

盐碱地不同底肥处理下的豇豆品种综合评价

郝延杰, 王子强, 刘树泽, 代惠芹, 韩小伟, 任娜娜

(滨州市农业科学院 山东滨州 256600)

摘要:为给当地豇豆产业提供品种参考,并降低化肥使用量,促进盐碱地土壤的改良,选取 28 个品种以化肥和菌肥为底肥进行试种,以滨豇 1 号为对照测定比较不同底肥处理下的豇豆荚长、单荚质量等指标。采用隶属函数法对影响豇豆品种筛选的代表性指标进行了综合评价,并比较不同肥料处理前后的土壤营养元素含量差异。结果表明,以菌肥或化肥做底肥对绝大多数品种豇豆荚长、单荚质量等农艺性状以及产量、抗病性的影响不大;10 个品种的可溶性固形物含量菌肥处理显著高于化肥处理。隶属函数分析法分析结果表明,青豇王、台友油青、滨豇 4 号、丰豇一号、海 17-9 的评分排名前 5。菌肥处理在 40 cm 深度下水溶性盐总量较对照降低 38.85%,有效磷含量降低 73.76%,化肥处理在 20 cm 深度下水溶性盐总量较对照降低 26.71%,有效磷含量降低 28.55%。综上所述,可以选择以菌肥为底肥,在当地中、低度盐碱地区推广种植经综合评价后表现较好的这 5 个豇豆品种。

关键词:豇豆;化肥;菌肥;盐碱地;综合评价

中图分类号:S643.4

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)01-151-08

Comprehensive evaluation of cowpea varieties under different base fertilizer treatments in saline-alkali soil

HAO Yanjie, WANG Ziqiang, LIU Shuze, DAI Huiqin, HAN Xiaowei, REN Nana

(Binzhou Academy of Agricultural Sciences, Binzhou 256600, Shandong, China)

Abstract: In order to provide variety recommendations for upgrading the local cowpea industry, reduce chemical fertilizer usage, and promote the improvement of saline-alkali soil, 28 varieties were selected for trial planting using chemical fertilizer and bacterial manure as the base fertilizers. Indexes such as pod length and single pod mass were measured. The membership function method was used for a comprehensive evaluation of representative indexes affecting the selection of cowpea varieties, and the differences of soil nutrient content before and after different fertilizer treatments were compared. The results showed that the use of bacterial manure or chemical fertilizer as base fertilizer had little effect on the yield, disease resistance and agronomic traits such as pod length and single pod mass, as well as yield and disease resistance for most of varieties. The soluble solid content of 10 varieties was significantly higher in bacterial manure treatment than in chemical fertilizer treatment. The membership function analysis showed that Qingjiangwang, Taiyou Youqing, Binjiang 4, Fengjiang 1 and Hai17-9 ranked in the top five in terms of scores. At the depth of 40 cm, the total amount of water soluble salt and available phosphorus of bacterial manure treatment decreased by 38.85% and 73.76%, respectively, compared to the control. Chemical fertilizer treatment reduced the total amount of water soluble salt by 26.71%, and the available phosphorus content by 28.55% compared to the control at the depth of 20 cm. In conclusion, bacterial manure can be used as the base fertilizer, and the five cowpea varieties with better comprehensive evaluation performance can be promoted in the local medium and low salinity areas.

Key words: Cowpea; Chemical fertilizer; Bacterial manure; Saline-alkali soil; Comprehensive evaluation

豇豆生产技术相对简单,对环境要求不高,耐热性好,采摘时间长,是我国夏秋季主要蔬菜品种之一^[1]。豇豆含有丰富的营养物质,如粗纤维、蛋白质、维生素 C、碳水化合物以及铁、钙等微量元素,能

够提高人体免疫力^[2-3]。豇豆嫩荚食用方式多样,可凉拌、炒食、做馅、盐渍、晒制豆角干、加工泡菜等,受到消费者的广泛欢迎。

近年来,我国豇豆年播种面积稳定在 50 万 hm²

收稿日期:2024-01-12;修回日期:2024-08-29

基金项目:泰山产业领军人才工程资助;山东省高等学校青创科技支持计划项目(2022KJ088)

作者简介:郝延杰,男,副研究员,研究方向为蔬菜育种及栽培。E-mail:bnkyhyj@163.com

通信作者:任娜娜,女,农艺师,研究方向为蔬菜栽培及病虫害防治。E-mail:739080310@qq.com

以上,栽培面积和产量在世界占据重要地位^[4-5]。为促进我国豇豆产业的升级和发展,高校、科研院所等许多单位在豇豆新品种选育、病虫害防治、营养品质、农艺性状等方面进行了研究。杜公福等^[6]鉴定出豇豆轮纹叶斑病的病因在于多主棒孢菌感染,并介绍了发病症状和防治方法。蒋万等^[7]通过收集分析 10 个矮生豇豆品种的农艺性状、关键物候期等,筛选出 3 个适宜在湖南秋季栽培的品种。Bai 等^[8]对江西、吉林、山西和陕西的 24 个豇豆品种的营养性状进行了评价与分析,从而为中国豇豆栽培优化及加工提供参考。詹园凤等^[9]分析了 15 份长豇豆的农艺性状和品质性状,筛选出适合海南栽培的 2 个品种。但是,每个品种的适应性都有一定的区域性,即试验地点、试验环境等的不同,筛选后的适宜品种也不同。且对品种的评价常以产量为主,没有对其代表性指标进行综合评价,对品种评价有一定的片面性,因此可采用隶属函数法对各品种进行综合评价,以期得出合理的研究结果^[10-11]。

山东省滨州市地处黄河三角洲地区,土壤偏碱性,地力贫瘠,以往长期使用化肥来提高地力。针对豇豆生产化肥使用量多的特点,笔者收集了 28 个品种,以化肥和菌肥为底肥,并进行常规田间管理,通过对豇豆农艺性状的综合评价和生产前后土壤营养元素含量的变化分析,以期明确在盐碱地区以菌肥为底肥进行豇豆生产的可行性,并筛选出适宜当地推广种植的优质、抗病豇豆品种。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于山东省滨州国家农作物品种区域试验站,地处黄河三角洲地区,属暖温带大陆性季风气候区,气候温和、四季分明、光照充足、热量丰富,无霜期较长,平均年降水量 549.8 mm,雨量集中(6—8 月降水占年降水的 61.1%~68.6%),年平均气温 12.9 ℃,最高年平均气温 18.2 ℃,最低年平均气温 7.4 ℃。

1.2 材料

供试材料为滨州市农业科学院收集的 28 个长豇豆品种。其中,滨豇 1 号(CK)、滨豇 2 号、滨豇 3 号、滨豇 4 号为滨州市农业科学院自研品种,新引进龙泉王、之豇 28-2、玉豇、丰豇一号、夏宝绿等品种(表 1)。

1.3 方法

所有 28 个品种的豇豆均于 2022 年 4 月 18 日穴播,采用随机区组设计,四周设保护行,离边

表 1 品种信息
Table 1 Variety information

品种 Variety	来源 Source
滨豇 1 号 Binjiang 1(CK)	山东 Shandong
滨豇 2 号 Binjiang 2	山东 Shandong
滨豇 3 号 Binjiang 3	山东 Shandong
滨豇 4 号 Binjiang 4	山东 Shandong
龙泉王 Longquanwang	山东 Shandong
之豇 28-2 Zhijiang 28-2	浙江 Zhejiang
豇 14-03 Jiang 14-03	河南 Henan
俊星绿冠王 Junxing Lüguanwang	北京 Beijing
早丰 2 号 Zaofeng 2	四川 Sichuan
白脆早 Baicuizao	四川 Sichuan
玉豇 Yujiang	湖北 Hubei
翠豇 Cuijiang	北京 Beijing
丰豇一号 Fengjiang 1	北京 Beijing
富有胜冠 Fuyou Shengguan	辽宁 Liaoning
海迈长丰 Haimai Changfeng	四川 Sichuan
夏宝绿 Xiabaolü	湖北 Hubei
台友油青 Taiyou Youqing	福建 Fujian
满园碧绿 Manyuan Bilü	四川 Sichuan
翠宝 Cuibao	福建 Fujian
白玉 Baiyu	辽宁 Liaoning
海 17-9 Hai 17-9	海南 Hainan
滨 17-02 Bin17-02	辽宁 Liaoning
扬研青柳 Yangyan Qingliu	江苏 Jiangsu
珍玉油豇 Zhenyu Youjiang	河南 Henan
绿美人 Lümeiren	辽宁 Liaoning
青豇王 Qingjiangwang	河南 Henan
承优绿冠 Chengyou Lüguan	河南 Henan
丰豇 100 Fengjiang 100	安徽 Anhui

0.5 m,过道 1 m。小区长 5 m,宽 1 m,面积 5 m²,每个品种 3 次重复。株距 0.3 m,行距 0.5 m,每穴 2 株。采用搭架栽培,其他管理按当地常规栽培方法进行。

化肥为嘉化牌复合肥料,N-P-K 比例为 20:20:5,总养分含量(w,后同)≥45%,用量为 50 kg·667 m²,以下用“化底”(CFB)代替。菌肥为博兴天竹菌剂生物科技有限公司生产的微生物菌剂,含有聚谷氨酸、功能微生物菌剂、Ca、Mg 等,有效活菌数≥2×10⁸·g⁻¹,有机质含量≥45%,总营养(N+P₂O₅+K₂O)含量>5%,用量为 80 kg·667 m²,以下用“菌底”(BMB)代替。于 2022 年 4 月 10 日,分别将 2 种肥料均匀撒在土壤表面,然后翻耕混匀。

1.4 测定项目及方法

土壤养分含量测定时以豇豆植株为中心,在距植株 20 cm 处用土钻取土器取深度 20、40 cm 的土

壤,每个处理3次重复,将3份土壤取出后混匀,置于烘箱中烘干至恒质量,用研钵研磨粉碎后过孔径0.3 mm的筛网。采用酸水解法测定水解性氮含量^[12],采用钼蓝比色法测定有效磷含量^[13],采用火焰光度计法测定速效钾含量^[14],采用重铬酸钾氧化法测定有机质含量^[15],采用力辰科技pH-100A测量pH,参照NYT 1121.16—2006标准测定水溶性盐含量^[16],采用自动定氮仪法测定全氮含量^[17],采用NaOH熔融-钼锑抗比色法测定全磷含量^[18],采用NaOH熔融-火焰光度法测定全钾含量^[19]。

豇豆的主要农艺性状参照《豇豆种质资源描述规范》进行。每个品种随机选取20根商品荚,用于荚长、单荚质量以及可溶性固形物含量的测量。可溶性固形物含量测定是将商品荚(含种子)切碎后匀浆,使用AIOK高精度数显糖度计测定^[12]。粒长的测定为每个处理随机抽取5粒种子,用游标卡尺测量,取平均值。总产量的计算以每次采收的产量之和折算。参照向娟等^[13]的方法调查各品种的发病率,每个处理随机调查20株。豇豆种植前和采收结束后,随机选取5个样点,利用土钻分层采集土样。发病率计算公式如下:

$$\text{发病率}/\%=(\text{病株数}/\text{调查总株数})\times 100。$$

1.5 统计分析

试验数据采用Microsoft Excel 2010进行统计,以SPSS 25.0进行差异显著性分析和隶属函数分析。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状表现

由表2可知,在菌底处理中,28个品种豇豆荚长范围为47.20~60.60 cm,平均54.81 cm。化底处理中,荚长范围为45.80~67.53 cm,平均57.53 cm。菌底和化底处理中荚长最长的均为青豇王,分别高于对照10.68%和16.73%,但此品种菌肥处理和化肥处理之间无显著差异。菌底处理豆荚最短的为白脆早,但白脆早在两种不同肥料处理下荚长无显著差异。化底处理豆荚最短的为白玉,比对照组低20.83%,且此品种菌肥处理和化肥处理之间存在显著差异。28个品种中,荚长只有早丰2号、玉豇、富有胜冠、台友油青、满园碧绿、白玉、滨17-02、扬研青柳等8个品种在菌肥和化肥处理下差异显著,除白玉在菌肥处理下荚长显著大于化肥处理外,其余7个品种的荚长均为化肥处理显著大于菌肥处理。

菌底单荚质量最大为夏宝绿29.02 g,高于对照滨豇1号32.39%。化底单荚质量最大为青豇王

35.74 g,高于对照36.52%,且是两种处理中平均质量最大的品种。28个品种的单荚质量在菌底和化底处理之间差异均不显著。海17-9为两种处理中粒长最大,菌底处理粒长13.24 mm,比对照长9.97%;化底处理粒长13.17 mm,比对照长7.77%。夏宝绿为两种处理中粒长最短,菌肥处理10.01 mm,低于对照16.86%;化肥处理9.45 mm,低于对照22.67%。除了豇14-03粒长化底处理显著大于菌底处理、富有胜冠粒长菌底处理显著大于化底处理外,其他26个品种的粒长菌底和化底处理之间无显著差异。

2.2 商品荚产量表现

由表2可知,菌底处理中,产量最高的为白脆早,高于对照9.57%。菌底处理中产量次之为台友油青,高于对照7.46%,但上述2个品种菌底和化底之间无显著差异。产量最低的是滨豇2号,比对照低15.26%。

化底处理中,产量高于对照的品种有7个,其中玉豇产量最高,比对照高9.79%,但与菌底处理差异不显著;其次是青豇王,比对照产量高6.13%;最低的是滨豇2号,低于对照15.72%。除滨豇4号、翠宝、海17-9菌底产量显著高于化底产量、俊星绿冠王化底产量显著高于菌底产量外,其余24个品种菌底和化底之间产量差异不显著。

2.3 可溶性固形物含量差异

由表2可知,菌底处理中,可溶性固形物含量最高的为滨豇4号,最小的是对照滨豇1号,且滨豇4号是对照的2.15倍。丰豇一号、海迈长丰、翠宝、珍玉油豇、绿美人等5个品种的可溶性固形物含量均超过了7.0%,除丰豇一号菌底和化底处理之间无显著差异外,其他4个品种均为菌底显著高于化底。所有品种中,只有丰豇100化底处理显著高于菌底,且高于对照31.25%。之豇28-2、俊星绿冠王、富有胜冠3个品种化底处理的可溶性固形物含量低于4.0%,且均显著低于菌底处理,分别较菌底低29.17%、32.08%、34.62%。从各品种来看,有10个品种的菌底处理可溶性固形物含量显著高于化底处理。一定程度上说明,菌底处理对可溶性固形物含量的提高有一定的促进作用。

2.4 主要病害的抗性差异

由表3可知,在菌底处理中,对病毒病、锈病、白粉病抗性最好的分别是海迈长丰、珍玉油豇、海17-9,发病率分别低于对照72.63%、61.87%、71.94%。对病毒病抗性最差的品种是台友油青和

表 2 不同豇豆品种的农艺性状
Table 2 Agronomic traits of different cowpea varieties

品种 Variety	荚长 Pod length/cm		单荚质量 Single pod mass/g		粒长 Seed length/mm		产量 Yield/(kg·hm ²)		w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	
	菌底 BMB	化底 CFB	菌底 BMB	化底 CFB	菌底 BMB	化底 CFB	菌底 BMB	化底 CFB	菌底 BMB	化底 CFB
滨豇 1 号 Binjiang 1(CK)	54.75 Abcdefg	57.85 A	21.92 Agh	26.18 A	12.04 Abcd	12.22 A	32 022.95 Acdefg	32 084.85 A	3.9 Ah	4.8 A
滨豇 2 号 Binjiang 2	59.10 Aabcd	58.75 A	24.52 Adef	27.13 A	12.06 Abc	11.69 A	27 778.20 Ai	27 041.45 A	5.2 Aefg	4.5 A
滨豇 3 号 Binjiang 3	52.70 Afg	53.50 A	21.92 Agh	20.17 A	12.04 Abcd	11.78 A	33 323.23 Aabcd	31 992.30 A	4.2 Agh	4.8 A
滨豇 4 号 Binjiang 4	53.25 Aefg	57.85 A	20.35 Aij	27.16 A	12.65 Aab	12.01 A	34 268.75 Aabc	31 767.05 B	8.4 Aa	5.7 B
龙泉王 Longquanwang	56.05 Aabcdefg	54.93 A	24.15 Af	21.72 A	12.16 Abc	11.45 A	30 160.75 Ah	31 065.00 A	6.2 Acd	6.6 A
之豇 28-2 Zhijiang 28-2	52.15 Afgh	47.79 A	20.09 Aijk	19.20 A	11.32 Acdef	11.20 A	29 341.20 Ahi	28 744.05 A	4.8 Afg	3.4 B
豇 14-03 Jiang 14-03	53.45 Adefg	52.80 A	19.06 Ajkl	20.46 A	11.04 Befg	12.27 A	30 514.80 Afgh	29 122.35 A	5.0 Aefg	5.1 A
俊星绿冠王 Junxing Lüguanwang	57.30 Aabcdef	58.50 A	25.6 Abcde	25.92 A	11.08 Aefg	11.45 A	29 664.25 Bhi	31 762.85 A	5.3 Aef	3.6 B
早丰 2 号 Zaofeng 2	56.10 Babcdefg	63.75 A	18.87 Akl	25.15 A	12.09 Abc	12.37 A	29 735.30 Ahi	30 724.10 A	5.1 Aefg	4.7 A
白脆早 Baicuizao	47.20 Ah	50.30 A	14.82 Am	17.01 A	11.58 Acdef	11.74 A	35 088.10 Aa	32 276.60 A	4.0 Ah	4.8 A
玉豇 Yujiang	50.75 Bgh	62.65 A	13.34 An	21.78 A	12.64 Aab	12.67 A	33 820.85 Aabc	35 227.40 A	5.0 Aefg	4.9 A
翠豇 Cuijiang	51.90 Afgh	56.55 A	18.75 Akl	25.75 A	11.10 Adefg	11.79 A	33 793.75 Aabc	32 544.50 A	5.7 Ade	6.1 A
丰豇一号 Fengjiang 1	59.30 Aabc	57.26 A	26.11 Abc	23.06 A	10.26 Agh	10.49 A	30 774.50 Aefgh	29 990.85 A	7.2 Ac	7.5 A
富有胜冠 Fuyou Shengguan	52.75 Bfg	63.00 A	13.62 Amn	20.61 A	11.64 Acdef	10.30 B	34 285.80 Aabc	29 817.30 A	5.2 Aefg	3.4 B
海迈长丰 Haimai Changfeng	53.00 Aefg	54.40 A	22.17 Agh	19.91 A	12.75 Aab	12.20 A	29 972.90 Agh	31 826.85 A	7.4 Abc	5.1 B
夏宝绿 Xiabaolü	55.35 Aabcdefg	55.65 A	29.02 Aa	25.40 A	10.01 Ah	9.45 A	31 545.45 Adefgh	32 942.20 A	5.5 Acdedef	5.5 A
台友油青 Taiyou Youqing	57.10 Babcdef	62.90 A	18.13 Al	20.93 A	11.86 Abcde	12.00 A	34 411.20 Aab	32 812.25 A	5.3 Aef	5.5 A
满园碧绿 Manyuan Bilü	52.25 Bfgh	52.80 A	25.17 Acdef	22.48 A	11.32 Acdef	11.57 A	32 655.30 Abcdef	31 742.15 A	5.8 Ade	6.2 A
翠宝 Cuibao	55.45 Aabcdefg	59.25 A	24.27 Aef	25.38 A	11.41 Acdef	11.97 A	32 712.75 Abcdef	30 892.30 B	7.8 Abc	5.7 B
白玉 Baiyu	54.05 Acdefg	45.80 B	20.95 Ahi	19.96 A	11.36 Acdef	10.80 A	31 284.30 Adefgh	31 475.05 A	6.4 Acd	4.7 B
海 17-9 Hai 17-9	59.90 Aab	66.07 A	25.68 Abcd	31.85 A	13.24 Aa	13.17 A	31 279.05 Adefgh	28 447.80 B	5.5 Acde	6.2 A
滨 17-02 Bin17-02	51.55 Bfgh	57.45 A	19.39 Ajkl	24.70 A	11.86 Abcde	12.33 A	30 300.25 Agh	29 651.25 A	4.4 Agh	4.1 A
扬研青柳 Yangyan Qingliu	54.85 Bbcdefg	60.50 A	18.29 Al	22.47 A	11.56 Acdef	11.63 A	32 039.70 Acdefg	32 075.55 A	6.7 Acd	4.9 B
珍玉油豇 Zhenyu Youjiang	54.55 Abcdefg	58.50 A	22.62 Ag	30.74 A	11.31 Acdef	11.36 A	31 499.00 Adefgh	29 781.09 A	7.0 Ac	4.7 B
绿美人 Lümeiren	54.65 Abcdefg	54.10 A	19.67 Aijk	23.47 A	10.23 Agh	9.83 A	30 329.82 Aefgh	29 750.40 A	7.1 Ac	4.9 B
青豇王 Qingjiangwang	60.60 Aa	67.53 A	26.72 Ab	35.74 A	12.76 Aab	12.39 A	32 908.25 Aabede	34 050.30 A	5.8 Ade	6.2 A
承优绿冠 Chengyou Lüguan	58.75 Aabcde	60.10 A	25.60 Abcde	28.40 A	10.78 Afgh	11.74 A	29 653.15 Ahi	31 159.90 A	6.4 Acd	5.5 A
丰豇 100 Fengjiang 100	55.80 Aabcdefg	57.45 A	20.42 Aij	26.89 A	11.62 Acdef	11.70 A	32 907.85 Aabede	32 159.55 A	4.7 Bfgh	6.3 A

注:不同小写字母表示菌肥处理下不同品种之间在 0.05 水平差异显著;不同大写字母表示同一品种菌肥和化肥处理之间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate the significant difference between different varieties under the treatment of bacterial manure at 0.05 level; Different capital letters indicate the significant difference between the same variety of bacterial manure and chemical fertilizer treatment at 0.05 level.

品种 Variety	病毒病平均发病率 Average incidence of viral disease		锈病平均发病率 Average incidence of rust		白粉病平均发病率 Average incidence of powdery mildew		菌底平均 发病率 Average incidence of BMB	化底平均 发病率 Average incidence of CFB	总发病率 Overall incidence
	菌底	化底	菌底	化底	菌底	化底			
	BMB	CFB	BMB	CFB	BMB	CFB			
滨豇 1 号 Binjiang 1(CK)	27.4 a	16.3 b	25.7 a	24.6 a	25.3 a	22.7 a	26.43	20.77	23.60
滨豇 2 号 Binjiang 2	12.3 a	17.7 a	20.7 a	28.3 a	24.4 a	26.5 a	19.37	24.13	21.75
滨豇 3 号 Binjiang 3	14.6 b	24.2 a	16.2 a	21.2 a	10.4 a	11.3 a	14.07	20.23	17.15
滨豇 4 号 Binjiang 3	23.5 a	14.9 a	18.0 a	21.5 a	15.1 b	22.2 a	19.47	18.50	18.98
龙泉王 Longquanwang	19.4 a	2.2 b	14.6 b	19.6 a	25.6 a	10.6 b	21.37	10.87	16.12
之豇 28-2 Zhijiang 28-2	26.1 a	11.1 b	20.1 a	13.4 b	15.4 b	23.9 a	20.67	15.10	17.88
豇 14-03 Jiang 14-03	14.7 a	10.3 a	11.9 b	24.2 a	12.0 a	18.5 a	12.47	18.57	15.52
俊星绿冠王 Junxing Lüguanwang	14.1 b	21.2 a	11.5 b	22.8 a	10.4 b	22.6 a	10.10	23.10	16.60
早丰 2 号 Zaofeng 2	26.5 a	17.6 a	22.2 a	13.9 a	19.6 a	28.0 a	22.97	20.03	21.50
白脆早 Baicuizao	13.4 b	20.7 a	27.0 a	19.2 b	28.5 a	21.6 a	22.83	19.37	21.10
玉豇 Yujiang	19.7 a	16.7 a	25.9 a	23.3 a	26.8 a	15.3 b	24.17	18.53	21.35
翠豇 Cuijiang	13.6 a	13.5 a	24.3 a	10.8 b	26.9 a	27.5 a	21.90	17.00	19.45
丰豇一号 Fengjiang 1	19.5 a	15.4 a	21.2 a	17.0 a	25.1 a	24.8 a	22.13	19.13	20.63
富有胜冠 Fuyou Shengguan	24.3 a	19.7 a	13.5 b	19.3 a	13.9 a	18.4 a	17.30	18.53	17.92
海迈长丰 Haimai Changfeng	7.5 b	16.8 a	15.1 a	13.0 a	11.0 a	16.0 a	11.17	14.10	12.63
夏宝绿 Xiabaolü	20.1 a	22.6 a	13.6 a	7.2 a	18.7 a	13.9 a	17.30	15.00	16.15
台友油青 Taiyou Youqing	27.8 a	16.6 b	15.8 a	14.8 a	12.3 a	14.4 a	18.97	13.83	16.40
满园碧绿 Manyuan Bilü	27.5 a	21.4 b	17.0 b	27.5 a	17.2 b	27.1 a	20.93	24.43	22.68
翠宝 Cuibao	11.7 a	16.2 a	20.0 a	13.5 a	25.8 a	13.5 a	18.20	13.90	16.05
白玉 Baiyu	17.6 a	23.7 a	25.3 a	26.9 a	10.7 b	18.7 a	17.27	23.47	20.37
海 17-9 Hai 17-9	22.3 a	15.9 a	18.7 a	17.2 a	7.1 a	12.4 a	16.23	14.10	15.17
滨 17-02 Bin17-02	10.5 a	20.5 a	12.4 a	20.2 a	13.8 a	17.0 a	12.23	20.53	16.38
扬研青柳 Yangyan Qingliu	13.4 b	16.9 a	22.3 a	11.7 a	24.4 a	17.3 a	20.13	14.57	17.35
珍玉油豇 Zhenyu Youjiang	10.6 a	13.5 a	9.8 a	11.0 a	14.1 a	14.6 a	11.40	13.33	12.37
绿美人 Lümeiren	27.8 a	6.7 b	11.7 a	19.7 a	29.6 a	23.9 a	22.97	16.93	19.95
青豇王 Qingjiangwang	15.8 b	20.4 a	12.1 a	13.1 a	10.3 a	11.7 a	11.63	15.30	13.47
承优绿冠 Chengyou Lüguan	19.4 a	13.8 b	30.0 a	18.0 b	26.8 a	25.2 a	25.63	17.80	21.72
丰豇 100 Fengjiang 100	15.3 a	18.0 a	17.1 a	24.2 a	28.7 a	12.0 b	20.43	18.20	19.32

注:不同小写字母表示同一品种不同处理之间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate the significant difference between the same variety under different treatments at 0.05 level. The same below.

绿美人,发病率高于对照 1.46%,且均显著高于化底处理。锈病抗性最差的品种是承优绿冠,发病率高于对照 16.73%,且显著高于化底处理。白粉病抗性最差的品种是绿美人,发病率高于对照 17.00%,但菌底和化底之间差异不显著。

化底处理中,龙泉王对病毒病抗性最好,低于对照 86.50%,同时也显著低于菌底处理。夏宝绿对锈病抗性最好,发病率低于对照 70.73%,但菌底化底之间差异不显著。龙泉王对白粉病抗性最好,发病率低于对照 53.30%,且菌底和化底之间差异显著。

2.5 隶属函数法综合评价

同一植物的不同品种都有各自的优势,对任何单项机制的研究都有一定的局限性,都不能有效准确地对作物进行评价,利用多个指标进行综合评价,可使单个指标造成的评价片面性受到其他指标的弥补与缓和,从而使评价结果与实际结果较为接近。由表 5 可知,在主成分分析中,28 个豇豆品种 5 个指标中的 4 个指标(荚长、单荚质量、可溶性固形物含量和产量)的累积贡献率≥85%,为 94.218%,可视为豇豆品质的代表性指标,对其进行加权后排名前 5 位的品种为青豇王、台友油青、滨豇 4 号、丰豇一号、海 17-9。

表 4 28 个豇豆品种的综合评价结果
Table 4 Results of comprehensive evaluation of 28 cowpea varieties

品种 Variety	隶属函数值 Membership function				<i>D</i>	综合排序 Comprehensive rank
	荚长 Pod length	单荚质量 Single pod mass	可溶性固形物含量 Soluble solid content	产量 Yield		
滨豇 1 号 Binjiang 1(CK)	0.42	0.40	1.00	0.92	0.60	9
滨豇 2 号 Binjiang 2	0.55	0.00	0.68	0.39	0.42	22
滨豇 3 号 Binjiang 3	0.31	0.73	0.29	0.67	0.46	21
滨豇 4 号 Binjiang 4	0.61	1.00	0.76	0.17	0.66	3
龙泉王 Longquanwang	0.60	0.73	0.36	0.19	0.52	16
之豇 28-2 Zhijiang 28-2	0.20	0.31	0.12	0.35	0.24	28
豇 14-03 Jiang 14-03	0.35	0.52	0.06	0.31	0.33	27
俊星绿冠王 Junxing Lüguanwang	0.57	0.45	0.32	0.80	0.53	13
早丰 2 号 Zaofeng 2	0.47	0.32	0.77	0.66	0.52	15
白脆早 Baicuizao	0.00	0.89	0.56	0.53	0.41	24
玉豇 Yujiang	0.27	0.88	0.83	0.84	0.61	7
翠豇 Cuijiang	0.43	0.94	0.69	0.43	0.60	10
丰豇一号 Fengjiang 1	0.70	0.69	0.89	0.00	0.62	4
富有胜冠 Fuyou Shengguan	0.29	0.58	0.39	0.90	0.47	19
海迈长丰 Haimai Changfeng	0.54	0.90	0.00	0.22	0.47	20
夏宝绿 Xiabaolü	0.63	0.78	0.39	0.55	0.61	8
台友油青 Taiyou Youqing	0.50	0.96	0.52	0.96	0.69	2
满园碧绿 Manyuan Bilü	0.40	0.70	0.88	0.12	0.52	17
翠宝 Cuibao	0.71	0.82	0.46	0.24	0.61	6
白玉 Baiyu	0.25	0.71	0.53	0.09	0.39	25
海 17-9 Hai 17-9	0.90	0.35	0.37	0.57	0.62	5
滨 17-02 Bin17-02	0.39	0.40	0.14	0.60	0.38	26
扬研青柳 Yangyan Qingliu	0.51	0.62	0.44	0.42	0.51	18
珍玉油豇 Zhenyu Youjiang	0.72	0.68	0.01	0.40	0.53	14
绿美人 Lümeiren	0.44	0.47	0.56	0.04	0.41	23
青豇王 Qingjiangwang	1.00	0.88	0.46	1.00	0.87	1
承优绿冠 Chengyou Lüguan	0.68	0.39	0.90	0.34	0.60	11
丰豇 100 Fengjiang 100	0.51	0.70	0.65	0.54	0.59	12

表 5 各指标相对值的主成分分析及贡献率
Table 5 Principal component analysis and contribution rate of relative value of each index

指标 Index	特征值 Eigen value	贡献率 Contribution vate/%	累积贡献率 Cumulative contribution vate/%
荚长 Pod length	1.953	39.068	39.068
单荚质量 Single pod mass	1.121	22.414	61.482
可溶性固形物含量 Soluble solid content	0.887	17.738	79.219
产量 Yield	0.750	14.999	94.218
发病率 Disease incidence	0.289	5.782	100.000

2.6 土壤成分变化

由表 6 可知,豇豆生产后的土壤与豇豆生产前

的初始土壤(CK)相比,不同深度下各营养元素含量均出现了下降,但 pH 略微上升。变化最大的是 40 cm 深度下的有效磷含量,菌底较对照降低了 73.76%,化底降低了 73.87%;变化最小的是各深度下的全钾含量,基本无变化,且维持在 19 g·kg⁻¹ 以上,这说明豇豆生长过程中对磷的需求量相对较大,而对钾的需求量相对较低。20 cm 深度下的各营养元素含量变化小于 40 cm 深度下的各营养元素含量变化,说明豇豆根系在 20~40 cm 深的土层中比较茂密,后期追肥注意深施肥。化底 20 cm 深度下营养元素含量变化前 3 位的是水溶性盐总量、有效磷和全氮含量,与菌底 20 cm 深度下前 3 位一致;40 cm 深度下的营养元素含量变化前 3 位的是有效磷、速效钾和有机质含量。菌底深度 40 cm

表 6 豇豆生产前后的土壤营养成分含量
Table 6 Soil nutrient content of cowpea before and after production

土层深度 Soil depth/ cm	w(水解性氮) Hydrolyzed nitrogen content/ (mg·kg ⁻¹)	w(有效磷) Available phosphorus content/ (mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Available potassium content/ (mg·kg ⁻¹)	w(有机质) Organic matter content/ (g·kg ⁻¹)	pH	w(水溶性盐) Total amount of water-soluble salt content/ (g·kg ⁻¹)	w(全氮) Total nitrogen content/ (g·kg ⁻¹)	w(全磷) Total phosphorus content/ (g·kg ⁻¹)	w(全钾) Total potassium content/ (g·kg ⁻¹)
20(CK)	91.15	22.45	131.25	15.72	8.31	2.92	1.02	0.99	19.61
CFB 20	86.20	16.04	111.28	13.02	8.54	2.14	0.83	0.92	19.49
BMB 20	87.80	16.53	122.35	14.45	8.58	2.23	0.88	0.87	19.41
40(CK)	92.64	19.21	131.62	14.91	8.35	3.14	1.00	0.91	19.33
CFB 40	64.00	5.02	74.67	10.18	8.58	2.30	0.75	0.82	19.28
BMB 40	57.60	5.04	100.23	9.37	8.67	1.92	0.64	0.77	19.41

下的营养元素含量变化前 3 位的是有效磷含量、水溶性盐总量和水解性氮含量。在 20 cm 深度下,化底各元素含量有 6 种低于菌底,全钾含量变化最小。在 40 cm 深度下,化底的各元素含量有 5 种高于菌底,有效磷含量基本一致,说明化底处理的豇豆根系主要在 20 cm 左右较为发达,而菌底处理的豇豆根系则在 40 cm 附近更为发达。

3 讨论与结论

在选择种植品种时,品种特性、产量以及商品价值是种植者考虑的关键因素。然而,经过多年的种植,豇豆品种可能会出现性状退化、抗病能力减弱以及产量降低的现象^[14]。因此,在豇豆产业的发展过程中,必须根据具体地点和时间条件对品种进行科学的试验和筛选,以确保品种能够满足当地豇豆产业发展的需求。

试验结果表明,大多数品种在菌肥处理与化肥处理条件下,农艺性状如荚长、粒长等指标的差异并不显著,然而品种间的差异却十分明显,这表明农艺性状主要受遗传因素的影响。该结论与郝智勇等^[15]的研究结果一致,他们发现,以生物复混肥与常规化肥作为基肥时,高粱品种克杂 15 号、克杂 19 号的穗粒数、千粒质量、株高、穗长、穗柄长等农艺性状的差异并不显著。前人研究指出,使用 20% 的生物菌肥替代等量的复合肥,能够显著提升豇豆的产量^[16]。在本研究中,28 个品种中有 24 个品种在菌肥处理与化肥处理下的产量差异并不显著,有 3 个品种在菌肥处理下的产量显著高于化肥处理,表明在后期种植过程中可以考虑使用生物菌肥替代化肥,以减轻化肥对土壤环境的负面影响。

研究结果表明,不同施肥处理对病毒病、锈病和白粉病发病率的影响差异并不显著。对于病毒

病,菌底发病率显著高于化底发病率的样本有 7 个,化底发病率显著高于菌底的样本有 6 个。对于锈病,菌底发病率显著高于化底的样本有 4 个,化底显著高于菌底的样本有 5 个。对于白粉病,菌底发病率显著高于化底的样本有 2 个,化底显著高于菌底的样本有 5 个。该结果与此前辣椒、大豆上研究发现有机肥提高抗病性的研究结果不同^[16-17]。可能是由于试验用地为豇豆连作第 2 年,也可能是不同菌肥对不同作物品种抗病性影响存在差异所致,后续试验中可进一步研究不同菌肥对豇豆不同品种抗病性的影响,并选择前茬未种植过豆类植物的地块进行试验。

研究发现,10 个豇豆品种的菌肥处理在可溶性固形物含量上显著高于化肥处理,此结果与刘术新等^[18]的研究结果一致。为了深入研究菌肥对豇豆生产的影响,建议在后续试验中增加不同比例的菌肥与化肥配施对豇豆性状、抗病性、品质、产量等方面影响的研究,以及不同菌肥对豇豆性状、抗病性、产量、品质等方面影响的研究。此外,建议进一步扩展品质评价的测量项目,例如可溶性蛋白、淀粉、维生素 C 和亚硝酸盐含量等,以便更全面地阐释菌肥和化肥处理对豇豆品质的影响。

通过对比不同底肥处理对豇豆生产前后土壤各成分含量的影响,研究发现,在 40 cm 深度下,菌肥处理的水溶性盐总量低于化肥处理,这表明菌肥的施用对改善当地盐碱土壤具有积极作用,与王丹等^[19]的研究结果一致。下一步研究将通过持续监测菌肥与化肥对土壤盐分及土壤微生物群落的影响,深入探讨菌肥在盐碱地改良中的作用。此外,从土壤营养成分变化的分析结果来看,化肥处理下各营养成分的变化主要集中在 20 cm 土层,而菌肥处理则主要集中在 40 cm 土层。推测这可能是因为菌

肥处理更有利于根系的生长,导致根系长度和发达程度的增加。在后续的跟踪试验中,将通过系统分析根系直径、长度、根总面积等参数,进一步研究菌肥和化肥处理对根系生长的影响。

综上所述,在中、低度盐碱地区,可选择以菌肥为底肥替代化肥进行农业生产,对豇豆产量影响不大,且有助于豇豆品质的提高和土壤盐碱环境的改善。采用隶属函数法对豇豆荚长、单荚质量、可溶性固形物和产量4个指标进行加权、评分,最终确定排名前五的品种为青豇王、台友油青、滨豇4号、丰豇一号、海17-9,后续可加强对上述5个品种的引进推广,以期更好地促进当地豇豆产业的稳步发展。

参考文献

[1] 高金龙,李春燕,李育军,等.我国长豇豆育种现状及育种策略[J].长江蔬菜,2008(18):1-4.

[2] 张瑜琨,蔺国仓,唐勇.不同豇豆品种性状比较及产量与品质的相关性分析[J].黑龙江农业科学,2021(3):57-61.

[3] 唐建洲,张志元,胡丽琴,等.植物营养剂对豇豆产量、还原糖、维生素C及有机硒含量的影响[J].湖北农业科学,2014,53(1):41-42.

[4] 吴健,汪宝根,陈小央,等.豇豆抗锈病全基因组关联分析[J].植物遗传资源学报,2024,25(11):1907-1922.

[5] 董君暘,汪宝根,吴晓花,等.之豇系列长豇豆品种营养品质分析[J].浙江农业科学,2022,63(5):1042-1047.

[6] 杜公福,牛玉,戚志强,等.豇豆轮纹叶斑病诊断与综合防治[J].长江蔬菜,2019(3):47-49.

[7] 蒋万,张忠武,黄琳,等.湖南秋季不同矮生豇豆品种评价及筛选[J].中国瓜菜,2024,37(5):142-150.

[8] BAI Z Y, HUANG X J, MENG J X, et al. A comparative study

on nutritive peculiarities of 24 Chinese cowpea cultivars[J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 146(10):111841.

[9] 詹园凤,党选民,戚志强,等.长豇豆种质资源主要农艺及品质性状分析[J].南方农业学报,2015,46(11):2006-2010.

[10] 董扬,李旭业,闫锋,等.齐齐哈尔地区12个青贮玉米品种综合评价[J].种子,2023,42(9):68-72.

[11] 董红业,刘胜利,柳延涛,等.26份油葵品种(系)产量与农艺性状分析及综合评价[J].种子,2023,42(8):63-69.

[12] 王颀,李里特,丹阳,等.果品蔬菜冰点同可溶性固形物含量关系的研究[J].制冷学报,2005,26(1):14-18.

[13] 向娟,张河庆,席亚东,等.39份豇豆种质对根腐病的抗性分析[J].中国瓜菜,2023,36(2):61-65.

[14] 王现丽,牛玉,杜公福,等.海南地区豇豆品种比较分析与综合评价[J].中国瓜菜,2024,36(9):151-158.

[15] 郝智勇,杨广东,胡尊艳,等.不同肥料对极早熟高粱产量、农艺性状及品质的影响[J].作物杂志,2023(6):218-223.

[16] 王赫,李晓雪,王亚玲,等.化肥减量配施有机肥和菌剂对辣椒产量、品质和养分累积的影响[J].北方园艺,2021(16):1-7.

[17] 朱宝国,匡恩俊,滕占林,等.不同生物有机肥配施化肥对大豆植株生长、抗病及产量的影响[J].新疆农业科学,2023,60(5):1127-1133.

[18] 刘术新,李小荣,丁枫华,等.有机肥对连作豇豆产量、品质及土壤速效养分动态变化的影响[J].福建农业学报,2016,31(7):728-732.

[19] 王丹,赵亚光,马蕊,等.微生物菌肥对盐碱地枸杞土壤改良及细菌群落的影响[J].农业生物技术学报,2020,28(8):1499-1510.