

肉蛋白生物有机肥对胡麻干物质积累、 产量及品质的影响

杨天庆,高玉红,牛俊义,谢亚萍,李春春,滕圆圆,李思艳,任金虎
(甘肃省干旱生境作物学重点实验室,甘肃农业大学农学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:以不施肥为对照,通过田间试验,研究了单施化肥、单施肉蛋白生物有机肥和不同比例肉蛋白生物有机肥与化肥配施对胡麻干物质积累分配规律、产量及品质的影响。结果表明:肉蛋白生物有机肥增加了株高和茎粗,促进了胡麻干物质积累进程,现蕾期以后 30% 肉蛋白生物有机肥替代化肥(T4)处理的干物质积累速率明显增加,盛花期、子实期、成熟期分别比不施肥 CK(T1)增加 102.33%、55.16%、58.68% ($P < 0.05$);肉蛋白生物有机肥提高了胡麻产量,单位面积实际产量 T4 处理比不施肥 CK(T1)、单施化肥(T2)和单施肉蛋白生物有机肥(T3)处理分别增加了 73.66%、17.49%、13.74% ($P < 0.01$);不同比例肉蛋白生物有机肥与化肥配施改善了胡麻品质,T4 处理下胡麻含油率最佳,60% 肉蛋白生物有机肥替代化肥(T5)的处理胡麻籽粒亚麻酸及亚油酸含量较高。综合考虑,30% 肉蛋白生物有机肥替代化肥的效果最佳。

关键词: 肉蛋白生物有机肥;胡麻;干物质积累;产量;品质
中图分类号: S141; S565.9 **文献标志码:** A

Effect of meat protein biological organic fertilizer on dry matter accumulation, seed yield and quality of oilseed flax

YANG Tian-qing, GAO Yu-hong, NIU Jun-yi, XIE Ya-ping,
LI Chun-chun, TENG Yuan-yuan, LI Si-yan, REN Jin-hu
(Gansu Provincial Key Laboratory of Arid land Crop Science, College of Agronomy,
Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: With no fertilizer as control, we studied the effect of dry matter accumulation, seed yield and quality of oilseed flax(*Linum usitatissimum* L.) by single application of chemical fertilizer, single application of meat protein biological organic fertilizer and different proportion of meat protein biological organic fertilizer and chemical fertilizer combined application in the field. The results are as follows: (1) Meat protein bio organic fertilizer increased plant height, stem diameter and promote the dry matter accumulation process of flax. After the bud period, the dry matter accumulation rate significantly increased under 30% meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer (T4), being 102.33%, 55.16%, 58.68% ($P < 0.05$) as compared to no fertilization CK (T1) at flowering stage, fruiting stage and mature stage, respectively. (2) The actual production per unit area under 30% meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer (T4) increased by 73.66%, 17.49%, 13.74% ($P < 0.01$) than no fertilization CK (T1), single application of chemical fertilizer (T2) and single application of meat protein bio-organic fertilizer (T3), respectively. (3) The different proportion of meat protein bio organic manure and chemical fertilizer improved the quality of flax, the oilseed flax has the best oil content under 30% meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer (T4), The content of linoleic acid and linoleic acid is higher under 60% meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer (T5). In conclusion, 30% meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer should be the best treatment.

Keywords: meat protein biological organic fertilizer; oilseed flax; dry matter accumulation; seed yield; quality

收稿日期:2016-01-15
基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-17-GW-9)
作者简介:杨天庆(1990—),男,甘肃庆阳人,硕士研究生,主要从事作物栽培与耕作研究。E-mail:932860498@qq.com。
通信作者:高玉红(1978—),女,甘肃民勤人,副教授,主要从事农作物高产高效栽培理论与技术体系研究。E-mail:gaoyh@gsau.edu.cn。

胡麻 (*Linum usitatissimum* L.) 是我国仅次于大豆、油菜、向日葵和花生的第五大油料作物^[1], 主要分布于内蒙古、河北、甘肃、山西等地^[2-3]。胡麻油不仅占据较大份额的食用油市场, 在工业上亦有广泛用途, 副产品也能综合利用。近年来我国每年胡麻播种面积居世界第一位, 但产量较低, 其中施肥不合理是低产的重要原因之一^[4]。在胡麻种植方面有关胡麻施肥的研究多集中于施肥规律、施肥时期、施肥量和配方施肥等方面, 而且目前我国胡麻施肥技术研究远远落后于其他主要农作物^[5], 农业中普遍存在重视化肥而轻视有机肥, 而忽视了有机肥配施对胡麻生长发育、养分吸收和产量构成的促进作用^[6]。此外, 化肥的大量施入提高了作物产量, 但也造成了一系列生态和环境问题^[7-8], 导致耕地土壤养分及有机质含量普遍偏低, 而且加剧了农田环境污染, 降低农产品质量, 已经影响到我国农业生产的可持续发展^[9-10]。20 世纪 80 年代以来, 随着生态农业、有机农业的兴起, 包括生物肥在内的有机肥普遍得到重视, 成为近年来我国肥料研究与开发的热点^[11-13]。有研究表明有机肥富含作物生长所需的 N、P、K 等多种元素和有机质, 在保护土壤肥力和生态环境、提高作物产量和品质等方面有着特殊作用^[14-16]。然而近年来, 有关有机肥替代化肥的研究多集中在水稻 (*Oryza sativa* L.)、大豆 (*Glycine max*)、玉米 (*Zea mays*)、小麦 (*Triticum aestivum* L.)、烤烟 (*Nicotiana tabacum* L.)^[17-21] 等作物上, 在胡麻研究领域, 鲜见报道。另外有研究表明^[22-24] 合理施用化肥可以改善胡麻品质, 提高胡麻产量, 有机肥对胡麻产量品质影响的研究较少。本研究基于当前我国胡麻生产部分区域不施肥或主要施用化肥的现状, 探讨了不同比例生物有机肥料替代化肥对胡麻株高、茎粗、干物质积累、产量和品质的影响, 旨在为提高胡麻的产量和品质, 发展胡麻有机栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2015 年 3—8 月在甘肃省兰州市榆中县

良种繁殖场进行, 该地属温带大陆性气候, 年均气温 6.7℃; 年平均降水量 350 mm, 降雨量集中在 5—7 月。供试土壤为砂壤土, 耕层 (20 cm) 土壤基本理化性状如表 1 所示。年平均气温 6.7℃, 无霜期 120 d 左右。前茬马铃薯, 播种前用拖拉机碾耙 2 次。

1.2 试验设计

采用单因素完全随机区组设计, 设不施肥 CK (T1)、单施化肥 (T2)、单施肉蛋白生物有机肥 (T3)、30% 肉蛋白生物有机肥替代化肥 (T4)、60% 肉蛋白生物有机肥替代化肥 (T5)、90% 肉蛋白生物有机肥替代化肥 (T6)。除对照外各处理氮、磷、钾施用总量相同, 为 N 90 kg·hm⁻²、P₂O₅ 75 kg·hm⁻²、K₂O 52.5 kg·hm⁻², T3、T4、T5、T6 处理用量根据其全氮含量计算肉蛋白生物有机肥施用量, 具体施肥情况见表 2, 磷、钾肥用化肥补充。氮、磷、钾肥分别选用尿素 (N 46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 18%) 和硫酸钾 (K₂O 50%), 氮、磷、钾肥均作为基肥施用, 肉蛋白生物有机肥 (由石家庄金太阳生物有机肥有限公司生产, 总养分: N 3%, P₂O₅ 2%, K₂O 1%, 有机质 ≥ 30%, 粗蛋白 ≥ 8%, 氨基酸 ≥ 4%, 中量元素钙 ≥ 6%) 撒施到各小区内, 并翻耕入土。每个处理重复 3 次, 共 18 个小区。小区长 5 m, 宽 4 m, 面积 20 m²。小区间走道 30 cm, 重复间走道 50 cm, 四周设 1 m 的保护行。品种选用张亚 2 号, 种植密度为 750 万株·hm⁻², 条播, 播深 3 cm, 行距 20 cm。各小区灌溉量一致, 均为 2 700 m³·hm⁻², 分别于分茎期 (1 200 m³·hm⁻²)、现蕾期 (900 m³·hm⁻²)、盛花期 (600 m³·hm⁻²) 灌溉。2015 年 3 月 20 日播种, 2015 年 8 月 6 日收获, 生育期 108 d。

1.3 测定项目与方法

分别在苗期、现蕾期、盛花期、子实期和成熟期, 即播种后的 20、45、66、87 d 和 108 d, 每小区采样 20 株, 在实验室内测定株高 (用卷尺测定其生理高度)、茎粗 (用游标卡尺测茎基部), 并将植株茎秆、叶片、花果等器官分开, 于恒温箱中 105℃ 杀青 30 min, 而后在 70℃ 烘至恒重, 测定植株地上部分各器官的干物质重量。

表 1 供试田土壤基本理化性状
Table 1 Basic physicochemical properties of experiment field

土壤类型 Soil type	有机质 OM. /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Avail. N /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Avail. K /(mg·kg ⁻¹)	pH
砂壤土 Sandy loam	13.56	1.10	59.01	10.83	117.67	7.78

表 2 不同小区施肥情况

Table 2 The fertilizer rate of treatment plots

处理 Treatment	N /(kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	K ₂ O /(kg·hm ⁻²)	肉蛋白生物有机肥 Meat protein biological organic fertilizer /(kg·hm ⁻²)
T1	0.0	0.0	0.0	0.0
T2	90.0	75.0	52.5	0.0
T3	0.0	0.0	0.0	3000.0
T4	63.0	57.0	43.5	900.0
T5	36.0	39.0	34.5	1800.0
T6	9.0	21.0	25.5	2700.0

成熟期每小区采样 15 株进行室内考种,分别测定单株分茎数、主茎分枝数、单株蒴果数、单果籽粒数及千粒重等产量构成因子。收获时,各小区单收单打,晒干后测得小区实际产量,并计算单位面积实际产量。用于试验采样所造成的产量损失不计。有关于物质积累速率及干物质积累时间参数等计算参照盖钧益等^[25-27]的方法。

干物质积累速率(g·d⁻¹) = 干物质积累总量(g)/干物质积累时间(d)

收获后,每小区取胡麻籽粒 400 g,在甘肃省农业科学院近红外仪品质测定中心测定籽粒含油率、亚麻酸、亚油酸、硬脂酸、油酸及棕榈酸等含量。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 进行数据整理,用 SPSS19.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 肉蛋白生物有机肥对胡麻株高和茎粗的影响

2.1.1 对胡麻株高的影响 各处理胡麻株高在整个生育期呈现出“S”型增长趋势(图 1A),现蕾期至

盛花期,胡麻株高增长速度最快(每天长 1.13 ~ 1.50 cm·d⁻¹)。现蕾期以前(包括现蕾期)T2 处理株高增长较快,较其他处理高 2.67% ~ 20.16%(苗期)和 2.25% ~ 21.71%(现蕾期)(*P* < 0.05)。说明在胡麻生育前期化肥对胡麻株高影响比较明显,肉蛋白生物有机肥的作用较小。现蕾期以后 T2 处理增长速度减缓,肉蛋白生物有机肥替代化肥的处理速度加快,T4 处理株高最高,较 T1 高 9.61%(盛花期)、12.24%(子实期)、7.68%(成熟期)(*P* < 0.05);较 T2 高 9.31%(盛花期)、11.08%(子实期)、6.70%(成熟期)(*P* < 0.05);较 T3 高 8.90%(盛花期)、10.19%(子实期)、3.58%(成熟期)(*P* < 0.05);较 T5 和 T6 处理盛花期高 1.32% ~ 7.35%、子实期高 5.66% ~ 6.37%、成熟期高 0.53% ~ 1.82% (*P* < 0.05)。这说明在现蕾期以后肉蛋白生物有机肥对胡麻株高产生显著影响,可见肉蛋白生物有机肥对胡麻茎粗的影响作用主要发挥在胡麻生育后期。

2.1.2 对胡麻茎粗的影响 由图 1B 可知,各处理胡麻茎粗的变化趋势基本相同,但不同时期变化量有所差异。现蕾期以前(包括现蕾期)T2 处理较其他处理高 2.30% ~ 23.24%(苗期)、0.97% ~ 21.73%(现蕾期)(*P* < 0.05)。现蕾期以后施有机肥的处理增长速度较快,T5 茎粗最高,较 T1 高 26.29%(盛花期)、19.40%(子实期)、32.69%(成熟期)(*P* < 0.05);较 T2 高 25.31%(盛花期)、19.37%(子实期)、24.86%(成熟期)(*P* < 0.05);较 T3 高 18.28%(盛花期)、13.54%(子实期)、21.75%(成熟期)(*P* < 0.05)。可见,在胡麻生育前期肉蛋白生物有机肥对胡麻茎粗的影响相比化肥较弱,但到现蕾期以后肉蛋白生物有机肥和化肥配施对胡麻株高影响加强,其中 60%的肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻茎粗的影响效果最佳。

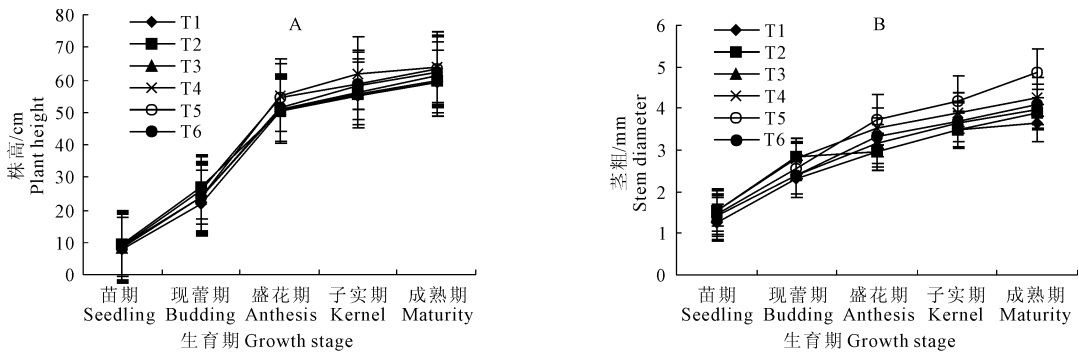


图 1 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻株高(A)和茎粗(B)的影响

Fig.1 Effects of meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer on plant height(A) and stem diameter(B) of oilseed flax

2.2 肉蛋白生物有机肥对胡麻干物质积累运转的影响

2.2.1 干物质积累量 由表 3 可见,苗期和现蕾期干物质积累总量表现为:T2 处理最高,T1 处理最低。T2 处理显著高于其他处理:苗期高 4.76% ~ 37.50% ($P < 0.05$);现蕾期高 7.22% ~ 46.35% ($P < 0.05$)。说明在苗期和现蕾期化肥对胡麻干物质积累的作用效果比肉蛋白生物有机肥强,胡麻生育前期对化肥的吸收利用较好。盛花期为:T4、T5 与 T1、T2、T3 差异极显著,T4、T5、T6 间差异不显著,T3 比 T1 增加了 34.73% ($P < 0.05$),与 T2 无显著性差

异;子实期为:T4 比 T1、T2、T3 分别增加了 66.26%、61.05%、35.93% ($P < 0.05$),T4、T5、T6 间差异不显著,T1、T2、T3 间差异不显著;成熟期表现为:T4 比 T1、T2、T3 分别增加了 64.72%、40.59%、28.07% ($P < 0.01$),T4 分别比 T5、T6 增加了 12.47%、16.59% ($P < 0.05$),T1 与 T3、T2 处理差异显著,T3、T2 处理之间差异不显著。可以看出,现蕾期以后肉蛋白生物有机肥替代化肥的处理干物质积累明显增加,说明肉蛋白生物有机肥发挥作用比较晚,在生育后期对胡麻干物质积累影响较明显。

表 3 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻干物质积累量的影响/(g·株⁻¹)

处理 Treatment	苗期 Seedling	现蕾期 Budding	盛花期 Anthesis	子实期 Kernel	成熟期 Maturity
T1	0.048 ± 0.001Dd	0.274 ± 0.006Cc	1.002 ± 0.001Dd	2.223 ± 0.002Cc	2.803 ± 0.002Dd
T2	0.066 ± 0.001Aa	0.401 ± 0.011Aa	1.193 ± 0.007CDed	2.295 ± 0.035Cbc	3.284 ± 0.273CDed
T3	0.051 ± 0.001Dcd	0.298 ± 0.007BCbc	1.350 ± 0.150BCbcd	2.719 ± 0.038ABCbc	3.605 ± 0.175BCbc
T4	0.060 ± 0.001Bb	0.329 ± 0.007Bb	1.801 ± 0.147Aa	3.696 ± 0.003Aa	4.617 ± 0.200Aa
T5	0.063 ± 0.001ABab	0.374 ± 0.016Aa	1.654 ± 0.001Aab	3.398 ± 0.259ABab	4.105 ± 0.100Bab
T6	0.055 ± 0.002Cc	0.318 ± 0.002Bb	1.546 ± 0.019ABabc	3.030 ± 0.180ABCabc	3.960 ± 0.095Babc

注:不同小、大写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$)。下同。
Note: Different capital and small letters indicate significant difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ levels, respectively. The same below.

2.2.2 干物质积累速率 由图 2 可知,不同处理下胡麻干物质积累速率总体趋势基本相同,符合植物“慢—快—慢”的生长规律,苗期至现蕾期干物质积累速率比较慢,盛花期干物质积累速率加快,子实期干物质积累速率达到最大,成熟期干物质积累速率逐渐减小。肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻各生育时期干物质积累速率存在差异,现蕾期以前各处理干物质积累速率差异较小,现蕾期以后各处理差异明显加大,施生物有机肥的各处理干物质积累速

率增幅较单施化肥大,因生物有机肥配比比例的不同致使干物质积累速率增加幅度有所不同。现蕾期以前(包括现蕾期)T2 处理干物质积累速率较高,具体表现为:T2 处理干物质积累速率比其他处理增加苗期 3.57% ~ 37.41% ($P < 0.05$),现蕾期 8.06% ~ 48.16% ($P < 0.05$)。现蕾期以后 T4 处理的干物质积累速率明显增加,盛花期、子实期、成熟期分别比对照 (T1) 增加 102.33%、55.16%、58.68% ($P < 0.05$)。

2.3 肉蛋白生物有机肥替代化肥处理下胡麻干物质分配规律

由图 3 可见,不同处理下随着生育期的推进胡麻茎的干物质所占比例呈现出先增加后减小的趋势,盛花期所占比例达到最大;叶片所占比例逐渐减小;花(蒴果)所占比例呈现出逐渐增大的趋势。全生育期茎所占比例为 28.00% ~ 64.88%;叶片所占比例为 2.87% ~ 72.00%;花(蒴果)所占比例为 0 ~ 51.00%。施肥有利于干物质增加,苗期和现蕾期 T2 处理对胡麻干物质增加作用明显,茎干物质质量表现为 T2 比其他处理苗期高 5.56% ~ 35.71% ($P < 0.05$),现蕾期高 10.99% ~ 51.87% ($P < 0.05$);叶片干物质质量表现为 T2 比其他处理苗期高 2.22% ~

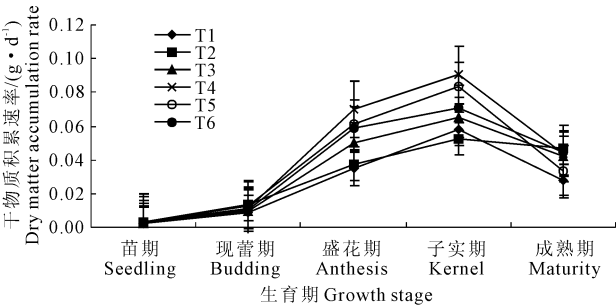


图 2 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻干物质积累速率的影响

Fig.2 Effect of meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer on dry matter accumulation ratio of oilseed flax

35.29% ($P < 0.05$), 现蕾期高 4.17% ~ 36.05% ($P < 0.05$)。可以看出现蕾期以前施化肥的处理干物质积累速率较快,说明化肥比较容易吸收利用。现蕾期以后 T4 干物质积累明显高于其他处理,茎干物质质量表现为 T4 比其他处理盛花期高 4.00% ~ 68.93% ($P < 0.05$),子实期高 1.91% ~ 57.02% ($P < 0.05$),成熟期高 7.48% ~ 42.95% ($P < 0.05$); 叶片干物质质量表现为 T4 比其他处理盛花期高 7.85% ~ 60.09% ($P < 0.05$),子实期高 27.67% ~ 66.95% ($P < 0.05$),成熟期叶片干物质表现为 T3 >

T6 > T4 > T1 > T5 > T2,可以看出施化肥促进成熟期叶片的脱落,相反施生物有机肥能延长胡麻生育时期,减少叶片脱落;花(蒴果)表现为 T4 比其他处理盛花期高 28.57% ~ 167.32% ($P < 0.05$),子实期高 9.46% ~ 74.92% ($P < 0.05$),成熟期高 16.68% ~ 98.21% ($P < 0.05$)。可见现蕾期以后肉蛋白生物有机肥和化肥配施的处理干物质积累速率明显加快,综合全生育期看 T4 处理下效果最佳,说明肉蛋白生物有机肥和化肥配施对胡麻干物质积累速率较单施化肥或有机肥效果好。

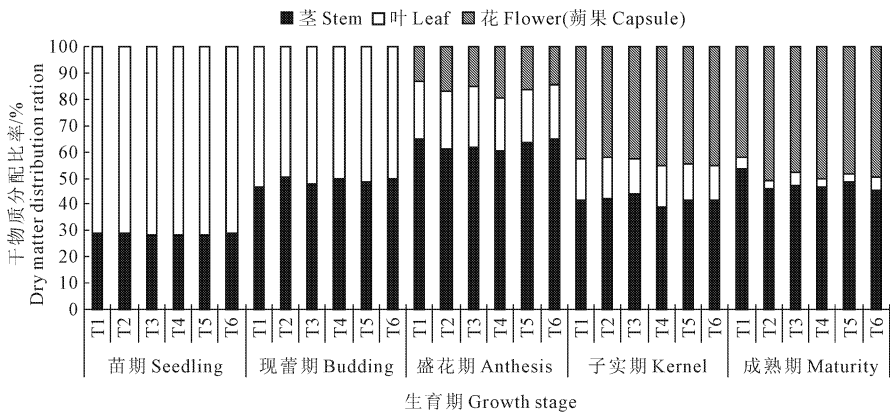


图 3 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻地上部分干物质分配比率的影响

Fig.3 Effect of meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer on aboveground biomass partition ratio of oilseed flax

2.4 肉蛋白生物有机肥对胡麻产量的影响

表 4 显示,不同处理下产量构成因子差异较大。主茎分枝数、单株蒴果数及产量均表现为: T4 处理最高, T1 处理最低; 单果籽粒数为 T1 最高, T4 最低; 千粒重略有不同, 为 T5 处理最高, 其次是 T4。可以看出肉蛋白生物有机肥可以提高胡麻的分枝数从而提高胡麻的单株蒴果数, 但是以减少单果籽粒数为代价的。综合考虑 T4 处理最佳, 具

体表现为 T4 处理的主茎分枝数、单株蒴果数、果粒数、千粒重比其他处理分别增加了 12.99% ~ 64.15%、20.94% ~ 52.09%、2.71% ~ 12.99%、2.71% ~ 6.17% ($P < 0.05$)。单位面积实际产量 T4 处理比 T1、T2、T3 处理分别增加了 73.66%、17.49%、13.74% ($P < 0.01$); T2、T3 处理比 T1 处理分别增加了 47.80%、52.68% ($P < 0.05$); T3 处理与 T2 处理差异不显著。

表 4 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻产量及其构成因子的影响

处理 Treatment	主茎分枝数 The number of main stem effective branch	单株蒴果数 Pod number per plant	果粒数 Seed number per pod /(grain·fruit ⁻¹)	千粒重 1000-grain weight /g	实际产量 Actual output /(kg·hm ⁻²)
T1	24.17 ± 0.05Dd	18.87 ± 1.06Dd	7.57 ± 0.02Aa	8.91 ± 0.05Cc	1025 ± 2.65Ee
T2	27.50 ± 0.29Bbc	19.10 ± 0.34Dcd	7.37 ± 0.17Aab	9.07 ± 0.02Cbc	1515 ± 25.17CDd
T3	25.80 ± 1.40CDcd	20.77 ± 0.17Ccd	7.17 ± 0.28ABabc	8.94 ± 0.15Cc	1565 ± 28.31CDbcd
T4	34.57 ± 0.29Aa	28.70 ± 0.08Aa	6.70 ± 0.03Cc	9.46 ± 0.02Aa	1780 ± 48.05Aa
T5	29.47 ± 0.33Bb	23.73 ± 0.52Bb	6.80 ± 0.01BCbc	9.21 ± 0.05Bab	1690 ± 14.25Bab
T6	24.27 ± 0.14Dd	22.53 ± 0.43Bbc	6.90 ± 0.05BCbc	9.11 ± 0.05Cbc	1615 ± 22.54BCbc

2.5 肉蛋白生物有机肥对胡麻品质的影响

由表 5 可以看出,不同处理下胡麻含油率及各种脂肪酸的差异较大,含油率、油酸均为 T4 处理最高,含油率较 T1、T2、T3 分别高 1.55%、1.32%、1.11% ($P < 0.05$),油酸较 T1 高 7.41% ($P < 0.01$),与 T2、T3 差异不显著;亚麻酸、亚油酸均为 T5 最高,亚麻酸分别较 T1、T2、T3 高 3.18%、1.92%、2.55%

($P < 0.01$),亚油酸分别较 T1、T2 高 7.17%、2.10% ($P < 0.01$),与 T3 差异不显著;硬脂酸 T2 高于其他处理 6.07% ~ 14.91% ($P < 0.01$);棕榈酸 T2 最高,较 T1 高 6.00% ($P < 0.01$),与 T3 差异不显著。综合考虑,可以看出肉蛋白生物有机肥替代化肥的处理效果较好,可见肉蛋白生物有机肥与化肥配施对胡麻提高品质较好。

表 5 肉蛋白生物有机肥替代化肥对胡麻品质的影响

Table 5 Effects of meat protein biological organic fertilizer instead of chemical fertilizer on seed quality of oilseed flax						
处理 Treatment	含油率/% Oil content	亚麻酸/(g·kg ⁻¹) Linolenic acid	亚油酸/(g·kg ⁻¹) Linoleic acid	硬脂酸/(g·kg ⁻¹) Stearic acid	油酸/(g·kg ⁻¹) Oleic acid	棕榈酸/(g·kg ⁻¹) Palmitic acid
T1	40.54Cc	534.4Cc	122.7Cc	45.6Dd	201.2Bc	58.3Cc
T2	40.63Cbc	541.0Bb	128.8Bb	52.4Aa	211.8ABab	61.8Aa
T3	40.72ABbc	537.7BCbc	130.5Aab	46.8Dcd	207.7ABCab	60.7ABCab
T4	41.17Aa	547.9Aa	130.3ABab	49.4Bb	216.1Aa	61.3Aab
T5	40.93ABab	551.4Aa	131.5Aa	48.7Bb	214.4Aa	59.7Bc
T6	40.88ABCab	537.7BCbc	123.1Cc	48.3Bbc	204.8ABbc	60.1BCb

3 结论与讨论

有研究表明^[28],化肥是通过土壤由植物直接吸收,有机肥施入土壤后,经微生物分解变为无机形态,再被植物吸收利用。本研究结果表明,在胡麻生育前期肉蛋白生物有机肥的作用不明显,施化肥处理的株高、茎粗、干物质积累都大,但随着生育期的推进有机肥的作用明显,施肉蛋白生物有机肥的处理株高、茎粗、干物质积累都明显加快,在收获时在 T4 处理胡麻株高、干物质积累总量最大,分别比 T1 处理增加 7.68%、64.72% ($P < 0.05$);比 T2 处理增加 6.70%、40.59% ($P < 0.05$);比 T3 处理增加 3.58%、28.07% ($P < 0.05$),T5 处理茎粗最大,分别比 T1、T2 和 T3 处理高 32.69%、24.86%、21.75% ($P < 0.05$)。但是各个处理株高、茎粗、干物质积累的总体趋势基本相同,说明不同比例生物有机肥与化肥配施虽明显改变了胡麻株高、茎粗、干物质积累进程,但不会改变它们的总体趋势。这与魏景云^[29]等研究结果一致。

闫志利等研究表明^[10],不同有机肥与化肥配施下胡麻最大干物质积累速率一般出现在现蕾期,但如果播种较晚、生长期较短时会延长到子实期。本研究结果表明不同比例的肉蛋白生物有机肥与化肥配施下胡麻干物质积累速率总体趋势基本相同,符合植物“慢—快—慢”的生长规律,苗期至现蕾期干物质积累速率比较慢,盛花期干物质积累速率加快,子实期干物质积累速率达到最大,成熟期干物质积

累速率逐渐减小,综合全生育时期,干物质积累速率 T4 处理效果最佳。

本研究表明,肉蛋白生物有机肥与化肥配施可以提高胡麻的主茎分枝数、单株蒴果数、单果籽粒数以及千粒重,增加胡麻产量。这与王显^[30]等在水稻上的研究相一致。胡麻分茎数、主茎分枝数、单株蒴果数、千粒重及产量都表现为 T4 处理效果最好。单位面积平均产量 T4 处理分别比 T1、T2、T3 处理增加 73.66%、17.49%、13.74% ($P < 0.05$),这与李占^[31]等在冬小麦、夏玉米中的研究结果基本一致。

胡麻籽粒中含有五种不同的脂肪酸,其中人体必需的脂肪酸有两种:亚油酸(LA)和 α -亚麻酸(LNA)。它们在人体内不能由其他物质合成、转化得到,只能从食物中摄取,且具有重要的生理功能,因此胡麻脂肪酸含量是一个重要指标^[32]。本研究表明,肉蛋白生物有机肥替代化肥可以显著改善胡麻品质,含油率、亚麻酸、亚油酸、油酸分均为肉蛋白生物有机肥替代化肥的处理最佳,这与沈忠泉^[33]等在西瓜、烟草等作物研究结论一致。

综上所述,综合考虑株高、茎粗、干物质积累、产量及品质等因素,30%肉蛋白生物有机肥替代化肥为当地有机肥替代化肥的最佳配施方案。

参 考 文 献:

[1] 于振文.作物栽培学各论[M].北京:中国农业出版社,2003: 408-412.
[2] 张 辉,贾霄云,张立华,等.我国油用亚麻产业现状及发展对

- 策[J]. 内蒙古农业科技, 2009, (4): 6-8.
- [3] 党占海, 赵利, 胡冠芳. 胡麻技术 100 问[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [4] 侯建英, 罗世武. 不同施肥水平与方法对胡麻的增产效应[J]. 内蒙古农业科技, 2009, (4): 33-34.
- [5] 汪磊, 严兴初, 谭美莲. 我国胡麻施肥技术研究进展[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(2): 217-220.
- [6] 党占海, 赵蓉英, 王敏, 等. 国际视野下胡麻研究的可视化分析[J]. 中国麻业科学, 2010, (6): 125-127.
- [7] 李先, 刘强, 荣湘民, 等. 有机肥对水稻产量及产量构成因素的影响[J]. 湖南农业科学, 2010, (5): 64-66.
- [8] 尉元明, 朱丽霞, 康凤琴. 甘肃不同生态区化肥施用量对农业环境的影响[J]. 干旱地区研究, 2004, 22(1): 15-18.
- [9] 宋阳. 南京紫金山坡地、草地、茶园土壤有机质与全氮的关系[J]. 江苏农业科学, 2012, (9): 85-89.
- [10] 闫志利, 郭丽琢, 方子森, 等. 有机肥对胡麻干物质积累、分配及产量的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 987-995.
- [11] Garcia C, Hernandez T, Costa F, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1992, 23 (13/14): 501-512.
- [12] 何随成, 江志阳, 尹薇, 等. 生物有机肥对提高土壤肥力及作物品质等综合效果研究[J]. 腐殖酸, 2006, (1): 39-44.
- [13] 王允圃, 刘玉环, 阮榕生, 等. 有机肥改良农产品品质的科学探索[J]. 中国农学通报, 2011, 27(9): 51-56.
- [14] Haynes R J, Naidu R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A review[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2004, 51(2): 123-137.
- [15] Marathe R A, Bharambe P R, Sharma R, et al. Soil properties of vertisol and yield of sweet orange (*Citrus sinensis*) as influenced by integrated use of organic manures, inorganic and bio-fertilizers[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2009, 79(1): 3-7.
- [16] 徐明岗, 李东初, 李菊梅, 等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3133-3139.
- [17] 刘守龙, 童成立, 吴金水, 等. 等氮条件下有机无机肥配比对水稻产量的影响探讨[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 106-112.
- [18] 朱宝国, 于忠和, 王囡囡, 等. 有机肥和化肥不同比例配施对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(1): 97-100.
- [19] 张秀芝, 高洪军, 彭畅, 等. 等氮量投入下有机无机肥配施对玉米产量及氮素利用率的影响[J]. 玉米科学, 2012, 20(6): 123-127.
- [20] 倪康, 丁维新, 蔡祖聪. 有机无机肥长期定位试验土壤小麦季氨挥发损失及其影响因素研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2614-2622.
- [21] 刘洪华, 赵钦铭, 王付峰, 等. 有机无机肥配施对烤烟挥发性香气物质的影响[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(5): 65-71.
- [22] 叶春雷, 罗俊杰, 石有太, 等. 不同肥料配比对旱地胡麻产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 22-80.
- [23] 孙芳霞, 牛俊义, 谢亚萍, 等. 氮磷配施对水地胡麻干物质积累规律和产量形成的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(5): 101-106.
- [24] 杨波, 郭丽琢, 牛俊义. 施氮对胡麻养分吸收及产量构成的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(1): 60-64.
- [25] 盖均镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 101-103.
- [26] 赵中华, 刘德章, 南建福. 棉花各器官干物质分配规律的数学模型[J]. 华北农学报, 1997, 12(3): 53-59.
- [27] 李蕾, 娄春恒, 文如镜, 等. 新疆不同密度下棉花干物质积累及其分配规律研究[J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 10-14.
- [28] 沈其荣. 土壤肥料科学通论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 270-272.
- [29] 魏景云, 高炳德, 索全义, 等. 旱地油用亚麻优化施肥的研究[J]. 中国油料作物学报, 2008, 20(4): 79-83.
- [30] 王显, 肖跃成, 等. 不同生物有机肥对水稻产量及其构成因子的影响[J]. 品种与技术, 2010, 16(3): 50-52.
- [31] 李占, 丁娜, 郭立月, 等. 有机肥和化肥不同比例配施对冬小麦夏玉米生长、产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2013, 45(7): 71-77.
- [32] Li Z, Ding N, Guo L Y, et al. Effects of different ratios of organic manure and chemical fertilizer on growth, yield and quality of winter wheat and summer maize[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2013, 45(7): 71-77.
- [33] 赵利, 党占海, 李毅. 甘肃胡麻地方种质资源品质特性研究[J]. 西北植物学报, 2006, 28(3): 282-286.
- [34] 沈忠泉, 郭云桃. 有机肥料对改善农产品品质作用及机理[J]. 植物营养与肥料科学, 1995, 1(2): 54-59.