李名莉,刘玉兰,阚以琴,等.不同种植密度对'大同黄花'品质与产量的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2025,45(1):85-92.
Li M L, Liu Y L, Kan Y Q, et al. The effect of different planting densities on the quality and yield of 'Datong Huanghua'[J]. Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2025,45(1):85-92.
doi: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202404027

不同种植密度对'大同黄花'品质与产量的影响

李名莉[1],刘玉兰[1],阚以琴[1],邢国明[1],马涛[2],孙胜[1*]

(1.山西农业大学 园艺学院,山西 晋中 030801;2.山西农业大学 高寒区作物研究所 山西 大同 037006)

摘　要:[目的]本研究旨在探索黄花菜品种'大同黄花'适宜种植密度,提高产量,以期为当地黄花菜产业高质量发展提供技术指导。[方法]本研究以'大同黄花'为试材,设5种不同种植密度:T1(25 019穴/hm^2)、T2(20 009穴/hm^2)、T3(16 679穴/hm^2)、T4(14 294穴/hm^2)、T5(12 509穴/hm^2),研究不同种植密度对'大同黄花'生长、光合参数、品质、产量的影响。[结果](1)黄花菜的株高、冠幅均随种植密度的增加呈现先增加后降低的变化趋势,处理T3的株高最高,为46.7 cm,较最低处理T1高出7.03%。(2)处理T3的净光合速率最高,达到2.34 μmol/(m^2·s),显著高于其它处理。(3)处理T3花蕾中维生素C、总酚、β-胡萝卜素、游离氨基酸含量较其它处理均为最高,分别达到33.99 mg/100 g、0.38 mg/g、11.64 μg/g、11.54 mg/g,显著高于处理T1、T5。(4)处理T3单穴平均花蔓数达到5个,单蔓平均花蕾数为12个,平均单花重为4.47 g,产量达到4 594.50 kg/hm^2,显著高于其它处理,其次为处理T4,产量达到3 819.90 kg/hm^2。[结论]种植密度对黄花菜生长与光合特性、产量和品质均造成影响,且处理T3(16 679穴/hm^2)相较于其它处理,优势明显,适合黄花菜丰产栽培中采用。

关键词:黄花菜;密度;生长;品质;产量
中图分类号:S644.3　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1671-8151(2025)01-0085-08

The effect of different planting densities on the quality and yield of ´Datong Huanghua´

Li Mingli[1], Liu Yulan[1], Kan Yiqin[1], Xing Guoming[1], Ma Tao[2], Sun Sheng[1*]

(*1.College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, China; 2.High Latitude Crops Institute, Shanxi Agricultural University, Datong 037006, China*)

Abstract: [Objective] The current study was designed to optimize planting density for 'Datong Huanghua' daylilies to increase yield, and provide technical guidance for the high-quality development of the local daylily industry. [Method] Five planting densities were tested using 'Datong Huanghua' as the experimental material: T1 (25 019 holes/hm^2), T2 (20 009 holes/hm^2), T3 (16 679 holes/hm^2), T4 (14 294 holes/hm^2), and T5 (12 509 holes/hm^2). The effects of different planting densities on growth, photosynthetic parameters, quality, and yield were analyzed. [Results] (1) Plant height and crown width initially increased and then decreased with higher planting density. T3 exhibited the greatest plant height (46.7 cm), which was 7.03% higher than T1, which had the lowest. (2) T3 showed the highest net photosynthetic rate at 2.34 μmol/(m^2·s), significantly higher than other treatments. (3) T3 also achieved the highest levels of processing vitamin C (33.99 mg/100 g), total phenols (0.38 mg/g), β-carotene (11.64 μg/g), and free amino acids (11.54 mg/g), significantly higher than T1 and T5. (4) T3 had the highest average number of flower stems per hole (5), with an average of 12 flower buds per stem. The average weight of a single flower was 4.47 g, and the yield reached 4 594.50 kg/hm^2, significantly higher than other treatments. T4 followed with a yield of 3 819.90 kg/hm^2. [Conclusion] Planting density influenced the growth, photosynthetic characteristics, yield,

收稿日期:2024-04-10　　**修回日期**:2024-06-07
基金项目:国家重点研发计划项目"黄花菜绿色高效生产技术模式研发与推广"(2021YFD1600301-4)
作者简介:李名莉(ORCID:0009-0008-3872-6858),硕士研究生,研究方向:蔬菜栽培生理生态
*通信作者:孙胜(ORCID:0009-0008-7590-3729),教授,博士生导师,E-mail:sunsheng_2004@126.com

and quality of daylilies. Among the treatments, T3(16 679 holes/hm^2) showed significant advantages, making it the most suitable for high-yield cultivation.

Keywords: Daylily, Planting density, Growth, Quality, Yield

黄花菜(*Hemerocallis citrina* Baroni)又名忘忧草,原产于中国南部、日本及欧洲温暖地带,属于阿福花科萱草属多年生宿根草本植物[1]。黄花菜花蕾呈黄绿色,形似金针,因此又称为金针菜[2]。富含丰富的蛋白质、维生素C、钙、胡萝卜素、氨基酸等人体所必需的养分,具有抗抑郁、改善睡眠、下奶等多种功能[3-4],是一种兼有食用价值和药用价值的植物[5],深受国内外消费者青睐,市场开发潜力巨大[6]。近年来,山西省大同市云州区大力发展黄花产业,已经跃居中国第一大黄花菜主产区[7]。随着黄花菜的种植产业快速发展,确保黄花菜优质、持续高产已成为新时期产业发展的热点问题[8]。

大量实践证明,种植密度是影响作物生产的重要栽培因素,合理的种植密度可以塑造合理的群体结构,使作物最大程度地利用地力、光、热等资源[9],因此合理的种植密度是实现作物高产优质的必然条件[10-11]。何红君等[12]对宁夏地区'大乌嘴'黄花菜品种的最适种植密度研究表明,栽植密度对'大乌嘴'的花蕾生长、花蕾产量、蛋白质和胡萝卜素含量有显著影响。同时,张清云等[13]对宁夏中部干旱带'大乌嘴'黄花菜的最佳种植密度进行研究,指出不同移栽密度对黄花菜的抽薹数、花蕾数、产量、品质等都有一定的影响,合理的密植有利于黄花菜的生长和产量的提高,同时也利于提高黄花菜中营养成分的含量,移栽密度不宜过大或过小。

相关研究表明,适宜的种植密度除取决于作物本身的生物学特性之外,还受不同生态区气候、土壤等环境条件的影响[14-15],前人仅对宁夏地区大面积种植的'大乌嘴'黄花菜品种的种植密度进行研究,针对'大同黄花'黄花菜品种适宜种植密度对产量和品质的影响暂未见报道,'大同黄花'的栽培密度确定主要依靠生产经验,缺少系统的理论依据。为此,课题组在山西省大同市云州区进行大田试验,研究不同栽植密度对'大同黄花'的生长、光合特性、品质、产量的影响,以期为当地黄花菜产业的高质量发展提供技术支撑。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

于2022年10月进行挖苗、分苗,选取生长良好、长势一致的苗进行定植。参考相关文献,试验采用大田种植模式,种植深度为15 cm,穴距统一为50 cm,设置5种行距,分别为80、100、120、140、160 cm;每穴定植7株;试验共5个处理,每个处理重复3次,每个重复为1个小区,小区面积48 m^2,小区采用随机排列。具体处理见表1。

表1 试验处理

Table 1 Experimental treatments

处理 Treatments	行距/cm Line spacing	株数/穴 Number of plants	种植密度/(穴/hm^2) Planting density
T1	80	7	25 019
T2	100	7	20 009
T3	120	7	16 679
T4	140	7	14 294
T5	160	7	12 509

1.2 测定项目及方法

1.2.1 生长指标的测定

每个处理随机选取3株植株生长健壮且长势差异不大的黄花菜植株作为样本,用卷尺(精度0.1 cm)测量黄花菜植株的株高、冠幅、叶长、叶宽、花薹高度、花蕾长度;用游标卡尺测量花薹直径、花蕾直径。

1.2.2 光合参数测定

利用LI-6400型光合仪(美国LI-COR公司生产)测定盛花期黄花菜植株光合指标。在晴朗天气上午9:00-11:00,每个处理选取3株长势一致的黄花菜植株进行净光合速率、气孔导度、胞间CO_2浓度和蒸腾速率等指标的测定,以减少误差。

1.2.3 品质指标测定

参考高俊凤等[16]的方法,采用蒽酮比色法测定花蕾的可溶性糖含量;采用考马斯亮蓝染色法测定可溶性蛋白含量;采用钼蓝比色法测定维生素C含量;采用有机溶剂(乙醇)提取法测定总酚含量;采用茚三酮显色法测定游离氨基酸含量;采用有机溶剂(丙酮-石油醚)提取法测定β-胡萝卜素含量。

1.2.4　产量指标测定

记录单穴花薹数与单薹花蕾数,每穴黄花菜上采集5个长势一致的花蕾,用天平测定其单蕾鲜重,然后折算出产量。

产量(kg/hm^2)=(单穴花薹平均数×单薹花蕾平均数×单蕾平均重)/1000

1.3　统计分析

采用 Excel 2016 进行试验数据统计,运用 SPSS 26.0软件进行方差分析。

2　结果与分析

2.1　不同种植密度水平下黄花菜生长性状

由表2可见,随种植密度的增加,株高、冠幅、叶长、叶宽、薹高、薹粗、花蕾长度、花蕾直径均呈先增加后降低趋势,T3处理叶长最长,为61.07 cm,显著高于T1、T5,较T1、T5分别高出16.45%、13.57%,与T2、T4差异不显著。T3处理花薹高度(薹高)显著高于其它处理,为78.2 cm,较最低处理T1高出25.78%;其次为T2处理(68.63 cm),与T3差异显著,与其它处理差异不显著。株高、冠幅、叶宽、花薹直径(薹粗)、花蕾长度、花蕾直径各处理间差异不显著,但均为T3处理最大,分别为46.7 cm、73.3 cm、1.85 cm、4.14 mm、13.03 cm、9.89 mm。

2.2　不同种植密度水平下黄花菜光合参数

由表3可见,净光合速率随种植密度增加呈先升高后降低的趋势,T3处理显著高于其它处理,达到2.34 μmol/(m^2·s),较最低处理T1高出58.10%,其它处理间差异不显著。蒸腾速率变化趋势与净光合速率相同,T3处理的蒸腾速率为1.52 mmol/(m^2·s),显著高于T1,较T1高出40.74%,与T2、T4、T5差异不显著,较T2、T4、T5分别高出26.66%、2.01%、33.33%。T3处理气孔导度显著高于T1、T5,与T2、T3差异不显著,分别为0.044 1、0.053 1、0.048 5 mol/(m^2·s)。胞间二氧化碳浓度变化趋势与气孔导度相同,T2、T3、T4差异不显著,但T3仍然略高于其它处理;胞间二氧化碳浓度达到351.12 μmol/mol,较最低处理T1高出14.87%。

表2　不同密度水平下黄花菜生长性状

Table 2　Growth changes of daylily under different density levels

处理 Treatments	株高/cm Plant height	冠幅/cm Crown width	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	薹高/cm Bolt height	薹粗/mm Bolt thickness	花蕾长度/cm Flower length	花蕾直径/mm Flower thickness
T1	43.63±6.73a	67.60±8.65a	52.44±2.55b	1.73±0.15a	62.17±2.20b	3.91±0.22a	12.17±0.23a	9.41±0.22a
T2	44.80±2.56a	70.07±7.84a	54.78±4.28ab	1.82±0.03a	68.63±4.68b	4.00±0.70a	12.77±1.35a	9.51±1.11a
T3	46.70±5.41a	73.30±3.87a	61.07±4.97a	1.85±0.05a	78.20±6.31a	4.14±0.58a	13.03±0.46a	9.89±0.08a
T4	46.03±8.67a	70.17±7.40a	56.57±1.15ab	1.85±0.15a	64.90±2.17b	4.09±0.44a	12.80±0.96a	9.56±0.42a
T5	44.73±4.67a	69.40±4.52a	53.77±2.18b	1.76±0.11a	64.00±2.42b	3.95±0.20a	12.27±0.38a	9.46±0.41a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。表3~表5同。

Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among treatments ($P<0.05$). The same as Table 3 to Table 5.

2.3　不同种植密度水平下黄花菜花蕾品质性状

由表4可见,不同密度水平下可溶性糖含量、可溶性蛋白含量各处理间差异不显著,T3处理的可溶性糖含量最高为16.98%,而T1为15.62%,较其它处理偏低。T3与T4的可溶性蛋白含量较其它处理偏高,分别为4.94、4.55 mg/g。T3处理的维生素C含量为33.99 mg/100 g,显著高于T1、T2、T5,较T1、T2、T5分别高出19.17%、13.90%、17.49%,与T4差异不显著。不同密度水平下T3处理的总酚含量(0.38 mg/g)显著高于T1、T2、T5,与T4差异不显著(0.33 mg/g)。不同密度水平下,β-胡萝卜素含量随种植密度增加呈先升高后降低的变化趋势,T3为11.64 μg/g,显著高于T1、T2、T5,与T4差异不显著。T3处理的游离氨基酸含量为11.54 mg/g,显著高于T1、T5,较T1、T5分别高出27.65%、23.29%,与T2、T4差异不显著。

2.4　不同种植密度水平下黄花菜的产量

由表5可见,不同种植密度对产量及其构成因

表3 不同密度水平下黄花菜叶片光合参数

Table 3 Photosynthetic parameters of daylily leaves under different density levels

处理 Treatments	净光合速率/(μmol/(m²•s)) Pn	蒸腾速率/(mmol/(m²•s)) Tr	胞间CO_2浓度/(μmol/mol) Ci	气孔导度/(mol/(m²•s)) Gs
T1	1.48±0.39b	1.08±0.20b	305.67±9.32b	0.028±0.006b
T2	1.65±0.27b	1.20±0.24ab	324.60±28.09ab	0.044±0.004a
T3	2.34±0.27a	1.52±0.21a	351.13±10.37a	0.053±0.005a
T4	1.76±0.06b	1.49±0.22ab	337.24±4.55a	0.049±0.007a
T5	1.49±0.29b	1.14±0.22ab	307.60±13.06b	0.032±0.006b

表4 不同密度水平下黄花菜花蕾的品质性状

Table 4 Quality traits of flower buds of daylily under different density levels

处理 Treatments	可溶性糖/% Soluble sugar	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	维生素C/(mg/100 g) Vitamin C	总酚/(mg/g) Total phenols	β-胡萝卜素/(μg/g) β-Carotene	游离氨基酸/(mg/g) Free amino acid
T1	15.62±0.89a	4.26±0.40a	28.52±1.01b	0.28±0.04b	7.81±1.09c	9.03±0.82b
T2	16.11±1.16a	4.46±0.52a	29.84±1.63b	0.29±0.02b	8.87±1.07bc	10.68±1.01ab
T3	16.98±1.01a	4.94±0.50a	33.99±3.12a	0.38±0.03a	11.64±1.39a	11.54±1.03a
T4	16.92±1.58a	4.55±0.37a	30.66±1.12ab	0.33±0.04ab	10.27±0.64ab	11.11±1.62ab
T5	15.68±0.51a	4.29±0.17a	28.93±2.20b	0.29±0.05b	8.03±0.50c	9.36±0.75b

表5 不同密度水平下黄花菜的产量构成因素

Table5 Yield and constituent factors of daylily under different density levels

处理 Treatments	单穴花薹平均数/个 Average number of single hole flower stems	单薹花蕾平均数/个 Average number of single stem flower buds	单蕾平均重/g Average weight of single bud	产量/(kg/hm²) Yield
T1	3.33±0.58c	9.67±0.58c	4.07±0.32a	3 255.90±352.50cd
T2	4.00±0.00b	10.67±0.58bc	4.27±0.40a	3 642.75±197.10bc
T3	5.00±0.00a	12.33±0.58a	4.47±0.06a	4 594.50±215.10a
T4	5.00±0.00a	12.33±0.58a	4.33±0.25a	3 819.90±178.80b
T5	5.00±0.00a	11.67±0.58ab	4.20±0.53a	3 064.95±151.65d

素有一定的影响。T3处理的单穴花薹数最多为5个,显著高于T1、T2,与T4、T5差异不显著。单薹花蕾平均数T3与T4差异不显著,均为12.33个,T1处理的单薹花蕾平均数最低为9.67个。不同密度水平下各处理间单花重差异不显著,T3处理的单花重最重,为4.47 g,该处理产量也最高,为4 594.50 kg/hm²,与产量最低的T1处理相比增产了41.11%。

以上结果表明,种植密度为16 679穴/hm²时,单穴花薹数、单薹花蕾数和单位面积产量显著提高。

2.5 不同种植密度水平下黄花菜生理性状与产量的相关性

由表6可见,黄花菜叶片胞间二氧化碳浓度与净光合速率、蒸腾速率呈显著正相关,气孔导度与蒸腾速率呈显著正相关,与胞间二氧化碳浓度呈极显著正相关,可溶性糖含量、β-胡萝卜素含量与蒸腾速率呈极显著正相关,可溶性蛋白含量、维生素C含量、总酚含量与净光合速率呈极显著正相关。影响黄花菜产量的关键指标为净光合速率、胞间二氧化碳浓度、可溶性蛋白含量、维生素C含量、β-胡萝卜素含量,均与产量呈极显著正相关,说明适宜种植密度条件下,黄花菜植株叶片净光合速率、蒸腾速率最高,花蕾中可溶性蛋白含量、维生素C含量、β-胡萝卜素含量最高,进而实现高产。

3 讨论

3.1 种植密度对黄花菜生长的影响

作物的生长与密度息息相关,适宜的栽植密

表6　不同密度水平下黄花菜生理性状与产量的相关系数矩阵

Table 6　Correlation coefficient matrix between physiological traits and yield of daylily at different density levels

	净光合速率 Pn	蒸腾速率 Tr	胞间二氧化碳浓度 Ci	气孔导度 Gs	可溶性糖 Soluble sugar	可溶性蛋白 Soluble protein	维生素C Vitamin C	总酚 Total phenols	β-胡萝卜素 β-Carotene	游离氨基酸 Free amino acid
蒸腾速率 Tr	0.836									
胞间二氧化碳浓度 Ci	0.922*	0.954*								
气孔导度 Gs	0.840	0.920*	0.977**							
可溶性糖 Soluble sugar	0.831	0.991**	0.970**	0.948*						
可溶性蛋白 Soluble protein	0.993**	0.876	0.958*	0.899*	0.878					
维生素C Vitamin C	0.997**	0.866	0.941*	0.871	0.859	0.998**				
总酚 Total phenols	0.979**	0.917*	0.942*	0.858	0.899*	0.979**	0.985**			
β-胡萝卜素 β-Carotene	0.948*	0.964**	0.989**	0.939*	0.964**	0.972**	0.964**	0.979**		
游离氨基酸 Free amino acid	0.830	0.913*	0.973**	1.000**	0.945*	0.890*	0.861	0.847	0.931*	
产量 Yield	0.974**	0.867	0.964**	0.904*	0.888*	0.985**	0.973**	0.955*	0.964**	0.900*

注:*表示显著相关($P<0.05$),**表示极显著相关($P<0.01$)。

Note: * indicated significant correlation ($P<0.05$), ** indicated highly significant correlation ($P<0.01$).

度可为作物正常生长发育提供保障,确保作物获取充足的光照、水分、养分等[17]。马燕燕等[18]研究发现,随种植密度的增加,马铃薯株高呈现上升趋势,而茎粗呈现变细趋势。赵犇等[19]研究发现,水蓠菜种距从20 cm增加到40 cm时,生长指标均呈增加趋势。刘旭等[20]研究表明番茄的茎粗和高度随定植密度的增加呈现先增加后降低的变化趋势。郭潇潇等[21]研究表明,在一定的种植密度范围内,茴香苗菜的株高随种植密度增加而升高,这可能是由于在较高的种植密度下,茴香苗菜个体对光照的竞争剧烈,为能更多地接受光能,需要通过高度的增加来提高自身对光的竞争能力。徐进等[22]研究表明,栽培密度较小时,番茄的株高、茎粗均随栽培密度的增大而增加,而栽培密度过大时随着栽培密度的增大而降低。本试验研究结果与徐进研究结果一致,黄花菜的株高、冠幅、花薹高度等生长指标均呈现先上升后下降的变化趋势,T3处理各项生长指标表现最好。可能是因为栽培密度较小时,植株生长正常,互相影响程度也较小,当密度增大时,它们对水分、养分、光照展开竞争,致使出现长高的趋势;当密度继续增大时,由于竞争过于激烈导致养分、光照等条件不足,不能满足生长,所以又出现衰弱的表现,进而影响产量的形成[22]。

3.2　种植密度对黄花菜光合特性的影响

作物的光合作用是作物生长发育的关键[23],也是决定作物产量的最重要因素,光合能力大小直接影响作物产量的高低[24]。吴雁斌等[25]研究发现,同一覆膜方式下,随着种植密度的增大,马铃薯叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均会变大。秦利杰[26]认为适宜的种植密度可以改善番茄群体内的光照强度、CO_2浓度等微环境条件,提高

光合速率,增加光合产物积累量,同时还发现番茄叶片的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度等在适宜种植密度下均达到最大。侯超等[27]研究表明,在一定范围内,适当密植可降低辣椒的田间透光性,增强蒸腾作用,抑制呼吸作用,从而提高光合效率。孟宪敏[28]的结果表明,中密度处理条件下,黄瓜叶片栅栏组织较厚,叶绿素含量、净光合速率较高,群体间光合速率较强,进而提升光合能力,也提高黄瓜产量与品质。同时中密度栽培条件下黄瓜叶片的气孔导度Gs、胞间CO_2浓度Ci、蒸腾速率Tr均高于高密度处理。与孟宪敏研究中密度栽培条件下的结果一致,本试验研究结果表明,黄花菜的光合参数均随种植密度的增加呈先上升后下降,当密度超过或低于适宜的密度后,黄花菜植株的净光合速率和蒸腾速率均会降低。

3.3 种植密度对黄花菜产量与品质的影响

适宜的种植密度可协调产量因子间的关系,从而提高产量[29]。范建芝等[30]研究发现在一定密度范围内,鲜食型甘薯、商品薯的产量均随种植密度的增加而增加,单株薯重、单株商品薯块数、平均单薯重、平均单块商品薯重随密度增加而下降。陈米会等[31]研究发现,黑珍珠樱桃番茄的的单穗果重和单株果重随着种植密度的增大表现出先增大后降低的变化趋势。刘军民等[32]研究发现,在一定种植密度范围内,随密度的增加,紫阳洋葱的产量呈现先上升后下降的变化趋势,即当密度达到一定程度后,产量随密度的增加而降低,在种植密度为47.62万穴/hm^2时,产量最高,表明在此密度条件下,紫阳洋葱的田间群体生产力已达到最大值,继续增加密度会导致紫阳洋葱通风透光能力下降,产量降低;而密度低于此密度条件时,不能充分利用光能来积累更多的干物质,产量降低。张清云等[15]研究表明,随着定植密度的增加,黄花菜的抽薹数、花蕾数、单蕾重量和产量均表现先增加后减少的变化趋势。本试验结果与前人研究一致,说明合理的种植密度有利于黄花菜的生长和产量的提高。种植密度过大,黄花菜个体的生长受到抑制,单株的生产力就会降低;种植密度减小,单株的生产力逐渐提高,个体得到发展,但群体不足,群体的光合速率较低,导致群体的产量水平降低,除此之外,产量的构成因素是导致产量变化的直接原因。

张福[33]的研究结果表明,在一定密度范围内,老山芹叶片中的可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、维生素C含量、黄酮含量均表现先升高后降低的变化趋势。这与本研究结果"在一定种植密度范围内,黄花菜中的可溶性糖、蛋白质、维生素C、β-胡萝卜素、氨基酸等含量随种植密度的增加均表现先增加后降低的趋势,且维生素C、β-胡萝卜素、氨基酸等差异较为明显"一致。在本研究中,处理T3(种植密度为16 679穴/hm^2)的黄花菜营养品质特性较为突出。当然,不同地区由于气候、土壤特性等因素的影响,在种植密度的选择上会有一定差异。所以在实际生产中,还应注重地区差异所带来的影响,因地制宜以达到生产预期目标。在本次研究的过程中还有许多未完善的内容,如,黄花菜是多年生植物,本次试验只模拟同一年限黄花菜在不同密度条件下对产量和品质的影响,接下来将会针对不同年生黄花菜作进一步探究。

4 结论

针对目前黄花菜产业中所出现的有关种植密度的问题,本研究通过设置5种不同密度对山西省黄花菜主要栽培品种'大同黄花'的生长形态、光合生理、以及产量品质进行分析,发现T3处理(种植密度为16 679穴/hm^2)植株长势最强,株高、冠幅、花蕾长度、花蕾直径均在处理T3达到最大,分别为46.7 cm、73.3 cm、13.03 cm、9.89 mm;光合能力最强,净光合速率达到2.34 μmol/(m^2·s)、蒸腾速率达到1.52 mmol/(m^2·s);产量最高,达到4 594.50 kg/hm^2,品质表现最优,可作为黄花菜优质丰产栽培的适宜密度。

参考文献

[1]Qing Z X, Liu J H, Yi X X, et al. The chromosome-level *Hemerocallis citrina* Borani genome provides new insights into the rutin biosynthesis and the lack of colchicine [J]. Horticulture Research, 2021, 8: 89.

[2]王鑫. 庆阳黄花菜种质资源概况及育种前景[J]. 中国种业, 2005(4): 60-61.
Wang X. General situation and breeding prospect of daylily germplasm resources in Qingyang [J]. China Seed Industry, 2005(4): 60-61.

[3]Gu L, Liu Y J, Wang Y B, et al. Role for monoaminergic systems in the antidepressant-like effect of ethanol extracts from *Hemerocallis citrina*[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012,

139(3):780-787.

[4]Liu X L, Luo L, Liu B B, et al. Ethanol extracts from *Hemerocallis* citrina attenuate the upregulation of proinflammatory cytokines and indoleamine 2,3-dioxygenase in rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 153 (2): 484-490.

[5]李明玥,刘宏艳,肖静,等. 黄花菜的活性成分、生物活性及加工技术研究进展[J]. 食品工业科技,2022,43(19):427-435.
Li M Y, Liu H Y, Xiao J, et al. Research progress on bioactive components, biological activities, and processing technology of daylily (*Hemerocallis citrina* baroni) [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(19): 427-435.

[6]张清云,李明,安钰,等. 不同杀青温度及制干方式对黄花菜营养成分的影响研究[J]. 宁夏农林科技,2018,59(6):3-4,21.
Zhang Q Y, Li M, An Y, et al. Study on influences of different fixation temperature and drying method on the nutritional components of daylily [J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2018, 59(6): 3-4, 21.

[7]贾民隆,曹冬梅,李森,等. 黄花菜种质资源的研究进展[J]. 北方园艺,2024,(9):1-8.
Jia M L, Cao D M, Li S, et al. Research progress on germplasm resources of *Hemerocallis citrina* Baroni [J]. Northern Horticulture, 2024, (9): 1-8.

[8]宋卓琴,段九菊,梁峥,等. 抽薹期不同施氮量对黄花菜生长、光合特性及产量的影响[J]. 北方园艺,2023(13):8-14.
Song Z Q, Duan J J, Liang Z, et al. Effects of different nitrogen application rates on growth, photosynthetic characteristics and yield of daylily (*Hemerocallis citrina* baroni) at bolting stage [J]. Northern Horticulture, 2023(13): 8-14.

[9]卢潇. 马铃薯株型性状特征及与种植密度关系的分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2017.
Lu X. Analysis on the relationship between plant type characters and planting density [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2017.

[10]赵轩微,赵雅杰,田振东,等. 向日葵干物质转运及产量对播种期和栽培密度的响应[J]. 作物杂志,2021(3):185-189.
Zhao X W, Zhao Y J, Tian Z D, et al. Response of dry matter transportion and yield to sowing date and planting density on sunflower [J]. Crops, 2021(3): 185-189.

[11]Sandhu R, Irmak S. Effects of subsurface drip-irrigated soybean seeding rates on grain yield, evapotranspiration and water productivity under limited and full irrigation and rainfed conditions [J]. Agricultural Water Management, 2022, 267: 107614.

[12]何红君,王茹,张波,等. 不同移栽密度对"大乌嘴"黄花菜品种产量及品质的影响[J]. 东北农业科学,2021,46(3):82-85.
He H J, Wang R, Zhang B, et al. Effects of different transplant densities on yield and quality of "dawuzui" variety of daylily [J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2021, 46(3): 82-85.

[13]张清云,龙澍普,安钰,等. 移栽密度调控对黄花菜产量及品质的影响研究[J]. 宁夏农林科技,2020,61(1):11-13.
Zhang Q Y, Long S P, An Y, et al. Effect of transplanting density on yields and quality of daylily [J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2020, 61 (1): 11-13.

[14]韩金玲,杨晴,周印富,等. 冀东地区种植密度对小麦京冬8号抗倒伏能力和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2015,35(5):667-673.
Han J L, Yang Q, Zhou Y F, et al. Effect of planting density on lodging-resistance and grain yield of winter wheat in the east of Hebei Province [J]. Journal of Triticeae Crops, 2015, 35 (5): 667-673.

[15]朱灿灿,马春业,秦娜,等. 种植密度对夏谷抗倒性及光合特性的影响[J]. 河南农业科学,2018,47(9):53-55.
Zhu C C, Ma C Y, Qin N, et al. Effects of planting density on lodging resistance and photosynthetic characteristics of summer foxtail millet [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2018, 47(9): 53-55.

[16]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:144-148.
Gao J F. Experiments guidance for Plant Physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 144-148.

[17]吴宏生. 种植密度对高粱群体生理指标及产量影响探究[J]. 种子科技,2023,41(1):21-23.
Wu H S. Effects of planting density on physiological indexes and yield of *Sorghum* population [J]. Seed Science & Technology, 2023, 41(1): 21-23.

[18]马燕燕,姜艳芳,贡丹敏,等. 不同种植密度对秋马铃薯生长及产质量的影响[J]. 湖南农业科学,2022(1):22-25.
Ma Y Y, Jiang Y F, Gong D M, et al. Effect of different plant densities on the growth, yield and quality of autumn potato[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2022(1): 22-25.

[19]赵犇,宛汉斌,王立华,等. 不同种植密度对水生蕹菜生长指标的影响[J]. 长江蔬菜,2014,(16):34-36.
Zhao B, Wan H B, Wang L H, et al. Effects of different planting densities on growth indexes of aquatic ipomea *Aquatica* [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2014(16): 34-36.

[20]刘旭. 夏季日光温室番茄种植适宜密度及群体小气候特性的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2014.
Liu X. Study on tomato optimum planting density and characteristics of colony microclimate in summer solar greenhouse [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.

[21]郭潇潇,韩蕊,刘徐冬雨,等. 种植密度对茴香苗菜生长及产量的影响[J]. 中国瓜菜,2022,35(4):80-86.
Guo X X, Han R, Liu X D Y, et al. Effect of planting density on growth and yield of fennel [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2022, 35(4): 80-86.

[22]徐进,齐艳花,李红岭,等. 不同栽培密度与留果数对秋大棚番茄生长发育及产量的影响[J]. 北京农业,2009 (12):41-44.
Xu J, Qi Y H, Li H L, et al. Effects of the different plant density and different stay fruit on growth vigour and the yield of autumn greenhouse tomato [J]. Beijing Agriculture, 2009

(12):41-44.

[23]卢发光. 种植密度和施氮量对沿海盐碱地紫花苜蓿生长、生理、产量和品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2022.
Lu F G. Effects of planting density and nitrogen application rate on growth, physiology, yield and quality of alfalfa in coastal saline-alkali land[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2022.

[24]Mauro R P, Occhipinti A, Longo A M G, et al. Effects of shading on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and photosynthesis of subterranean clover [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2011, 197(1): 57-66.

[25]吴雁斌, 吕和平, 梁宏杰, 等. 不同覆膜方式与种植密度互作对马铃薯光合特性及产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(7): 62-68.
Wu Y B, Lü H P, Liang H J, et al. Interaction of different film mulching methods and planting density affects photosynthetic characteristics and yields of potato[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2022, 35(7): 62-68.

[26]秦利杰. 日光温室架式栽培番茄适宜密度与基质研究[D]. 泰安:山东农业大学,2018.
Qin L J. Study on optimum density and growing media for elevated cultivated tomato in solar greenhouse[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2018.

[27]侯超,陶承光,王丽萍,等. 不同密度和整枝方式对辣椒光合特性、干物质分配及产量的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(3):159-162.
Hou C, Tao C G, Wang L P, et al. Effect of different density and training methods on photosynthetic characteristics, dry matter distribution and yield of *Capsicum annuum* L.[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(3): 159-162.

[28]孟宪敏. 营养液EC值、种植密度对封闭式槽培黄瓜生长影响[D]. 邯郸:河北工程大学,2018.
Meng X M. Effects of EC value of nutrient solution and planting density on cucumber growth in enclosed trough culture [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2018.

[29]蒋进,王淑荣,张连全,等. 种植密度和施肥量对南麦618农艺性状、叶绿素含量及产量的影响[J]. 南方农业学报,2017,48(3):416-421.
Jiang J, Wang S R, Zhang L Q, et al. Effects of planting density and fertilizer application rate on agronomic traits, chlorophyll content, leaf area and yield of wheat Nanmai 618 [J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(3): 416-421.

[30]范建芝,井水华,王洪芹,等. 薯苗类型和种植密度对鲜食型甘薯生长发育及产量形成的影响[J]. 山东农业科学,2023,55(2): 51-56.
Fan J Z, Jing S H, Wang H Q, et al. Effects of seedling type and planting density on growth, development and yield formation of fresh edible sweet potato [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(2): 51-56.

[31]陈米会,金超,陈春. 不同处理方式对黑珍珠樱桃番茄产量的影响[J]. 农技服务,2023,40(8):36-39.
Chen M H, Jin C, Chen C. Effects of different treatments on tomato yield of black pearl cherry [J]. Agricultural Technology Service, 2023, 40(8): 36-39.

[32]刘军民,孙玉,蔡志林,等. 栽培因子对紫阳洋葱产量及农艺性状的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(12):38-39,42.
Liu J M, Sun Y, Cai Z L, et al. Effects of different cultivation factors on yield and agronomic characters of Ziyang onion[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(12): 38-39,42.

[33]张福. 栽培条件对老山芹光合特性和生长的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2018.
Zhang F. Effects of cultivation conditions on the photosynthetic characteristics and growth of *Heracleum moellendorffii* hance [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018.

(编辑:吕俊俐)