

生物有机肥用量和部分替代化肥对油菜产量的影响

王家宝¹, 孙义祥¹, 李虹颖¹, 袁嫚嫚¹, 邬刚¹, 张祥明^{1*}, 胡润², 胡承庚³

(1. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽省养分循环与资源环境省级实验室, 安徽合肥 230031; 2. 安徽省池州市农业科学研究所, 安徽池州 247100; 3. 六安市土壤肥料站, 安徽六安 237100)

摘要 以商品生物有机肥为材料, 研究生物有机肥用量和部分替代化肥对油菜生长、产量与产量构成因素的影响。结果表明, 单施生物有机肥产量随施用量的增加而提高, 当用量为 4 548 kg/hm² 时, 产量为 2 428 kg/hm²。在等养分条件下, 生物有机肥料与化肥配合施用, 可以促进油菜植株个体的生长, 替代 24%~34% 化肥比单施化肥处理增产 20.8%~31.2%。在施用有机肥 1 500 kg/hm² 的基础上, 化肥减量 24%, 油菜产量达 2 941.5 kg/hm², 较单施化肥提高了 31.2%, 替代化肥 34% 与替代化肥 24% 油菜产量差异不显著, 主要原因是施用生物有机肥, 可有效减轻油菜菌核病的发生, 增加有效角果数, 提高千粒重。在该试验条件下, 单施商品生物有机肥 4 548 kg/hm², 有机肥替代化肥的比例为 20%~30% 时, 能有效减轻油菜菌核病的发生, 改善油菜的产量结构, 有利于产量的提高。

关键词 油菜; 商品生物有机肥; 用量; 有机替代比例; 产量

中图分类号 S634.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)15-0173-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.15.050

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Bio-organic Fertilizer and Partial Substitution of Chemical Fertilizer on Rape Yield

WANG Jia-bao, SUN Yi-xiang, LI Hong-ying et al (Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract The effects of bio-organic fertilizer and partial substitution of chemical fertilizer on rape growth, yield and yield components were studied with commercial bio-organic fertilizer as material. The results showed that the yield of bio-organic fertilizer increased with the increasing of the application amount. When the application amount was 4 548 kg/hm², the yield was 2 428 kg/hm². Under the condition of equal nutrient, combined application bio-organic fertilizer and chemical fertilizer can promote the growth of rape plants, compared with single fertilizer, replacing 24%~34% chemical fertilizer could increase the yield by 20.8% - 31.2%. On the basis of applying 1 500 kg/hm² of organic fertilizer, the yield of rape was 2 941.5 kg/hm², which was increased by 31.2% compared with that of chemical fertilizer alone. The main reason was that applying bio-organic fertilizer could effectively reduce the occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum* disease, increase the number of effective pods and increase the weight of 1 000-grain. Under the condition of this experiment, the commercial bio-organic fertilizer of 4 548 kg/hm² and the ratio of organic fertilizer instead of chemical fertilizer of 20%~30% could effectively reduce the occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum*, improve the yield structure of rape and improve the yield.

Key words Rape; Commercial bio-organic fertilizer; Consumption; Organic substitution ratio; Yield

合理施肥是保证作物高产稳产的重要措施, 有机无机结合是作物稳产的保证^[1-2]。研究表明化肥对我国粮食产量的贡献率约为 40.8%^[3]。但长期过量施用化肥和使用比例失调会导致土壤理化性质恶化, 肥料利用率和作物产量下降, 严重影响土壤综合经济效益的提升。近年来, 提倡“化肥零增长”, 在保障作物高产的同时, 通过减少化肥使用量, 来减轻对环境的负面影响。研究表明, 有机肥中含有丰富的氮、磷、钾、有机质等多种植物必需的营养物质, 是非常优质的土壤改良剂和肥料^[4]; 对改善土壤结构、提高土壤肥力、提高作物产量具有重要作用。有机肥与化肥合理配施能改善土壤微生物群落, 提高土壤养分供应强度, 有利于土壤培肥和作物增产^[5]。研究表明, 不同土壤肥力一定施肥水平下具有最佳的有机肥替代率^[6-7]。为了进一步验证生物有机肥对油菜生长的影响, 笔者于 2018—2019 年在安徽贵池进行田间试验, 探索其在油菜单施或有机肥替代的最佳效果, 以期为实现有机养分可持续利用, 改进施肥方式, 提高肥料利用率, 减

少不合理投入, 提高经济效益, 为其更好地在油菜上推广使用, 实现化肥零增长目标提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于长江中下游南岸沿江圩区的池州市贵池区秋江街道梅里村, 117°25'55"E, 30°38'42"N, 属亚热带季风性湿润气候区。土壤为水稻土, 前茬作物为水稻。0~20 cm 土壤基本性状: pH 5.74, 有机质 18.73 g/kg, 全氮 2.17 g/kg, 碱解氮 115.28 mg/kg, 全磷 0.48 g/kg, 速效磷 6.23 mg/kg, 缓效钾 332.6 mg/kg, 速效钾 116.2 mg/kg。

1.2 试验设计 共设 7 个处理。T1 对照(CK): 不施肥; T2 推荐施肥(CF): 氮肥(N)用量 180 kg/hm², 氮肥基肥: 穗肥为 7:3, 磷肥(P₂O₅)用量 75 kg/hm², 钾肥(K₂O)用量 90 kg/hm²; T3 单施生物有机肥 1 050 kg/hm²; T4 单施生物有机肥 1 500 kg/hm²; T5 单施生物有机肥 2 250 kg/hm²; T6 有机肥替代化肥 24%: 化肥减施 24%+750 kg/hm² 生物有机肥(与处理 T2 等养分, 分别扣除有机肥 N、P、K 含量后用尿素、过磷酸钙和氯化钾补齐); T7 有机肥替代化肥 34%: 化肥减施 34%+1 500 kg/hm² 生物有机肥(与处理 T2 等养分, 分别扣除有机肥 N、P、K 含量后用尿素、过磷酸钙和氯化钾补齐)。生物有机肥和磷、钾肥作基肥一次性施入。供试生物有机肥为上海绿缘三元素生物科技有限公司生产, 养分含量为 N 4.48%、P₂O₅ 1.39%、K₂O 2.03%。供试油菜品种为浙油

基金项目 安徽省科技重大专项“中药渣与畜禽粪污肥料化集成技术研究”与示范”(201903b06020006); 国家重点研发计划项目(2016YFD0200806); 安徽省重点研究和开发计划项目(1804h07020148)。

作者简介 王家宝(1989—), 男, 安徽霍邱人, 研究实习员, 硕士, 从事新型肥料与高效施肥研究。* 通信作者, 副研究员, 从事作物栽培和持续农业研究。

收稿日期 2020-01-15; 修回日期 2020-02-20

938. 小区面积为 21 m^2 ($3.5 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$), 每处理 2 畦, 移栽密度 10.5×10^4 株/ hm^2 , 株行距 $0.38 \text{ m} \times 0.26 \text{ m}$, 每小区 240 株。

1.3 田间管理 2018 年 9 月 24 日育苗, 大田前茬为水稻, 产量为 $9750 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 11 月 1—3 日采用大型机械进行大田旋耕整地, 畦宽 1.5 m , 沟宽 0.5 m , 用开沟机开沟。11 月 3 日施肥, 肥料按试验设计施用, 11 月 4 日移栽。2019 年 1 月 18 日追肥。主要进行菌核病防治, 第一次施药: 2019 年 2 月 26 日, 1 hm^2 用菌核净 750 g 对水 750 kg 喷雾, 第二次药: 2019 年 3 月 15 日, 1 hm^2 用 70% 多菌灵可湿性粉剂 1500 g , 对水 750 kg 喷雾。

1.4 测定项目与方法 调查播种期、移栽期、初花期、终花期和成熟期。成熟期每个小区内选择有代表的植株 5 株, 调查株高、主茎长度、一级分枝数、二级分枝数、单株角果数、每角粒数和千粒重(由收获小区中的样品来测定)。每小区单收单打, 籽粒风干后称重、计产。

1.5 数据分析 应用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 软件进行数据处理、绘制图表和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对油菜农艺性状的影响

2.1.1 株高。由表 1 可知, 各施肥处理油菜株高均大于空白对照, 且差异显著 ($P < 0.05$)。随着生物有机肥用量的增加, 株高也随之增加, 单施生物有机肥的各处理株高均小于推荐施肥处理 T2, 单施生物有机肥 $2250 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 株高与推荐施肥处理差异不显著 ($P > 0.05$); 在化肥等养分施用情况下, 用生物有机肥替代化肥, 对油菜株高影响较小。处理 T2 与 T5、T6、T7 株高差异不显著 ($P > 0.05$), 与 T1、T3、T4 差异显著 ($P < 0.05$)。表明在油菜肥料上, 不能用生物有机肥完全替代化肥, 必须在一定范围内, 才能不影响油菜生长。

2.1.2 分枝及单株有效角果数。除 T2、T6 和 T7 处理外, 其余处理均无二次分枝, T6 处理分枝数和单株有效角果数最多, 一次和二次分枝累计达 15 个, 单株有效角果数达 373.1 个, 分别比推荐施肥处理 T2 高 4.9% 和 9.2%, 但两者角果数差异不显著 ($P > 0.05$)。单施生物有机肥的各处理中, 分枝数和单株有效角果数随着施肥量增加而增加。T5 单株有效

角果数比 T3 高 36%, 两者差异显著 ($P < 0.05$) (表 1)。表明在油菜上用 24% 的生物有机肥替代化肥, 可以增加油菜分枝及有效角果数。

2.1.3 角粒数。施用生物有机肥各处理角粒数均比空白及推荐施肥处理多, 其中以处理 T6 角粒数最多, 每角粒数为 22.3 粒, 比处理 T2 增加 1.2 粒, 比 T1 增加 2.2 粒, 施用生物有机肥各处理角粒数差异均不显著 ($P > 0.05$), 但处理 T4、T5、T6、T7 与 T2 差异显著 ($P < 0.05$) (表 1)。说明施用生物有机肥能够有效提高油菜角粒数。

2.1.4 千粒重。由表 1 可知, 各处理油菜千粒重为 $4.33 \sim 4.56 \text{ g}$, 且随着生物有机肥用量的增加而增加, T6 千粒重在各处理中最大, 为 4.56 g , 与其余各处理差异显著 ($P < 0.05$), 其变幅在 $0.12 \sim 0.23 \text{ g}$, 经过新复极差分析可知, T6 千粒重最高, 与其他各处理差异显著, T2、T3、T4、T5、T7 之间千粒重差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 不同施肥处理对油菜产量的影响 5 月 24 日实收, 晾晒去杂后实称折合产量见表 1。由表 1 可知, T6 处理最高, 为 $2941.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 比 T2 处理高 31.2%, 且与其余各处理差异显著 ($P < 0.05$)。其次为 T7 处理, 产量为 $2709.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$, T3、T4 与 T2 差异显著 ($P < 0.05$), 但 T3 与 T4 处理之间产量差异不显著 ($P > 0.05$)。油菜产量有随生物有机肥施用量增加逐步提高的趋势, 到达一定值之后, 产量增产幅度减小。产量与施生物有机肥用量之间呈曲线相关关系, $y = -5.0 \times 10^{-5}x^2 + 0.4548x + 1394.1$ ($R^2 = 0.9987^{**}$), 当生物有机肥用量 $4548 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 产量为 $2428 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。由此可知, 生物有机肥最高用量为 $4500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 最为适宜。在等养分下, 生物有机肥可替代 24%~34% 的化学肥料, 对油菜植株农艺性状的影响不大。在替代化肥 24% 的情况下, 可有效促进油菜生长, 但完全用生物肥替代化肥时, 对油菜农艺性状影响较大。产量与生物有机肥可替代比例之间呈曲线相关关系, $y = -1.5404x^2 + 66.096x + 2242.5$ ($R^2 = 1^{**}$), 当生物有机肥可替代比例 21.5%, 产量为 $2952 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。在替代比例上, 通过施用有机肥适当降低化肥用量, 可对油菜的产量提高和产量构成有所改善, 且在有机肥替代 20% 化肥时较为适宜。

表 1 不同施肥处理油菜农艺性状和产量

Table 1 Agronomic characteristics and yield of rape under different fertilization treatments

处理 Treatment	株高 Plant height cm	一次 分枝数 Primary branch number//个/株	二次分枝数 Secondary branch number//个/株	主花序长度 Main inflorescence length//cm	单株有效角果数 Number of available siliques per plant 个/株	角粒数 Angle grain number 粒/角	千粒重 1 000-grain weight//g	实产 Actual yield kg/ hm^2
T1	132.1 c	5.2	0	45.9 d	155.5 e	20.1 c	4.33 d	1392.0 f
T2	169.8 a	8.9	5.4	58.9 ab	341.8 ab	21.1 b	4.41 bc	2242.5 c
T3	149.9 b	7.8	0	51.1 c	191.8 d	21.6 ab	4.35 cd	1825.5 e
T4	155.5 b	8.1	0	55.0 bc	222.5 cd	22.2 a	4.39 bcd	1941.0 de
T5	164.9 ab	8.3	0	62.7 ab	260.8 c	22.0 a	4.41 bcd	2149.5 cd
T6	169.5 a	10.2	4.8	70.0 a	373.1 a	22.3 a	4.56 a	2941.5 a
T7	170.9 a	9.2	5.1	68.1 a	348.3 a	22.2 a	4.44 b	2709.0 b

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different treatments ($P < 0.05$)

2.3 不同施肥处理对油菜生育期的影响 由表 2 可知, 施用生物有机肥替代化肥, 可延长油菜生育期, 比等量化肥延

长 2 d, 但纯施生物有机肥处理与等量化肥处理生育期相同, 比空白对照延长 3 d。

表 2 不同施肥处理油菜生育期

Table 2 Growth periods of rape under different fertilization treatments

处理 Treatments	播种期 Sowing period	移栽期 Trans- planting period	始花期 Initial flowering period	终花期 Terminal flowering period	成熟期 Matu- ration period	全生育期 Whole growth period//d
T1	09-24	11-05	03-09	04-05	05-13	231
T2	09-24	11-05	03-13	04-07	05-16	234
T3	09-24	11-05	03-10	04-07	05-16	234
T4	09-24	11-05	03-11	04-07	05-16	234
T5	09-24	11-05	03-11	04-07	05-16	234
T6	09-24	11-05	03-13	04-09	05-18	236
T7	09-24	11-05	03-13	04-09	05-18	236

2.4 不同施肥处理对油菜抗病性的影响 油菜菌核病田间调查结果(表 3)显示,推荐施肥处理 T2 油菜菌核病发生程度和发病率为最高,茎发病率达 43.5%,病情指数为 28.49,其次为 T6 施肥处理,而不施肥处理 T1 以及单施生物有机肥的处理 T3、T4 和 T5 油菜菌核病发生相对较轻。因此,从调查结果看,施用生物有机肥可有效减轻油菜菌核病的发生。

表 3 生物有机肥对油菜菌核病的影响

Table 3 Effect of bio-organic fertilizer on *Sclerotinia sclerotiorum* disease of rape

处理 Treatment	茎发病率 Incidence of stem//%	病情指数 Disease index
T1	31.2	20.49
T2	43.5	28.49
T3	30.3	23.17
T4	30.5	21.33
T5	32.1	23.21
T6	34.4	24.31
T7	33.7	23.82

3 结论与讨论

单施生物有机肥可促进油菜的生长,与不施肥对照相比,株高、分枝数、主花序长度、单株有效角果数、角粒数、千粒重都显著提高,且在该研究所设置的施肥梯度下,随生物有机肥用量的增加而增加。该研究结果表明,当生物有机肥用量为 4 548 kg/hm² 时,产量最高,为 2 428 kg/hm²。

由于有机肥中养分与化肥养分的有效性有所差异,合理施用生物有机肥可以促进油菜植株个体的生长,有利于提高产量和改善产量结构,国内学者对有机肥的用量和有机养分

的有效性及其替代化肥比例进行了研究。在水稻生产中,减少化肥用量的 25%,用有机肥等氮替换,水稻的产量较纯施无机肥增加 1.6%^[5];在油菜生产中,施有机肥,替代 10%的化肥,油菜的产量达 2 055 kg/hm²,显著高于其他处理^[8]。该研究结果表明,在等养分下,生物有机肥料与化肥配合施用,可以促进油菜植株个体的生长,减量 24%~34%化肥比单施化肥处理增产 20.8%~31.2%。在施用生物有机肥 1 500 kg/hm² 的基础上,化肥减量 24%,油菜产量达 2 941.5 kg/hm²,较化肥提高了 31.2%,减量 34%与减量 24%相比油菜产量差异不显著,主要原因是施用生物有机肥料,可有效减轻油菜菌核病的发生,增加有效角果数,提高千粒重。说明在油菜生产中,有机肥替代化肥的比例为 20%~30%时,可有效减轻油菜菌核病的发生,改善油菜的产量结构,有利于产量的提高。

生物有机肥的施用充分利用农业废弃资源的循环再利用,有利于改善农业生态环境,实现农业的可持续发展,也符合国内外市场对无公害、绿色或有机农产品的要求,因此,商品生物有机肥具有良好的发展前景。该试验为一年的结果,有关长期施用商品生物有机肥对生态环境、土壤微生物菌群、土壤污染物的消长,以及作物的产量与品质效应、经济可行性尚待于继续研究^[2,9-10]。

参考文献

- [1] 董春华,高菊生,曾希柏,等.长期有机无机肥配施下红壤性稻田水稻产量及土壤有机碳变化特征[J].植物营养与肥料学报,2014,20(2):336-345.
- [2] 高菊生,黄晶,董春华,等.长期有机无机肥配施对水稻产量及土壤有效养分影响[J].土壤学报,2014,51(2):314-324.
- [3] 金继运,李家康,李书田.粮食作物对化肥的需求分析[J].磷肥与复肥,2006,21(3):1-6.
- [4] CORDOVIL C M D S, CABRAL F, COUTINHO J. Potential mineralization of nitrogen from organic wastes to ryegrass and wheat crops[J]. Bioresour Technol, 2007, 98(17): 3265-3268.
- [5] 欧杨虹,徐阳春,沈其荣.有机氮部分替代无机氮对水稻产量和氮素利用率的影响[J].江苏农业学报,2009,25(1):106-111.
- [6] YADAV R L, DWIVEDI B S, PRASAD K, et al. Yield trends, and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilizers [J]. Field crops research, 2000, 68: 219-246.
- [7] 王传雷,翟和平,万一花,等.有机无机肥配合施用长期定位试验[J].湖北农业科学,2003(5):58-59.
- [8] 田昌,彭建伟,宋海星,等.有机化肥配施对冬油菜养分吸收、籽粒产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2012(4):70-74.
- [9] 廖萍,汤军,黄山,等.等养分条件下生物有机肥与化肥配施对双季稻产量和土壤性状的影响[J].中国农学通报,2017,33(2):16-20.
- [10] 谢国雄,王京文,张丹,等.商品有机肥对作物产量及土壤与农产品中重金属积累的影响[J].中国农学通报,2016,32(29):97-104.

(上接第 172 页)

复,优质烟区稳步恢复,烟叶质量和种烟效益稳定提升,烟叶生产可持续发展能力显著增强。

参考文献

- [1] 高华军,韦忠,罗刚,等.百色市植烟土壤状况及保育和修复技术[J].作物研究,2016,30(6):736-740.
- [2] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:64.
- [3] 科普中国·百度百科.土壤退化[EB/OL].(2008-06-16)[2019-10-15].<https://baike.baidu.com/item/%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E9%80%E5%8C%96>.
- [4] 王瑞,邓建强,谭军.连作条件下植烟土壤保育与修复[J].中国烟草科学,2016,37(2):83-88.

- [5] 和丽荣.烟田为什么要实行轮作换茬[N/OL].农业科技报,2011-07-26[2019-11-15].<http://www.ahnw.cn/nykj/Content/0356e90c-a394-4b17-bdd1-4f099465ab02>.
- [6] 黄瑾,林北森,周文亮,等.广西百色植烟土壤主要养分特征及施肥策略[J].中国烟草科学,2010,31(4):33-38.
- [7] 周文亮,黄瑾,林北森,等.百色植烟土壤有效态微量元素含量评价[J].农学报,2012,2(8):44-48.
- [8] 黄凯.金神农山地中棵烟理想株型调控的技术途径[J].安徽农业科学,2019,47(5):41-44.
- [9] 刘爱辉,刘圣高,张勇,等.六种微生物土壤改良剂在烟草上的应用效果[J].湖北农业科学,2013,52(24):6017-6019.
- [10] 敖文,温三明,尹显高.绿肥翻压还田对土壤理化性状的影响[J].基层农技推广,2018,6(5):33-35.