

不同品种玉米间作对其农艺性状及产量的影响

狄 丹, 李 刚, 李 丽
(白银市农业技术服务中心, 甘肃 白银 730900)

摘要: 为在白银地区广泛推广通过不同品种玉米间作提高玉米产量提供依据,在白银市平川区宝积镇小川村进行了试验示范, 试验品种为在白银地区广泛推广的金穗 1915、登海 605、先玉 1225, 通过 3 个品种 2:2:2 间作、1:1:1 间作和单种, 比较不同品种玉米间作对农艺性状及产量的影响。结果表明, 金穗 1915 和先玉 1225 两个品种 2:2:2 间作后产量比单种分别高 14.54%、11.22%, 但是登海 605 在 2:2:2、1:1:1 间作后产量反而比单种降低 9.51%、16.79%, 这可能是由于登海 605 生育期较短导致的。2:2:2 间作模式下群体冠层结构分布更加合理, 能够提高光能利用率, 促进 3 个品种玉米植株的生长。因此, 当通过不同玉米品种间作提高产量时, 宜选择生育期一致的玉米品种按照 2:2:2 模式种植。

关键词: 玉米; 间作; 农艺性状; 产量; 玉米生长率(CGR); 叶面积指数(LAI)

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)07-0660-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.07.012

Effects of Intercropping with Different Maize Varieties on the Agronomic Trait and Yield

DI Dan, LI Gang, LI Li
(Baiyin Agricultural Technology Service Centre, Baiyin Gansu 730900, China)

Abstract: In order to provide a basis for the widespread promotion of the improvement of maize yield through intercropping of different varieties of maize in Baiyin area, an experimental demonstration was carried out in Xiaochuan Village, Baoji Township, Pingchuan District, Baiyin City, and the experimental varieties were Jinsui 1915 (JS1915), Denghai 605 (DH605) and Xianyu 1225 (XY1225), which were widely popularized in Baiyin area, and the effects of intercropping of different varieties of maize on agronomic traits and yields were compared through 3 varieties of 2:2:2 intercropping, 1:1:1 intercropping and monoculture. Results showed that the yield of Jinsui 1915 and Xianyu 1225 varieties in 2:2:2 intercropping were 14.54% and 11.22% higher than that of monoculture, respectively, but the yield of Denghai 605 was 9.51% and 16.79% lower than that of monoculture after intercropping at 2:2:2 and 1:1:1, respectively, which may be due to the short growth period of Denghai 605. The distribution of canopy structure in the 2:2:2 intercropping mode was more rational at the population level, which could improve the utilization rate of light energy, and promote the growth of 3 maize varieties. Therefore, when increasing the yield through 2:2:2 intercropping or 1:1:1 intercropping with different maize varieties, it is advisable to choose maize varieties with consistent growth periods and adopt the 2:2:2 planting pattern.

Key words: Maize; Intercropping; Agronomic trait; Yield; Crop growth rate (CGR); Leaf area index (LAI)

2023 年白银市玉米种植面积 11.96 万 hm^2 , 占全市粮食作物播种面积的 44.77%, 是当地种植面积最大的农作物^[1]。玉米种植在保障粮食安全、畜牧业以及农业农村经济的全面发展中起到不可替代的作用^[2]。由于近年来玉米价格较稳定, 当地百姓种植玉米的积极性都较高, 但是玉米增产增效的方法有限, 目前普遍是种植高产品种、增加种植密度、提高化肥施用量。因此, 探寻一种

不增加成本就能提高玉米产量的方法十分重要。玉米不同品种间种是指特定的两个或多个玉米单交种, 将种子按一定行比相间种植的栽培方式^[3]。对不同基因型玉米单交种增加产量进行相关研究表明, 不同品种玉米间混作能够增加种植生产力稳定性^[4-5], 延缓叶片衰老, 改善籽粒品质^[6], 增加抗性^[7], 提高光能利用率, 增加产量^[8-14]。多个玉米品种间种、混种是一项简单易行的高产栽

收稿日期: 2024-12-13; 修订日期: 2025-06-03

基金项目: 白银市科技局项目(2022-2-9N)。

作者简介: 狄 丹(1991—), 女, 甘肃白银人, 助理农艺师, 主要从事农作物试验示范及推广工作。Email: 1025250871@qq.com。

作者简介: 李 丽(1990—), 女, 甘肃白银人, 农艺师, 主要从事植保技术示范及推广工作。Email: 185912251@qq.com。

培方式, 它不需任何额外的投资即可实现玉米的稳产、增产。该技术简单、灵活, 易被农民掌握接受, 具有较高的推广价值^[15]。本试验是为了探索通过不同品种玉米间作的种植方式提高玉米群体生态效应, 发挥当代优势, 提高玉米产量。为掌握间混作技术的适应性、稳定性、丰产性等综合品质, 在白银市平川区宝积镇小川村进行了试验示范, 为在白银地区广泛推广玉米不同基因型品种间作以提高玉米产量提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试玉米品种金穗1915(JS1915), 为白银金穗种业有限公司生产; 登海 605(DH605), 为山东登海种业股份有限公司生产; 先玉 1225(XY1225)为铁岭先锋种子研究有限公司生产。以玉米品种均为近年来在白银市各县区大面积推广且亲缘关系较远品种。

1.2 试验地概况

试验于 2023 年在白银市平川区宝积镇小川村进行。试验区海拔 1 500 m, 年均气温 9.7 ℃, 无霜期 170 d, 年降水量 210 mm, 年日照时数 3 200 h。试验地土壤肥力均匀, 土壤为砂壤, 土地平整, 灌溉方便, 前茬作物为玉米。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计, 设间作和单作 2 种植方式。其中, 间作按照行比设 1:1:1 (1 行 JS1915、1 行 DH605 和 1 行 XY1225) 和 2:2:2 (2 行 JS1915、2 行 DH605 和 2 行 XY1225) 2 种植模式; 单作分别为 JS1915、DH605 和 XY1225 单种。3 次重复, 小区面积为 31.5 m² (9.0 m × 3.5 m), 小区间间隔 30 cm, 区组间隔 50 cm, 四周设 1 m 的保护行。试验于 2023 年 4 月上旬覆膜后单行单株等行距种植, 株距 22 cm, 行距为 70 cm, 种植密度 7.5 万株/hm²。各处理均施 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²。氮肥基施 40%, 60% 在拔节期和大喇叭口期按 3:2 的比例追施, P₂O₅ 全部基施。采用膜下滴灌水肥一体化管理^[16], 其他管理措施与大田生产一致。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 产量及其构成因素的测定 玉米成熟期各处理每个品种取 20 个代表性果穗样品进行考种,

测定百粒重、穗粒数等。各小区不同品种实收计量。

1.4.2 叶面积指数(LAI)的测定 生育期内在玉米拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆期、成熟期各小区每个品种随机取 3 株, 用直尺测定每株有效叶片长(L)与最大叶宽(B), 计算叶面积指数(LAI)^[13]。

$$LAI=0.75\rho\sum_{i=0}^n(L\times B)$$

式中, n 为单株有效叶片数; ρ 为种植密度。

1.4.3 SPAD 值的测定 用 TYS-A 型叶绿素仪测定开花后第 7、12、17、22、27、32 天的 SPAD 值, 在每片叶片上、中、下位置重复 3 次。各处理测 5 株, 计算平均值。

1.4.4 玉米生长率(CGR)的测定 在玉米苗期、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆期、成熟期各小区每个品种随机取 3 株, 将选取玉米植株的茎、叶、穗分离, 标记后分别放入烘箱, 将烘箱温度设定在 105 ℃条件下杀青 0.5 h, 然后控温至 75 ℃烘干至恒质量, 冷却至室温称量质量, 计算玉米干物质积累量, 由此计算出玉米生长率(CGR)^[13]。

玉米生长率(CGR)指单位时间内每一株玉米所累积的干物质重。

$$CGR=\frac{W_2-W_1}{t_2-t_1}$$

式中, W_2-W_1 表示某段时间内单株玉米植株干重的净增长量, t_2-t_1 为对应前后 2 次测定干物质的取样间隔天数。

1.4.5 株高、穗位高的测定 在玉米成熟期各小区每个品种随机取 5 株测量株高和穗位高。

1.5 数据统计分析

利用 Excel 2019 进行数据统计分析和绘图, 采用 SPSS 27 软件进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同品种间作对玉米产量的影响

2.1.1 百粒重 由表 1 可以看出, DH605 和 XY1225 间作与单种的百粒重相比差异不显著, JS1915 2:2:2 间作与 1:1:1 间作、单种相比差异显著。JS1915 2:2:2 间作比 1:1:1 间作百粒重增加 20.39%, 比单种百粒重增加 22.22%; DH605 2:2:2 间作比 1:1:1 间作百粒重增加 3.67%, 比单种百粒重增加 20.91%; XY1225 2:2:

2 间作比 1 : 1 : 1 间作百粒重增加 3.23%，比单种百粒重增加 31.23%。说明两种间作方式均能够增加百粒重，2 : 2 : 2 间作模式增加幅度较大。

2.1.2 穗粒数 由表 1 可以看出，JS1915 间作与单种穗粒数差异显著，JS1915 2 : 2 : 2 间作和 1 : 1 : 1 间作分别比单种穗粒数分别增加 12.76%、9.85%。DH605 间作处理与单种的穗粒数差异不显著，2 : 2 : 2 间作和 1 : 1 : 1 间作比单种穗粒数分别降低 8.44%、8.69%。XY1225 间作与单种相比穗粒数差异不显著，XY1225 2 : 2 : 2 间作比单种穗粒数增加 0.71%，1 : 1 : 1 间作比单种穗粒数降低 1.01%。说明 JS1915 间作能够增加穗粒数，DH605 间作反而降低了穗粒数，XY1225 间作对穗粒数的影响不大。

2.1.3 产量 由表 1 可以看出，同一品种两种间作处理与单种的产量相比差异显著。JS1915 和 XY1225 在 2 : 2 : 2 间作处理下的产量均最高，分别比 1 : 1 : 1 间作处理下高 12.93%、3.16%，比单种产量高 14.54%、11.22%。DH605 单种产量最高，分别比 2 : 2 : 2 间作、1 : 1 : 1 间作高 9.51%、16.79%。说明间作能够增加 JS1915 和 XY1225 的产量，其中以 2 : 2 : 2 间作模式增产幅度最大，但是反而降低了 DH605 的产量。

2.1.4 玉米出籽率 由表 1 可以看出，不同处理的出籽率差异显著，但这种差异主要是品种不同造成的，不同间作处理对同一品种出籽率的影响差异不显著。JS1915、DH605、XY1225 三个玉米品种 3 种处理的平均出籽率分别为 75.2%、78.6%、81.2%。说明间作处理对玉米出籽率基本无影响。

表 1 不同品种玉米间作对产量的影响

品种	处理	百粒重 /g	穗粒数 /粒	产量 /(kg/hm ²)	出籽率 /%
JS1915	1:1:1间作	40.2 b	641.4 a	11 341.5 b	75.0
	2:2:2间作	48.4 a	658.4 a	12 808.5 a	74.9
	单种	39.6 b	583.9 b	11 182.5 b	75.6
DH605	1:1:1间作	46.3 a	601.3 a	10 348.5 b	78.1
	2:2:2间作	48.0 a	602.9 a	11 035.5 b	77.4
	单种	39.7 a	658.5 a	12 085.5 a	80.2
XY1225	1:1:1间作	40.3 a	667.3 a	13 531.5 a	83.0
	2:2:2间作	41.6 a	678.9 a	13 959.0 a	80.4
	单种	31.7 a	674.1 a	12 550.5 b	80.3

2.2 不同品种间作对玉米叶面积指数(LAI)的影响

从图 1 可以看出，不同处理全生育期叶面积指数(LAI)变化总体呈抛物线型，在吐丝期达到最大值。且 XY1225 2 : 2 : 2 间作全生育期 LAI 值均为最高，说明叶片作为形成光合物质的重要场所，叶片的生长可能是影响产量的重要因素之一。3 个品种在 2 : 2 : 2 间作处理下的平均 LAI 均为最高，1 : 1 : 1 间作次之，单种最低。JS1915、DH605、XY1225 三个品种 2 : 2 : 2 间作处理下的平均 LAI 分别比单种高 6.94%、7.92%、9.60%，1 : 1 : 1 间作处理下的平均 LAI 分别比单种高 3.40%、0.44%、3.25%。说明间作模式下群体冠层结构分布更加合理，能够提高光能利用率，增加叶面积指数。

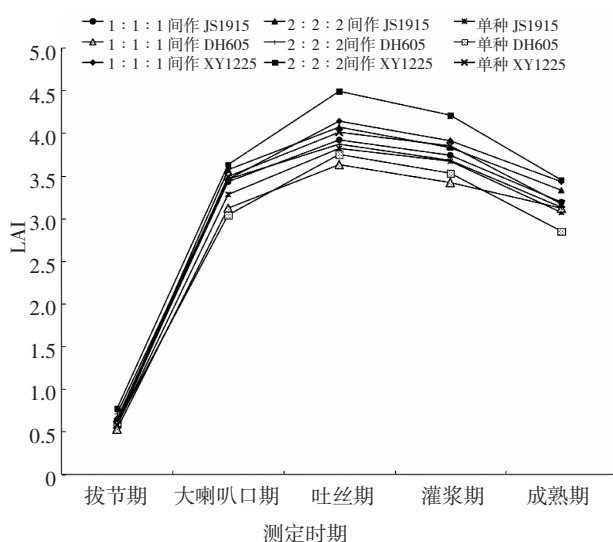


图1 不同品种玉米间作对叶面积指数(LAI)的影响

2.3 不同品种间作对玉米 SPAD 值的影响

从图 2 可以看出，各处理在测定期的叶绿素含量 (SPAD) 变化均为先增高后降低。JS1915 和 XY1225 两个品种各处理的 SPAD 值均在 8 月 16 日达到最高，DH605 2 : 2 : 2 间作和单种的 SPAD 值也在 8 月 16 日达到最高，但 1 : 1 : 1 间作的 SPAD 值在 8 月 11 日就达到峰值；这可能是由于 DH605 在 1 : 1 : 1 间作种植模式下生育进程加快造成的。JS1915、DH605、XY1225 三个品种均在 2 : 2 : 2 间作处理下平均 SPAD 值最高，分别比单种分别高 6.49%、6.90%、8.84%，说明间作可以增加玉米叶片的叶绿素含量，提高光合速率。

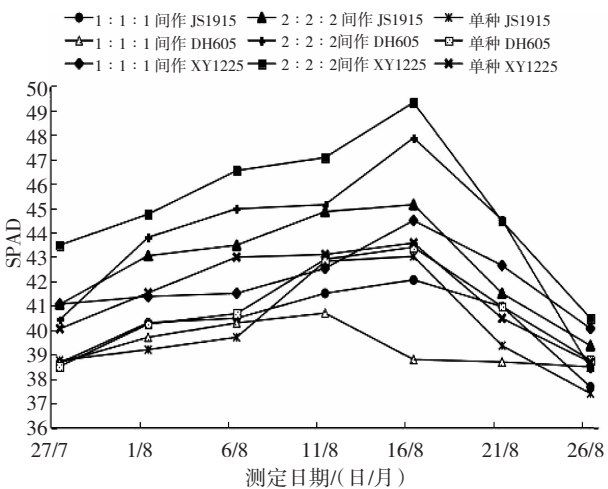


图2 不同品种玉米间作对叶绿素含量(SPAD)的影响

2.4 不同品种间作对玉米生长率(CGR)的影响

由图 3 可以看出, 各处理玉米生长率(CGR)变化呈现先增长后下降的趋势, 在吐丝期-灌浆期增长速度最快, XY1225 2 : 2 : 2 间作整个生育期 CGR 均为最高, 平均 CGR 为 2.394 g/(plant·d), DH605 1 : 1 : 1 间作整个生育期平均 CGR 最低, 为 1.648 g/(plant·d)。JS1915、DH605、XY1225 在 2 : 2 : 2 间作处理下的 CGR 峰值分别较单种高 10.07%、15.90%、16.29%, 1 : 1 : 1 间作处理下的 CGR 峰值分别为单种高 4.47%、低 4.85%、高 6.47%。说明 2 : 2 : 2 间作能够增加植株生长率。

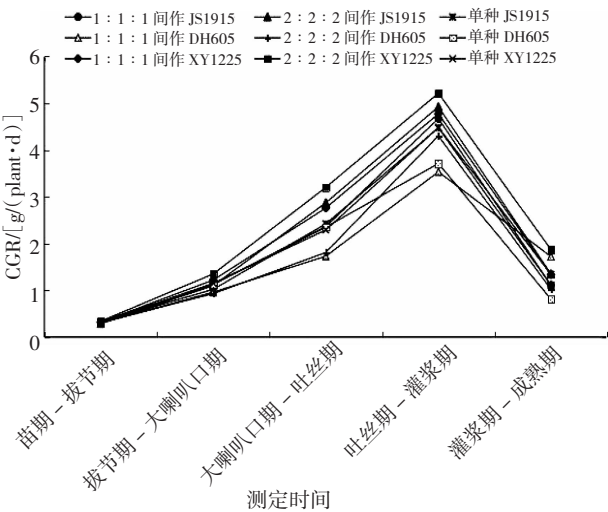


图3 不同品种玉米间作对地上部生物量(CGR)的影响

2.5 不同品种间作玉米对株高、穗位高的影响

由图 4 可以看出, JS1915 的株高和穗位高均表现为 2 : 2 : 2 间作>1 : 1 : 1 间作>单种, DH605 和 XY1225 的株高和穗位高均为 2 : 2 : 2 间作>单种>1 : 1 : 1 间作。且同一品种不同处理

间株高相比差异显著, JS1915、DH605、XY1225 三个品种 2 : 2 : 2 间作处理下的株高比单种分别增加 19.58%、3.49%、12.91%; 同一品种 2 : 2 : 2 间作处理与 1 : 1 : 1 间作、单种的穗位高差异显著, JS1915、DH605、XY1225 三个品种 2 : 2 : 2 间作处理下的穗位高比单种增加 32.11%、18.22%、29.57%。品种间平均株高表现为 XY1225>JS1915>DH605, 平均穗位高 XY1225>DH605>JS1915。说明 2 : 2 : 2 间作模式能够增加玉米植株高度和穗位高度。

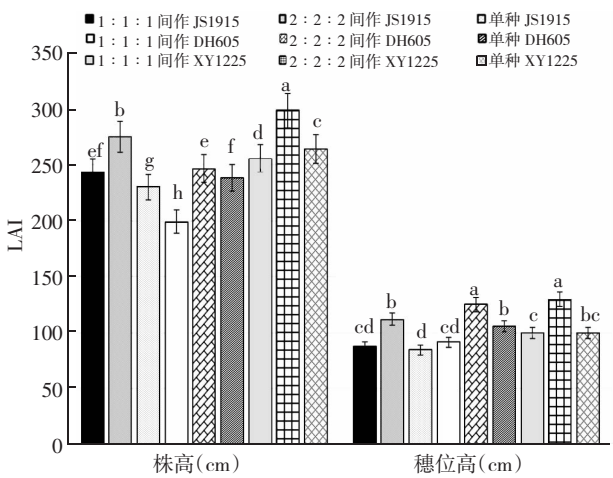


图4 不同品种玉米间作对株高、穗位高的影响

3 讨论与结论

间混作能够改善群体的通风、透光状况, 增加叶面积指数和光合速率^[17]。本试验结果表明, 金穗 1915、登海 605、先玉 1225 三个品种 2 : 2 : 2 间作处理下的平均 LAI 分别比单种高 6.94%、7.92%、9.60%, 平均 SPAD 值分别比单种高 6.49%、6.90%、8.84%, 整个生育期平均 CGR 分别比单种增加 10.07%、15.90%、16.29%, 株高比单种增加 19.58%、3.49%、12.91%, 穗位高比单种增加 32.11%、18.22%、29.57%, 说明 2 : 2 : 2 间作模式下群体冠层结构分布更加合理, 能够提高光能利用率, 增加干物质量, 促进 3 个品种玉米植株的生长。

梅沛沛^[18]认为, 不同基因型玉米合理间作能够提高群体产量和抗逆性。赵文跃等^[19]也认为, 将玉米单种该为玉米高、中、矮秆杂交种按一定比例间种, 形成波浪起伏的立体栽培模式能够充分发挥玉米生物学特性, 改善玉米品质, 降低投

入, 增加收益。本试验表明, 金穗 1915、先玉 1225 和登海 605 三个不同品种玉米间作能够增加百粒重, 这与前人研究结果一致^[11, 14], 且 2 : 2 : 2 间作模式的增加幅度大于 1 : 1 : 1 模式。金穗 1915 和先玉 1225 两个品种 2 : 2 : 2 间作后产量比单种分别高 14.54%、11.22%, 但是登海 605 在 2 : 2 : 2、1 : 1 : 1 间作后产量反而比单种降低 9.51%、16.79%。金穗 1915 和先玉 1225 间作能够提高产量, 但是登海 605 与其他两个品种间作产量反而降低, 在百粒重增加且取样穗数一致的情况下, 这可能与登海 605 与其他两个品种间作后穗粒数减少有关, 登海 605 2 : 2 : 2 间作比单种登海 605 穗粒数降低 8.44%, 1 : 1 : 1 间作登海 605 比单种登海 605 穗粒数降低 8.69%, 而穗粒数的减少可能是因为登海 605 生育期与其他两个品种相比较短, 造成了登海 605 在间作模式下授粉不良, 这与史振声^[20]的研究结果一致, 玉米品种间混种时生育期相差太大易造成授粉不良而导致减产。通过比较登海 605 在间作和单种不同模式下的全生育期平均叶面积指数、开花至开花后第 32 天的平均叶绿素含量及平均地上部生物量也可看出, 2 : 2 : 2 间作模式均大于单种模式, 说明 2 : 2 : 2 间作能够促进登海 605 玉米植株的生长, 只是因为生育期差异导致的授粉不良造成了减产。

本试验结果表明, 间作能够提高光能利用率, 促进玉米植株的生长, 增加籽粒重, 且 2 : 2 : 2 间作模式增加幅度大于 1 : 1 : 1 间作模式。但是当选择的间作品种生育期不一致时, 由于授粉不良导致的穗粒数降低会造成间作后的产量反而不如单种。因此, 当通过不同玉米品种 1 : 1 : 1 或 2 : 2 : 2 间作提高产量时, 宜选择生育期一致的玉米品种按照 2 : 2 : 2 模式种植。

参考文献:

- [1] 白银市统计局. 白银市年鉴[M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 2023.
- [2] 朱玉双. 论玉米的生态价值[J]. 现代化农业, 2012, 394(5): 16-18.
- [3] 史振声, 张喜华, 李凤海, 等. 不同玉米品种间、混种植栽培的技术探讨[J]. 玉米科学, 2016, 14(4): 111-113.
- [4] 史振声. 关于玉米 F₀ 代杂种优势理论与实践的探讨[J]. 辽宁农业科学, 1985(3): 26-29.
- [5] 吴昊磊. 不同品种玉米间混作对养分吸收和生产力稳定性的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.
- [6] 刘天学, 李潮海, 马新明, 等. 不同基因型玉米间作对叶片衰老、籽粒产量和品质的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 914-921.
- [7] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2096-2103.
- [8] 李方杰, 常志杰, 史大坤, 等. 不同基因型玉米间作对气孔特征和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2024, 53(8): 21-29.
- [9] 郭晓峰, 史 堂, 施 斐, 等. 种植密度对不同饲用玉米产量与品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2025, 4(1): 67-72.
- [10] 焦贵华. 不同基因型夏玉米间作对产量及冠层光合特性的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2021.
- [11] 赵振彪, 张振国. 不同基因型玉米间混作对产量的影响[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(4): 57-59.
- [12] 苏新宏. 不同基因型玉米间作效应研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2001.
- [13] 朱韵哲. 不同基因型玉米品种光合物质生产和生理特性的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [14] 周玉乾, 寇思荣. 两个玉米品种混种增产潜力研究[J]. 农业科技通讯, 2011(4): 115-116.
- [15] 樊廷录, 李尚中, 赵 刚, 等. 西北旱地农业研究进展及科技创新重点内容[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(1): 26-31.
- [16] 李世晓, 第红君, 王国基, 等. 玉米品种五谷 568 膜下滴灌水肥一体化制种栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(7): 96-98.
- [17] 赵亚丽, 康 杰, 刘天学, 等. 不同基因型玉米间混作优势带型配置[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3855-3864.
- [18] 梅沛沛. 不同基因型玉米间作复合群体稳产增产效应及其机制研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [19] 赵文跃, 杨国航, 景希强, 等. 玉米间种栽培方式探讨[J]. 玉米科学, 2008, 16(3): 96-98.
- [20] 史振声. 多个玉米单交种等量混种与单种的产量比较和主要性状分析[J]. 种子, 1989, 39(1): 35-38.