

# 尼龙网和薄膜小拱棚栽培模式对苋菜生长和品质的影响

王云龙, 曹海顺, 谭德龙, 袁余, 吴廷全, 郭金菊, 李明珠, 史亮亮, 张长远

(广东省农业科学院设施农业研究所 广州 510640)

**摘要:**为探明不同栽培模式对苋菜生长和品质的影响,试验选取3个不同苋菜品种:千红圆叶苋菜(A1)、红柳叶苋菜(A2)和香港种大红圆叶苋菜(A3),应用3种不同栽培模式:裸地(M1)、尼龙网小拱棚(M2)和薄膜小拱棚(M3),在大田环境下进行栽培试验,研究各栽培模式对苋菜株高、茎粗、产量,以及叶片中硝酸盐、维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白和总游离氨基酸含量等的影响,并利用隶属函数法对所测各指标进行综合评价分析。结果表明,与M1相比,采用设施栽培(M2或M3),能够显著促进苋菜生长,增加其产量,其中M3栽培模式增产效果最显著,M3A1较M1A1增产71.16%、M3A2较M1A2增产275.43%、M3A3较M1A3增产147.47%。利用隶属函数法分析表明,M3A2综合评价价值最高,其次为M3A3, M2A3和M1A3分列第三、四位。然而,M3栽培模式下,A2和A3品种硝酸盐含量( $w$ ,后同)分别为800.98和764.46 mg·kg<sup>-1</sup>,为二级以上污染蔬菜;而M2栽培模式下,A3品种硝酸盐含量仅为268.80 mg·kg<sup>-1</sup>,可放心食用。因此,较裸地栽培而言,苋菜更加适合设施栽培(M2或M3),增产效果显著,且以M2A3为最优配套种植方式,可进一步在广东地区进行试点推广。

**关键词:**苋菜;栽培模式;产量;品质;综合评价

中图分类号:S636.4

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)11-173-06

## Effects of small arch shed covered with nylon net and plastic film on the growth and quality of amaranth

WANG Yunlong, CAO Haishun, TAN Delong, YUAN Yu, WU Tingquan, GUO Jinju, LI Mingzhu, SHI Liangliang, ZHANG Changyuan

(Institute of Facility Agriculture, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of different cultivation modes on the growth and quality of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.), three amaranth varieties, i.e., Qianhongyuanye (A1), Hongliuye (A2), and Xianggangzhongda-hongyuanye (A3), were cultivated in field under three different modes, i.e., bare soil (M1), small arch shed covered with nylon net (M2), and small arch shed covered with plastic film (M3). A series of parameters regarding growth and quality of amaranth were analyzed, including plant height, stem diameter, yield, as well as the content of nitrate, vitamin C, soluble sugar, soluble protein, and total free amino acid in leaves. The membership function method was used to comprehensively evaluate and analyze the measured values. The results showed that facility-assisted cultivation (M2 or M3) significantly promoted the growth and increased the yield compared with M1, with M3 showing the best effect. Specifically, the yields of A1, A2, and A3 under M3 were increased by 71.16%, 275.43%, and 147.47% compared with those under M1, respectively. The membership function method showed the highest comprehensive evaluation value on the combination of M3A2, followed by M3A3, M2A3, and M1A3. However, under M3 cultivation mode, the nitrate content of A2 and A3 were 800.98 and 764.46 mg·kg<sup>-1</sup>, respectively, making them categorized in middle/severe contamination level according to the hygiene standards. Under M2 cultivation mode, the nitrate content of A3 was only 268.80 mg·kg<sup>-1</sup>, allowing for being eaten raw. Therefore, facility-assisted cultivation (M2 or M3) was superior for amaranth with significantly increased yield compared to the bare soil cultivation (M1). Moreover, amaranth A3 under the M2 cultivation mode was the best planting strategy which can be further promoted in Guangdong area.

**Key words:** Amaranth; Cultivation mode; Yield; Quality; Comprehensive evaluation

收稿日期:2025-01-23;修回日期:2025-04-01

基金项目:适宜我省区域气候的设施农业关键技术推广应用及示范(粤农农技(2024)68号)

作者简介:王云龙,男,助理研究员,主要从事设施园艺作物光生物学及设施蔬菜高效栽培技术研究。E-mail:wangyunlong@gdaas.cn

苋菜(*Amaranthus tricolor* L.),又名苋、米苋、人旱菜等,为苋科苋属一年生草本植物。其茎叶鲜嫩爽口,富含多种人体必需营养物质,如钙、膳食纤维、必需氨基酸、蛋白质、维生素、矿物质和酚类等,深受大众喜爱,在我国广泛种植<sup>[1-2]</sup>。随着我国经济社会的快速发展和居民生活水平的大幅提升,人们对健康饮食日益重视,提高苋菜的产量和品质成为农业科学研究的重要课题。栽培模式作为影响作物生长和品质的关键因素之一,其选择和优化对提升苋菜种植效益具有重要意义。近年来,许多学者在作物栽培领域进行了大量研究,探讨了不同栽培模式对作物生长发育、产量形成及品质特性的影响。王若鹏等<sup>[3]</sup>研究表明,相较于裸地平播栽培模式,双垄播种覆白膜和双垄播种覆黑膜的栽培模式显著提高了芝麻各生育期的生物量,对芝麻成熟期果轴长、单株蒴果数、每蒴粒数均有明显促进作用。吴挺佳等<sup>[4]</sup>采用林下附着物栽培模式种植铁皮石斛,相较于传统大棚床栽,产出的铁皮石斛具有更好的品质,其粗纤维、生物碱、总黄酮和蛋白质含量显著提升。Bian 等<sup>[5]</sup>在研究不同种植方式对不同品种粳稻产量和品质的影响时指出,对于不同的粳稻品种而言,采用地毯苗机械移栽和机械直播,粳稻的加工品质、外观品质、蒸煮食味品质、营养品质表现不同。Zhang 等<sup>[6]</sup>以油料作物凤丹为研究对象,研究了露地栽培、阳坡栽培、阴坡栽培、林下间作栽培和高海拔栽培等5种不同栽培模式对油料利用特征的影响,结果表明,在高海拔栽培模式下,功能成分 $\alpha$ -亚麻酸含量占比最高,达46.85%;而在林下间作栽培模式下,不饱和脂肪酸总量占比最高,达65.23%。苋菜作为特色喜温叶菜类蔬菜,适宜在广东地区种植,但以露天种植为主,易受到极端天气、病虫害和杂草等侵袭,影响其商品性。设施栽培是一种突破自然条件限制、可提高作物产量和品质的栽培方法<sup>[7]</sup>。其中,小拱棚作为典型的基础设施类型,凭借材料易得、经济实用、搭建便捷及可重复利用等特点,在农业生产中展现出独特价值<sup>[8]</sup>。为此有必要开展相关研究,以明确尼龙网小拱棚和薄膜小拱棚栽培对苋菜生长和品质的影响,为苋菜的优质高效栽培提供科学依据。本研究旨在通过对比裸地、尼龙网小拱棚和薄膜小拱棚栽培模式下多种苋菜品种的生长情况、产量表现及品质特性,结合显著性差异分析、相关性分析、隶属函数法等分析手段,综合评价不同栽培模式对苋菜生产的影响,以期为广东地区苋菜栽培管理提供科学依据和种

植建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于2024年3月13日至4月27日在广东省农业科学院白云试验基地进行,供试作物为3种不同类型的商品性优良的红苋菜品种,分别为:千红圆叶苋菜(A1,河北瑞蔬种子有限公司选育,圆叶、绿边)、红柳叶苋菜(A2,株洲市农之子种业有限公司选育,尖叶、绿边)和香港种大红圆叶苋菜(A3,揭阳市榕城区马牙顺兴种子行选育,圆叶、几近全红)。

### 1.2 试验设计

各品种分别采用裸地(M1)、尼龙网小拱棚(M2)、薄膜小拱棚(M3)等3种不同栽培模式,起垄直播种植。尼龙网目数为60,厚度为0.15 mm;薄膜厚度为0.08 mm。垄面宽、垄高及垄间距分别为120、20、20 cm。小拱棚宽130 cm,高60 cm。每个试验小区面积为1.0 m×5.0 m,3次重复,共27个小区,随机区组排列。各小区施用等量有机肥做底肥,田间统一管理。播种后第10 d间苗,使各小区种苗大小、数量和密度相一致。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状测定 播种后45 d,测定苋菜株高、茎粗及产量等农艺性状。各小区随机选取10株测定株高和茎粗,3次重复。株高:采用直尺(精度0.1 mm)测定植株地上基部至茎生长点的距离;茎粗:采用电子游标卡尺(精度0.01 mm)测定地上茎基部上方3 cm处直径。各小区随机收取0.5 m<sup>2</sup>的苋菜,称量其总的地上部鲜质量,并折算产量,3次重复。

1.3.2 品质指标测定 播种后45 d,快速剪取植株中部叶片,装入锡纸袋,液氮速冻后分别测定硝酸盐、维生素C(VC)、可溶性总糖、可溶性蛋白、总游离氨基酸的含量,3次重复。其中,采用紫外分光光度法测定硝酸盐含量<sup>[9]</sup>,采用钼蓝比色法测定维生素C含量<sup>[10]</sup>,采用蒽酮法测定可溶性总糖含量<sup>[11]</sup>,采用考马斯亮蓝比色法测定可溶性蛋白含量<sup>[11]</sup>,采用茚三酮显色法测定总游离氨基酸含量<sup>[12]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2019进行数据整理与绘图;采用DPS 7.0.5对数据进行分析,采用Duncan多重比较进行方差分析;采用基迪奥作图平台进行苋菜农艺性状和品质指标相关性分析<sup>[13]</sup>;采用隶属函数法对

苋菜农艺性状和品质指标进行综合评价,该方法可较为全面地对不同指标进行综合评价,结果可靠且在不同指标中具有可比性<sup>[14-15]</sup>。若某一指标与综合评价趋势呈正相关,则按公式(1)计算其隶属函数值;若某一指标与综合评价趋势呈负相关,则可通过反隶属函数计算其值,公式为(2)。

$$D(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}; \quad (1)$$

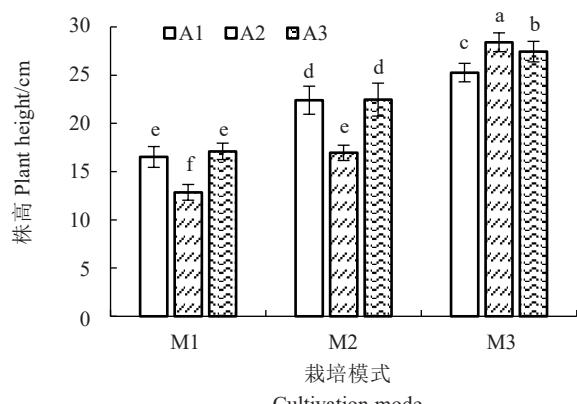
$$D(X_j) = 1 - \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}. \quad (2)$$

式中, $X_j$ 为某一指标的测定值, $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 为所有苋菜生长和品质某一指标的最大值和最小值,并以各指标的平均隶属值作为综合评价值<sup>[15-17]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培模式对苋菜生长和产量的影响

2.1.1 不同栽培模式对苋菜株高的影响 由图1可知,不同栽培模式对苋菜株高的影响差异显著。同一品种在不同栽培模式下的变化趋势相同,均为M3>M2>M1,其中,M3A1为25.27 cm,M2A1为22.40 cm,M1A1为16.52 cm,M3A1和M2A1分别较M1A1显著增加了52.97%和35.59%;M3A2为28.41 cm,M2A2为16.94 cm,M1A2为12.85 cm,M3A2和M2A2分别较M1A2显著增加了121.09%和31.83%;M3A3为27.44 cm,M2A3为22.46 cm,M1A3为17.10 cm,M3A3和M2A3分别较M1A3显著增加了60.47%和31.35%。M1和M2栽培模式下,不同品种株高变化趋势相同,均表现为A2最低,A1和A3无显著差异;而在M3栽培模式下,则



注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among different treatments ( $P<0.05$ ). The same below.

图1 不同栽培模式对苋菜株高的影响

Fig. 1 Effects of the different cultivation modes on the plant height of amaranth

为A1最低,A2和A3分别较A1显著增加了12.43%和8.59%。

2.1.2 不同栽培模式对苋菜茎粗的影响 由图2可知,不同栽培模式对苋菜茎粗的影响不同。M1栽培模式下,A2的茎粗为3.01 mm,显著低于A1和A3,A1与A3间无显著差异;M2栽培模式下,茎粗由高到低为A3>A1>A2,A3较A1、A2分别显著增加了16.57%、30.46%;M3栽培模式下,A2茎粗显著高于A1、A2。此外,同一品种茎粗在不同栽培模式下表现不同,其中A3品种3种栽培模式间茎粗差异显著,A2品种M3栽培模式显著高于M1、M2。

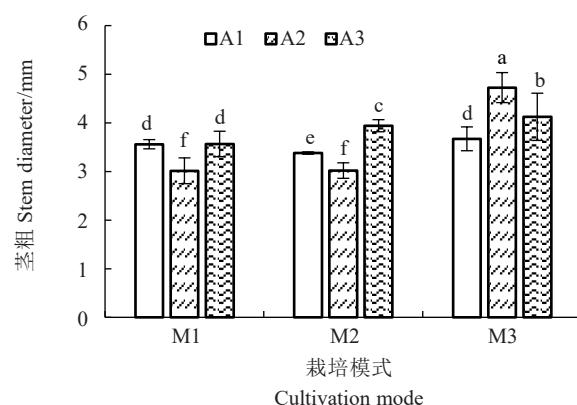


图2 不同栽培模式对苋菜茎粗的影响

Fig. 2 Effects of the different cultivation modes on the stem diameter of amaranth

2.1.3 不同栽培模式对苋菜产量的影响 由图3可知,苋菜产量受栽培模式影响差异显著,其中,M1和M2栽培模式下,各品种产量变化规律相同,均表现为A2最低,A1和A3间无显著差异;而M3栽培模式下,产量由高到低为A2>A3>A1,其中A2和A3栽培模式下分别达23 546.51和20 667.60 kg·hm<sup>-2</sup>,较A1分别显著增加58.11%和38.77%。此外,各品种产量均随栽培模式呈M3>M2>M1,其中,M3栽培模式下,各品种较M1显著增产71.16%~275.43%,M2栽培模式下,各品种较M1显著增产26.26%~59.49%,表明设施栽培均能够增加苋菜产量,M3栽培模式增产效果最显著。

### 2.2 不同栽培模式对苋菜品质的影响

由表1可知,M3栽培模式下,A1、A2和A3叶片中硝酸盐含量(w,后同)均最高,分别为755.24、800.98和764.46 mg·kg<sup>-1</sup>,较M1栽培模式分别显著增加了53.51%、100.40%和178.23%,且可溶性总糖含量均最低,分别为8.18、13.35和9.96 mg·g<sup>-1</sup>,较M1栽培模式下分别显著降低了33.06%、17.23%和

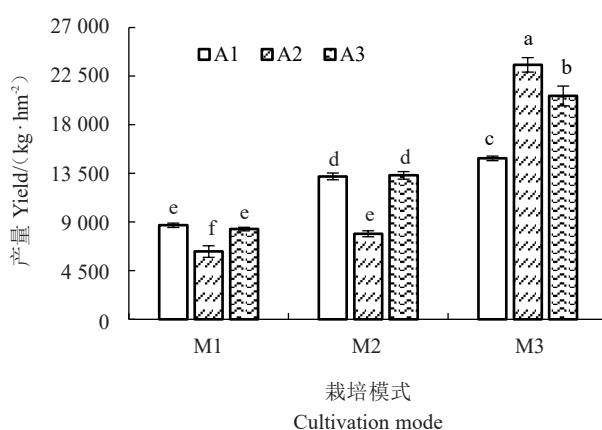


图3 不同栽培模式对苋菜产量的影响

Fig. 3 Effects of different cultivation modes on the yield of amaranth

29.61%。此外,同一品种不同栽培模式下各项品质指标差异均显著。同一栽培模式下,不同品种间硝酸盐、维生素C、可溶性蛋白和总游离氨基酸含量均差异显著;M1、M3栽培模式下,不同品种间可溶性总糖含量差异均显著,且均为A2>A3>A1,而M2栽培模式下,A1的可溶性总糖含量最低,为9.59 mg·g⁻¹,A2与A3无显著差异。

### 2.3 苋菜生长和品质指标相关性分析

苋菜生长和品质指标相关性分析结果如图4所示。其中,株高与茎粗、株高与产量、茎粗与产量、硝酸盐含量与维生素C含量均呈极显著正相关,相关系数分别为0.900、0.950、0.917和0.867;可溶性蛋白含量与硝酸盐含量、维生素C含量均呈显

表1 不同栽培模式对品质的影响

Table 1 Effects of different cultivation modes on quality

品种 Variety	栽培模式 Cultivation mode	w(硝酸盐) Nitrate content/ (mg·kg⁻¹)	w(维生素C) Vitamin C content/ (mg·100 g⁻¹)	w(可溶性总糖) Soluble sugar content/(mg·g⁻¹)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/(mg·g⁻¹)	w(总游离氨基酸) Total free amino acid content/(mg·kg⁻¹)
A1	M1	491.97±0.75 d	36.86±0.18 c	12.22±0.09 e	7.80±0.04 b	720.94±5.59 g
	M2	346.25±0.62 g	34.28±0.23 e	9.59±0.01 g	6.65±0.07 f	636.34±6.73 h
	M3	755.24±0.70 c	34.87±0.03 d	8.18±0.04 h	5.88±0.01 h	811.25±8.92 d
A2	M1	399.69±0.65 f	31.06±0.32 g	16.13±0.21 b	6.94±0.06 e	757.36±8.11 e
	M2	485.89±0.21 e	36.83±0.35 c	16.54±0.13 a	7.34±0.05 c	740.71±4.06 f
	M3	800.98±1.35 a	38.60±0.22 a	13.35±0.05 d	8.35±0.05 a	843.26±7.55 c
A3	M1	274.76±1.22 h	28.60±0.22 h	14.15±0.02 c	6.46±0.04 g	1 079.44±11.88 a
	M2	268.80±0.26 i	33.13±0.23 f	16.52±0.15 a	5.74±0.08 i	711.52±4.59 g
	M3	764.46±1.16 b	38.18±0.15 b	9.96±0.07 f	7.08±0.03 d	930.75±6.57 b

注:同列不同小写字母代表不同处理间存在显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference between different treatments ( $P<0.05$ ).

著正相关,相关系数分别为0.667、0.733。

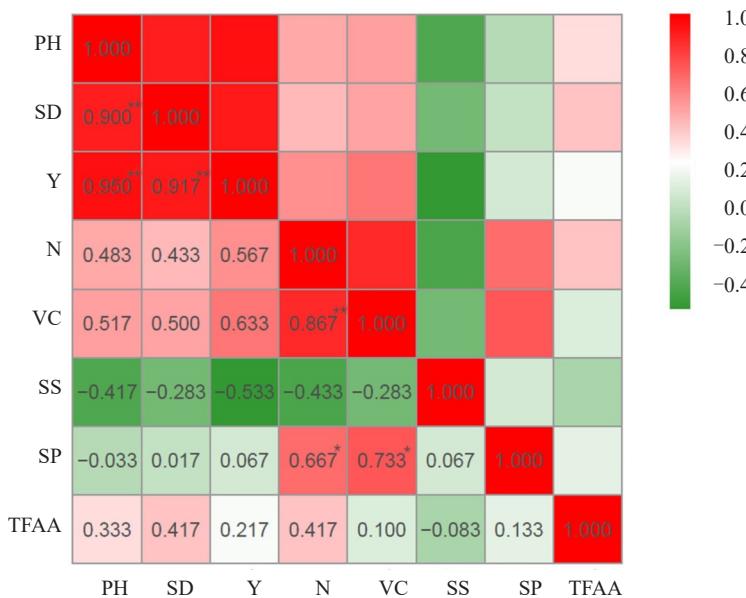
### 2.4 不同栽培模式下苋菜生长和品质指标的综合评价

分别对株高、茎粗、产量、硝酸盐含量、维生素C含量、可溶性总糖含量、可溶性蛋白含量和总游离氨基酸含量8个苋菜生长和品质指标进行隶属函数值计算与综合评价。各指标综合评价值及排名如表2所示,不同栽培模式下的各品种综合评价值存在明显差异,且排名受品种的影响,其中,A1品种排序为M1>M2>M3,而A2和A3品种排序则与之相反。依据综合评价值,不同栽培模式对各苋菜品种生长和品质的影响依次为:M3A2>M3A3>M2A3>M1A3>M2A2>M1A1>M2A1>M3A1>M1A2。

## 3 讨论与结论

本研究表明,各苋菜品种株高均为裸地(M1)栽

培模式最低,尼龙网小拱棚(M2)次之,薄膜小拱棚(M3)最高。茎粗的变化趋势与之相似,这可能是由于苋菜属于喜温作物,设施栽培,特别是采用塑料薄膜小拱棚栽培,有助于提高环境温度,促进其生长。与裸地栽培模式(M1)相比,采用设施栽培模式(M2或M3)各苋菜品种产量均显著提高,且M3栽培模式下增产效果最显著。相关性分析表明,株高与茎粗、株高与产量、茎粗与产量均呈极显著正相关,以上表明苋菜更适合设施栽培,特别是薄膜小拱棚栽培模式能够促进其生长,实现增产目的,这与梁普兴等<sup>[18]</sup>的研究结果相类似。近年来,蔬菜硝酸盐污染受到人们普遍重视。研究表明,蔬菜极易累积硝酸盐,人体摄入的硝酸盐中约81.2%来自蔬菜<sup>[19]</sup>。黎燕玲等<sup>[20]</sup>的研究表明,蔬菜硝酸盐含量从低到高顺序为:食用菌类<茄果类<豆类<瓜类<鳞茎类<根菜类<叶菜类。可见,叶菜是最易富集硝酸盐



注: \*表示在 0.05 水平显著相关; \*\*表示在 0.01 水平极显著相关。PH 表示株高; SD 表示茎粗; Y 表示产量; N 表示硝酸盐含量; VC 表示维生素 C 含量; SS 表示可溶性总糖含量; SP 表示可溶性蛋白含量; TFAA 表示总游离氨基酸含量。

Note: \*means significant correlation at 0.05 level; \*\*means extremely significant correlation at 0.01 level. PH represents plant height; SD represents stem diameter; Y represents yield; N represents nitrate content; VC represents vitamin C content; SS represents soluble sugar content; SP represents soluble protein content; TFAA represents total free amino acid content.

图 4 莼菜生长和品质指标相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis between the growth indexes and quality indexes of amaranth

表 2 莼菜生长和品质指标的隶属函数值及综合评价

Table 2 Membership function values and comprehensive evaluation of every index of amaranth

类别 Category	处理 Treatment								
	M1A1	M2A1	M3A1	M1A2	M2A2	M3A2	M1A3	M2A3	M3A3
株高 Plant height	0.24	0.61	0.80	0.00	0.26	1.00	0.27	0.62	0.94
茎粗 Stem diameter	0.32	0.22	0.38	0.00	0.01	1.00	0.33	0.54	0.65
产量 Yield	0.14	0.40	0.50	0.00	0.10	1.00	0.12	0.41	0.83
硝酸盐含量 Nitrate content	0.58	0.85	0.09	0.75	0.59	0.00	0.99	1.00	0.07
维生素 C 含量 Vitamin C content	0.83	0.57	0.63	0.25	0.82	1.00	0.00	0.45	0.96
可溶性总糖含量 Soluble sugar content	0.48	0.17	0.00	0.95	1.00	0.62	0.71	1.00	0.21
可溶性蛋白含量 Soluble protein content	0.79	0.35	0.05	0.46	0.61	1.00	0.28	0.00	0.51
总游离氨基酸含量 Total free amino acid content	0.19	0.00	0.39	0.27	0.24	0.47	1.00	0.17	0.66
综合评价值 Comprehensive evaluation value	0.446 3	0.446 1	0.355 0	0.335 0	0.453 8	0.761 3	0.462 5	0.523 8	0.603 8
排序 Rank	6	7	8	9	5	1	4	3	2

的蔬菜,这可能与叶片是蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐还原和同化的主要场所有关。同时,有研究指出,同一棵蔬菜中硝酸盐含量从低到高为:花<果实<内叶<外叶<茎<根部<叶柄<sup>[21]</sup>。虽然硝酸盐本身对人体危害不大,但其进入人体内后会转变为亚硝酸盐,可造成组织缺氧,甚至危及生命。因而,硝酸盐含量是衡量叶菜品质的重要指标,是本研究所关注的重点。

前人研究指出,依据叶片中硝酸盐含量,可将蔬菜评级标准分为四级,其中低于  $432 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为一级

蔬菜,污染程度为轻度,允许生食;高于  $432 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  低于  $785 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为二级蔬菜,污染程度为中度,不宜生食,允许盐渍和熟食;高于  $785 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  低于  $1234 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为三级蔬菜,污染程度为高度,仅允许熟食;高于  $1234 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  低于  $3100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为四级蔬菜,属于严重污染蔬菜,禁止食用<sup>[22]</sup>。本研究结果显示,与 M1、M2 栽培模式相比,M3 栽培模式下,各莼菜品种叶片中硝酸盐含量大幅上升,其中,A1 和 A3 硝酸盐含量分别达到  $755.24$  和  $764.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,

对应分级标准属于硝酸盐中度污染,为二级蔬菜,但因其接近三级蔬菜的下限,也建议将其煮熟后再食用;而A2硝酸盐含量高达 $800.98\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,已属于硝酸盐高度污染,为三级蔬菜,熟食为宜。M2栽培模式下,除A2中硝酸盐含量中度污染外,A1和A3均属轻度污染,A3污染程度最轻,仅为 $268.80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 可生食。M1栽培模式下,A2和A3属于一级蔬菜范围,而A1则属于二级蔬菜。上述结果表明栽培模式对苋菜硝酸盐积累具有较大影响。

除硝酸盐外,叶片中维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白、总游离氨基酸也是与叶菜品质相关的重要物质<sup>[16, 23-24]</sup>。本研究表明,硝酸盐含量与维生素C含量呈极显著正相关,同时,硝酸盐含量与可溶性蛋白含量、维生素C含量与可溶性蛋白含量均呈显著正相关,表明苋菜品质受到硝酸盐与营养品质的综合影响。叶勤<sup>[23]</sup>研究表明,冬白菜、生菜、芹菜、莴笋(叶片)中硝酸盐含量与维生素C含量均呈明显负相关,而刘玉哲等<sup>[16]</sup>的研究结果表明,维生素C较高时,生菜、油麦菜、苦苣、茼蒿中硝酸盐也随之升高,这与本研究的结果相一致。

应用隶属函数法对各苋菜品种的生长和品质指标进行综合分析评价,表明M3A2综合评价值最高,M3A3次之,M2A3和M1A3分列第三、四位。然而,M3栽培模式下,A1、A2和A3品种叶片中硝酸盐含量分别高达 $755.24$ 、 $800.98$ 和 $764.46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,较M1栽培模式分别显著增加了53.51%、100.40%和178.23%,硝酸盐中高度污染,从食品安全性和饮食健康性角度综合考虑后不建议采用该方法种植;而A3品种M1栽培模式,虽然硝酸含量仅为 $274.76\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,为一级蔬菜,但综合排名位居第四,而且裸地露天栽培,容易遭受病虫害侵袭,导致商品性不佳与农药残留,因此也不建议采用该方式种植。M2栽培模式下,A2和A3品种排名靠前,且硝酸盐含量较低,同时纱网栽培也能有效降低病虫害发生率,减少农药使用量,提高苋菜质量。

综上所述,推荐采用M2(尼龙网小拱棚)种植A2(红柳叶苋菜)和A3(香港种大红圆叶苋菜),尤以M2A3配套种植为佳,可进一步在当地示范推广。

### 参考文献

- [1] 陆云梅,黄仁华,刘鸿宇.硒和丛枝菌根真菌处理对苋菜生长及硒积累的影响[J].福建农业学报,2024,39(5):563-570.
- [2] 殷武平,袁祖华,彭莹,等.生物炭有机肥部分替代化肥对苋菜生长、产量、品质和氮素利用率的影响[J].中国瓜菜,2023,36(6):77-83.
- [3] 王若鹏,吕伟,刘文萍,等.不同栽培模式对芝麻产量及土壤水热状况的影响[J].作物杂志,2024(4):247-252.
- [4] 吴挺佳,吴二煥,左静,等.不同栽培模式对铁皮石斛产量和品质的影响[J].热带林业,2024,52(1):46-50.
- [5] BIAN J L, XU F F, HAN C, et al. Effects of planting methods on yield and quality of different types of japonica rice in northern Jiangsu plain, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(12):2624-2635.
- [6] ZHANG T, ZHANG Z, QIAO Q, et al. Effect of cultivation methods on seed yield traits, oil yield, and fatty acid compositions of cultivated *Paeonia ostii* [J]. HortScience, 2021, 56(12): 1505-1512.
- [7] 陈桂林.我国设施农业的现状与展望[J].科技导报,1999(1): 23-25.
- [8] 曹兵,李劲松,陈冠铭,等.海南西瓜小拱棚栽培简易设施技术初报[J].热带农业科学,2007(1):38-40.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐和硝酸盐的测定:GB 5009.33—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [10] 王鸿飞,邵兴锋.果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M].北京:科学出版社,2012.
- [11] 王学奎.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [12] 王文平.植物样品中游离氨基酸总量测定方法的改进[J].北京农学院学报,1998,13(3):9-13.
- [13] DONG X F, WANG Y, YAN Y Y, et al. Transcriptome analysis of the development of pedicel abscission zone in tomato[J]. Horticulturae, 2022, 8(10):865.
- [14] 王飞,王波,郁继华,等.基于隶属函数法的油麦菜栽培基质综合评价[J].西北农业学报,2020,29(1):117-126.
- [15] 马兆阳,杨玉莹,曹云娥,等.基于隶属函数法的陕西关中地区大棚黄瓜品种综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2025,53(3):1-13.
- [16] 刘玉哲,冯爽,杨欣瑶,等.不同营养液配方对深液流栽培菊科叶菜生长及品质的影响[J].延边大学农学学报,2024,46(1): 32-39.
- [17] 周春衡,王文林,张雯龙,等.基于隶属函数法对不同基质配方下平菇生长和品质的综合评价[J].南方农业学报,2024,55(12):3615-3624.
- [18] 梁普兴,杨瑞怡,李强,等.不同简易栽培设施对华南地区越夏菜心产量及品质的影响[J].农业科技与技术,2017,18(12): 2354-2356.
- [19] 沈明珠,翟宝杰,东惠茹,等.蔬菜硝酸盐累积的研究I.不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价[J].园艺学报,1982,9(4): 41-48.
- [20] 黎燕玲,高素君,李荣波.深圳市市售蔬菜中硝酸盐含量调查[J].食品安全导刊,2019(12):102.
- [21] 占绣萍,李建勇,方朝阳,等.蔬菜中硝酸盐、亚硝酸盐残留状况及调控对策[J].上海农业学报,2024,40(2):89-93.
- [22] 周泽义,胡长敏,王敏健,等.中国蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐污染因素及控制研究[J].环境科学进展,1999(5):1-13.
- [23] 叶勤.几种叶类蔬菜硝酸盐与营养品质的关系[J].西南农业大学学报,2002,24(2):112-114.
- [24] 李海渤,冯慧敏,杨春亚,等.不同施肥处理对土壤质量及芥菜产量与品质的影响[J].广东农业科学,2024,51(7):13-24.