

定植期和施肥方式对蕹苕生长、产量及品质的影响

翟彩娇, 仇亮, 程玉静, 王小秋, 葛礼姣, 刘水东, 宋益民

(江苏沿江地区农业科学研究所 江苏南通 226012)

摘要:为探究定植期和施肥方式对蕹苕生长、产量和品质的影响,以如东绿蕹苕为试材,设置两个定植期:1月16日(T1)和2月16日(T2);6种施肥处理:化肥减量20%+3000 kg·hm⁻²生物有机肥(F1)、化肥减量20%+4500 kg·hm⁻²生物有机肥(F2)、化肥减量20%+6000 kg·hm⁻²生物有机肥(F3)、化肥减量30%+3000 kg·hm⁻²生物有机肥(F4)、化肥减量30%+4500 kg·hm⁻²生物有机肥(F5)、化肥减量30%+6000 kg·hm⁻²生物有机肥(F6),以不施肥(CK)和常规施肥(CF)为对照;测定蕹苕的株高动态、产量构成因素和品质指标,对比分析不同定植期和施肥处理的效果。结果表明,在定植期T1和T2下,F2和F3处理均能在一定程度上促进蕹苕植株生长、产量提高和品质形成,F2和F3处理比CF的增产率分别为9.53%、6.56%和14.28%、9.80%。与CF相比,在定植期T1下,F2和F3处理的可溶性总糖含量分别提高了12.99%和11.35%;总酚含量分别提高5.80%和15.05%;粗蛋白含量分别提高了5.04%和0.95%,粗纤维含量分别降低了19.27%和16.48%,均差异显著;在定植期T2下,F2和F3处理的可溶性总糖含量分别提高了12.53%和6.39%;总酚含量分别提高24.55%和19.74%;粗蛋白含量分别提高了14.69%和14.19%,粗纤维含量分别降低了16.70%和16.43%,且差异达显著水平。相同施肥处理下,定植期T1处理更有利于蕹苕植株的生长、产量的形成和品质的提升。在T1和T2定植期处理下,F2和F3处理的经济效益均优于CF处理。与CF相比,F2处理的经济效益增收率分别为10.26%和15.45%;F3处理的经济效益增收率分别为6.26%和9.63%。对12项指标进行隶属函数分析,综合评价以T1F2处理效果最佳。综上,在本试验条件下,定植期T1结合化肥减量20%配施4500 kg·hm⁻²生物有机肥处理是实现蕹苕优质高产的最佳施肥方案。

关键词:蕹苕;定植期;生物有机肥;产量;品质

中图分类号:S632.9

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)07-189-10

Effects of transplanting period and method of fertilization on the growth, yield and quality of *Zingiber mioga*

ZHAI Caijiao, QIU Liang, CHENG Yujing, WANG Xiaoqiu, GE Lijiao, LIU Shuidong, SONG Yimin

(Jiangsu Yanjiang Institute of Agricultural Sciences, Nantong 226012, Jiangsu, China)

Abstract: This study used Rudong green *Zingiber mioga* as the test material to investigate the effects of transplanting period and fertilization method on its growth, yield and quality. Two transplanting period were set for the experiment: January 16th(T1), February 16th(T2). Six fertilization treatments: Chemical fertilizer reduced by 20%+3 000 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F1), chemical fertilizer reduced by 20%+4500 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F2), chemical fertilizer reduced by 20%+6000 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F3), chemical fertilizer reduced by 30%+3000 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F4), chemical fertilizer reduced by 30%+4500 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F5), chemical fertilizer reduced by 30%+6000 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer(F6) were set up, with no fertilization(CK) and conventional fertilization(CF) as the controls. The results showed that both F2 and F3 treatments could promote the growth, yield and quality of *Zingiber mioga* to a certain extent under the transplanting period T1 and T2. The increased production rate of F2 and F3 treatments were 9.53%, 6.56% and 14.28%, 9.80%, respectively. Compared to CF, under transplanting period T1, the total soluble sugar content increased by 12.99% and 11.35%, the crude protein content increased by 5.04% and 0.95%, while the coarse fiber content decreased by 19.27% and 16.48%, respectively. Under transplanting period T2, the total soluble sugar content increased by 12.53% and 6.39%, the total phenol content increased by 24.55% and 19.74%, the crude protein con-

收稿日期:2024-09-05;修回日期:2025-01-22

基金项目:江苏省农业科学院亚夫科技服务项目[KF(24)2102];2023年江苏省农业科技创新与推广补助专项;南通市社会民生科技计划(指导性)项目(MSZ2023209)

作者简介:翟彩娇,女,助理研究员,主要从事特色蔬菜高效栽培与种质创制等研究工作。E-mail:szgszcyj18@163.com

通信作者:程玉静,女,副研究员,主要从事特色蔬菜育种与高效栽培等研究工作。E-mail:yjcheng_1699@163.com

tent increased by 14.69% and 14.19%, while the coarse fiber content decreased by 16.70% and 16.43%, respectively, and the differences were significant. Under the same fertilization treatment, transplanting period T1 treatment was more beneficial to the growth, yield formation and quality improvement of *Zingiber mioga*. Under both transplanting periods, the economic benefits of F2 and F3 treatments were superior to those of CF treatment. Compared with CF, the increase rates of F2 and F3 treatments were 10.26%, 15.45%, and 6.26%, 9.63%, respectively. By analyzing 12 indicators through membership functions, T1F2 was determined as the optimal treatment combination. In summary, under the conditions of this experiment, the combination of 20% reduction in chemical fertilizer and the application of 4500 kg·hm⁻² bio-organic fertilizer during the T1 planting period is an effective way to achieve high quality and high yield of *Zingiber mioga*.

Key words: *Zingiber mioga*; Transplanting period; Bio-organic fertilizer; Yield; Quality

囊荷(*Zingiber mioga*)为姜科姜属多年生宿根草本植物。根据花轴鳞片的颜色不同,可分为红囊荷和绿囊荷。囊荷富含蛋白质、纤维素、维生素、胡萝卜素等多种营养成分,它的根茎、花苞、嫩芽均可药用或食用^[1],是天然的营养保健蔬菜之一。

肥料是重要的农业生产资料,在现代农业中扮演着至关重要的角色。科学合理的施肥,能够提高土壤肥力,改善土壤理化性状,提高农产品产量与品质^[2-3]。近年来,在蔬菜生产过程中,普遍存在施肥不均衡现象。过量施肥不仅抑制作物生长,导致品质恶化,如矿物质、维生素C、可溶性蛋白质等营养物质减少,硝酸盐含量增加等^[3-6],还会出现土壤酸化、土壤次生盐渍化、资源浪费、环境污染等问题^[7-9]。如何减肥增效已成为当前农业可持续发展亟待解决的重要问题。

生物有机肥是一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料^[10],能够改良土壤结构,提高土壤肥力,增强土壤的保肥性^[11-12];增加土壤微生物的多样性,提高作物的抗逆性^[5,13];促进作物生长,增加作物产量,改善作物品质等^[2,6,14]。已有研究表明,化肥平衡施肥配施生物有机肥是实现肥料提质增效的重要途径^[9,15]。张迎春^[16]研究表明,化肥减量20%与6000 kg·hm⁻²生物有机肥配施处理是实现莴笋高产、肥料高效利用的合理施肥方式。王姣敏等^[17]研究表明,氮肥减量20%与适量的生物有机肥配施可以有效改善土壤理化性质,促进西芹的生长发育,增加产量。李菊等^[18]研究表明,松花菜的养分积累与分配、肥料利用率和产量均在化肥减量30%与6000 kg·hm⁻²生物有机肥配施时达到较高水平。付丽军等^[19]研究表明,化肥减量10%~30%与适量生物有机肥配施均可显著增加生姜产量,促进生姜根茎中氮、磷、钾的积累和分配,提高肥料表观利用率、农学效率和偏生产力。

适时定植是农业生产上的一个重要环节^[20]。不

同的定植时期,对作物的生长、产量、品质、收获期等有显著影响^[21-22]。作物在生长过程中主要经历营养生长和生殖生长两个阶段。定植期不同,植株各生长发育阶段的温度、光照和水分条件各异,进而对产量及经济性状产生影响。适宜的定植期可以使植株在整个生长发育过程中充分利用自然条件,从而获得较好的经济性状和较高的产量^[23]。

平衡施肥和适时定植在蔬菜的优质高效栽培实践中已取得显著成效,但其在囊荷的品质提升和产量提高方面的相关报道较少。笔者通过盆栽试验,设置2个定植期和6种施肥处理,研究定植期和化肥减量与生物有机肥配施对囊荷生长、产量及品质的影响,旨在筛选获得适宜的种植方案,为当地囊荷产业提质增效和可持续发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2022年1—10月在江苏沿江地区农业科学研究所薛窑基地进行。盆栽土壤基本理化性质:pH值8.35、土壤有机质含量(w,后同)25.42 g·kg⁻¹、碱解氮含量124.2 mg·kg⁻¹、有效磷含量16.39 mg·kg⁻¹、速效钾含量121.50 mg·kg⁻¹。

供试囊荷品种为笔者所在实验室收集的地方品种如东绿囊荷。供试肥料为:硫酸钾复合肥(N-P₂O₅-K₂O=15-15-15,总养分含量≥45%,南通海陵肥料有限公司);普通有机肥(总养分含量(N+P₂O₅+K₂O)≥5%,有机质含量≥45%,南通市白龙有机肥料科技有限公司);生物有机肥(有效活菌数≥5亿·g⁻¹,总养分含量(N+P₂O₅+K₂O)≥6%,有机质含量≥60%,江苏苏农测土配方肥料有限公司);农用硫酸钾(K₂O含量≥52%,S含量≥17%,Cl⁻含量≤1.5%);尿素(N含量≥46%)。

1.2 试验设计

试验采用盆栽方式,供试土壤为0~20 cm的耕

层土,前茬作物为小青菜,自然风干后,除去土壤杂质、过筛、混匀后使用。设置2个定植期和6种施肥处理。定植期处理为1月16日(T1)和2月16日(T2)。施肥处理分别为:化肥减量20%+3000 kg·hm⁻²生物有机肥(F1)、化肥减量20%+4500 kg·hm⁻²生物有机肥(F2)、化肥减量20%+6000 kg·hm⁻²生物有机肥(F3)、化肥减量30%+3000 kg·hm⁻²生物有机肥(F4)、化肥减量30%+4500 kg·hm⁻²生物有机肥(F5)、化肥减量30%+6000 kg·hm⁻²生物有机肥(F6)(表1),另设不施肥(CK)和常规施肥(CF)处理为对照,共设置16个处理,每个处理3次重复,每个重复为1个周转筐。常规施肥量为调研后计算出的当地施肥量,化肥减量20%、30%是在常规施肥总量的基础上分别减施,硫酸钾复合肥、普通有机肥和生物有机肥全部基施,尿素和硫酸钾40%在苗期、60%在花穗期追施。

表1 不同处理施肥种类及施肥量

Table 1 Type and amount of fertilization in different treatments (kg·hm ⁻²)					
处理 Treatment	尿素 Urea	硫酸钾 K ₂ SO ₄	复合肥 Compound fertilizer	生物有机肥 Bio-organic manure	普通有机肥 Organic manure
CK	0.0	0.0	0	0	0
CF	342.4	562.5	750	0	15 000
F1	273.9	450.0	600	3000	0
F2	273.9	450.0	600	4500	0
F3	273.9	450.0	600	6000	0
F4	239.7	393.8	525	3000	0
F5	239.7	393.8	525	4500	0
F6	239.7	393.8	525	6000	0

供试容器为680 mm×480 mm×400 mm规格的周转箱,将生物有机肥和化肥与土壤充分混匀后装箱,土壤高度为35 cm。每个周转箱内种植200 g囊荷根状茎,将囊荷的根状茎分割成3~5个芽的茎段放入800~1000倍的百菌清中浸种杀菌5 min后均分成3兜,芽尖朝上放入沟中,呈三角形分布,然后覆土6~7 cm。定植后上覆水杉树枝和黑色无纺布保温,后期覆油菜籽壳。置于塑料大棚中,各处理田间管理一致,及时防治病虫害。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长指标 在囊荷花穗期选取长势一致的10个囊荷花苞进行主要农艺性状测定。使用电子天平称量单个花苞鲜质量和单个花苞干质量;使用游标卡尺测定囊荷花苞纵径、横径和囊荷植株茎粗;株高:自出苗后5 d开始用刻度尺量取囊荷植株基部到所有叶片自然伸展时的最高处,每隔5 d测

量1次,直至株高趋于稳定;单位面积花苞数:每处理选取5兜长势一致的囊荷,多次采收囊荷花苞至开花期,记录单兜花苞数,通过单兜所占面积计算单位面积的花苞数。

1.3.2 品质指标 在囊荷花穗期选取长势一致的囊荷花苞进行品质性状测定,采用蒽酮比色法测定可溶性总糖含量,采用凯氏定氮法测定粗蛋白含量,采用福林酚比色法测定总酚含量,采用酸碱消煮法测定粗纤维含量。

1.3.3 产量及经济指标 根据单位面积产量折算囊荷产量,肥料投入为各小区施肥费用,经济效益为以市场价为标准计算各处理收入,增产率和肥料贡献率按照以下公示计算。

$$\text{增产率}/\% = \frac{\text{处理区产量} - \text{常规施肥区产量}}{\text{常规施肥区产量}} \times$$

100;

$$\text{肥料贡献率}/\% = \frac{\text{施肥区产量} - \text{无施肥区产量}}{\text{施肥区产量}} \times$$

100。

1.4 统计分析

采用Microsoft Excel 2020和DPS 7.05软件进行试验数据统计分析,采用LSD多重比较法对试验数据进行方差分析和差异显著性检验,采用Microsoft Excel 2020绘制图表。参照茹朝等^[9]的方法对囊荷的生长及品质指标进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 不同定植期下化肥减量配施生物有机肥对囊荷株高动态的影响

不同定植期下各施肥处理的囊荷株高动态如图1-A~B所示。在定植期T1和T2下,各施肥处理的株高均高于不施肥对照。在出苗后65 d时,同一施肥处理下,定植期T1的囊荷株高均大于定植期T2;在定植期T1处理下,囊荷株高表现为F2>F6>F3>CF>F1>F5>F4>CK;在定植期T2处理下,囊荷株高表现为F2>F3>CF>F6>F1>F5>F4>CK。在2种定植期下,化肥减量20%与生物有机肥配施时(F1~F3),除T1定植期出苗后15 d外,其他时间囊荷植株的株高均表现为随着生物有机肥施用量的增加先升高后降低;化肥减量30%与生物有机肥配施时,除T1定植期出苗后5 d和T2定植期出苗后25 d外,其他时间囊荷植株的株高表现为随着生物有机肥施用量的增加而升高。与常规施肥相比,化肥减量配施适量的生物有机肥可以有效促进囊荷植株的生长。

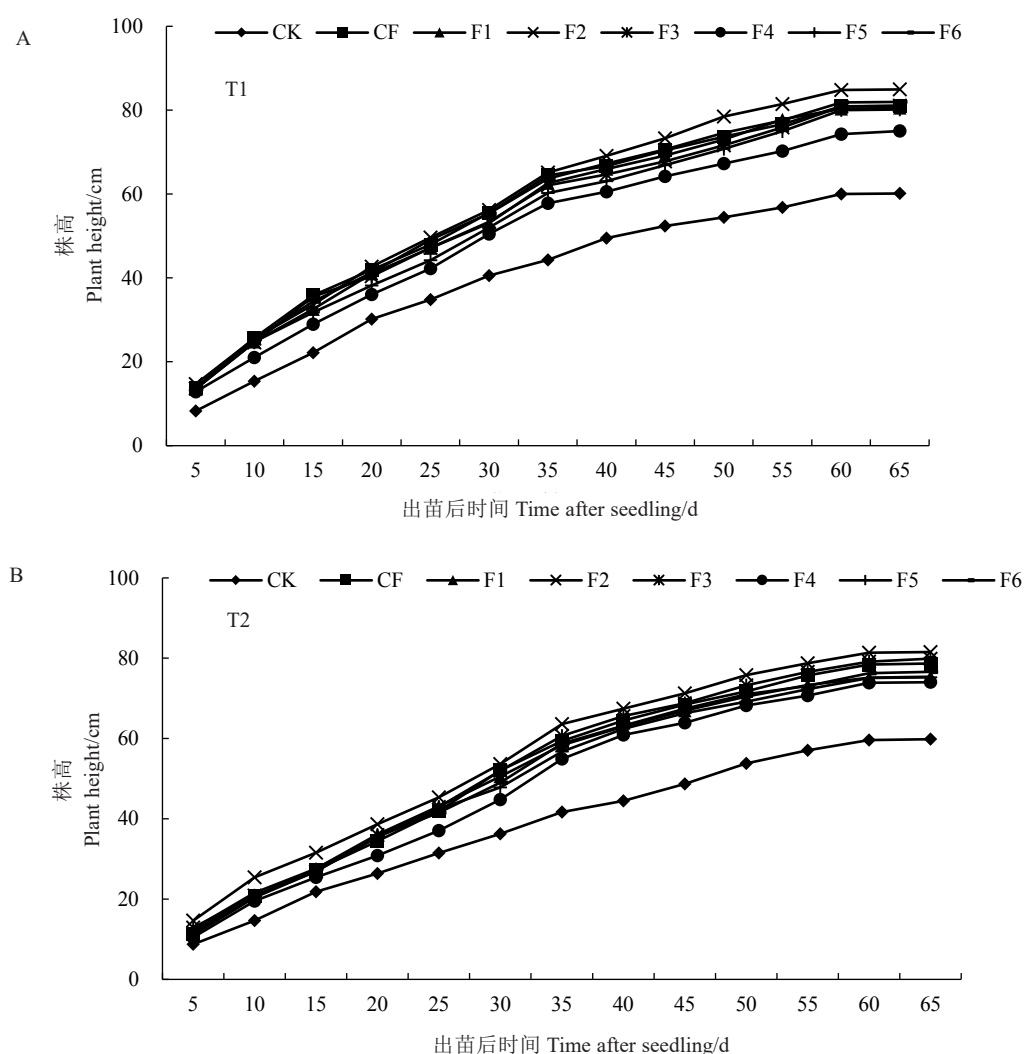


图1 不同定植期和施肥处理下囊荷植株的株高

Fig. 1 Plant height of *Zingiber mioga* under different transplanting period and method of fertilization

2.2 不同定植期下化肥减量配施生物有机肥对囊荷主要农艺性状的影响

由表2可知,在定植期T1和T2下,各施肥处理囊荷的单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗均显著高于不施肥处理CK;在相同施肥处理下,除F4花苞横径T1小于T2外,定植期T1下的囊荷单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗均高于定植期T2。在定植期T1下,各施肥处理的单位面积花苞数表现为F3>F2>F6>CF>F5>F4>F1>CK;单个花苞质量和单个花苞干质量均表现为F2>F3>F1>CF>F6>F5>F4>CK;花苞纵径和花苞横径均表现为F2>F3>CF>F6>F1>F5>F4>CK;茎粗表现为F2>F3>F6>CF>F5>F1>F4>CK;在定植期T2下,各施肥处理的单位面积花苞数表现为F2>CF>F3>F6>F1>F5>F4>CK;单个花苞

质量表现为F2>F3>F6>CF>F1>F5>F4>CK;花苞纵径、花苞横径和单个花苞干质量均表现为F2>F3>CF>F6>F1>F5>F4>CK;茎粗表现为F2>F3>CF>F6>F5>F1>F4>CK。在T1定植期下,化肥减量20%与生物有机肥配施时,囊荷单位面积花苞数随生物有机肥施用量的增加而增加;单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗随生物有机肥施用量的增加均表现为先增加后减少;在T2定植期下,化肥减量20%与生物有机肥配施时,囊荷单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗随生物有机肥的增加均表现为先增加后减少。在T1和T2定植期下,化肥减量30%与生物有机肥配施时,囊荷单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗均表现为随生物有机肥施用量的增加而增加。与CF相比,在定植期T1和T2下,

表 2 定植期和施肥方式对囊荷农艺性状的影响							
Table 2 Effects of transplanting period and method of fertilization on agronomic traits of <i>Zingiber mioga</i>							
定植期 Transplanting period	施肥方式 Method of fertilization	单位面积花苞数 Number of buds per unit area/(No.·m ⁻²)	单个花苞质量 Single bud mass/g	单个花苞干质量 Single bud dry mass/g	花苞纵径 Bud longitudinal length/cm	花苞横径 Bud transverse diameter/cm	茎粗 Stem diameter/cm
T1	CK	46.51 e	12.36 g	0.52 g	6.99 f	1.83 h	1.53 g
	CF	55.69 b	17.14 d	0.69 cd	7.84 c	2.44 c	1.95 d
	F1	50.18 d	17.63 c	0.71 c	7.60 d	2.27 e	1.78 ef
	F2	56.92 ab	18.45 a	0.79 a	8.33 a	2.88 a	2.17 a
	F3	58.14 a	17.89 b	0.74 b	8.11 b	2.73 b	2.09 b
	F4	51.41 cd	15.14 f	0.58 f	7.25 e	2.02 g	1.73 f
	F5	52.62 c	16.85 e	0.64 e	7.50 d	2.14 f	1.81 e
	F6	56.32 b	16.92 e	0.68 d	7.82 c	2.36 d	2.02 c
T2	CK	40.41 e	11.68 f	0.49 g	6.69 e	1.78 f	1.46 f
	CF	50.79 b	15.14 c	0.62 bc	7.39 b	2.25 c	1.89 b
	F1	48.96 cd	14.89 d	0.59 de	7.15 cd	2.16 d	1.71 d
	F2	53.23 a	16.82 a	0.70 a	7.80 a	2.68 a	2.02 a
	F3	50.79 b	16.34 b	0.64 b	7.68 a	2.52 b	1.98 a
	F4	47.73 d	14.26 e	0.55 f	6.99 d	2.07 e	1.65 e
	F5	48.35 d	14.83 d	0.58 e	7.02 d	2.13 de	1.74 d
	F6	50.19 bc	15.21 c	0.61 cd	7.29 bc	2.24 c	1.83 c

注:同列数据后不同小写字母表示同一定植期不同处理间在 0.05 水平差异显著。表 5 同。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference between different treatments in the same transplanting period at 0.05 level. The same as table 5.

F2 和 F3 均可以在一定程度上增加囊荷单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗,且单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径和茎粗均显著高于 CF 处理。

由表 3 可知,不同定植期处理下,囊荷的单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量及茎粗均表现为 T1>T2,且处理之间差异显著。定植期 T1 更适合囊荷植株的生长和

产量的形成。定植期对囊荷单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、单个花苞干质量和茎粗均具有极显著影响,对花苞横径具有显著影响;施肥方式对单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量和茎粗均具有极显著影响;定植期与施肥方式的交互作用对单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞横径和单个花苞干质量均具有极显著影响,对茎粗具有显著影响,对花苞纵

表 3 定植期和施肥方式交互对囊荷产量构成因素的交互作用的 F 检验							
Table 3 F test of the interaction of transplanting period and method of fertilization on agronomic traits of <i>Zingiber mioga</i>							
项目 Type	定植期 Transplanting period	单位面积花苞数 Number of buds per unit area/(No.·m ⁻²)	单个花苞质量 Single bud mass/g	花苞纵径 Bud longitudinal ength/cm	花苞横径 Bud transverse diameter/cm	单个花苞干质量 Single bud dry mass/g	茎粗 Stem diameter/cm
平均值 Average	T1	53.47 a	16.55 a	7.68 a	2.33 a	0.67 a	1.89 a
	T2	48.81 b	14.90 b	7.25 b	2.23 b	0.60 b	1.79 b
变异来源							
Source of variation							
定植期 Transplanting period (T)		**	**	**	*	**	**
施肥方式 Method of fertilization(F)		**	**	**	**	**	**
T×F		**	**	ns	**	**	*

注:*,**表示变量效应分别达到 0.05、0.01 显著水平,ns 表示效应不显著。同列数据后不同小写字母表示不同定植期处理间在 0.05 水平差异显著。表 4 同。

Note: * and ** represent the variable effect reaching 0.05 and 0.01 significant levels, and ns represents no significant effect. Different lowercase letters after data in the same column indicate significant difference between different treatments at 0.05 level. The same as table 4.

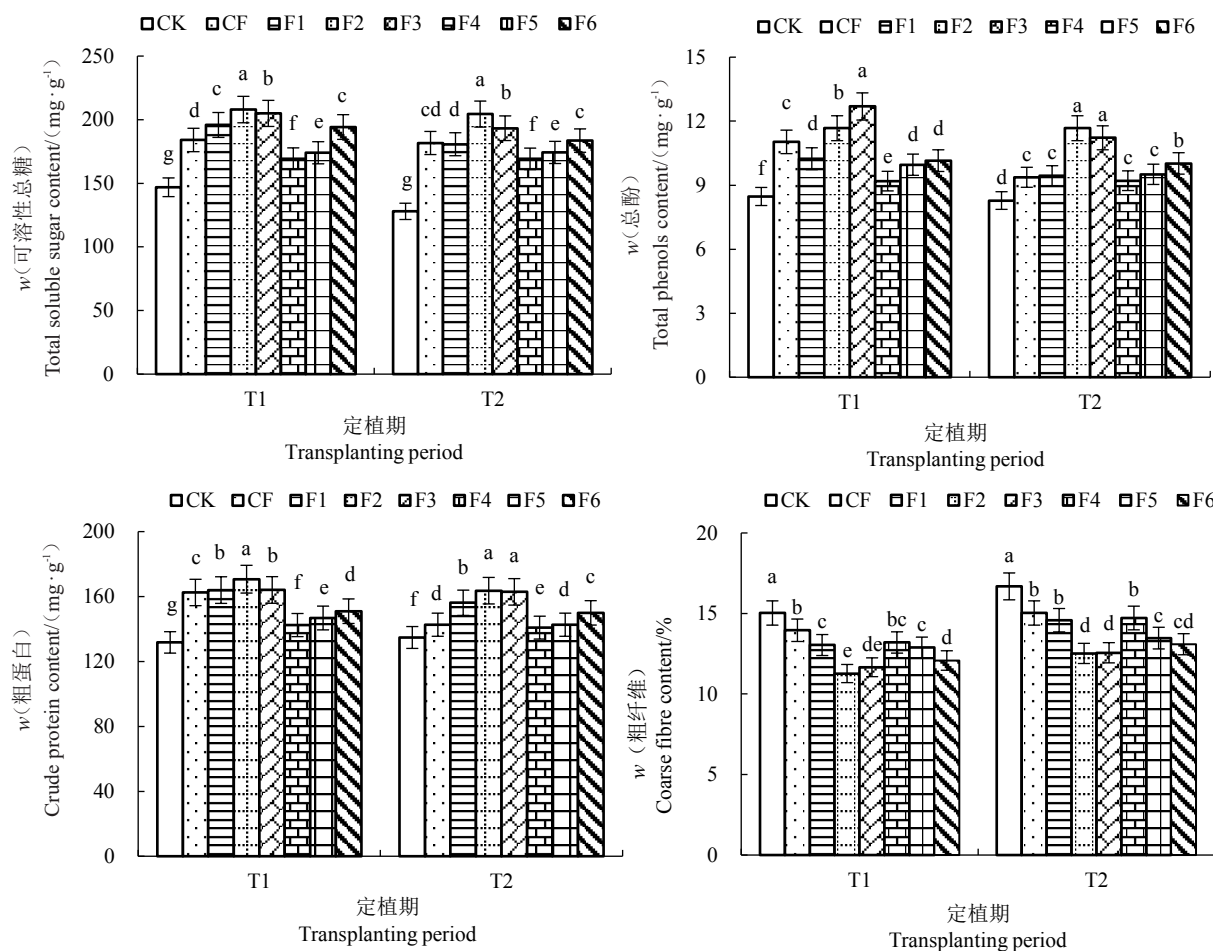
径无显著影响。

2.3 不同定植期下化肥减量配施生物有机肥对囊荷主要品质性状的影响

由图2可知,在定植期T1和T2下,各施肥处理囊荷花苞的可溶性总糖含量、总酚含量、粗蛋白含量均显著高于不施肥处理CK,粗纤维含量均显著低于不施肥处理CK。在定植期T1下,各施肥处理的可溶性总糖含量表现为F2>F3>F1>F6>CF>F5>F4>CK;总酚含量表现为F3>F2>CF>F1>F6>F5>F4>CK;粗蛋白含量表现为F2>F3>F1>CF>F6>F5>F4>CK;粗纤维含量表现为CK>CF>F4>F1>F5>F6>F3>F2。在定植期T2下,各施肥处理的可溶性总糖含量表现为F2>F3>F6>CF>F1>F5>F4>CK;总酚含量表现为F2>F3>F6>F5>F1>CF>F4>CK;粗蛋白含量表现为F2>F3>F1>F6>CF>F5>F4>CK;粗纤维含量表现为CK>CF>F4>F1>F5>F6>F3>F2。在定植期T1和T2下,化肥减量20%与生

物有机肥配施时,可溶性总糖含量、粗蛋白含量均表现为随着有机肥施用量的增加先升高后降低,而粗纤维含量表现为先降低后升高;化肥减量30%与生物有机肥配施时,可溶性总糖含量、总酚含量、粗蛋白含量均表现为随生物有机肥施用量的增加而升高,而粗纤维含量表现为随生物有机肥施用量的增加而降低。与CF相比,在定植期T1下,F2处理的可溶性总糖、总酚和粗蛋白含量分别显著提高了12.99%、5.80%和5.04%,粗纤维含量显著降低了19.27%;在定植期T2下,F2处理的可溶性总糖、总酚和粗蛋白含量分别显著提高了12.53%、24.55%和14.69%,粗纤维含量显著降低了16.70%。

由表4可知,在不同定植期处理下,囊荷花苞的可溶性总糖、总酚和粗蛋白含量均表现为T1>T2,粗纤维含量表现为T2>T1,且处理之间差异显著。定植期对囊荷花苞的可溶性总糖含量具有显



注:不同小写字母表示同一定植期不同处理间在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different treatments in the same transplanting period at 0.05 level.

图2 不同定植期和施肥处理对囊荷营养品质的影响

Fig. 2 Effects of transplanting period and method of fertilization on nutritional quality of *Zingiber mioga*

表 4 定植期和施肥方式对囊荷品质性状交互作用的 *F* 检验

Table 4 *F* test of the interaction of transplanting period and method of fertilization on nutritional quality of *Zingiber mioga*

项目 Type	定植期 Transplanting period	w(可溶性总糖) Total soluble sugar content/(mg·g ⁻¹)	w(总酚) Total phenols content/(mg·g ⁻¹)	w(粗蛋白) Crude protein content/(mg·g ⁻¹)	w(粗纤维) Coarse fibre content/%
平均值 Average	T1	184.65 a	10.43 a	154.13 a	12.89 b
	T2	176.87 b	9.84 b	149.18 b	14.08 a
变异来源 Source of variation					
定植期 Transplanting period(T)		*	ns	ns	**
施肥方式 Method of fertilization(F)		**	**	**	**
T×F		**	**	**	ns

著影响,对粗纤维含量具有极显著影响,对总酚含量和粗蛋白含量无显著影响;施肥方式对囊荷花苞的可溶性总糖、总酚、粗蛋白和粗纤维含量均具有极显著影响;定植期与施肥方式的交互作用对囊荷花苞的可溶性总糖、总酚、粗蛋白含量均具有极显著影响,对粗纤维含量无显著影响。

2.4 不同定植期下化肥减量配施生物有机肥对囊荷产量和经济效益的影响

由表 5 可知,在定植期 T1 和 T2 下,施肥各处理产量均高于不施肥处理 CK。在定植期 T1 下,与 CF 相比,F2 和 F3 分别增产 9.53%和 6.56%;在定植期 T2 下,与 CF 相比,F2 和 F3 分别增产 14.28%

表 5 化肥减量配施生物有机肥对囊荷产量和肥料贡献率的影响

Table 5 Effects of reducing chemical fertilizer and applying bio-organic fertilizer on the yield of *Zingiber mioga* and fertilizer contribution rate

定植期 Transplanting period	施肥方式 Method of fertilization	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)	增产率 Increased production rate/%	肥料贡献率 Fertilizer contribution rate/%
T1	CK	5 603.40 d		
	CF	8 938.05 b		37.31
	F1	8 449.50 b	-5.47	33.68
	F2	9 789.45 a	9.53	42.76
	F3	9 524.55 a	6.56	41.17
	F4	7 444.35 c	-16.71	24.73
	F5	8 410.65 b	-5.90	33.38
	F6	8 792.40 b	-1.63	36.27
T2	CK	4 734.45 e		
	CF	7 465.80 c		36.58
	F1	6 851.85 d	-8.22	30.90
	F2	8 531.70 a	14.28	44.51
	F3	8 197.35 b	9.80	42.24
	F4	6 691.80 d	-10.37	29.25
	F5	6 720.90 d	-9.98	29.56
	F6	7 268.70 c	-2.64	34.87

和 9.80%;在定植期 T1 和定植期 T2 处理下,各施肥处理的肥料贡献率均表现为 F2> F3>CF>F6>F1> F5>F4;F2 和 F3 处理的肥料贡献率均高于常规施肥 CF。说明在两种定植期处理下,化肥减量 20%与 4500 kg·hm⁻² 和 6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施均能在一定程度上保证囊荷产量,且化肥减量 20%与 4500 kg·hm⁻² 生物有机肥配施的增产率和肥料利用率均高于其他肥料处理。

由表 6 可知,在不同施肥处理下囊荷的产值、肥料投入成本、经济效益存在较大差异,通过调查当年囊荷和各种肥料的市场价格,依此作为标准,计算囊荷的经济效益。与 CF 相比,在定植期 T1 下,F2 和 F3 分别增收 26 178.25 元·hm⁻² 和 15 981.25 元·hm⁻²,增收率分别为 10.26%和 6.26%;在定植期 T2 下,F2 和 F3 分别增收 32 613.25 元·hm⁻² 和 20 332.75 元·hm⁻²,增收率分别为 15.45%和 9.63%。在两种定植期处理下,化肥减量 20%与 4500 kg·hm⁻² 和 6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施处理的经济效益均高于常规施肥处理,且化肥减量 20%与 4500 kg·hm⁻² 生物有机肥配施的经济效益最高。

2.5 不同定植期下化肥减量配施生物有机肥对囊荷生长及品质影响的综合评价分析

综合隶属函数法,对本试验的 12 项指标进行综合评价。由表 7 可知,在两种定植期处理下,各施肥处理的评价系数均大于不施肥处理 CK;同一施肥处理下,定植期 T1 处理的评价系数大于定植期 T2 处理。在定植期 T1 和 T2 下,F2 和 F3 处理的评价系数均大于常规施肥 CF 处理。综合来看,T1F2 处理的平均隶属度最高,为 0.97,其次为 T1F3,其平均隶属度为 0.91,其余各处理依次为 T2F2> T1CF = T1F6> T2F3> T1F1> T1F5> T2F6> T2CF> T2F1> T1F4>T2F5>T2F4>T1CK> T2CK。

表 6 化肥减量配施生物有机肥对蕹苕经济效益的影响
Table 6 Effects of reducing chemical fertilizer and applying bio-organic fertilizer on economic benefit of *Zingiber mioga*
(Yuan · hm⁻²)

定植期 Transplant- ing period	施肥方式 Method of fertilization	生产成本 Production costs					总产值 Total output value	经济效益 Economic benefits	较常规施肥增效值 Added value compared with local control
		尿素 Urea	硫酸钾 K ₂ SO ₄	复合肥 Compound fertilizer	生物有机肥 Bio-organic manure fertilizer	普通有机肥 Organic manure fertilizer			
T1	CK	0	0	0	0	0	168 102.0	168 102.00	
	CF	856.00	3375.0	2700	0	6000	268 141.5	255 210.50	
	F1	684.75	2700.0	2160	4500	0	253 485.0	243 440.25	-11 770.25
	F2	684.75	2700.0	2160	6750	0	293 683.5	281 388.75	26 178.25
	F3	684.75	2700.0	2160	9000	0	285 736.5	271 191.75	15 981.25
	F4	599.25	2 362.8	1890	4500	0	223 330.5	213 978.45	-41 232.05
	F5	599.25	2 362.8	1890	6750	0	252 319.5	240 717.45	-14 493.05
	F6	599.25	2 362.8	1890	9000	0	263 772.0	249 919.95	-5 290.55
T2	CK	0	0	0	0	0	142 033.5	142 033.50	
	CF	856.00	3375.0	2700	0	6000	223 974.0	211 043.00	
	F1	684.75	2700.0	2160	4500	0	205 555.5	195 510.75	-15 532.25
	F2	684.75	2700.0	2160	6750	0	255 951.0	243 656.25	32 613.25
	F3	684.75	2700.0	2160	9000	0	245 920.5	231 375.75	20 332.75
	F4	599.25	2 362.8	1890	4500	0	200 754.0	191 401.95	-19 641.05
	F5	599.25	2 362.8	1890	6750	0	201 627.0	190 024.95	-21 018.05
	F6	599.25	2 362.8	1890	9000	0	218 061.0	204 208.95	-6 834.05

注：蕹苕价格以市场收购价格 30 元·kg⁻¹为标准计算产值，尿素以 2.5 元·kg⁻¹、硫酸钾以 6 元·kg⁻¹、硫酸钾复合肥以 3.6 元·kg⁻¹、普通商品有机肥以 0.4 元·kg⁻¹、生物有机肥以 1.5 元·kg⁻¹计算。

Note: The output value of *Zingiber mioga* calculated based on the market purchase price of 30 Yuan · kg⁻¹ in the current year. Urea is calculated at 2.5 Yuan · kg⁻¹, K₂SO₄ fertilizer is calculated at 6 Yuan · kg⁻¹, Compound fertilizer is calculated at 3.6 Yuan · kg⁻¹, Organic manure fertilizer is calculated at 0.4 Yuan · kg⁻¹ and bio-organic manure fertilizer is calculated at 1.5 Yuan · kg⁻¹.

表 7 化肥减量配施生物有机肥对蕹苕生长及品质指标影响的综合评价
Table 7 Comprehensive evaluation of the effects of reduced chemical fertilizer and bio-organic fertilizer on the growth
and quality of *Zingiber mioga*

定植期 Transplant- ing period	施肥方式 Method of fertiliza- tion	单位面积 花苞数 Number of buds per unit area	单个花 苞质量 Mass of single bud	花苞 纵径 Bud longi- tudinal length	花苞 横径 Bud tran- verse diameter	单个花苞 干质量 Dry mass of single bud	茎粗 Stem diameter	株高 Plant height	产量 Yield	可溶性总 糖含量 Total soluble sugar content	总酚 含量 Total phenols content	粗蛋白 含量 Crude protein content	粗纤维 含量 Coarse fibre content	平均隶 属度 Average membe- rship	位次 Rank
T1	CK	0.34	0.10	0.18	0.05	0.10	0.10	0.01	0.17	0.24	0.04	0.00	0.30	0.14	14
	CF	0.86	0.81	0.70	0.60	0.67	0.69	0.84	0.83	0.70	0.62	0.79	0.50	0.72	4
	F1	0.55	0.88	0.55	0.45	0.73	0.45	0.82	0.73	0.85	0.44	0.83	0.67	0.66	6
	F2	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	1.00	1.00	0.97	1
	F3	1.00	0.92	0.87	0.86	0.83	0.89	0.85	0.95	0.96	1.00	0.83	0.93	0.91	2
	F4	0.62	0.51	0.34	0.22	0.30	0.38	0.61	0.54	0.52	0.21	0.27	0.64	0.43	11
	F5	0.69	0.76	0.49	0.33	0.50	0.49	0.81	0.73	0.58	0.38	0.39	0.70	0.57	7
	F6	0.90	0.77	0.69	0.53	0.63	0.79	0.88	0.80	0.83	0.42	0.49	0.85	0.72	4
T2	CK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.01	15
	CF	0.59	0.51	0.43	0.43	0.43	0.61	0.75	0.54	0.67	0.25	0.28	0.30	0.48	9
	F1	0.48	0.47	0.28	0.35	0.33	0.35	0.62	0.42	0.66	0.26	0.63	0.39	0.44	10
	F2	0.72	0.76	0.68	0.82	0.70	0.79	0.86	0.75	0.96	0.77	0.82	0.77	0.78	3
	F3	0.59	0.69	0.60	0.67	0.50	0.73	0.80	0.69	0.82	0.67	0.80	0.76	0.69	5
	F4	0.41	0.38	0.18	0.26	0.20	0.27	0.57	0.39	0.52	0.21	0.23	0.36	0.33	13
	F5	0.45	0.47	0.20	0.32	0.30	0.39	0.61	0.39	0.58	0.28	0.28	0.59	0.41	12
	F6	0.55	0.52	0.37	0.42	0.40	0.52	0.67	0.50	0.70	0.39	0.47	0.66	0.51	8

3 讨论与结论

有机无机肥料的合理配施可有效提高肥料的利用率,是提高作物品质、产量的有效途径^[6,9,11,19]。囊荷在整个生育期内对氮、磷、钾等养分的需求量较大,缺钾易造成花轴形成少,施用氮肥过量则会抑制花芽分化,导致产量降低和品质下降^[1]。本研究结果表明,在定植期 T1 和 T2 下,化肥减量 20% 与生物有机肥配施时,囊荷产量随着生物有机肥施用量的增加呈现先增加后降低的趋势。与常规施肥相比,化肥减量 20% 与 4500 kg·hm⁻²、6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施均能在一定程度上提高肥料利用率、增加囊荷产量,且化肥减量 20% 与 4500 kg·hm⁻² 生物有机肥配施时的增产效果最优;化肥减量 30% 与生物有机肥配施处理的肥料利用率和囊荷产量均低于常规施肥处理,且肥料利用率和囊荷产量均随生物有机肥施用量的增加而增加。这与茹朝等^[9]在大白菜上、张迎春^[16]在莴笋上、田露等^[24]在甜菜上、付丽军等^[19]在生姜上的研究结果一致。这主要是由于生物有机肥含有丰富的促生菌、生理活性物质和多种中微量元素,本试验使用的苏农微生物菌肥以棉籽油渣、大豆油渣、生物发酵菌体蛋白为原料,配合枯草芽孢杆菌、硅酸盐细菌、放线菌、生物活性剂等,能补充作物所需的各种养分,增强根际微生物和土壤酶活性,促进植株对养分的吸收和利用,提高肥料利用率,增加作物产量^[19,25-26]。化肥减量与适量的生物有机肥配施,有助于促进囊荷对氮、磷、钾等养分的吸收积累及合理分配,满足囊荷生育后期对氮、磷、钾的需求,为囊荷增产奠定基础。然而,化肥减施后,随着生物有机肥配施量的增加,增产效果并不总是呈现提升的趋势^[11,24]。

可溶性总糖、总酚含量、粗蛋白含量和粗纤维含量是评价蔬菜品质的重要指标。本研究结果表明,在定植期 T1 和 T2 下,化肥减量 20% 与 4500 kg·hm⁻² 和 6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施处理的可溶性总糖、总酚、粗蛋白含量均显著高于常规施肥处理,粗纤维含量均显著低于常规施肥处理。说明减量施用化肥与适量的生物有机肥配施时有利于囊荷花苞的品质提升,这与茹朝等^[9]在小白菜上、夏成明等^[27]在娃娃菜上、阎世江等^[28]在茄子上、刘赵帆等^[29]在黄瓜上和丁芳等^[30]在叶菜型甘薯中的研究结果一致。

在有机肥替代化肥研究中,不仅要保证肥料养分的高效利用,更要把握好肥料资源投入与经济效益的平衡。增施生物有机肥虽然使成本增加,但其

产量显著高于常规施肥,实际上增加了收益^[9]。通过经济效益分析,在定植期 T1 和 T2 下,化肥减量 20% 与 4500 kg·hm⁻² 和 6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施处理的经济效益均高于常规施肥处理 CF,能够实现经济效益提升,其他各处理均由于增加的产值难以抵消增加的成本导致了经济效益较 CF 有所降低。综合隶属函数分析,在定植期 T1 和 T2 下,化肥减量 20% 与 4500 kg·hm⁻² 和 6000 kg·hm⁻² 生物有机肥配施均具有较高的平均隶属度。综上可知,化肥减施下生物有机肥施用量需适宜才能实现产量和经济效益的协同提高,在施用过程中必须综合考虑,寻求产量提高的同时,实现品质改善、种植效益提升和环境污染减少^[5,24]。

产量是判断定植期是否合适的标准^[20,31]。本研究结果表明,定植期对囊荷产量、品质及其他经济性状均具有较大影响。随着定植期的延迟,囊荷产量呈下降趋势;囊荷的单位面积花苞数、单个花苞质量、花苞纵径、花苞横径、单个花苞干质量及茎粗均随定植期的延迟呈现下降趋势。囊荷花苞的可溶性总糖、总酚和粗蛋白含量表现出相同的趋势,而粗纤维含量则呈现上升趋势。表明本试验条件下,定植期 T1 更适合囊荷植株生长和囊荷花苞产量与品质的形成。这与黄得志^[20]等在洋葱上、陈伟等^[23]在大葱上的研究结果一致。一般来讲,适宜的定植期为一个时间段,而不是一个时间点^[23]。本试验未涉及 1 月 16 日之前和 2 月 16 日之后定植对囊荷栽培生产的影响,因此,下一步可扩大定植期的范围,以获得设施栽培囊荷适宜的定植期,提高囊荷的种植效益。

定植期和施肥处理对囊荷花苞产量和品质性状具有显著影响。定植期 T1 处理更有利于囊荷植株生长、产量形成和品质提升。综合经济效益和隶属函数分析,化肥减量 20% 并配施 4500 kg·hm⁻² 生物有机肥处理效果最佳,可显著促进囊荷生长,提高产量和品质,是实现囊荷高产高效生产的有效途径。

参考文献

- [1] 翟彩娇,程玉静,王康,等. 囊荷栽培技术及其综合应用现状[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):30-35.
- [2] 付文杰. 不同施肥处理对小白菜生长、产量和品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2019.
- [3] 孔跃. 生物有机肥对番茄及小白菜生长与品质影响效应的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
- [4] PARKS S E, IRVING D E, MILHAM P J. A critical evaluation of on-farm rapid tests for measuring nitrate in leafy vegetables[J]. Scientia Horticulture, 2012, 134: 1-6.

- [5] 胡清宏.不同化肥减施措施对连作设施小白菜生长及土壤质量的影响[D].南京:南京农业大学,2019.
- [6] 翟彩娇,程玉静,仇亮,等.生物有机肥配施下化肥减施对黑塌菜生长、产量及品质的影响[J].中国农学通报,2024,40(10):35-43.
- [7] FEI L, ZHAO M Q, CHEN X, et al. Effect of phosphorus accumulation in soil with the utilization ages of the vegetable greenhouses in the suburb of Shenyang[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 8: 16-20.
- [8] SHEN W S, LIN X G, SHI W, et al. Higher rates of nitrogen fertilization decrease soil enzyme activities, microbial functional diversity and nitrification capacity in a Chinese polytunnel greenhouse vegetable land[J]. Plant and Soil, 2010, 337: 137-150.
- [9] 茹朝,郁继华,武玥,等.化肥减量配施生物有机肥对露地大白菜产量及品质的影响[J].浙江农业学报,2022,34(8):1626-1637.
- [10] 农业部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心,中国农业科学院农业资源与农业区划研究所.生物有机肥:NY 884—2012[S].北京:中国农业出版社,2012.
- [11] 魏晓兰.生物有机肥对土壤氮、磷、钾供应及小白菜养分吸收的影响[D].合肥:安徽农业大学,2016.
- [12] 张宁,陶荣浩,刘佩诗,等.不同种类有机肥配施化肥对茶叶生长、品质和土壤肥力的影响[J].浙江农业学报,2023,35(8):1844-1852.
- [13] 孔涛,马瑜,刘民,等.生物有机肥对土壤养分和土壤微生物的影响[J].干旱区研究,2016,33(4):884-891.
- [14] 孔祥波,徐坤,尚庆文,等.生物有机肥对生姜生长及产量、品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007(2):64-67.
- [15] LIU H J, XIONG W, ZHANG R F, et al. Continuous application of different organic additives can suppress tomato disease by inducing the healthy rhizospheric microbiota through alterations to the bulk soil microflora[J]. Plant and Soil, 2018, 423: 229-240.
- [16] 张迎春.生物有机肥部分替代化肥对莴笋生长生理、养分利用及土壤肥力的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2019.
- [17] 王姣敏,吕海龙,魏镛频,等.氮肥减量与生物菌肥配施对连作西芹土壤性质及西芹生长的影响[J].土壤与作物,2022,11(2):217-225.
- [18] 李菊,高程斐,马宁,等.化肥减量配施生物有机肥对松花菜养分吸收及产量的影响[J].华北农学报,2021,36(6):153-162.
- [19] 付丽军,王永存,张璐,等.生物有机肥部分替代化肥对生姜产量、养分利用效率及土壤肥力的影响[J].中国瓜菜,2023,36(8):77-83.
- [20] 黄得志.定植期、覆盖和土壤水分对洋葱生长发育的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2011.
- [21] 张雪莲,王玮玮,汪国莲,等.不同定植期对红椒生长特性的影响[J].江苏农业科学,2023,51(13):133-137.
- [22] 姜俊,王勇,赵红星,等.豫中南地区喜温性蔬菜露地安全定植期研究[J].河南农业科学,2014,43(6):112-115.
- [23] 陈伟,高莉敏,王海英,等.不同播种期和定植期对越冬栽培大葱产量及经济性状的影响[J].山东农业科学,2016,48(1):64-66.
- [24] 田露,苏文斌,郭晓霞,等.化肥减施下生物有机肥对连作甜菜耕层土壤质量及产量的影响[J].生态学杂志,2024,43(3):665-674.
- [25] LIU E K, YAN C R, MEI X R, et al. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China[J]. Geoderma, 2010, 158 (3/4): 173-180.
- [26] KUMAR S, BAUDDH K, BARMAN S C, et al. Amendments of microbial bio-fertilizers and organic substances reduces requirement of urea and DAP with enhanced nutrient availability and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Ecological Engineering, 2014, 71: 432-437.
- [27] 夏成明,史嘉莉,马栋,等.化肥减量配施有机肥和微生物菌剂对麦后复种娃娃菜产量与品质的影响[J].中国瓜菜,2024,37(10):132-140.
- [28] 阎世江,张继宁,刘洁.生物菌肥施用对茄子生长发育及土壤环境的影响[J].中国瓜菜,2024,37(7):125-130.
- [29] 刘赵帆,柳发财,李喜娥,等.降低化肥用量、配施微生物菌肥对设施黄瓜生长、品质及产量的影响[J].中国瓜菜,2024,37(3):71-79.
- [30] 丁芳,孙喜云,刘广卿,等.不同追肥处理对叶菜型甘薯产量、品质及硝酸盐积累的影响[J].中国瓜菜,2024,37(7):156-162.
- [31] 黄治军,薛传谦,刘世琦,等.播期对加工型白皮洋葱生长发育和产量品质的影响[J].山东农业科学,2010(3):38-40.