



不同复合肥用量对油莎豆生长、产量及经济效益的影响

方甜甜 刘艳梅 刘振营 韩锐锋 林莹烁 马文豪 张书红*

河南心连心化学工业集团股份有限公司 新乡 453731

摘要: 为探究不同复合肥及其施用量对油莎豆生长、产量和经济效益的影响,本研究以腐植酸复合肥 F1 和高磷复合肥 F2 为供试肥料,分别设置 T1 (50 kg/667 m²)、T2 (65 kg/667 m²)、T3 (80 kg/667 m²) 3 个施用量,以不施肥为空白对照 (CK),共 7 个处理,测定了油莎豆株高、叶面积、SPAD 值、单株分蘖数以及茎叶和块茎的鲜重和干重等指标。结果表明,不同处理在形态指标、产量及经济效益方面表现出环境特异性。形态指标方面,在大田中以 F1T1 处理株高最高,在小区中以 F2T1 处理株高最高;叶面积在大田和小区中均以 F1 处理表现最佳,其中大田中以 F1T3 处理叶面积最大,小区中以 F1T2 处理叶面积最大;单株分蘖数在大田和小区中均以 F1T2 处理最多;SPAD 值各处理间差异不显著。产量相关指标方面,在大田中,F1T3 处理的茎叶鲜重、块茎鲜重表现最佳,F2T2 处理的茎叶干重和 F2T3 处理的块茎干重表现最佳;在小区中,F1T3 处理的茎叶鲜重表现最佳,F2T2 处理的块茎鲜重、茎叶和块茎干重均表现最佳。经济效益分析表明,F2T2 处理的当季效益最佳;而从土壤可持续生产角度,F1T3 处理既能改良土壤又能增产,更具优势。

关键词: 复合肥;油莎豆;施肥量;产量;经济效益

中图分类号: TQ444.6, S54

文章编号: 1671-9212(2025)04-0052-06

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.04.007

Effects of Different Compound Fertilizer Application Amounts on the Growth, Yield and Economic Benefits of *Cyperus Esculentus* L.

Fang Tiantian, Liu Yanmei, Liu Zhenying, Han Ruifeng, Lin Yingshuo, Ma Wenhao, Zhang Shuhong*

Henan Xinlianxin Chemicals Industry Group Co. Ltd., Xinxiang, 453731

Abstract: To explore the effects of different compound fertilizers and their application amounts on the growth, yield and economic benefits of *Cyperus esculentus* L., humic acid compound fertilizer F1 and high phosphorus compound fertilizer F2 were used as test fertilizers in this study. Three application amounts, namely T1 (50 kg/667 m²), T2 (65 kg/667 m²) and T3 (80 kg/667 m²) were set, with a no-fertilizer treatment serving as the blank control (CK). Seven treatments were conducted. And plant height, leaf area, SPAD value, tiller number per plant, fresh and dry weight of shoots and tubers were measured. The results showed that different treatments exhibited environmental specificity in terms of morphological indicators, yield and economic benefits. In terms of morphological indicators, the plant height in both the field and the plot was highest under the F1T1 and F2T1 treatments, respectively. The leaf area was the best in both the field and the plot. Among them, the leaf area was the largest in the field with the F1T3 treatment, and the leaf area of F1 treatments were the largest in the plot with the F1T2 treatment. The tiller number of per plant was the highest in both the field and the plot under the F1T2 treatment. The differences

[收稿日期] 2025-02-27

[作者简介] 方甜甜,女,1999年生,助理农艺师,主要从事作物营养需求及高效种植管理技术研究,E-mail: fttfangtiantian@163.com。*通讯作者:张书红,女,高级农艺师,E-mail: zhshhong00@163.com。



in SPAD values among various treatments were not significant. In terms of yield-related indicators, in the fields, the fresh weights of shoots and tubers in the F1T3 treatment performed the best, and the dry weight of shoots in the F2T2 treatment and the dry weight of tubers in the F2T3 treatment performed the best. In the plot, the fresh weight of shoots in the F1T3 treatment was the highest, and the fresh weight of tubers and dry weights of shoots and tubers in the F2T2 treatment were the highest. The economic benefit analysis indicated that the current season's F2T2 treatment had the best benefit. From the perspective of sustainable soil production, F1T3 treatment not only improved soil quality but also increased production, thus providing more advantages.

Key words: compound fertilizer; *C. esculentus* L.; application amount; yield; economic benefit

油莎豆 (*Cyperus esculentus* L.) 属一年生草本植物, 是一种新型油料作物, 有“生命之果”“地下核桃”等美称^[1, 2], 因具有适应性强、经济价值高、发展潜力大等特点备受关注。自引进我国后, 众多学者开展了品种^[3]、土壤类型^[4]、光照条件^[5]等因素对油莎豆产量及品质影响的分析研究, 但针对其养分积累及肥料调控植株生长和产量的研究报道较少。河南是油莎豆主产地之一, 然而在生产实践中, 尚未建立科学高效的施肥体系, 肥料施用存在盲目性与随意性, 不仅难以充分满足油莎豆生长发育需求, 还可能因肥料过量或配比失衡, 造成资源浪费与环境污染, 制约油莎豆产量与品质的提升。本试验立足河南主产区实际, 通过设置不同种植密度、不同肥料产品以及不同施用量, 研究肥料对油莎豆生长、产量和经济效益的影响, 以期构建适

配本地区油莎豆科学施肥体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

(1) 供试作物: 油莎豆, 品种“豫油莎2号”。

(2) 供试肥料: 腐植酸复合肥, 商品名“黑力旺”, 腐植酸含量0.1%, 氮磷钾含量17-17-17; 高磷复合肥, 商品名“膨得利”, 氮磷钾含量12-18-15S; 均由河南心连心化学工业集团股份有限公司生产。

(3) 供试土壤: 大田试验在河南省农科院经济作物研究所民权油莎豆示范基地进行, 小区试验在心连心现代高效农业示范园区进行, 两地土壤类型均为沙壤土。其土壤基本理化性质见表1。

表1 供试土壤基本理化性质

Tab.1 Basic physical and chemical properties of tested soil

地点	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
大田	8.65	9.09	0.66	0.82	1.62	80.67	29.24	138.88
小区	8.30	8.95	0.58	0.92	1.58	92.34	28.56	107.68

1.2 试验设计

本试验采用大田和小区近乎同步开展相同处理设计。腐植酸复合肥(F1)和高磷复合肥(F2)各设置3个施用量, 分别为T1(50 kg/667 m²)、T2(65 kg/667 m²)、T3(80 kg/667 m²), 以不施肥处理为对照(CK), 全生育期末进行追肥。

每个处理设置3次重复, 小区试验采用随机区组排列。

大田油莎豆于2024年6月16日种植, 采用机播, 株距约15 cm, 行距约25 cm, 施肥采用撒施旋耕, 每个处理小区面积667 m²。小区油莎豆于6月11日采用人工条播种植, 株距约10 cm,

行距约 25 cm, 肥料开沟条施肥, 沟深约 5 cm, 种肥间隔约 10 cm, 每个小区面积 36 m²。各小区

间设置 0.5 m 宽的隔离带, 防止串水串肥。具体试验设计方案见表 2。

表 2 试验设计
Tab.2 Experiment design

处理	肥料	施肥量 (kg/667 m ²)	养分含量 (kg/667 m ²)
CK	—	—	—
F1T1	黑力旺 17-17-17	50	N: 8.5, P ₂ O ₅ : 8.5, K ₂ O: 8.5
F1T2	黑力旺 17-17-17	65	N: 11.05, P ₂ O ₅ : 11.05, K ₂ O: 11.05
F1T3	黑力旺 17-17-17	80	N: 13.6, P ₂ O ₅ : 13.6, K ₂ O: 13.6
F2T1	膨得利 12-18-15S	50	N: 6, P ₂ O ₅ : 9, K ₂ O: 7.5
F2T2	膨得利 12-18-15S	65	N: 7.8, P ₂ O ₅ : 11.7, K ₂ O: 9.75
F2T3	膨得利 12-18-15S	80	N: 9.6, P ₂ O ₅ : 14.4, K ₂ O: 12

1.3 测定指标及方法

(1) 株高: 于块茎膨大期每个小区选择 3 穴油莎豆植株, 用米尺分别测量植株株高 (从地表至最高叶片的垂直距离)。

(2) 叶面积: 于块茎膨大期每个小区选择 3 穴油莎豆植株, 测定所有叶片的长和宽, 按公式计算油莎豆植株叶面积: 植株叶面积 (S) = 0.80 × 叶长 (L) × 叶宽 (D)。

(3) 分蘖数: 于块茎膨大期每个小区选择 3 穴油莎豆植株, 分别统计植株茎蘖数。

(4) SPAD 值: 于块茎膨大期每个小区选择 3 穴油莎豆植株, 使用 SPAD 仪测定叶片 SPAD 值。

(5) 茎叶和块茎鲜重: 于油莎豆成熟期, 每个小区随机选取 3 个 1 m × 1 m 小区进行测产。采取刈割的方法将油莎豆以地面为界分为地上茎叶与地下块茎。将样方内所有地上茎叶和地下块茎及根系样品带回实验室, 冲洗干净后, 采用称重法测定各部分鲜重。

(6) 茎叶和块茎干重: 将 (5) 中测定茎叶和块茎鲜重后的样品置于烘箱内 105 °C 杀青 0.5 h 后, 80 °C 烘干至恒重后称重。

(7) 经济效益: 按以下公式计算。经济效益 = 总收入 - 总投入 = 块茎收入 + 茎叶收入 - 肥料投入 - 种子投入 - 植保投入 - 机械投入 - 人工投入。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 软件进行数据处理, 采用 SPSS Statistics 26 软件对数据进行方差分析, 并通过 Duncan's 在 0.05 水平上进行处理间差异检验, 采用 GraphPad Prism 9.5 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对油莎豆块茎膨大期生长指标的影响

对大田油莎豆块茎膨大期生长指标数据分析 (表 3) 可以看出, 株高以 F1T1 处理最高, 为 125.10 cm, 显著高于 CK 和其他施肥处理。叶面积以 F1T3 处理表现最佳, 为 79.51 cm², 但较 CK 和其他施肥处理 (F2T3 处理除外) 差异均不显著。SPAD 值以 F2T2 处理表现最佳, 为 40.01, 但较 CK 差异不显著, 较其他施肥处理差异显著。单株分蘖数以 F1T2 处理表现最佳, 且在 F1T1、F1T2 和 F1T3 处理中, 随着施肥量的加大, 呈先上升后降低的趋势; 而在 F2T1、F2T2 和 F2T3 处理中, 表现为随着施肥量的加大, 单株分蘖数呈现直线上升的趋势。F1 处理呈先上升后降低的趋势, 推测其原因可能是过多的氮肥投入会促进油莎豆植株叶片徒长, 从而抑制分蘖形成。曹稀琦等^[6]的研究表明, 在沙质土壤栽培条件下, 油莎豆氮施肥量以 150 kg/hm² (10 kg/667 m²) 较为适宜。



对小区油莎豆块茎膨大期生长指标分析(表3)可以看出,株高以F2T1处理最高,为115.80 cm,与其他施肥处理差异均不显著。叶面积和SPAD值均以F1T2处理表现最佳,但较CK和其他施肥处理差异均不显著。单株分蘖数以F1T2处理表现最佳,且在F1T1、F1T2和F1T3处理中,随着施肥

量的加大,呈先上升后降低的趋势;而在F2T1、F2T2和F2T3处理中,表现为随着施肥量的加大,单株分蘖数呈先降低后上升的趋势。说明两种不同肥料对油莎豆分蘖的调控效应存在差异,除了受氮肥用量影响外,可能与肥料磷钾配比及氮肥释放特性相关。

表3 不同施肥处理的油莎豆块茎膨大期生长指标

Tab.3 Growth indexes of *C. esculentus* tubers during expanding stage under different fertilization treatments

处理	大田				小区			
	株高 (cm)	叶面积 (cm ²)	SPAD 值	单株分蘖数 (个)	株高 (cm)	叶面积 (cm ²)	SPAD 值	单株分蘖数 (个)
CK	114.87b	69.62ab	39.77a	7.60c	100.92b	51.56a	39.64a	6.03c
F1T1	125.10a	78.23a	35.17b	10.15abc	102.36ab	55.72a	38.53a	7.33bc
F1T2	106.87c	75.28ab	35.37b	12.40a	108.67ab	67.39a	40.58a	11.77a
F1T3	110.40bc	79.51a	35.27b	10.25abc	114.22ab	58.21a	37.88a	10.23ab
F2T1	97.80d	69.25ab	36.05b	9.10bc	115.80a	66.81a	35.17a	8.90abc
F2T2	106.13c	77.75a	40.01a	11.30ab	109.75ab	66.29a	37.09a	7.23bc
F2T3	117.37b	59.64b	37.13b	12.30a	102.97ab	67.18a	34.08a	10.70ab

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

2.2 不同处理对油莎豆收获期生物量的影响

由表4可以看出,油莎豆茎叶平均含水量 $\{[(\text{鲜重} - \text{干重}) / \text{鲜重}] \times 100\%$ 约74%,块茎平均含水量约31%。油莎豆茎叶鲜重大田和小区均以F1T3处理表现最佳。在大田中,施用F1腐植酸复合肥的F1T1、F1T2和F1T3处理,相较于CK分别实现茎叶增产21.7%、3.7%、39.6%,块茎增产21.3%、40.4%、52.2%,以F1T3处理茎叶和块茎鲜重表现最优。施用F2高磷复合肥的F2T1、F2T2和F2T3处理,相较于CK分别茎叶增产21.5%、38.0%、13.0%,块茎增产29.0%、48.4%、47.9%,以F2T2处理茎叶和块茎鲜均表现最优。对比相同施肥量,两种肥料在施肥量为50 kg/667 m²时,油莎豆增产效果相近;在施肥量为65 kg/667 m²时,高磷复合肥明显优于腐植酸复合肥;在施肥量为80 kg/667 m²时,腐植酸复合肥明显优于高磷复合肥。相较于F2T2处理,F1T3处理在植株的茎叶产量和块茎产量上表现出相对优势。因茎叶含水量

较高,所以经过烘干处理后,各处理的油莎豆茎叶干重差异不大。

在小区种植中,施用F1腐植酸复合肥的F1T1、F1T2和F1T3处理,相较于CK均实现增产,其中F1T3处理表现最优,其茎叶增产36.2%,块茎增产40.8%。施用F2高磷复合肥的F2T1、F2T2和F2T3处理,相较于CK也均实现增产,F2T1处理茎叶增产30.1%,块茎增产9.2%;F2T2处理茎叶增产16.1%,块茎增产62%;F2T3处理茎叶增产31.6%,块茎增产51.5%,综合表现以F2T3处理表现最优。可见,小区与大田试验中,肥料类型及施用量对油莎豆生物量的影响规律存在显著差异。

2.3 不同处理间的经济效益对比

基于宫运玺等^[7]研究结果,在行距25 cm、株距15 cm种植条件下,油莎豆的生长特性得到更充分满足,生长发育更为适宜,故仅针对大田试验对油莎豆的经济效益进行对比分析。

由表5可以看出,除CK外,各处理油莎豆

茎叶产值为 393.6 ~ 524.2 元 /667 m²，块茎产值为 4426.4 ~ 5555.9 元 /667 m²，总收入为 4848.9 ~ 6052.2 元 /667 m²。其中，腐植酸复合肥以 F1T3 处理茎叶产量和块茎产量均为最高，总收入领先，但受限于 F1 肥料较高的养分成本，综合经济效益略低于 F2T2 处理；而高磷复合肥以 F2T2 处理因块茎产量与投入成本性价比优势，经济效益表现最优。从收入结构分析，油莎豆块茎鲜重收入是经济

效益的主要来源。尽管本试验中 F1T3 处理的直接经济收益略低于 F2T2 处理，但差异不显著，且施用腐植酸复合肥具备改良土壤结构的长效功能，可带来土壤持续熟化的隐性效益。综合短期经济收益与耕地可持续利用需求，F2T2 处理适合追求当季高产高效的生产模式，而 F1T3 处理则更利于土壤养分的长期保育，为油莎豆规模化种植的地力维持提供支撑。

表 4 不同施肥处理的油莎豆收获期生物量

Tab.4 The *C. esculentus* biomass of the harvest period under different fertilization treatments kg/667 m²

处理	大田				小区			
	茎叶		块茎		茎叶		块茎	
	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重
CK	1154.20d	319.75c	730.01d	494.29c	987.86d	248.83c	525.72e	375.22d
F1T1	1404.92b	352.14b	885.27c	610.47d	1242.50b	312.19a	634.91d	426.80d
F1T2	1196.36d	327.97b	1024.87ab	703.89bc	1031.80d	261.13b	749.36c	506.90c
F1T3	1611.46a	413.62a	1111.18a	760.24a	1345.60a	341.32a	740.26c	497.63c
F2T1	1402.05b	365.95b	942.03bc	669.41c	1285.60b	326.95a	574.05e	425.76d
F2T2	1593.41a	436.85a	1083.52a	742.08ab	1147.20c	390.75a	851.47a	583.45a
F2T3	1304.90c	362.23b	1079.74a	771.80a	1300.50ab	330.44a	796.68b	530.40b

表 5 不同施肥处理的油莎豆经济效益

Tab.5 Economic benefits of *C. esculentus* under different fertilization treatments 元 /667 m²

处理	茎叶收入	块茎收入	总收入	肥料投入	其他投入	总投入	经济效益	较 CK 施肥增利
CK	383.7	3650.1	4033.8	0.0	1060	1060.0	2973.8c	—
F1T1	422.6	4426.4	4848.9	250.0	1060	1310.0	3538.9b	565.1b
F1T2	393.6	5124.4	5517.9	325.0	1060	1385.0	4132.9ab	1159.1ab
F1T3	496.3	5555.9	6052.2	400.0	1060	1460.0	4592.2a	1618.4a
F2T1	439.1	4710.2	5149.3	155.0	1060	1215.0	3934.3ab	960.5ab
F2T2	524.2	5417.6	5941.8	201.5	1060	1261.5	4680.3a	1706.5a
F2T3	434.7	5398.7	5833.4	248.0	1060	1308.0	4525.4a	1551.6a

注：(1)肥料投入按照市场价格计算；茎叶按照市场价 1200 元 / 吨；鲜豆按照市场价 5 元 / kg；因为只有肥料成本不同，田间均正常管理，所以其余费用明细不再列入。(2)其他投入包括种子投入、植保投入、机械投入及人工投入。其中，种子投入 30 元 / 亩、植保投入 30 元 / 亩、机械投入 500 元 / 亩、人工投入 500 元 / 亩。

3 讨论

油莎豆是喜肥性植物，在不同养分环境下对土壤养分的吸收具有选择性，因而科学的施肥管

理措施对提高油莎豆产量和经济效益具有重要意义^[8, 9]。曹祗琦^[6]研究结果表明，内蒙古地区沙质土壤中油莎豆最佳氮磷钾配施为 N : P₂O₅ : K₂O=150 : 240 : 120 kg/hm²，即氮磷钾配比 1 :



1.6 : 0.8。杨敏^[10] 在新疆干旱气候区的研究则表明, 油莎豆的适宜氮磷钾用量为 N 67.5 kg/hm²、P₂O₅ 94.5 kg/hm²、K₂O 78.75 kg/hm², 即氮磷钾配比为 1 : 1.4 : 1.17 时较优。本研究在河南进行油莎豆试验, 以 F1T3 处理 N : 13.6, P₂O₅ : 13.6, K₂O : 13.6 和 F2T2 处理 N : 7.8, P₂O₅ : 11.7, K₂O : 9.75 效果最好, 即氮磷钾配比为 1 : 1 : 1 和 1 : 1.5 : 1.25。各研究结果的差异可能与区域土壤肥力、气候条件及种植模式相关。当前生产中缺乏系统的科学施肥比例研究, 种植户多依赖经验施肥。因此, 后续需针对不同区域土壤特性开展氮磷钾比例对比试验, 探索适配于油莎豆生长的最优施肥配比。

本研究中, 大田试验与小区试验产生的差异, 本质上反映了“规模化生产”与“精准控制试验”的应用场景区别: 大田试验株距约 15 cm, 行距约 25 cm, 这与宫运玺等^[7] 关于油莎豆种植要点的研究中推荐的株行距设置一致, 更贴近实际生产场景, 能够反映自然条件下的群体生长特性与肥料综合效应; 小区试验则通过精细化设计, 便于解析肥料配比对单株生长的影响机制。后续研究需结合大田与小区试验特点, 开展不同尺度下的肥料效应验证, 同时加强土壤—作物—环境互作机制研究, 为油莎豆全国范围内规模化生产提供更精准的施肥指导。

4 结论

(1) 生长指标影响: 大田种植下, F1T1 处理株高最高, 叶面积以 F1T3 和 F1T1 处理表现最佳, 单株分蘖数以 F1T2 处理最多。小区种植下, F2T1 处理株高最高, F1T3 处理次之, 但差距不大; 叶面积和单株分蘖数均以 F1T2 处理表现最佳; SPAD 值在两种肥料各处理间差异不明显。整体来看, 以腐植酸复合肥 F1 在生长指标上具有突出表现。

(2) 生物产量差异: 大田种植下, 对比腐植酸复合肥和高磷复合肥, 油莎豆的生物产量(茎叶和块茎), 均以腐植酸复合肥的 F1T3 处理表现最高。小区种植下, 高磷复合肥的 F2T3 处理油莎

豆生物产量增产幅度最大, 与大田结果形成环境依赖性差异。

(3) 经济效益分析: 当季经济收益以 F2T2 处理最高, F1T3 处理总收入最高, 但腐植酸复合肥 F1 成本较高, F2T2 与 F1T3 处理的总收入差异不大, 但总投入相较 F1T3 处理低 13.6%, 因此当季的经济效益最高。长期土壤效益: 由于腐植酸复合肥具有改良土壤和促进增产的双重功效, 因此 F1T3 处理可以兼顾土壤养分持续改善, 更有利于长期可持续种植。

参考文献

- [1] 高金玲, 孙洪蕊, 孟悦, 等. 油莎豆速溶粉挤压熟化工艺优化及冲调性研究 [J]. 粮食与油脂, 2023, 36(7): 43 ~ 46, 53.
- [2] 田佳泽, 江悦艇, 陈奕霖, 等. 油莎豆豆粕中黄酮类物质的提取及工艺优化 [J]. 农产品加工, 2023(6): 38 ~ 45.
- [3] 朱淑娟, 康才周, 安红燕, 等. 10 种油莎豆种质资源蛋白质氨基酸组成及其相互关系 [J]. 安徽农业科学, 2024, 52(21): 102 ~ 106.
- [4] 张晴晴, 杜艺, 张玉林, 等. 块茎形成期不同灌溉量对油莎豆产量和品质的影响 [J]. 草地学报, 2024, 32(11): 3636 ~ 3645.
- [5] 杨若琳. 不同光照条件对油莎豆油脂合成作用的影响研究 [D]. 石河子大学硕士学位论文, 2013.
- [6] 曹秭琦, 赵小庆, 张向前, 等. 施氮水平对沙质土壤油莎豆氮磷钾累积、分配及产量的影响 [J]. 作物学报, 2024, 50(7): 1805 ~ 1817.
- [7] 宫运玺, 何永娜. 莎豆种植技术要点及应用 [J]. 现代农村科技, 2025(4): 26.
- [8] 冯梦馨. 油莎豆功能性状间的关系及其对土壤养分的响应 [D]. 北京林业大学硕士学位论文, 2023.
- [9] 赵月, 刘亚兰, 高艳菊, 等. 水肥与覆膜对油莎豆产量及土壤性质的影响 [J]. 草业科学, 2024, 41(7): 1757 ~ 1766.
- [10] 杨敏. 新疆干旱气候区油莎豆对不同氮磷钾配施响应的研究 [D]. 石河子大学硕士学位论文, 2013.