. Effect of planting density on stem strength and ear characters of maize[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2023, 52(8): 11-17. (in Chinese)

[14] 马晓民,向峰,金鑫,等. 大豆玉米带状复合种植模式对玉米农艺性状及产量的影响[J]. 现代农业科技,2024(7):24-27.
MA X M, XIANG F, JIN X, et al. Effects of soybean-maize strip intercropping mode on maize agromic traits and yield[J]. Modern Agricaltural Science and Technology, 2024(7): 24-27. (in Chinese)

[15] 曹曼君,王婧瑜,崔悦,等. 不同玉米大豆间作行比对大豆光合特性及产量的影响[J]. 大豆科学,2023,42(1):48-54.
CAO M J, WANG J Y, CUI Y, et al. Effects of different maize and soybean intercropping ratios on photosynthetic characteristics and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2023, 42(1): 48-54. (in Chinese)

[16] 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 Weinan City[J]. China Seed Industry, 2024(7): 82-88. (in Chinese)

[17] 李文锋,罗琳玲,甘国平,等. 带状复合种植模式下玉米大豆性状表现与综合效益分析[J]. 现代农业科技,2024(2):13-16.
LI W F, LUO L L, GAN G P, et al. Characters performance and comprehensive benefit analysis of maize and soybean under strip intercropping mode[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2024(2): 13-16. (in Chinese)

[18] 薛根祥,花劲,杨玉萍,等. 2022年适宜东台市大豆玉米带状复合种植模式的玉米品种筛选试验初报[J]. 上海农业科技,2023(6):57-59.
XUE G X, HUA J, YANG Y P, et al. Preliminary report of maize variety screening experiment suitable for soybean maize strip intercropping model in Dongtai City in 2022[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2023(6): 57-59. (in Chinese)

(责任编辑:栗天宇)