



王晓林,张景云,杜吉到.有机肥与化肥配施对黑土区大豆产量及品质的影响[J].黑龙江农业科学,2023(4):13-17.

有机肥与化肥配施对黑土区大豆产量及品质的影响

王晓林^{1,2},张景云²,杜吉到¹

(1.黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆163319;2.北大荒集团黑龙江绥棱农场有限公司,黑龙江绥化152221)

摘要: 有机肥料与无机肥料配合施用是我国发展现代农业、实现耕地保护与质量提升的重要技术。为提高黑土冷凉地区大豆产量及品质,采用不同有机肥与化肥配施处理,通过随机区组试验,研究了黑土区有机肥与化肥配施对大豆产量、品质及种植经济效益的影响。结果表明,20%有机肥与80%化肥配施效果最优,与不施肥处理相比,株高、主茎节数、根瘤数、单株鲜重、单株荚数、单株粒数、百粒重差异达到极显著或显著水平;其产量为2 429.90 kg·hm⁻²,与单一施用化肥处理相比,大豆株高、主茎节数、根瘤数、单株鲜重、单株荚数、单株粒数差异达到极显著水平,大豆百粒重差异达到显著水平;与不施肥处理相比,产量提高34.5%,与单一施用化肥处理相比,产量提高10.4%。有机肥与化肥配施能提高粗蛋白的含量,但对脂肪含量的影响较小。单一施用化肥成本最低,为544.6元·hm⁻²,其次为20%有机肥与80%化肥混合配施,为651.7元·hm⁻²;去除肥料成本后,20%有机肥与80%化肥混合配施经济效益最高,达到13 927.7元·hm⁻²,较单一施用化肥增加大豆种植效益1 268.1元·hm⁻²。

关键词: 大豆;有机肥;产量;品质;经济效益

大豆是世界上最重要的蛋白、油料兼用作物,是食用蛋白、饲料蛋白和食用油的最主要来源之一^[1]。大豆营养价值较高、具有很高的生化作用和活性,是重要的食品、制药工业原料。同时,大豆具有生物固氮作用,在世界农业中受到广泛关注^[2]。伴随着现代农业集约化、产业化的推进,国际间农产品贸易竞争的不断加剧,我国大豆生产与较发达国家相比存在单产低、品质差、市场竞争力弱等缺点,是我国大豆生产中亟待解决的问题。黑龙江省大豆的种植面积占整个东北地区的89.61%,占全国总种植面积的43.69%^[3],是我国最主要的大豆生产省份。提高黑龙江省大豆单位面积的产量,降低生产成本,改善品质,势在必行^[4]。

有机肥料和无机肥料配合施用是我国发展现代农业、实现黑土保护与耕地质量提升的重要技术^[5-7]。一方面,有机肥料和无机肥料配合施用能实现持续养分和速效养分相结合,协调作物生长发育对养分的需求,保证作物生育期各阶段得到

足够的养分来维持其生长发育^[8];另一方面,有机肥料和无机肥料配合施用在有效改善土壤的物理、化学和生物学性质的同时,还起到培肥土壤的作用^[9];与单纯使用化学肥料相比,在同等养分施用量的情况下,有机肥料与化学肥料配合使用可长期有效地维持作物产量、提高品质,同时还可在一定程度上提高产量,增加土壤中各类养分吸收率,减少化学肥料施用量,节约资源,降低化学投入品对农业生态环境的污染^[10]。

目前多数试验使用畜禽粪便、秸秆堆肥、种植绿肥作物等有机肥料与化学肥料配合施用,关于二者不同对比对农田土壤物理及化学性状的改善情况,及能够大面积机械作业施用的有机肥与化学肥料配合使用的研究处于起步阶段,尤其是在黑土冷凉地区的应用研究鲜有报道。因此,本研究主要探讨了有机肥与化肥配施对黑土冷凉地区大豆产量及品质的影响,以期改善黑土冷凉区农业生产质量提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2020年在北大荒集团黑龙江海伦农场有限公司试验站进行,47°43'N,127°09'E,海拔260 m,年平均降水560 mm,供试土壤为黑土,试验地土壤(0~20 cm)理化性质见表1。

收稿日期:2022-09-28

基金项目:黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目(2021ZXJ05B02)。

第一作者:王晓林(1993—),男,硕士研究生,从事大豆栽培相关研究。E-mail:277345591@qq.com。

通信作者:杜吉到(1973—),男,博士,教授,从事豆类作物育种及群体质量相关研究。E-mail:djdynd@163.com。

表 1 试验地土壤基本理化性质

土壤类型	pH	容重/ (g·cm ⁻³)	有机质/ %	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
黑土	5.71	1.24	5.20	2.62	1.03	19.70	307.00	37.00	203.00

1.2 材料

1.2.1 供试品种 供试大豆品种为黑河 43,生育期 110 d,活动积温 2 150 ℃,紫花、尖叶,亚有限结荚习性,百粒重 17 g 左右。

1.2.2 供试肥料 有机肥采用包头市麦迪逊生态植物科技有限公司提供的麦迪逊牌有机肥(颗粒,有机质 47.02%、全氮 2.26%、全磷 2.07%、

全钾 1.32%),化肥用尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%、P₂O₅ 46%)、氯化钾(K₂O 60%)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设置 1 个空白对照及 7 个肥料处理(表 2),各处理种植 6 垄,垄宽 0.65 m,垄长 15 m,小区面积 58.5 m²,3 次重复,随机区组排列,设置 8 行保护行。田间管理同常规。

表 2 各施肥处理及用量

单位:kg·hm⁻²

处理编号	处理名称	有机肥施用量	化肥施用量		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK ₀	不施肥	0	0	0	0
O ₀ C ₁₀₀	施化肥(100%)	0	33.75	52.50	30.00
O ₂₀ C ₈₀	有机肥 20%+化肥 80%	180.00	27.00	42.00	24.00
O ₅₀ C ₅₀	有机肥 50%+化肥 50%	450.00	16.88	26.25	15.00
O ₈₀ C ₂₀	有机肥 80%+化肥 20%	720.00	6.75	10.50	6.00
O ₁₀₀ C ₀	有机肥 100%	900.00	0	0	0
O ₁₅₀ C ₀	有机肥 150%	1350.00	0	0	0
O ₂₀₀ C ₀	有机肥 200%	1800.00	0	0	0

1.3.2 土壤样品采集及制备 于 2019 年秋季收获后采集耕作层(0~20 cm)土壤样品,采用梅花型布点方式,每小区内设 1 组(3~5 个)平行样点,再将多个平行样点混合成一个均匀土样,采用四分法保留 1 kg 左右土壤。土样经风干研磨后,过 0.25 mm 筛备用。

1.3.3 大豆农艺性状及产量的测定 大豆盛花期各小区连续取 15 株,用水将根部清洗干净,测定根瘤数量、称量株鲜重,并计算平均值。成熟期每小区取中间 4 行未经取样等扰动的 26 m²(10 m 行长)测产,取连续 15 株测定株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等农艺性状。

1.3.4 大豆籽粒粗蛋白和脂肪含量的测定 每小区取无杂质籽粒样品 500 g,3 次重复,粉碎后全部通过 0.5 mm 尼龙筛备用。

采用凯氏定氮法测定籽粒全氮含量,以含氮

量乘以 6.25(大豆氮、粗蛋白内质换算系数)换算成粗蛋白质的含量,用索氏提取法测定脂肪含量。

1.3.5 数据分析 试验中的数据均采用数据分析软件 DPS v9.01 和 Excel 2007 进行相关统计和分析处理。

2 结果与分析

2.1 有机肥与化肥配施对大豆农艺性状的影响

由表 3 可知,合理的有机肥与化肥配施可提高大豆的株高、主茎节数、根瘤数与鲜重,过量单一施用有机肥则对各指标的提高较小。其中 O₂₀C₈₀与 CK₀和 O₀C₁₀₀的差异达极显著水平,极显著提高了株高、主茎节数、根瘤数及单株鲜重。O₂₀C₈₀与 O₀C₁₀₀相比各指标增幅在 5.00%~50.00%。有机肥与化肥的其他配比处理作用规律不明显,可能因为各处理试验仅一年,具体规律还需进一步试验验证。

表 3 有机肥与化肥配施对大豆农艺性状的影响

处理	株高/cm	主茎节数/(个·株 ⁻¹)	根瘤数/(个·株 ⁻¹)	单株鲜重/g
CK ₀	80.20±3.15 dD	16.10±0.32 cC	6.00±0.44 fF	59.20±2.56 dD
O ₀ C ₁₀₀	84.10±0.96 cC	17.20±0.21 bB	14.21±0.35 bB	72.50±1.47 cC
O ₂₀ C ₈₀	91.30±1.32 aA	18.10±0.17 aA	22.20±0.16 aA	100.00±2.98 aA
O ₅₀ C ₅₀	84.10±1.57 cC	16.00±0.36 cC	9.10±0.25 eE	70.30±1.48 cC
O ₈₀ C ₂₀	85.20±1.25 cC	17.00±0.12 bB	11.50±0.47 dD	60.10±4.22 dD
O ₁₀₀ C ₀	85.10±1.06 cC	17.10±0.56 bB	13.20±0.32 cC	81.30±3.41 bB
O ₁₅₀ C ₀	87.40±0.94 bB	17.00±0.50 bB	15.10±0.90 bB	80.20±3.25 bB
O ₂₀₀ C ₀	89.20±0.32 bB	17.10±0.17 bB	15.00±0.49 bB	79.40±1.93 bB
F	12.21**	5.39*	20.17**	30.65**

注:不同大小写字母和**、*表示处理间在P<0.01或P<0.05水平差异显著。下同。

2.2 有机肥与化肥配施对大豆产量的影响

由表 4 和图 1 可知,有机肥与化肥配施与 CK₀相比可显著提高大豆产量,其通过提高单株荚数、单株粒数及百粒重,从而提高产量。有机肥与化肥配施的不同比例较 O₀C₁₀₀的作用效果有所不同,其中 O₂₀C₈₀显著或极显著提高了单株荚数、单株粒数与百粒重,而 O₅₀C₅₀、O₈₀C₂₀、O₁₀₀C₀、

O₁₅₀C₀、O₂₀₀C₀与 O₀C₁₀₀的差异不显著,有些处理还略低于 O₀C₁₀₀。产量结果表现为 O₂₀C₈₀>O₀C₁₀₀>O₁₅₀C₀>O₁₀₀C₀>O₂₀₀C₀>O₅₀C₅₀>O₈₀C₂₀>CK₀,各施肥处理产量极显著高于 CK,其中 C₀C₁₀₀、O₁₀₀C₀、O₁₅₀C₀和 O₂₀₀C₀产量极显著低于 O₂₀C₈₀,这 5 个处理产量均极显著高于 O₅₀C₅₀和 O₈₀C₂₀(图 1)。

表 4 有机肥与化肥配施对大豆产量构成因素的影响

处理	单株荚数/个	单株粒数/粒	百粒重/g
CK ₀	20.10±1.57 bB	51.20±1.22 dD	14.70±0.36 cA
O ₀ C ₁₀₀	21.23±3.25 bB	70.30±2.17 bcBC	15.60±0.21 bA
O ₂₀ C ₈₀	27.14±0.56 aA	88.10±3.51 aA	16.00±0.17 aA
O ₅₀ C ₅₀	20.05±0.47 bB	66.25±1.36 cC	15.20±0.25 bA
O ₈₀ C ₂₀	21.01±0.25 bB	66.17±0.57 cC	15.50±0.09 bA
O ₁₀₀ C ₀	22.13±0.47 bB	68.15±1.32 cBC	15.90±0.33 abA
O ₁₅₀ C ₀	23.14±1.21 bB	77.00±0.88 bB	15.70±0.47 abA
O ₂₀₀ C ₀	23.15±0.78 bB	77.00±1.25 bB	15.80±0.25 abA
F	3.50*	19.75**	4.39*

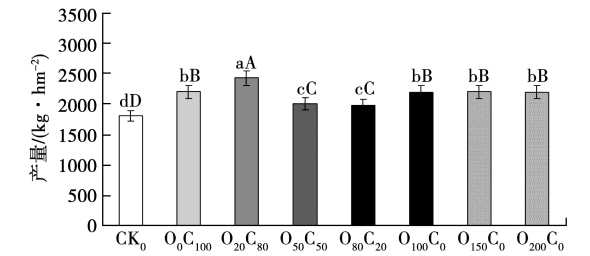


图 1 各处理对大豆产量的影响

注:不同大小写字母表示处理均在P<0.01或P<0.05水平差异显著。下同。

2.3 有机肥与化肥配施对大豆品质的影响

由图 2 可知,与 CK₀相比,除 O₅₀C₅₀外,有机肥与化肥配施可显著增加粗蛋白含量,O₈₀C₂₀最高,O₅₀C₅₀最低,O₀C₁₀₀、O₂₀C₈₀、O₁₀₀C₀、O₁₅₀C₀与 O₂₀₀C₀的粗蛋白含量差异不显著。有机肥与化肥配施对大豆脂肪含量未产生显著影响。

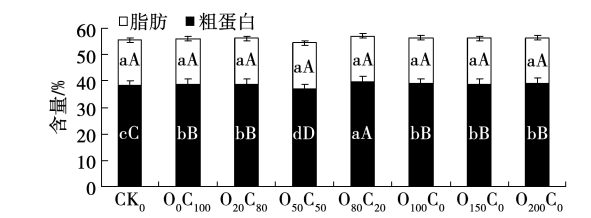


图 2 各处理对大豆营养品质的影响

2.4 有机肥与化肥配施对大豆经济效益的影响

由表 5 可知,在各试验处理中,除 O₂₀C₈₀外,其他处理的经济效益均较 O₀C₁₀₀降低,其中 O₂₀₀C₀最低,为11 022.6 元·hm⁻²,说明在试验设置范围内单一施用有机肥效益低于常规施肥,有机肥与化肥不合理配施也会降低大豆种植效益,合理比例配施能够提高大豆种植效益,O₂₀C₈₀较 O₀C₁₀₀增加大豆种植效益 1 268.1 元·hm⁻²。

表 5 有机肥与化肥配施对大豆经济效益的影响

处理	大豆产量/ (kg·hm ⁻²)	肥料总成本/ (元·hm ⁻²)	经济效益/ (元·hm ⁻²)	较常规施肥 增加值/ (元·hm ⁻²)
CK ₀	1807.1	0	10842.6	-1817.0
O ₀ C ₁₀₀	2200.7	544.6	12659.6	0
O ₂₀ C ₈₀	2429.9	651.7	13927.7	1268.1
O ₅₀ C ₅₀	2000.3	812.3	11189.5	-1470.1
O ₈₀ C ₂₀	1980.2	972.9	10908.3	-1751.3
O ₁₀₀ C ₀	2192.7	1080.0	12076.2	-583.4
O ₁₅₀ C ₀	2200.9	1620.0	11585.4	-1074.2
O ₂₀₀ C ₀	2197.1	2160.0	11022.6	-1637.0

注:此处的经济效益为去除肥料成本后的效益。大豆价格按照 6 元·kg⁻¹ 计算。

3 讨论

3.1 有机肥与化肥配施对大豆生长发育的影响

研究表明,施用有机-无机复混肥料能有效促进大豆生长发育,形成优势群体,创造高产量水平的土壤养分环境条件^[11-12]。施用有机-无机复混肥在促进大豆株高、茎粗、有效分枝数量、单株荚数、单株粒数和百粒重增长的同时,能够延长大豆生育期,提高大豆产量水平^[13-14]。孟庆英等^[15]在养分施入总量相同的条件下,有机肥料与化肥以各 50% 的比例施用,与单一施用化肥形式相比,百粒重增加 3.89%,产量提高 9.60%,与单一施用有机肥形式相比,百粒重降低,但平方米收获株数、单株粒数明显增加,产量提高了 70.30%。本研究表明,有机肥与化肥配施可以提高大豆单株鲜重和根瘤菌的数量,且以 20% 有机肥与 80% 化肥的比例最为适宜。20% 有机肥与 80% 化肥配施极显著提高了大豆的株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数。本研究与孟庆英等^[15]研究结果差异较大的原因可能与大豆品种栽培地区土壤条件以及施肥总量不同有关。

3.2 有机肥与化肥配施对大豆产量的影响

有研究表明,单一长期过量施用化肥,可导致氮素营养盈余 127.50 kg·hm⁻²、损失 267.75 kg·hm⁻²,其中以氨的形式挥发和淋溶的氮素流失可达 144 和 102.75 kg·hm⁻²,对农田生态造成严重影响^[16]。长期过量施用无机氮肥对大豆产量水平提高的作用逐渐减小,而长期施用有机肥提供的无机态氮肥能直接提高土壤有机态氮含量,从而提高矿化形成的无机态氮含量,进而提高大豆产

量。有机肥料与化肥按合理比例配施是维持和提高大豆产量最为有效的措施之一^[17],同时还能够提高土壤综合肥力,有利于土壤养分积累。匡恩俊等^[18]研究表明有机肥与化肥长期合理配施能有效提高作物稳产性。本试验研究结果与前人一致,有机肥与化肥以 2:8 的比例施用最为合理,增产幅度最大,其他的配施比例效果较差。

3.3 有机肥与化肥配施对大豆品质的影响

施用肥料是改善大豆品质的重要途径^[19]。氮磷钾养分的平衡施用能明显提高大豆籽粒的蛋白质、脂肪含量,明显提升籽粒的营养品质^[20]。适量的氮能提高大豆籽粒蛋白质、脂肪总含量,为生产高蛋白、高油大豆奠定基础^[21]。然而养分的过量施用,尤其是氮肥,会对作物品质产生负面效应。大量研究表明,长期施用有机肥能够提高农田土壤质量,提高作物的籽粒脂肪含量,进而提升营养品质^[22]。本研究表明与单一施用化肥比较,单一施用有机肥能够提高大豆籽粒粗蛋白质含量、脂肪含量,蛋白质和脂肪的总含量增加,但差异不显著。有机肥与化肥以适当的比例配施能够提高大豆籽粒粗蛋白质和脂肪含量。

4 结论

本试验施肥水平下有机肥与化肥比例为 2:8 时适合黑龙江省黑土区大豆的生长发育,显著提高了株高、主茎节数、根瘤数及鲜重,进而提高了单株荚数、单株粒数及百粒重,从而提高了产量。有机肥与化肥比例为 2:8 时产量较单一施用化肥提高了 10.4%,达 2 429.9 kg·hm⁻²,较单一施用化肥增加种植效益 1 268.1 元·hm⁻²。有机肥与化肥配比 8:2 时能够显著提高大豆籽粒粗蛋白含量,进而提升营养品质。有机肥与化肥配施处理对大豆脂肪含量的影响较小。

参考文献:

[1] 王超. 浅谈东北地区大豆轮作生产[J]. 辽宁农业科学, 2016 (3): 71-72.

[2] RABBINGE R, BINDRABAN P S. Making more food available; promoting sustainable agricultural production[J]. Journal of Integrative Ariculture, 2012, 11 (1): 1-8.

[3] 殷瑞锋, 冯学静, 张振. 2017 年中国东北及黄淮产区大豆种植面积变化及生产展望[J]. 农业展望, 2017, 13(7): 42-47.

[4] 刘杰, 张颖, 曾宪锋, 等. 有机-无机复混肥对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆通报, 2002(1): 10-14.

[5] 庄二平, 李玉霖, 连玉娟. 我国有机农业发展面临的问题及对策[J]. 农村经济与科技, 2020, 31(2): 17-18.

[6] 廖宗文, 刘可星, 王德汉, 等. 有机肥-无机肥料配合的发展回顾及技术前瞻[J]. 中国农业科技导报, 1999(4): 69-70.

[7] 康蓉,牛建彪,陈政仁,等.商品有机肥与配方肥配施对马铃薯产量的影响[J].中国园艺文摘,2018,34(1):22-25.

[8] 韩晓增,王凤仙,王凤菊,等.长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):66-71.

[9] 乔云发,苗淑杰,韩晓增.长期施肥条件下黑土有机碳和氮的动态变化[J].土壤通报,2008(3):545-548.

[10] 郝小雨,马星竹,周宝库.长期单施有机肥黑土大豆产量和土壤理化性质演变特征[J].土壤与作物,2018,7(2):222-228.

[11] 孟庆英,于忠和,贾绘彬,等.不同施肥处理对大豆根际土壤微生物及土壤肥力影响[J].大豆科学,2011,30(3):471-474.

[12] 牛天新,查燕,马华升.有机肥替代化肥减施对鲜食大豆的效果[J].浙江农业科学,2021,62(2):301-303.

[13] 丁娇,韩晓增,邹文秀,等.长期施肥对大豆生长状况及产量的影响[J].大豆科学,2012,31(5):778-783.

[14] 裴雪霞,党建友,张定一,等.化肥减量配施有机肥对旱地小麦产量、品质和水利用率的影响[J].水土保持学报,2021,35(4):250-258.

[15] 孟庆英,韩旭东,张春峰,等.白浆土施有机肥及石灰对土壤酶活性与大豆产量的影响[J].中国土壤与肥料,2017(3):56-60.

[16] 薛红,宁海龙,杨兴勇,等.大豆产量相关性状的遗传分析[J].黑龙江农业科学,2020,308(2):1-8.

[17] 金宏鑫,裴占江,李淑芹,等.污泥生物有机肥对大豆产量和氮磷吸收的影响[J].作物杂志,2012(1):92-95.

[18] 匡恩俊,李梓瑄,迟凤琴,等.耕地方式与有机肥配施对大豆产量及土壤养分特征的影响[J].大豆科学,2020,39(1):108-115.

[19] 孙璐,汪芳,孟骏,等.大豆加工特性及品质评价的研究进展[J].大豆科学,2019,38(2):322-329.

[20] 孙向东,兰静,任红波,等.黑龙江省大豆与进口大豆品质比较[J].黑龙江农业科学,2017,277(7):51-58.

[21] 李鸣雷,谷洁,高华,等.不同有机肥对大豆植株性状、品质和产量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007(9):67-72.

[22] 谢志煌,李彦生,金剑,等.增施牛粪有机肥对黑土农田大豆营养品质的影响[J].土壤与作物,2018,7(4):412-418.

Effects of Combined Application of Organic Fertilizer and Chemical Fertilizer on Yield and Quality of Soybean in Black Soil

WANG Xiaolin^{1,2}, ZHANG Jingyun², DU Jidao¹

(1. Agricultural College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. Beidahuang Group Heilongjiang Suiling Farm Limited Company, Suihua 152221, China)

Abstract: The combined application of organic fertilizer and inorganic fertilizer is an important technology for developing modern agriculture and realizing farmland protection and quality improvement in China. In order to improve the yield and quality of soybean in the cold black soil area, the effects of different organic fertilizers and chemical fertilizers on the yield, quality and planting economic benefits of soybean in the black soil area were studied through a randomized block experiment. The results showed that the combination of 20% organic fertilizer and 80% chemical fertilizer had the best effect. Compared with the non-fertilization treatment, the difference of plant height, number of main stem nodes, number of root nodules, fresh weight per plant, number of pods per plant, number of seeds per plant, and weight of 100 seeds per plant reached extremely significant or significant level; Compared with the single fertilizer treatment, the difference of plant height, node number of main stem, nodule number, fresh weight per plant, pod number per plant and grain number per plant of soybean reached a very significant level, and the difference of 100-seed weight of soybean reached a significant level; Compared with the treatment without fertilizer, the yield increased by 34.5%, compared with the treatment with single fertilizer, the yield increased by 10.4%, reaching 2 429.9 kg·ha⁻¹. Combined application of organic fertilizer and chemical fertilizer can increased the content of crude protein, but had little effect on the content of fat. The cost of single application of chemical fertilizer was the lowest, 544.6 yuan·ha⁻¹, followed by the combination of 20% organic fertilizer and 80% chemical fertilizer, 651.7 yuan·ha⁻¹; After the cost of fertilizer was removed, the economic benefit of the mixed application of 20% organic fertilizer and 80% chemical fertilizer was the highest, reaching 13 927.7 yuan·ha⁻¹, which increased the soybean planting benefit by 1 268.1 yuan·ha⁻¹ compared with the single application of chemical fertilizer.

Keywords: soybean; organic fertilizer; yield; quality; economic benefits