

豌豆品种在江西红壤旱地的适应性评价^①

康 锋¹, 柳开楼², 刘晓利³, 王美芳¹, 程 坤², 胡丹丹², 宋惠洁², 徐小林², 胡志华²,
黄尚书², 吴 艳^{2*}

(1 萍乡市农业技术推广中心, 江西萍乡 337000; 2 江西省红壤及种质资源研究所/耕地改良与质量提升江西省重点实验室/国家红壤改良工程技术研究中心, 南昌 331717; 3 中国科学院南京土壤研究所, 南京 211135)

摘要: 为筛选适宜江西红壤旱地种植的豌豆品种, 本研究以8种豌豆种质资源为材料, 测定其鲜荚重、株高等生长指标和芥酸、硫苷、蛋白质、水分及油酸等营养指标, 并采用隶属函数分析相结合的方法, 对不同豌豆品种在红壤旱地适应性进行评价。结果表明, 生长指标上, 宁豌荷兰豆鲜荚产量最高($7\ 299.94\ kg/hm^2$), 紫甜脆豌豆、中豌6号和中豌11号产量其次($6\ 336.50\sim6\ 929.39\ kg/hm^2$); 台湾奇珍76的株高最高(1.48 m), 宁豌荷兰豆和中豌6号株高适中(1.15和1.13 m)。营养指标上, 紫甜脆豌豆蛋白质含量最高(26.60%), 汉益402水分含量最高(11.17%), 碧玉豌豆硫苷含量最低(25.49%), 宁豌荷兰豆芥酸含量最低(0.39%), 台湾奇珍76油酸含量最高(34.02%)。相关性分析表明, 豌豆产量与芥酸、水分含量呈显著负相关($P<0.05$), 与其他营养指标相关性不大。进一步通过隶属函数分析可知, 台湾奇珍76豌豆品种的综合表现最佳, 中豌6号与汉益402的综合表现也较好, 均适合在江西省红壤旱地推广种植。

关键词: 豌豆; 品种; 产量; 生长指标; 营养指标

中图分类号: S643.3; S322.1 **文献标志码:** A

Adaptability Evaluation of Pea Varieties in Jiangxi Upland Red Soil

KANG Feng¹, LIU Kailou², LIU Xiaoli³, WANG Meifang¹, CHENG Kun², HU Dandan², SONG Huijie², XU Xiaolin², HU Zhihua²,
HUANG Shangshu², WU Yan^{2*}

(1 Pingxiang Agricultural Technology Promotion Center, Pingxiang, Jiangxi 337000, China; 2 Jiangxi Institute of Red Soil and Germplasm Resources/Jiangxi Province Key Laboratory of Arable Land Improvement and Quality Enhancement/National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement, Nanchang 331717, China; 3 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 211135, China)

Abstract: In order to screen pea varieties which are suitable for planting in upland red soil in Jiangxi, 8 pea varieties were used as materials in this study to analyze the growth indexes such as fresh pod weight and plant height, and the nutritional indexes of erusic-acid, glucosinolate, protein, moisture and oleic acid, then combined with the method of membership function values, the adaptability of different pea varieties were evaluated. The results showed that in terms of growth indexes, Ningwan variety had highest fresh pod yield ($7\ 299.94\ kg/hm^2$), followed by the varieties of Zitiancui, Zhongwan 6 and Zhongwan 11 ($6\ 336.50\sim6\ 929.39\ kg/hm^2$). Taiwan-Qizhen 76 variety had the highest plant height (1.48 m), while Ningwan pea and Zhongwan 6 varieties had the moderate ones (1.15 and 1.13 m, respectively). In terms of nutritional indexes, Zitiansui variety had the highest protein content (26.60%), Hanyi 402 variety had the highest moisture content (11.17%), Biyu variety had the lowest glucosinolate content (25.49%), Ningwan variety had the lowest erusic-acid content (0.39%), Taiwan-Qizhen 76 variety had the highest oleic acid content (34.02%). Correlation analysis showed that fresh pod yield was significantly negatively correlated with erucic-acid and moisture ($P<0.05$), but had no correlation with other nutritional indexes. Further analysis of membership function showed that the comprehensive performance of Taiwan-Qizhen 76 variety was the best, followed by Zhongwan 6 and Hanyi 402 varieties, which are suitable for planting in Jinagxi upland red soil.

Key words: Pea; Variety; Yield; Growth index; Nutritional index

^①基金项目: 江西省旱粮产业技术体系项目(JXARS-7)、井冈山农高区省级科技专项“揭榜挂帅”项目(20222-051261)和国家重点研发计划项目(2023YFD1900205-01)资助。

* 通信作者(wuyan070620@163.com)

作者简介: 康锋(1978—), 男, 江西萍乡人, 本科, 高级农艺师, 主要从事作物栽培研究。E-mail: 33846177@qq.com

豌豆(*Pisum sativum* L.), 属豆科(Leguminosae)豆属(*Pisum*), 因其富含蛋白质(蛋白质含量达 22% ~ 25%)、膳食纤维、维生素和多种矿物质, 同时具有低脂肪、低胆固醇的特点, 是人们日常饮食中不可或缺的营养来源和重要的植物蛋白供应者, 在全球众多国家的饮食结构中占据关键地位^[1-3]。同时, 豌豆是培肥改土与稳粮增收的“先锋作物”^[4], 种植过程不仅能够提高土壤肥力, 降低农业生产成本, 同时还能增强土壤的可持续利用性, 为后续作物的生长创造有利条件^[5]。随着农业结构调整和特色农业发展的推进, 江西省豌豆种植面积逐年增长, 已成为南方鲜食豌豆和干豌豆的重要产区^[6-7]。然而, 受红壤旱地“酸、瘦、旱、板”障碍和豌豆品种结构单一等因素的影响, 区域豌豆产能及品质等均存在明显不足^[8-9]。因此, 筛选适宜区域红壤旱地种植的豌豆品种, 是豌豆产业可持续健康发展的重要途径。

已有学者在国内其他省份开展了豌豆品种引进、品种品质鉴定等研究, 表明豌豆品种资源呈现一定的地域性分布规律^[10]。如刘庆祖等^[11]在沿黄灌区引进草原 24 号、陇豌 6 号及银豌 1 号 3 个适宜推广种植豌豆品种; 刘振兴等^[12]在唐山市筛选出综合性状最好的豌豆品种唐豌 3 号。而豌豆品种品质鉴定研究方面, 马天天等^[13]鉴定了 100 份菜用豌豆种质资源的商品品质性状和营养品质性状; 高小丽等^[14]采用灰色关联分析和相关分析相结合的方法评价了 8 个豌豆品种农艺和品质性状。而当前江西省豌豆品种引进未见有相关研究报道, 因豌豆品种引进的地域限制, 在江西红壤旱地开展豌豆品种适应性评价意义重大。本研究旨在通过对不同豌豆品种的生长性状、营养品质及适应性进行比较分析, 筛选出适宜江西红壤地区种植的优良豌豆品种, 为江西省豌豆品种更新及其产业发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于江西省进贤县张公镇小蒋村(116°17'60"E, 28°35'24"N), 地处中亚热带, 年均气温 18.1 °C, ≥10 °C 积温 6 480 °C, 年降水量 1 537 mm, 年蒸发量 1 150 mm, 无霜期约为 289 d, 年日照时数 1 950 h。试验土壤为第四纪红黏土发育的红壤, 土壤有机质 21.56 g/kg, 全氮 1.24 g/kg, 全磷 0.89 g/kg, 全钾 10.74 g/kg, 速效氮 50 mg/kg, 有效磷 14.24 mg/kg, 速效钾 99.63 mg/kg, pH 4.8。

1.2 试验设计

为筛选适宜江西红壤旱地的豌豆品种, 从省内外收集豌豆品种 8 个, 分别是中豌 6 号、中豌 11 号、宁豌荷兰豆、台湾奇珍 76、碧玉豌豆、紫甜脆豌豆、汉益 402、甘翠豌豆, 每个处理重复 3 次, 小区面积 30 m²。所有豌豆品种种植的施肥量一致, 为硫酸钾型复合肥(N : P : K=15 : 15 : 15)600 kg/hm², 全部以基肥均匀撒施于土壤。播种采取人工撒播方式, 覆土深度约为 2 cm, 株行距分别为 20 cm 和 50 cm。试验于 2023 年 11 月 5 日播种, 收获时间为 2024 年 4 月 25 日。

1.3 测定指标

于豌豆收获前 1 d 在各豌豆品种处理中分别随机取 10 株豌豆植株测定株高, 并于小区实收荚果鲜重产量。每个品种随机选取 500 g 样品, 烘箱 105 °C 杀青 30 min, 65 °C 烘干至恒重, 用粉碎机(DF Y-1000C, 浙江)粉碎, 过 1 mm 筛, 再使用 FOSS DS2500 近红外谷物分析仪测定豌豆的含水量、蛋白质和脂肪等营养品质指标。

1.4 数据统计与分析

采用隶属函数法^[15]对豌豆品种生产性能和品质进行综合评价, 计算隶属函数值。

$$U(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (1)$$

$$\sum X_i = \frac{U(X_{ij})}{n} \quad (2)$$

式中: $U(X_{ij})$ 为 i 品种 j 性状的隶属度值; X_{ij} 为某一材料某一指标的实测值; $X_{j\max}$ 为该指标的最大值; $X_{j\min}$ 为该指标的最小值。 X_i 为 i 品种的平均隶属函数值; n 为测定指标数。

采用 Excel 2010 软件分析试验数据, 利用 SPSS 20.0 软件 Duncan 新复极差法检验分析不同处理间差异显著性。采用 Origin 8.5 软件绘图。使用 R 语言进行相关性分析, 衡量豌豆生长指标和营养品质指标之间的线性关系。利用隶属函数法对豌豆品种的生长性状和营养品质进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 不同豌豆品种荚果产量

图 1 表明, 在红壤旱地上, 不同品种的豌豆荚果鲜物质量存在显著差异($P < 0.05$), 其中以宁豌荷兰豆的产量最高(7 299.94 kg/hm²), 其次为紫甜脆豌豆、中豌 6 号和中豌 11 号(6 336.50 ~ 6 929.39 kg/hm²), 而台湾奇珍 76 和甘翠豌豆则较低(5 261.89 和 5 447.17 kg/hm²), 汉益 402 和碧玉豌豆(4 039.06 和

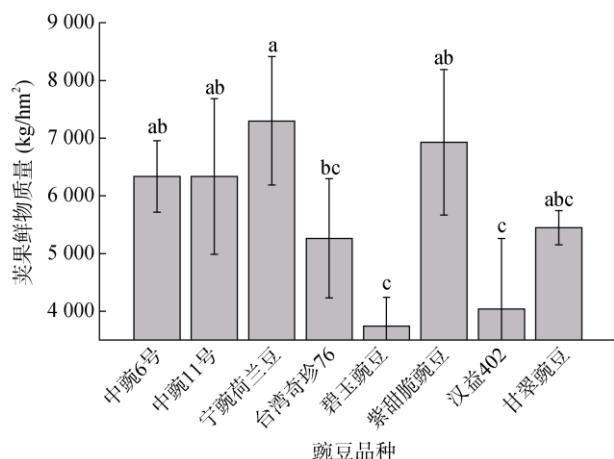
(图中小写字母不同表示不同豌豆品种间差异显著($P<0.05$), 下同)

图1 不同豌豆品种荚果鲜物质量

Fig.1 Pod fresh weights of different pea varieties

3 742.61 kg/hm²)最低。

2.2 不同豌豆品种株高

不同豌豆品种在红壤旱地的株高存在较大差异(图2)。在所有品种中, 台湾奇珍76的株高最高(1.48 m), 其次为宁豌荷兰豆和中豌6号(1.15和1.13 m), 其他品种则较低, 株高范围在0.62~0.81 m。

2.3 不同豌豆品种营养品质

由表1可知, 不同豌豆品种营养品质具有不同的

表现, 但差异并不大。8个豌豆品种中蛋白质含量介于24.41%~26.60%, 其中紫甜脆豌豆蛋白质含量最高, 其次是汉益402, 宁豌荷兰豆蛋白质含量最低; 水分含量为8.06%~11.17%, 其中汉益402最高, 其次是碧玉豌豆, 宁豌荷兰豆最低; 硫苷含量介于25.49%~27.75%, 其中中豌6号最高, 其次是宁豌荷兰豆, 最低是碧玉豌豆; 芥酸含量以宁豌荷兰豆最低, 汉益402最高; 油酸含量以台湾奇珍76高于其他豌豆品种, 但均在30%以上。

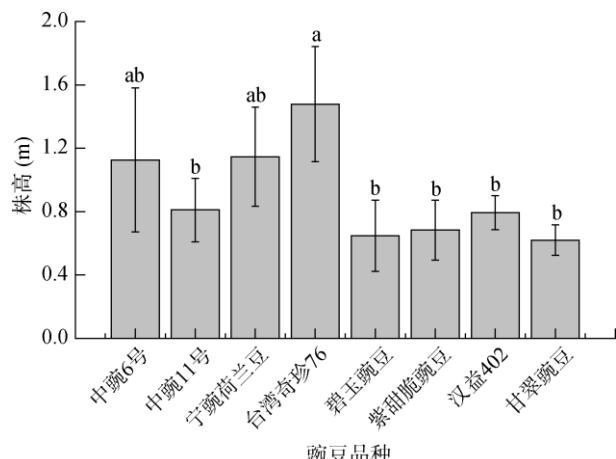


图2 不同豌豆品种株高

Fig.2 Plant heights of different pea varieties

表1 不同豌豆品种营养品质
Table 1 Nutritional qualities of different pea varieties

豌豆品种	芥酸(%)	硫苷(%)	蛋白质(%)	水分(%)	油酸(%)
中豌6号	1.00 ± 0.05 d	27.75 ± 6.41 a	25.34 ± 2.17 ab	10.17 ± 0.66 ab	32.28 ± 2.93 a
中豌11号	1.95 ± 0.16 b	27.30 ± 5.05 a	25.73 ± 0.73 ab	10.34 ± 0.44 ab	31.17 ± 1.51 a
宁豌荷兰豆	0.39 ± 0.08 e	27.51 ± 2.30 a	24.41 ± 1.52 b	8.06 ± 0.43 c	33.45 ± 1.92 a
台湾奇珍76	2.18 ± 0.58 b	26.20 ± 2.78 a	24.87 ± 0.27 ab	9.78 ± 0.76 b	34.02 ± 1.06 a
碧玉豌豆	1.48 ± 0.17 c	25.49 ± 4.05 a	25.77 ± 0.69 ab	10.46 ± 0.43 ab	33.08 ± 0.24 a
紫甜脆豌豆	0.81 ± 0.06 de	26.70 ± 1.83 a	26.60 ± 0.66 a	9.69 ± 0.59 b	30.85 ± 1.26 a
汉益402	3.28 ± 0.22 a	27.07 ± 3.65 a	25.98 ± 0.38 ab	11.17 ± 0.32 a	31.62 ± 0.76 a
甘翠豌豆	1.10 ± 0.07 cd	26.02 ± 2.14 a	24.66 ± 0.70 ab	8.58 ± 0.17 c	33.23 ± 1.92 a

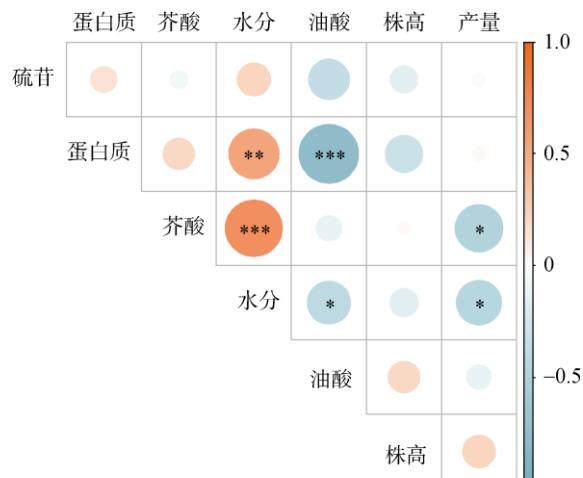
注: 同列小写字母不同表示不同豌豆品种间差异显著($P<0.05$)。

2.4 不同豌豆品种生长指标和营养品质指标的相关性

豌豆生长指标与营养品质指标相关性分析结果显示(图3), 产量与芥酸、水分含量呈显著负相关($P<0.05$); 蛋白质与水分呈极显著正相关($P<0.01$), 与油酸呈极显著负相关($P<0.001$); 芥酸与水分呈极显著正相关($P<0.001$); 水分与油酸呈显著负相关($P<0.05$), 其余指标之间相关性不显著。

2.5 不同豌豆品种隶属函数综合评价

为综合评价不同豌豆品种在江西红壤地区的引种适应性, 用株高、产量、芥酸、硫苷、蛋白质、水分、油酸7个指标进行隶属函数分析。隶属函数值越大, 豌豆适用性越好, 反之则不太适合引种。由表2可知, 排名第一的是台湾奇珍76(隶属函数值=0.59), 其次是中豌6号(隶属函数值=0.58)和汉益402(隶属函数值=0.56), 排在末位的是甘翠豌豆(隶属函数值=0.28)。



(*、**、***分别表示相关性达 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 和 $P<0.001$ 显著水平)

图 3 豌豆生长指标与营养品质指标的相关性
Fig. 3 Correlations of growth indexes and nutritional quality indexes of pea

3 讨论

3.1 豌豆品种生长性状比较

本研究探讨了不同豌豆品种在江西红壤旱地的生长性状,结果与部分已有研究存在差异。本研究中,台湾奇珍 76 株高领先,但产量较低,这与其他注重品种综合增产潜力的研究有所不同^[16]。原因可能是其株高优势未有效转化为产量优势,豌豆品种的营养物质可能更多用于植株生长而非生殖生长。宁豌荷兰豆产量最高,在红壤旱地表现出良好的适应性,主要是由于其自身的遗传特性和高效利用土壤养分的能力^[17],特别是在花荚期有较强的光合效率和养分转运能力,从而积累了更多营养物质用于荚果形成。当前,豌豆种植技术落后,缺乏科学的田间管理措施,致使豌豆产量和品质难以提高^[18-19],而后续在提高种植技术的基础上,可进一步研究品种生长与产量的关联,为豌豆种植提供更精准的品种选择。

表 2 不同豌豆品种隶属函数综合评价
Table 2 Comprehensive evaluations of membership function of different pea varieties

品种	株高	产量	芥酸	硫苷	蛋白质	水分	油酸	平均值	排序
中豌 6 号	0.59	0.73	0.21	1.00	0.42	0.68	0.45	0.58	2
中豌 11 号	0.22	0.73	0.54	0.80	0.60	0.73	0.10	0.53	4
宁豌荷兰豆	0.61	1.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.82	0.48	5
台湾奇珍 76	1.00	0.43	0.62	0.31	0.21	0.55	1.00	0.59	1
碧玉豌豆	0.03	0.00	0.38	0.00	0.62	0.77	0.70	0.36	7
紫甜脆豌豆	0.07	0.90	0.15	0.54	1.00	0.52	0.00	0.45	6
汉益 402	0.20	0.08	1.00	0.70	0.72	1.00	0.24	0.56	3
甘翠豌豆	0.00	0.48	0.25	0.24	0.11	0.17	0.75	0.28	8

3.2 豌豆品种营养品质比较

本研究还比较了不同豌豆品种的营养品质,结果表明,不同豌豆品种营养品质虽差异不大,但各有特点。蛋白质含量方面,紫甜脆豌豆最高,宁豌荷兰豆最低。这可能与其品种自身的遗传特性相关,不同豌豆品种在生长过程中,基因表达对营养物质合成路径的影响有所不同,致使蛋白质含量产生差异^[20]。水分含量中,汉益 402 最高,宁豌荷兰豆最低,这或许是因为品种间在生理代谢及对环境水分利用效率上存在差异^[21],从而影响了籽粒水分含量。硫苷、芥酸和油酸含量也因品种差别较大,中豌 6 号硫苷含量最高,碧玉豌豆最低;芥酸含量以宁豌荷兰豆最低,汉益 402 最高;油酸含量以台湾奇珍 76 占优。这可能是由于各品种在长期进化和育种过程中,对特定次生代谢产物合成相关基因的表达调控不同,且受种植环境中土壤养分、微生物等因素的交互作用^[22-23],综合影响了豌豆品种的营养品质。本研究更全面地呈现

了不同豌豆品种在特定土壤条件下营养品质的多样性,为后续深入探究豌豆营养品质形成机制及豌豆育种提供了更有价值的参考信息。

3.3 豌豆品种适应性评价

本研究对豌豆品种适应性进行综合评价,其相关性分析表明,豌豆蛋白质与水分含量呈极显著正相关($P<0.01$),与油酸含量呈极显著负相关($P<0.001$)。而张环等^[24]分析发现,13 个向日葵品种中,高品质油用向日葵品种籽粒兼具了高蛋白质含量和高含油率的特质。这可能是因为豌豆与向日葵这两种作物籽粒营养品质区别较大,豌豆是蛋白质含量较高的籽粒,而向日葵是含油量较高的籽粒。本研究还发现,豌豆水分与油酸、产量呈显著负相关($P<0.05$),这与郭海斌等^[25]研究表明玉米高产需减少籽粒水分含量的结果相同。豌豆芥酸与水分含量呈极显著正相关($P<0.001$),与产量呈显著负相关($P<0.05$),这应该是豌豆本身营养指标与生长指标的特性决定的。在隶属

函数综合评价中, 台湾奇珍 76、中豌 6 号和汉益 402 排名靠前, 而甘翠豌豆适应性较差。这可能是因为台湾奇珍 76 等品种在长期的品种选育与推广过程中, 其遗传特性更契合江西红壤地区的气候、土壤等环境条件。与部分仅依据单一指标或少数指标评估豌豆适应性的研究相比, 本研究综合考虑了株高、产量、芥酸、硫苷、蛋白质、水分、油酸 7 个指标, 能更全面、客观地反映豌豆品种在特定地区的适应性, 为豌豆引种决策提供了有力参考。

4 结论

8 个豌豆品种均可以在江西省引种种植, 产量以宁豌荷兰豆最高, 紫甜脆豌豆其次; 蛋白质含量以紫甜脆豌豆最高, 水分含量以汉益 402 最高, 油酸含量以台湾奇珍 76 最高, 相关性分析表明, 豌豆产量与芥酸、水分含量呈显著负相关, 与其他营养指标相关性不大。隶属函数分析结果显示, 台湾奇珍 76 豌豆品种的综合表现最佳, 中豌 6 号与汉益 402 的综合表现也较好, 均适合在江西省红壤地区推广种植。

参考文献:

- [1] 仪登霞, 庞永珍. 我国豌豆生产和育种的现状与问题[J]. 中国草地学报, 2022, 44(1): 104–113.
- [2] Pandey A K, Rubiales D, Wang Y G, et al. Omics resources and omics-enabled approaches for achieving high productivity and improved quality in pea (*Pisum sativum* L.)[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2021, 134(3): 755–776.
- [3] 苏复工, 刘少伟, 娜音图. 模糊数学模型在豌豆素食鸡排感官评价中的应用[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 105–109.
- [4] 唐懿, 任纬, 刘副刚, 等. 褪黑素浸种对豌豆幼苗生长及镉积累的影响[J]. 土壤, 2018, 50(1): 109–114.
- [5] 刘荣, 杨涛, 黄宇宁, 等. 豌豆及其野生近缘种质资源研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2020, 21(6): 1415–1423.
- [6] 曹开蔚, 漆映雪, 余冬晖. 江西省小杂粮生产现状及发展对策[J]. 江西农业科技, 2003(3): 40–42.
- [7] 杨梅, 鲜东峰, 李治华, 等. 豌豆鲜籽粒营养与风味品质的综合评价[J]. 中国粮油学报, 2024, 39(12): 64–72.
- [8] 姜灿烂, 何园球, 李辉信, 等. 长期施用无机肥对红壤旱地养分和结构及花生产量的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(6): 1102–1109.
- [9] 黄洪明. 稻田秋豌豆免耕撒播与直播高产高效生产技术[J]. 江西农业科技, 2004(5): 26–27.
- [10] 曾亮, 李敏权, 杨晓明. 豌豆属种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 草业学报, 2012, 21(3): 125–131.
- [11] 刘庆祖, 闫积卓, 王久明. 不同豌豆品种在沿黄灌区适应性分析[J]. 寒旱农业科学, 2025(5): 427–431.
- [12] 刘振兴, 亚秀秀, 周桂梅, 等. 豌豆新品种(系)在唐山地区的适应性鉴定及综合评价[J]. 辽宁农业科学, 2025(1): 51–54.
- [13] 马天天, 孟俊瑛, 陈高, 等. 100 份菜用豌豆种质资源品质鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2025, 26(4): 683–692.
- [14] 高小丽, 廖文华, 王姗姗, 等. 豌豆主要农艺和品质性状的相关性及灰色关联度分析[J]. 作物杂志, 2016(5): 56–60.
- [15] 兰敏, 尹美强, 芦文杰, 等. 干旱胁迫下外源硒对小麦幼苗抗旱性的影响[J]. 土壤, 2018, 50(6): 1182–1189.
- [16] 赵宏亮, 王萍. 大豆株高与重要性状的相关性及其定位研究进展[J]. 大豆科学, 2022, 41(6): 747–752.
- [17] 丁树启, 程彤, 饶德民, 等. 大豆品种改良过程中光合特性及产量性状对种植密度的响应[J]. 中国油料作物学报, 2024, 46(5): 1058–1067.
- [18] 郝曦煜, 李雪, 陈博, 等. 我国豌豆产业发展特征及趋势分析[J]. 农业科技通讯, 2022(2): 10–15.
- [19] 刘晓利, 周静, 崔键. 不同品种和栽培措施下红壤旱地秋播粟米产量研究[J]. 土壤, 2010, 42(3): 502–504.
- [20] 王子然, 鲁一薇, 杨婧怡, 等. 外源水杨酸对镉胁迫下大豆生理特性和抗逆基因表达的影响[J]. 作物学报, 2024, 50(11): 2883–2895.
- [21] 史婵, 李秋卓, 张菡, 等. 干旱胁迫对甘薯生理特性的影响及品种抗旱性的关系[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(4): 45–48.
- [22] 孙铭雪, 宋春旭. 驯化对植物微生物组结构和功能影响的研究进展[J]. 土壤学报, 2022, 59(1): 66–78.
- [23] 朱家鹏, 张亚玉, 邵财, 等. 间作模式下药用植物互利共生生态学调控策略[J]. 中药材, 2024, 47(6): 1574–1582.
- [24] 张环, 徐芙蓉, 柳利龙, 等. 13 个油用向日葵品种籽粒的水分含量及营养成分比较[J]. 甘肃农业科技, 2020(11): 59–61.
- [25] 郭海斌, 张军刚, 王文文, 等. 不同播期玉米籽粒产量和籽粒水分变化及其叶片、茎秆特性的关系研究[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(6): 45–54.