

# 不同施肥处理对生菜产量、品质和经济效益的影响

张 静<sup>1</sup>, 连炳瑞<sup>1</sup>, 金亚茹<sup>1</sup>, 王激清<sup>1</sup>, 杨俊刚<sup>2</sup>

(1. 河北北方学院 河北张家口 075000; 2. 北京市农林科学院植物营养与资源环境研究所 北京 100097)

**摘要:** 为增加河北省西北部坝上地区生菜产量, 改善生菜品质, 提高生菜种植区经济效益, 进行化肥减量配施有机肥及微生物菌剂技术研究。以射手 101 生菜为试验材料, 在张家口市沽源县裕农试验基地, 通过田间小区试验, 设计不施肥(T0)、单施化肥(T1)、单施有机肥(T2)、有机肥+减量 20%化肥(T3)、有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂(T4)共 5 个处理, 研究不同施肥处理对生菜产量、品质和经济效益的影响。结果表明, 与 T0 处理相比, T1、T2 处理生菜产量和维生素 C 含量显著提高, 可溶性糖含量和经济效益有所提高; T3 和 T4 处理不仅可以改善生菜品质, 还可显著提高生菜的产量, 尤以 T4 处理效果最优, 生菜产量可达 58.96 t·hm<sup>-2</sup>, 与 T0 处理相比显著增产 30.99%。从经济效益角度来看, T4 处理虽投入成本最高, 为 5835 元·hm<sup>-2</sup>, 但最终经济效益也最高, 为 17.10 万元·hm<sup>-2</sup>。综合来看, 有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂为生菜种植采用的最佳施肥方式。

**关键词:** 生菜; 施肥处理; 产量; 品质; 经济效益

中图分类号: S636.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-2871(2023)10-091-05

## Effects of different fertilization treatments on yield, quality and economic benefits of lettuce

ZHANG Jing<sup>1</sup>, LIAN Bingrui<sup>1</sup>, JIN Yaru<sup>1</sup>, WANG Jiqing<sup>1</sup>, YANG Jungang<sup>2</sup>

(1. Hebei North University, Zhangjiakou 075000, Hebei, China; 2. Institute of Plant Nutrition, Resources and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

**Abstract:** In order to increase the yield of lettuce, improve the quality of lettuce, and improve the economic benefits of lettuce planting areas in the Bashang area of northwest Hebei, it is necessary to conduct research on the technology of reducing chemical fertilizers and applying organic fertilizers and microbial inoculants. Shooter 101 was used as the experimental material at the Yunong experimental base in Guyuan county, Zhangjiakou city. Five treatments were designed, including no fertilization (T0), single fertilizer (T1), single organic fertilizer (T2), organic fertilizer+reduced 20% fertilizer (T3), organic fertilizer+reduced 20% fertilizer+microbial agent (T4), to study the effects of different fertilization treatments on lettuce yield, quality, and economic benefits. The results showed that compared with T0 treatment, T1 and T2 treatments significantly increased lettuce yield and vitamin C content, while soluble sugar content and economic benefits were also improved; T3 and T4 treatments can not only improve the quality of lettuce, but also significantly increase its yield, with T4 treatment having the best effect. The lettuce yield can reach 58.96 t·hm<sup>-2</sup>, significantly increasing by 30.99% compared to T0 treatment. From the perspective of economic benefits, although T4 treatment has the highest investment cost of 5835 yuan·hm<sup>-2</sup>, the final economic benefit is also the highest, at 171 000 yuan·hm<sup>-2</sup>. Overall, organic fertilizer+20% reduced fertilizer+microbial inoculants are the optimal fertilization treatments for lettuce cultivation.

**Key words:** Lettuce; Fertilization treatment; Yield; Quality; Economic benefits

生菜是叶用蔬菜的一种, 具有清热、消炎的功效, 深受消费者喜爱。近年来, 随着食用人群不断增加, 生菜栽培面积逐年扩大, 经济效益十分显著<sup>[1]</sup>。作物要想高产优质离不开充足的养分供给,

然而土壤养分时常无法满足作物高产的需求, 因此施肥在作物生产过程中尤为重要<sup>[2]</sup>。在生菜种植过程中, 全生育期需肥量高, 农户习惯大水大肥进行栽培管理, 多数菜农通过增加肥料投入量来提高产

收稿日期: 2022-11-02; 修回日期: 2023-06-02

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFE0199500); 北京市农林科学院科技惠农项目(20191201); 河北省重点研发计划(21327005D)

作者简介: 张 静, 女, 在读硕士研究生, 主要从事肥料养分资源高效利用研究。E-mail: 2351773097@qq.com

通信作者: 王激清, 男, 教授, 主要从事作物高产栽培和养分高效利用研究。E-mail: wjq-72@126.com

量,但过量施肥或施肥不平衡都容易造成肥料当季利用率下降,作物品质变差,因此确定合适的施肥方式与施肥量对生菜高产优质显得尤为重要<sup>[3-4]</sup>。长期以来,化肥对作物增产发挥着必不可少的重要作用,成为农业发展中不可替代的部分,但在农业生产过程中,我国农民施用化肥多停留在经验施肥的水平上。杨帆等<sup>[5]</sup>研究表明,近年来一些种植大户盲目地追求产量和效益,大量施用化学肥料,不仅不会增产,还会造成土壤质量恶化和水源污染,影响现代农业的可持续发展。

已有研究表明,有机肥配合施用化肥能提高作物的产量、品质以及改善土壤的理化性质<sup>[6-7]</sup>。慕君等<sup>[8]</sup>研究表明,有机肥与化肥配施,可以促进有机肥矿化,减少化肥养分损失,提高化肥利用率;同时有机肥与化肥二者结合,可取长补短,在保证农作物高产优质的同时,又能实现土壤的可持续利用。为此在保护耕地、维持作物产量和品质、限制化肥大量施用的农业大环境下,有机肥配施化肥已成为减量增效和提高土壤质量的一种重要手段。近年来,随着现代农业的发展,有机肥配施化肥的同时添加微生物菌剂在蔬菜种植中也得到广泛应用<sup>[9]</sup>。施用微生物菌剂后,有益微生物在代谢过程中,能分泌生长素及氨基酸等活性物质,对作物提质增产效果显著。如根力多微生物菌剂就是一种集肥力、防病和改良土壤为一体的新型微生物菌剂,富含枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌和多种生物酶,可以在生菜种植上进行推广应用<sup>[10]</sup>。因此,笔者采用有机肥+减量20%化肥以及有机肥+减量20%化肥+根力多微生物菌剂与单施化肥、单施有机肥处理进行比较,研究不同施肥处理对生菜产量、品质和经济效益的影响,为实现生菜高产优质及最佳的经济效益提供借鉴。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 试验地点

试验于2021年4—8月在张家口市沽源县元宝山村北京裕农公司试验基地进行。该地区年平均降水量426 mm,无霜期110 d,日照时数3246 h,年均气温1.6℃,属温带大陆性草原气候。

试验地土壤类型为草甸栗钙土,土壤表层(0~20 cm)有机质含量( $w$ ,后同)为18.28 g·kg<sup>-1</sup>,全氮含量为1.18 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为79.98、31.33、161.81 mg·kg<sup>-1</sup>,pH8.51,土壤容重为1.35 g·cm<sup>-3</sup>。

### 1.2 材料

生菜品种为射手101,购于北京圣华德丰种子有限公司,该品种中早熟,叶球圆形,顶部较平,结球整齐,抗热、抗病性强,适应季节和种植范围广泛。硫酸钾型复合肥(15-15-15)、尿素(N含量46%)、含腐殖酸水溶肥(16-8-16)、有机肥(有机质含量46.8%,N含量1.60%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量4.5%,K<sub>2</sub>O含量0.53%,pH6.98)等肥料由内蒙古锡林郭勒盟泽润有机肥有限公司提供。微生物菌剂由根力多生物科技股份有限公司提供,主要成分为枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、多种生物酶,有效活菌数≥2亿·g<sup>-1</sup>。

### 1.3 试验设计

笔者采用随机区组设计,设5个处理,分别为不施肥(T0)、单施化肥(T1)、单施有机肥(T2)、有机肥+减量20%化肥(T3)、有机肥+减量20%化肥+微生物菌剂(T4)。试验小区重复3次,共15个小区。小区长10 m,宽4 m,面积40 m<sup>2</sup>。其中有机肥和根力多微生物菌剂作基肥一次施入,用量分别为6000 kg·hm<sup>-2</sup>、30 kg·hm<sup>-2</sup>;化肥硫酸钾型复合肥作基肥一次施入,用量为600 kg·hm<sup>-2</sup>,尿素作追肥第1次施用,用量为75 kg·hm<sup>-2</sup>,尿素和含腐殖酸水溶肥作追肥第2次施用,用量分别为37.5 kg·hm<sup>-2</sup>和112.5 kg·hm<sup>-2</sup>,含腐殖酸水溶肥作追肥第3次施用,用量为150 kg·hm<sup>-2</sup>;基肥在生菜定植前结合翻地做畦撒施入田,追肥通过水肥一体化滴灌入田,各处理具体的用量见表1。

表1 不同施肥处理肥料投入量  
Table 1 Fertilizer input under different fertilization treatments (kg·hm<sup>-2</sup>)

处理	硫酸钾型 复合肥	尿素	含腐殖酸 水溶肥	有机肥	微生物 菌剂
T0	0	0.0	0.0	0	0
T1	600	112.5	262.5	0	0
T2	0	0.0	0.0	6000	0
T3	480	90.0	210.0	6000	0
T4	480	90.0	210.0	6000	30

生菜于6月5日采用小高畦定植,南北走向以提高地温,畦沟中心对中心90 cm,畦宽50 cm,沟深10 cm,畦高15 cm。在畦面上铺设单行滴灌带,然后覆盖地膜,使用80 cm宽地膜,膜厚0.01 mm,地膜要拉紧,铺严。定植时每畦双行,定植密度为66 700株·hm<sup>-2</sup>,在畦上按株行距丁字形错位挖穴,株距为30 cm,行距为30 cm,定植深度以埋住根茎

部但不埋住心叶为宜。用土封好,压实,及时浇透稳苗水。7月25日收获,每个种植小区周围设保护行。生菜种植过程中采用文丘里滴灌水肥一体化施肥灌溉系统,滴灌管直径12 mm,壁厚0.6 mm,每处理小区精确控制灌水量,对各小区实行等量灌溉。各处理种植的生菜采取相同的田间管理措施。

1.4 测定项目及方法

农艺性状:生菜移栽后10、20、30、40和50 d(收获时),每个小区分别选取10株,用直尺测定植株高度(从基部至最高生长点),采用便携式叶绿素仪SPAD-502Plus测定叶绿素相对含量,测量最大叶片的长和宽,用长×宽计算得出最大叶面积<sup>[10]</sup>。

产量和品质:在生菜采收时,每个小区随机选择1.0 m<sup>2</sup>采样,称总质量及单棵质量,并计算单位面积产量,同时每个小区另取5棵有代表性的生菜带回实验室,参照高俊凤<sup>[11]</sup>的方法测定维生素C含量(2,6-二氯酚靛酚比色法)、可溶糖含量(蒽酮法)、硝酸盐含量(紫外分光光度法)3项品质指标。

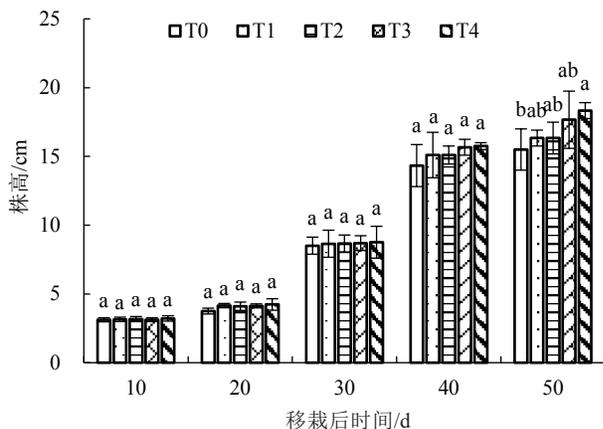
1.5 统计分析

采用Excel 2007进行数据计算和绘图,采用SPSS 26进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对生菜株高、最大叶面积、叶绿素相对含量的影响

如图1所示,生菜的株高随着移栽时间的增加呈增高的趋势,其中移栽30和40 d生菜株高增长最快。从不同施肥处理对生菜株高的影响来看,移栽后40 d内T1、T2、T3和T4处理株高虽均高于



注:不同小写字母表示同一时期不同处理间在0.05水平差异显著。下同。

图1 不同施肥处理对生菜株高的影响  
Fig. 1 Effect of different fertilization treatments on plant height of lettuce

T0处理,但差异均不显著;移栽后50 d,T1、T2、T3和T4处理高于T0,但仅T4与T0处理呈显著差异,说明与其他施肥处理相比,有机肥+减量20%化肥+微生物菌剂处理对提高收获期生菜株高的效果最好。

如图2所示,随着生菜移栽时间的延长,生菜最大叶面积呈不断增加的趋势,其中移栽30、40 d生菜最大叶面积增加速度最快。对比各施肥处理生菜最大叶面积的差异可以看出,移栽后10 d各处理间差异均不显著,移栽后20、30、40 d,T1、T2、T3和T4处理最大叶面积均显著高于T0处理;移栽后50 d,T3、T4处理最大叶面积显著高于T0处理,表明有机肥+减量20%化肥处理可以显著增加生菜的

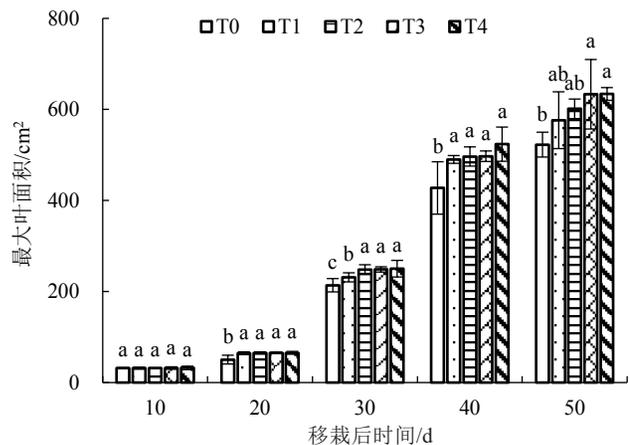


图2 不同施肥处理对生菜最大叶面积的影响

Fig. 2 Effect of different fertilization treatments on the maximum leaf area of lettuce

最大叶面积。

如图3所示,各施肥处理生菜叶绿素相对含量随着移栽时间的增加,呈先增加后减少的趋势,移

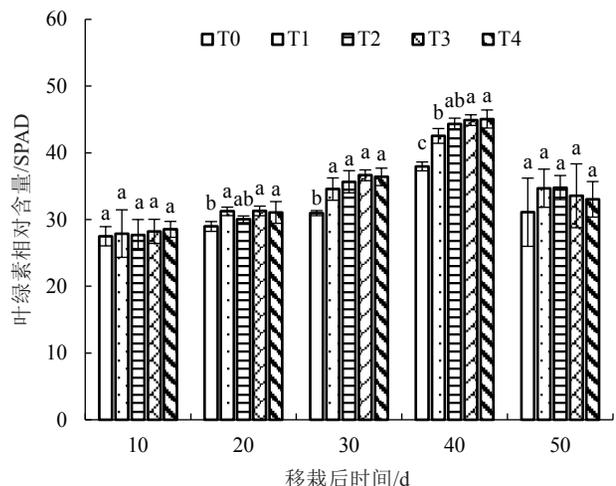


图3 不同施肥处理对生菜叶片叶绿素相对含量的影响  
Fig. 3 Effect of different fertilization treatments on the relative chlorophyll content of lettuce leaves

栽 40 d 达到最高。对比不同施肥处理对生菜叶绿素相对含量的影响可以看出,生菜移栽后 10 d 各施肥处理之间叶绿素相对含量无显著差异,随着移栽时间的延长,施肥处理的叶绿素相对含量均高于不施肥处理,移栽 40 d, T3、T4 处理叶绿素相对含量显著高于 T0 和 T1 处理,移栽 50 d 生菜叶片颜色变黄,叶绿素相对含量下降,各处理之间无显著差异。

### 2.2 不同施肥处理对生菜产量的影响

由表 2 可知,施肥处理生菜的单棵质量和产量均显著高于 T0 处理,T1 与 T2、T3 与 T4 之间差异不显著,但 T3、T4 处理生菜的单棵质量和产量均显著高于 T1、T2 处理。其中 T4 处理产量最高,达到 58.96 t·hm<sup>-2</sup>; T3 处理产量次之,为 56.66 t·hm<sup>-2</sup>,与 T0 处理相比,增产率分别达到 30.99% 和 25.88%,因此有机肥+减量 20%化肥处理可显著增加生菜的产量,尤以有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理的增产效果最为显著。

表 2 不同施肥处理对生菜产量和增产率的影响

Table 2 Effects of different fertilization treatments on lettuce yield and yield increase rate

处理	单棵质量/kg	产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	比 T0+/%
T0	0.67±0.02 c	45.01±1.67 c	
T1	0.78±0.02 b	52.65±1.50 b	16.97
T2	0.77±0.01 b	52.27±0.99 b	16.13
T3	0.84±0.02 a	56.66±1.06 a	25.88
T4	0.87±0.02 a	58.96±1.03 a	30.99

注:同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

### 2.3 不同施肥处理对生菜品质的影响

从表 3 可以看出,施肥可显著提高生菜的维生素 C 含量,其中 T0 处理生菜的维生素 C 含量为 122.94 mg·kg<sup>-1</sup>, T4 处理生菜维生素 C 含量达到 239.41 mg·kg<sup>-1</sup>,表明有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理效果最为显著。在可溶性糖含量方面,T4 处理的含量最高,为 1.65%,与 T0 处理之间呈显著

表 3 不同施肥处理对生菜品质的影响

Table 3 Effect of different fertilization treatments on quality of lettuce

处理	w(维生素 C)/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(可溶性糖)/ %	w(硝酸盐)/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
T0	122.94±11.21 e	1.47±0.05 b	355.03±8.31 c
T1	152.06±9.71 d	1.56±0.04 ab	475.59±4.00 a
T2	181.51±10.21 c	1.61±0.04 ab	389.68±6.35 b
T3	210.30±9.71 b	1.62±0.10 ab	407.69±15.74 b
T4	239.41±9.71 a	1.65±0.11 a	382.75±30.64 bc

差异。在硝酸盐含量方面,T1 处理的含量最高,为 475.59 mg·kg<sup>-1</sup>,与 T0 处理相比显著增加了 33.96%; T4 处理硝酸盐含量为 382.75 mg·kg<sup>-1</sup>,与 T0 处理相比差异不显著,而显著低于 T1 处理。

### 2.4 不同施肥处理对生菜经济效益的影响

从表 4 可以看出,在各施肥处理中,总成本投入以 T4 处理最高,为 5835 元·hm<sup>-2</sup>,但产出也是 T4 处理最高,为 17.69 万元·hm<sup>-2</sup>,所获得效益也最高,比 T0、T1、T2 和 T3 处理分别增加 26.67%、10.68%、10.82% 和 3.83%,说明有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理对生菜经济效益的提升发挥着重要作用。

表 4 不同施肥处理对生菜经济效益的影响

Table 4 Effects of different fertilization treatments on economic benefits of lettuce

处 理	化肥成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	有机肥 成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	微生物菌 剂成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	总成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	产出/ (万元 ·hm <sup>-2</sup> )	经济效益/ (万元·hm <sup>-2</sup> )
T0	0	0	0	0	13.50	13.50
T1	3469	0	0	3469	15.80	15.45
T2	0	2460	0	2460	15.68	15.43
T3	2775	2460	0	5235	17.00	16.47
T4	2775	2460	600	5835	17.69	17.10

注:有机肥 410 元·t<sup>-1</sup>,尿素 2100 元·t<sup>-1</sup>,硫酸钾型复合肥 (15-15-15)3200 元·t<sup>-1</sup>,含腐殖酸水溶肥(16-8-16)5000 元·t<sup>-1</sup>,微生物菌剂 20 元·kg<sup>-1</sup>,生菜价格 3.0 元·kg<sup>-1</sup>。总成本=化肥成本+有机肥成本+微生物菌剂成本,经济效益=产出-总成本。

## 3 讨论

### 3.1 不同施肥处理对生菜生长发育及产量的影响

蔬菜生长时期进行合理的肥料施用是获得高产的关键,其中肥料种类对蔬菜的产量有着直接影响。研究表明,不同有机肥部分替代化肥时,生菜的农艺性状存在一定差异,各处理生菜农艺性状整体表现为有机肥部分替代化肥处理高于单施化肥处理<sup>[9]</sup>。有机无机肥料配施在露地栽培和保护地栽培条件下均可实现叶菜增产,增产率分别为 12.70%、13.11%<sup>[12]</sup>。本研究表明,与 T0、T1 及 T2 处理相比,T3 和 T4 处理在生菜生长期不仅可以增加株高和叶绿素相对含量,在收获期还可显著提高生菜的单棵质量和产量。苗丁丁等<sup>[13]</sup>在生菜上施用生物菌肥后,发现在收获时,无论地上部植株株高和干鲜质量,还是地下部根系活力和干鲜质量,施用微生物菌肥的各处理均高于对照。魏保国等<sup>[14]</sup>在设施连作番茄上施用生物菌肥也得出相似的结果。笔者的研究表明,T4 处理与其他各处理相比增

产最多,生菜产量可达  $58.96 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。徐大兵等<sup>[15]</sup>在叶菜类蔬菜上进行有机肥氮替代 25%~50%化肥氮能够获得较好的产量,与笔者的试验结果相一致。

### 3.2 不同施肥处理对生菜品质的影响

维生素 C、可溶性糖、硝酸盐含量是评价生菜营养品质的重要指标<sup>[16]</sup>。段文学等<sup>[17]</sup>研究表明,生物有机肥料中含有丰富的有机质,各种养分较全面,不仅含有作物生长所需的大量元素,还含有大量微量元素、有机物和微生物等,可促进叶菜维生素 C、可溶性糖等物质的合成。本研究结果表明,与 T0、T1 及 T2 处理相比,T3 处理可显著提高生菜的维生素 C 和可溶性糖含量;T4 处理对生菜的维生素 C 和可溶性糖含量的影响效果更优,这与段文学等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。蔬菜中过量的硝酸盐会对人体造成潜在危害,由于作物硝酸盐含量与土壤矿质氮含量呈正相关,有机肥部分替代化肥不仅可以减少化肥中氮元素的输入,还可以有效调控土壤可培养微生物数量和群落结构,从而促进植株生长,改善蔬菜品质<sup>[18-19]</sup>。笔者的研究表明,有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理(T4)生菜硝酸盐含量为  $382.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,虽然与 T0 处理相比差异不显著,但显著低于单施化肥的 T1 处理,说明有机肥部分替代化肥可以降低生菜硝酸盐含量。

### 3.3 不同施肥处理对生菜经济效益的影响

综合考虑不同施肥处理下生菜的有机肥、化肥和微生物菌剂投入成本及生菜产出计算得到生菜的经济效益。与其他各施肥处理相比,T4 处理投入成本最高,但生产产出和经济效益也最高。可见有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理(T4)作为生菜生产的最优施肥处理,可以明显增加生菜种植效益。池福铃等<sup>[20]</sup>研究表明适宜范围内的化肥减量配施有机肥和生物菌肥虽然增加了小白菜生产成本,但小白菜的品质和产值增加,因此经济效益显著提高。

## 4 结 论

与不施肥处理相比,有机肥+减量 20%化肥处理可以增加生菜的株高和叶绿素相对含量,显著提高生菜的单棵质量和产量,还可提高生菜的维生素 C 和可溶性糖含量,而有机肥+减量 20%化肥+微生物菌剂处理效果更优,生菜产量可达  $58.96 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,与不施肥处理相比增产 30.99%,经济效益也达到最高,为  $17.10 \text{ 万元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。综合考虑不同施肥处理对生菜产量、品质 and 经济效益的影响,可以得出有机

肥+减量 20%化肥+微生物菌剂应为生菜种植采用的最佳施肥方式。

### 参考文献

- [1] 高洪燕,毛罕平,倪纪恒,等.施肥量对生菜养分与长势的影响及模型模拟[J].排灌机械工程学报,2020,38(12):1264-1269.
- [2] 张福锁,申建波,危常州,等.绿色智能肥料:从原理创新到产业化实现[J].土壤学报,2022,59(4):873-887.
- [3] 杨俊刚,李艳梅,孙焱鑫,等.UAN 添加氮肥抑制剂对生菜产量、品质及土壤氮平衡的影响[J].中国土壤与肥料,2020(1):67-74.
- [4] 刘瑜,赵凯丽,曲明山,等.连续 4 年基肥减量对生菜产量、品质和土壤养分的影响[J].中国土壤与肥料,2021(5):185-191.
- [5] 杨帆,孟远夺,姜义,等.2013 年我国种植业化肥施用状况分析[J].植物营养与肥料学报,2015,21(1):217-225.
- [6] 祝英,王治业,彭铁楠,等.有机肥替代部分化肥对土壤肥力和微生物特征的影响[J].土壤通报,2015,46(5):1161-1167.
- [7] 梁路,张卫杰,徐博涵,等.有机无机肥配施影响土壤肥力与土壤环境的研究进展[J].河南农业科学,2022,51(3):1-11.
- [8] 慕君,马旭东,张丹丹,等.有机肥与化肥配施下土壤氮组分变化与氮素利用率研究[J].干旱地区农业研究,2021,39(5):107-113.
- [9] 谢育利,王吉平,苏天明,等.有机肥部分替代化肥对生菜生长及土壤环境的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2022,44(5):41-49.
- [10] 秦立金,乔宇铎.微生物菌剂在赤峰地区叶菜类蔬菜上的应用效果分析[J].赤峰学院学报(自然科学版),2018,34(1):11-13.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [12] 于点,蒋伟,王冲.有机无机肥料配施对叶菜产量和品质影响的 Meta 分析[J].中国瓜菜,2022,35(6):16-21.
- [13] 苗丁丁,张俊花,黄伟,等.微生物菌肥对冀西北坝上地区生菜产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2019,58(14):83-87.
- [14] 魏保国,王明友.生物菌肥对设施连作番茄生长及产量和品质的影响[J].北方园艺,2014,(2):172-175.
- [15] 徐大兵,赵书军,袁家富,等.有机肥替代氮肥对叶菜产量品质和土壤氮淋失的影响[J].农业工程学报,2018,34(S1):13-18.
- [16] 刘猷红,孟英,唐傲,等.农业有机废弃物发酵 CO<sub>2</sub> 施肥对生菜产量及品质的影响[J].北方园艺,2019,(14):12-18.
- [17] 段文学,张海燕,解备涛,等.化肥和生物有机肥配施对鲜食型甘薯块根产量、品质及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2021,27(11):1971-1980.
- [18] 王磊,高方胜,曹逼力,等.有机肥和化肥配施对不同熟期大白菜土壤生物特性及产量品质的影响[J].生态学杂志,2022,41(1):66-72.
- [19] 张丹.化肥减量配施生物有机肥和灌溉量对大蒜产量和品质的影响[J].河南农业科学,2022,51(3):139-145.
- [20] 池福铃,李锋,阮惠明,等.三种肥料混施对小白菜生长、品质 and 经济效益的影响[J].长江蔬菜,2019(22):69-72.