

追肥处理+防虫网对青瓜-豇豆轮作土壤养分及豇豆品质性状的影响

苏冰霞, 于世幸, 郇志博, 彭宝生, 赵敏, 吴小芳

(中国热带农业科学院分析测试中心·海南省热带果蔬产品质量安全重点实验室·
农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室 海口 571101)

摘要: 为保障豇豆质量安全, 提高豇豆种植产量, 同时改良产地土壤, 在搭建白色防虫网条件下于青瓜-豇豆轮作土壤分别施用复合肥和酸性土壤改良肥追肥, 比较分析 2 种不同追肥处理对网内土壤养分和网内外豇豆品质性状的影响。试验共设网内试验区 and 对照区、网外试验区和对照区 4 个小区。各小区面积统一为 60 m², 单因素随机区组设计。结果表明, 酸性土壤改良肥追肥处理的试验区土壤和复合肥追肥的对照区土壤 pH 均下降, 分别下降 0.44 和 0.61。网内试验区土壤有机质、速效氮、速效钾含量(w, 后同)分别比试验前增加了 2.56 g·kg⁻¹、42.37 mg·kg⁻¹、48.87 mg·kg⁻¹, 相对增加 12.37%、34.20%、20.34%, 有效磷含量(w, 后同)比试验前降低 3.98 mg·kg⁻¹, 相对降低 1.95%。酸性土壤改良肥追肥处理的网内外豇豆商品荚率、荚果长、荚横径、单荚质量均高于复合肥追肥处理。两种追肥处理的网内外豇豆产品品质检测结果表明, 网内外试验区豇豆商品荚率差异显著, 而可溶性总糖、蛋白质、维生素 C 含量与对照区差异不显著, 各处理豇豆脂肪含量均相同。综上, 豇豆的综合性状以酸性土壤改良肥追肥处理更佳。

关键词: 酸性土壤; 施肥类型; 防虫网; 性状; 品质

中图分类号: S643.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)07-131-06

Effect of fertilization treatment and insect-proof net on the cucumber cowpea rotation planting soil nutrients and quality characters of cowpea

SU Bingxia, YU Shixing, HUAN Zhibo, PENG Baosheng, ZHAO Min, WU Xiaofang

(Analysis and Testing Center, Chinese Academy of Tropical Agricultural Science/Hainan Provincial Key Laboratory of Quality and Safety for Tropical Fruits and Vegetables/Key Laboratory for Quality and Safety Control of Subtropical Fruits and Vegetables of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou 571101, Hainan, China)

Abstract: In order to ensure the quality and safety of cowpea, increase the yield of cowpea cultivation, and improve the soil in the production area. In this experiment, compound fertilizer and acidic soil improved fertilizer were applied to the rotation soil of cucumber and cowpea, which was covered by white insect-proof net. The effects of the two different treatments on soil conditions and the quality and agronomic traits of cowpea inside and outside the net were compared and analyzed. The experiment was consisted of four areas: the test area and contrast area in the net, the test area and contrast area outside the net. The area of each residential area was uniformly 60 m², with single factor random block design. The results showed that the pH of the test soil decreased by 0.44 and contrast soil decreased by 0.61, respectively. The soil organic matter, available nitrogen, and available potassium content in the test area increased by 2.56 g·kg⁻¹, 42.37 mg·kg⁻¹, 48.87 mg·kg⁻¹, respectively, compared to before the experiment, with relative increases of 12.37%, 34.20%, 20.34%. The available phosphorus content decreased by 3.98 mg·kg⁻¹, compared to before the experiment, with a relative decrease of 1.95%. The pod rate, pod length, pod diameter and pod mass of cowpea in and out of net treated with acid soil improved fertilizer were higher than those of cowpea treated with compound fertilizer. The results of two kinds of topdressing treat-

收稿日期: 2023-09-18; 修回日期: 2024-04-17

基金项目: 海南省院士创新平台科研项目(YSPTZX202021); 中国热带农业科学院基本科研业务费专项(1630082023005); 海南省自然科学基金(322QN358)

作者简介: 苏冰霞, 女, 副研究员, 研究方向为植物资源利用。E-mail: sublin22@163.com

通信作者: 郇志博, 男, 副研究员, 研究方向为农产品质量安全控制技术。E-mail: huanzhibo@163.com

ment showed that the pod rate was significant, but the content of total sugar, protein and vitamin C content of cowpea in the test area were not significantly different from those in the contrast area. The fat content of cowpea in all treatments was the same. In general, the comprehensive traits of cowpea was better with acid soil improvement and topdressing treatment.

Key words: Acid soil; Fertilized type; Insect-control net; Traits; Quality

豇豆又名豆角,属豆科菜豆族豇豆属一年生草本植物,在世界范围内,特别是在热带和亚热带地区广泛种植的一种重要豆科植物。豇豆营养丰富,富含蛋白质、粗纤维、碳水化合物、维生素和铁、磷、钙等元素,是我国的重要蔬菜作物之一^[1],除青海和西藏外,全国各省份均有种植,常年种植面积57万hm²^[2]。海南位于我国南方热带地区,属于天然大温室气候条件,豇豆是海南冬季的主要蔬菜之一,每年种植面积约2.23万hm²,总产量25万t左右,其中80%以上销往省外^[3]。

豇豆是花果同期作物,在生产过程中极易受病虫害危害,菜农常在豇豆收获期使用农药以控制花期病虫害,农药安全间隔期难以保证,农药残留风险突出^[4-8]。而海南高温高湿的气候条件,有利于病虫害发生,且呈逐年加重趋势^[9]。海南豇豆受蓟马危害时可导致减产20%~30%,严重时可致减产50%~80%。针对豇豆病虫害的防控,在生产过程中,过量用药、频繁用药、乱用药的现象普遍发生,如针对豇豆重要害虫蓟马和潜叶蝇防控使用的农药最为频繁,成为豇豆农药残留超标的主要原因,给公众安全带来严重威胁。海南省五指山市番阳镇农户在种植完青瓜后,一般在原有搭架下直接种植豇豆,该种植模式容易发生更多的病虫害。科学使用防虫网能起到有效阻止斜纹夜蛾、豆荚螟等鳞翅目昆虫,减少潜叶蝇、蓟马等小型害虫的虫口数量的作用^[10-11],缓和暴雨冲刷,少打药甚至不打药,提高蔬菜品质和产量^[12]。研究表明,在80目全封闭的防虫网内进行豇豆种植,对蓟马的阻隔效果较好,且采收期延长了14d,产量提高了50.86%^[13-14]。鉴于目前还未见使用更小网孔的物理防护网的报道,笔者拟首次搭建29目白色防虫网,以期有效减药防虫,实现豇豆高效生产的目标。

豇豆种植还存在过量施肥、施肥结构不合理等问题,而合理施肥是提高豇豆产量、效益及维持农业可持续发展的重要保证^[15-16]。邢凤丽等^[1]研究了氮肥施用最佳用量,为温室豇豆减肥高效生产、耕地可持续利用提供技术参考。吴旭东等^[17]研究了有机肥、生物有机肥分别和复合肥复配及减施处理对

豇豆产量和品质的影响,为生产上合理施用肥料、减少生产投入以及实际推广应用提供科学理论依据。刘术新等^[18]研究表明,有机肥能有效改善连作土壤肥力状况,缓解豇豆连作障碍,尤其在作物生长后期能有效提高土壤速效养分含量,并提高连作豇豆产量和品质,是促进农业可持续发展较为理想的施肥方式。但目前关于海南豇豆种植土壤日益酸化的研究较少。中国热带农业科学院分析测试中心产地环境土壤改良研究团队前期已针对热带酸性土壤研发了含腐殖酸的酸性土壤改良肥,该肥既可调节土壤pH,又可为作物提供速效养分,可以替代部分化肥施用于露地酸性土壤^[19]。笔者首次应用本团队研发的含腐殖酸酸性土壤改良肥进行豇豆土壤改良试验,以当地农户采用的豇豆主栽品种为试验对象,研究两种施肥模式对网内外豇豆产量、品质和土壤状况的影响,以期为青瓜-豇豆轮作耕地改良和可持续利用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与材料

试验于2023年3—7月在海南省五指山市番阳镇南打村青瓜-豇豆轮作基地进行,本地属热带海洋性季风气候,年平均气温23.5℃,四季不分明,年平均降雨量1771.8mm,降雨主要在夏秋两季,占全年降雨量的80%~90%,年平均相对湿度83%。试验地基础养分状况见表1。选择1333.4m²方形地块于青瓜收尾后搭建29目白色防虫网,搭建方法为每隔4.5m将3m长、3mm厚的4cm方管打入地下0.7m,四周立柱用斜拉线固定,上面焊扁管,地中间钢管上端插蘑菇头,穿4毫米粗的塑钢线,防虫网埋入土中30cm,用卡槽固定防虫网,上面用压膜带,门口装拉链。

试验豇豆品种为海南五指山地区广泛栽培的华赣牌华农豇豆品种(江西华农种业有限公司生产,早中熟、荚面光滑、耐老化、荚长7.0~7.5cm、适宜春秋露地种植)。

供试肥料:酸性土壤改良肥是中国热带农业科学院分析测试中心研发的碱性含腐殖酸水溶肥料,

pH 为 10, N-P₂O₅-K₂O 为 3%-13%-15%, 腐殖酸类别为胡敏酸类, 主要成分为腐殖酸钠, 质量浓度大于 30 g·L⁻¹; 复合肥为挪威雅苒国际有限公司生产的硫酸钾型复合肥料, N-P₂O₅-K₂O 为 15%-15%-15%。

1.2 试验设计

试验共设网内试验区 and 对照区、网外试验区和对照区 4 个小区。网内外试验区和对照区各设 3 个重复小区, 各小区面积统一为 60 m², 单因素随机区组设计。畦宽为 50 cm, 沟宽为 40 cm, 株距 20 cm, 行距 30 cm。土壤基础养分状况见表 1。整个豇豆生育期施肥以基肥、保花保果肥和追肥方式进行, 其中 1000 kg·667 m² 有机肥作为基肥一次性施入, 保花保果肥于豇豆花期时 10 kg·667 m² 一次性施入。从 5 月 5 日开始每 10 d 追肥 1 次, 共计追肥 3 次, 追肥处理为: (1) 对照区, 常规施用复合肥, 5.0 kg·667 m² 复

合肥加水稀释 100 倍冲施; (2) 试验区, 5.0 kg·667 m² 酸性土壤改良肥稀释 100 倍灌根冲施。网内外试验区和对照区基肥、保花保果肥等施用、设施条件、滴灌和施肥频次等田间管理条件相同。

1.3 采样制样方法

土壤样品采集和制备参照《土壤农化分析》^[20]。分别于 5 月 5 日以及追肥 1 次(5 月 15 日)、2 次(5 月 25 日)、3 次(6 月 4 日)采集网内试验区和对照区土壤样品。参照 S 形线路采集表层(0~20 cm)土壤样品, 随机取 5 点, 混合 5 点土壤样品, 混匀后按照四分法选取待制样土壤样品, 研磨过筛, 分装入封口袋, 保存备用。

采集 6 月份网内外试验区和对照区豇豆样品, 每份样品质量 2.50 kg 左右, 每份样品单独制样, 洗净后晾干, 取可食部分制成匀浆, 冷冻存放待测。

表 1 土壤基础养分状况

Table 1 Basic nutrient status of soil

指标 Index	pH	w(有机质) Organic matter content/ (g·kg ⁻¹)	w(全氮) Total nitrogen content/ (g·kg ⁻¹)	w(速效氮) Available 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)
数值 Value	4.86	20.72	0.85	126.70	204.00	246.00

1.4 测定项目与方法

采用酸度计测定土壤 pH^[21], 采用重铬酸钾容量法测定土壤有机质含量^[22], 采用钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量^[23], 采用碱解扩散法测定土壤速效氮含量^[24], 采用 1 mol·L⁻¹ 乙酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定土壤速效钾含量^[25]。采用凯氏定氮法测定豇豆的蛋白质含量^[26], 采用 DNS 试剂显色法测定可溶性总糖含量^[27], 采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量^[28], 采用索氏提取法测定脂肪含量^[29]。

豇豆荚果长度、商品荚率、荚横径、单荚质量等性状指标是反映豇豆生长情况的关键指标, 对两种处理的网内外豇豆果分别采摘同一时间试验区和对照区各 20 根, 进行商品荚率、荚长、荚横径、单荚质量等农艺性状比较。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 进行相关数据的计算、处理和作图, 采用 SPSS 16.0 统计分析软件进行数据差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 施肥次数对土壤 pH 的影响

施用酸性土壤改良肥后, 监测网内豇豆 5—6

月生长期间试验区和对照区表层土壤 pH, 测定结果如图 1 所示。试验区和对照区土壤 pH 均呈下降趋势, 试验区土壤 pH 由 4.95 下降至 4.51, 下降了 0.44; 对照区土壤 pH 由 4.91 下降至 4.30, 下降了 0.61。酸性土壤改良肥对土壤 pH 具有较强的缓冲能力, 因此酸度下降幅度较对照区土壤小。

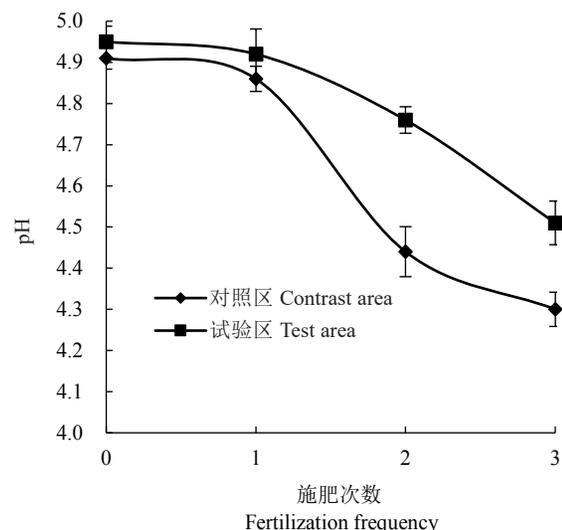


图 1 施肥次数对土壤 pH 的影响

Fig. 1 Effect of fertilization frequency on soil pH

2.2 酸性土壤养分含量测定

由图 2~5 可知,酸性土壤改良肥追肥 3 次后,网内试验区土壤有机质、速效氮、有效磷、速效钾含量分别为 $23.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $166.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $200.14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $289.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质、速效氮、速效钾含量分别比追肥前增加了 $2.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $42.37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $48.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,相对增加 12.37%、34.20%、20.34%;有效磷含量比追肥前降低了 $3.98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,相对降低 1.95%。

试验区有机质、速效氮、速效钾含量比对照区分别增加 $1.63 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $13.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $13.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,相对增加 7.54%、9.04%、4.72%;试验区有效磷含量比对照区降低 $14.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,相对降低 6.61%。和

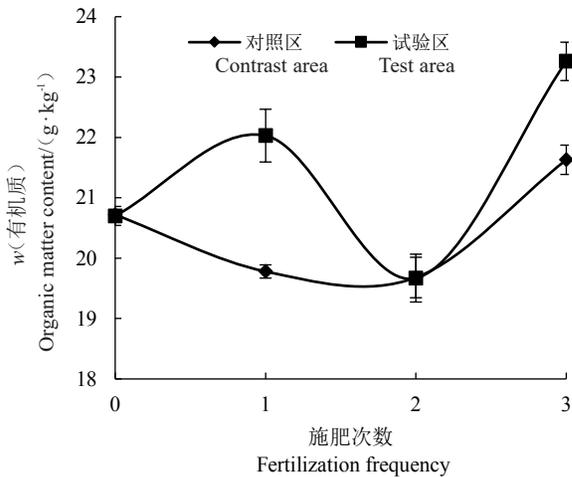


图 2 施肥次数对土壤有机质含量的影响

Fig. 2 Effect of fertilization frequency on soil organic matter content

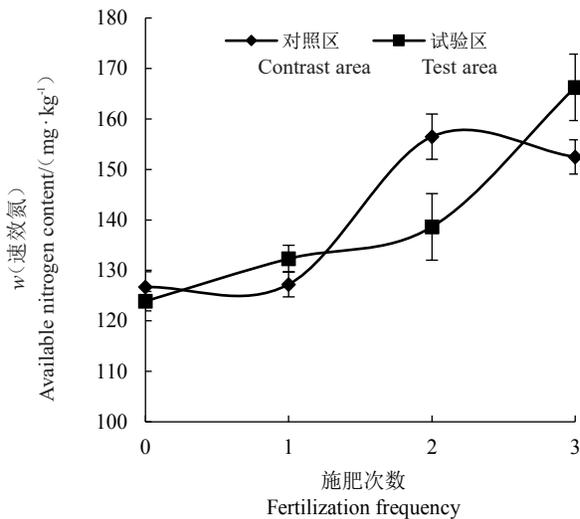


图 3 施肥次数对土壤速效氮含量的影响

Fig. 3 Effect of fertilization frequency on soil available nitrogen content

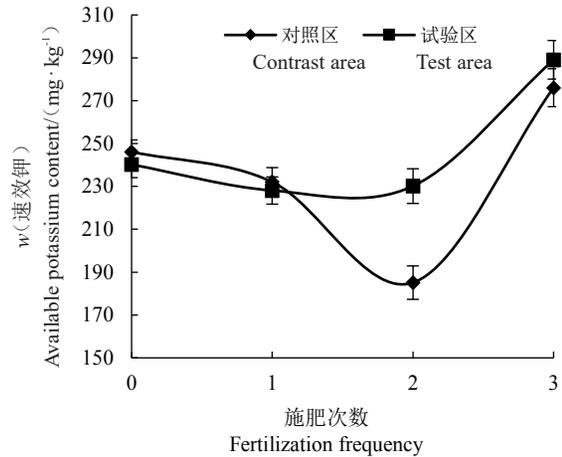


图 4 施肥次数对土壤速效钾含量的影响

Fig. 4 Effect of fertilization frequency on soil available potassium content

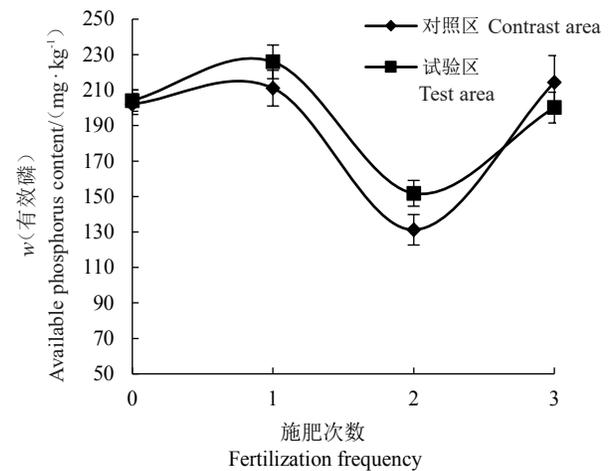


图 5 施肥次数对土壤有效磷含量的影响

Fig. 5 Effect of fertilization frequency on soil available phosphorus content

试验区相比,追肥 3 次后,对照区的有机质、速效氮和速效钾含量增加幅度较小。

2.3 两种追肥模式下网内外豇豆样品农艺性状的比较

由表 2 可知,网内试验区豇豆商品荚率、荚长、荚横径、单荚质量等指标相对网内对照区分别提高了 1.38%、7.65%、5.66%、8.20%。网外试验区豇豆商品荚率、荚长、荚横径、单荚质量等指标相对网外对照区分别提高了 0.54%、0.19%、8.51%、12.37%。网内外试验区豇豆各项指标均高于对照区,但差异不显著,而网内的商品荚率显著高于网外,可见改良肥替代复合肥追肥可以保证豇豆良好的农艺性状。

表2 追肥模式对豇豆农艺性状的影响

Table 2 Effect of top dressing mode on the agronomic traits of cowpea

处理 Treatment	商品荚率 Product pod rate/%	荚长 Pod length/ cm	荚横径 Pod diameter/ mm	单荚质量 Single pod mass/g
网内试验区 Test area in the net	95.5 a	60.5 a	5.6 a	27.84 a
网内对照区 Contrast area in the net	94.2 a	56.2 a	5.3 a	25.73 a
网外试验区 Test area outside the net	74.0 b	53.6 a	5.1 a	22.90 a
网外对照区 Contrast area outside the net	73.6 b	53.5 a	4.7 a	20.38 a

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.4 豇豆产品品质测定

可溶性总糖、蛋白质、维生素 C 含量等是评价豇豆营养品质的主要指标,测定结果见表 3,两种追肥处理的网内外豇豆产品品质无显著差异,其中网内试验区豇豆可溶性总糖、蛋白质、维生素 C 含量相对网内对照区分别提高了 2.01%、13.94%、3.91%,脂肪含量与对照区无差异。网外试验区豇豆可溶性总糖、蛋白质、维生素 C 含量相对网外对照区分别提高了 1.06%、4.05%、3.49%,脂肪含量与对照区无差异。

3 讨论与结论

在五指山市番阳镇青瓜-豇豆轮作基地进行的酸性土壤改良肥与复合肥追肥处理的研究结果表明,豇豆种植期间土壤酸度呈下降趋势,监测的试

表3 豇豆品质测定结果

Table 3 Quality measurement results of cowpea

处理 Treatment	w(可溶性总糖) Total soluble sugar content/(g·100 g ⁻¹)	w(蛋白质) Protein content/ (g·100 g ⁻¹)	w(维生素 C) Vitamin C content/(mg·100 g ⁻¹)	w(脂肪) Fat content/%
网内试验区 Test area in the net	8.64 a	1.88 a	21.81 a	0.30 a
网内对照区 Contrast area in the net	8.47 a	1.65 a	20.99 a	0.30 a
网外试验区 Test area outside the net	8.58 a	1.80 a	21.36 a	0.30 a
网外对照区 Contrast area outside the net	8.49 a	1.73 a	20.64 a	0.30 a

验区和对照区土壤 pH 平均值分别比追肥前降低了 0.44 和 0.61。其中对照区土壤接近极强酸性(pH<4.5),说明常年单一施肥使土壤酸度降低更快。而施用的酸性土壤改良肥虽然呈强碱性,对酸性土壤具有较强的缓冲能力,但对强酸性土壤的影响并不能立竿见影。试验期间(4—6月)正值五指山的雨季,受酸雨等自然因素的影响,以及长期在酸性土壤上施用过磷酸钙、硫酸钾、磷酸二氢钾等酸性化学肥料,其结果必然导致土壤酸化^[30]。研究表明,豇豆生长期间多次、大剂量施用不同种类的农药,其沉降在土壤中也可能会加速土壤酸化^[31]。酸性土壤改良肥虽然不能完全遏止该酸化过程,但是对土壤酸化有一定缓解作用。酸性土壤改良是一个长期且缓慢的过程,后续还需要进行常年改善土壤状况,连续监测,才有可能达到一定的效果。

土壤有机质含量反映了土壤肥力水平,具有改善土壤物理性状、增强土壤保肥性和缓冲性、提高植物抗病能力等作用^[32]。本试验改良肥追肥的试验区土壤有机质含量比追肥前相对增加了 12.37%,改

良肥对稳定或增加试验区土壤有机质含量具有积极影响。速效氮、速效钾含量分别比试验前增加了 42.37、48.87 mg·kg⁻¹,相对增加 34.20%、20.34%,有效磷比试验前降低 3.98 mg·kg⁻¹,相对降低 1.95%。因此,本试验数据说明施用改良肥追肥的试验区土壤各养分指标也能达到复合肥追肥的效果,可以满足植物生长对有效养分的需求。两种追肥处理的网内外豇豆产品品质检测结果表明,网内外试验区豇豆商品荚率差异显著,而可溶性总糖、蛋白质、维生素 C 含量与对照区的豇豆果差异不显著。各处理豇豆脂肪含量均相同。酸性土壤改良肥追肥处理的网内外豇豆商品荚率、荚果长、荚横径、单荚质量均高于复合肥追肥处理。综合分析,豇豆的综合性状以酸性土壤改良肥追肥处理的效果较好。

防虫网设施覆盖栽培具备防虫通风、减少害虫传播、减少农药使用、缓和暴雨冲刷导致的掉叶和倒伏、改善覆盖棚内蔬菜生长环境等诸多优势。笔者的试验采用 29 目白色防虫网覆盖栽培豇豆,网内豇豆荚果长度、商品荚率、荚横径、单荚质量等性

状指标较网外更佳,且网内豇豆商品荚率显著高于网外。应用酸性土壤改良肥追肥后,网内外豇豆产品农艺性状及品质均优于复合肥追肥,同时应用防虫网,减少农药施用量,有望实现豇豆优质高效绿色生产。而防虫网的应用减少农药用量对土壤质量的影响还有待进一步深入开展研究。

参考文献

- [1] 邢凤丽,姚振刚,朱晓龙,等.不同施氮量对豇豆产量、经济效益及土壤状况的影响[J].农业科技通讯,2022(7):105-111.
- [2] 田海,冯玉洁,段云,等.我国豇豆农药残留限量标准研究现状分析与建议[J].中国蔬菜,2022(8):1-6.
- [3] 吕岱竹,林靖凌,韩丙军,等.海南豇豆病虫害全程控制技术研究与应[J].农产品质量安全,2018(3):35-38.
- [4] 阳辛凤,李萍萍,刘春华,等.海南豇豆多菌灵、啶虫脒和阿维菌素残留及其膳食风险评估[J].南方农业学报,2017,48(11):2010-2015.
- [5] 杨巍,曾庆鸿,王洪亮,等.贵州豇豆主要病害及其化学防治方法[J].农技服务,2021,38(12):49-51.
- [6] 王娣,狄珊珊,王新全,等.豇豆不同生长期施用毒死蜱的膳食风险[J].浙江农业学报,2021,33(6):1104-1109.
- [7] 张群,段云,马晨,等.豇豆中5种农药及其代谢物残留检测与膳食风险评估[J].中国蔬菜,2022(10):86-96.
- [8] 王潇楠,王思威,常虹,等.两种喷雾助剂对噻虫嗪防治豇豆上蓟马的减施增效作用[J].农药学报,2022,24(2):368-375.
- [9] 李良会,陈帅,王春花,等.海南豇豆主要病虫害的发生与防控对策[J].热带农业科学,2022,42(4):70-76.
- [10] 罗丰,袁廷庆,柯用春,等.不同颜色防虫网对豇豆生长特性、产量及蓟马发生量的影响[J].南方农业学报,2014,45(9):1584-1588.
- [11] 罗丰,孔祥义,刘勇,等.大棚与露地豇豆病虫害发生情况比较[J].南方农业学报,2012,43(3):332-335.
- [12] 许如意,袁廷庆,吴乾兴,等.不同目数防虫网覆盖对豇豆生长的影响[J].中国瓜菜,2011,24(5):40-43.
- [13] 李强,付步礼,刘奎,等.不同类型防虫网对豇豆生长特性、品质及产量的影响[J].中国农学通报,2018,34(33):43-47.
- [14] 张瑞敏,付步礼,邱海燕,等.防虫网对豇豆主要害虫的阻隔作用研究[J].中国植保导刊,2015,35(11):36-38.
- [15] 秦文弟,夏金亮,蒋湖波,等.沼渣施肥对豇豆产量和重金属含量及土壤重金属积累的影响[J].北方园艺,2018(3):125-129.
- [16] 周娜娜,杜前进,丁文慈,等.琼南稻菜轮作区豇豆田土壤有机质和氮素含量的调查[J].农业与技术,2018,38(5):3-5.
- [17] 吴旭东,陈莉莉,马明,等.不同施肥处理对豇豆品质、产量及经济效益的影响[J].长江蔬菜,2019(2):66-69.
- [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] 邓爱妮,酒元达,吴彬,等.改良营养液对露地酸性土壤矿物质元素含量及其生物有效性的影响[J].热带作物学报,2020,41(5):868-873.
- [20] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 中华人民共和国农业部.土壤pH的测定:NY/T1377—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [22] 中华人民共和国农业部.土壤检测第6部分:土壤有机质的测定:NY/T 1121.6—2006[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [23] 中华人民共和国农业部.土壤检测第7部分:土壤有效磷的测定:NY/T 1121.7—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [24] 河北省质量技术监督局.土壤速效氮的测定:DB13/T 843—2007[S].河北省地方标准,2007.
- [25] 中华人民共和国农业部.土壤速效钾和缓效钾的测定:NY/T 889—2004[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [26] 中华人民共和国国家卫生与计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [27] 尹健雄,卢红,谢强,等.3,5-二硝基水杨酸比色法快速测定烟草水溶性总糖、还原糖及淀粉的探讨[J].云南农业大学学报,2007,22(6):829-833.
- [28] 中华人民共和国国家卫生与计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [29] 中华人民共和国国家卫生与计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中脂肪的测定:GB 5009.6—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [30] 赵青云,王辉,庄辉发,等.海南香草兰园土壤酸化现状及酸化原因分析[J].热带农业科技,2014,37(1):12-13.
- [31] 王恒,陈兵芳,孙洪波,等.滴灌条件下不同水肥设计对设施豇豆生长性状和品质的影响[J].特种经济动植物,2022,25(2):17-20.
- [32] 刘春生.土壤肥料学[M].北京:中国农业大学出版社,2006.