

适宜机械化栽培的不结球白菜品种筛选与经济效益分析

李玉玲¹, 于朋¹, 柏广利¹, 武紫晴², 尹德兴¹, 王舟舟¹, 赵俊杰¹, 李英¹

(1. 南京市蔬菜科学研究所 南京 210042; 2. 南京农业大学园艺学院 南京 210095)

摘要:为筛选出适宜长江中下游地区机械化栽培的青梗不结球白菜品种,以夏妃599为对照,试种13个品种,筛选出株型直立、产量最高、亚硝酸盐含量最低、适宜机械化采收的不结球白菜品种金品夏冠。为探讨金品夏冠宜机化品种特性,在不同播种期和播种密度下对其产量、采收效果及经济效益进行分析,试验设置4个播种密度:1560株·m⁻²(D1)、1280株·m⁻²(D2)、1000株·m⁻²(D3)、720株·m⁻²(D4),3个播种期:2023年4月3日(M1)、8月13日(M2)和11月6日(M3)。结果表明,在同一播种密度,M2播种期较M1和M3具有完整率高、漏割损失率和含杂率低的特点,且产量、产值、经济效益最高。在同一播种期,随着播种密度增加,漏割损失率、损伤率、含杂率随之降低,完整率、产量、总产值呈现上升趋势。M2播种期随着播种密度增加,经济效益随之提高,D1播种密度经济效益可达6255.62元·667m⁻²;M1和M3播种期,用种量的提高能增加产量及产值,但种子成本随之增加,经济效益在D2播种密度时达到最大。推荐适宜组合为M2+D1、M1+D2或M3+D2。

关键词:不结球白菜;机械化;品种;播种期;播种密度;效益

中图分类号:S634.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)11-133-08

Selection of suitable varieties and economic benefit analysis for mechanized production of non-heading Chinese cabbage

LI Yuling¹, YU Peng¹, BO Guangli¹, WU Ziqing², YIN Dexing¹, WANG Zhouzhou¹, ZHAO Junjie¹, LI Ying¹

(1. Nanjing Vegetable Science Research Institute, Nanjing 210042, Jiangsu, China; 2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: In order to screen out the varieties of non-heading Chinese cabbage suitable for mechanized cultivation in the middle and lower reaches of the Yangtze River, 13 varieties were cultivated with Xiafei 599 as the control. The variety Jinpinxiaguan was selected for its upright plant architecture, highest yield, lowest nitrite content, and suitability for mechanical harvesting. To explore the mechanization characteristics of Jinpinxiaguan, the yield, harvesting efficiency, and economic benefit were conducted under different sowing dates and densities. The experimental included four densities: 1560 plants·667 m⁻² (D1), 1280 plants·667 m⁻² (D2), 1000 plants·667 m⁻² (D3), 720 plants·667 m⁻² (D4), and three sowing dates: April 3rd, 2023 (M1), August 13th, 2023 (M2) and November 6th, 2023 (M3). The results showed that under the same sowing density, the M2 had the characteristics of low leakage loss rate, high integrity rate and low impurity rate, and the yield, output value and economic benefit were the higher than that of M1 and M3. Under the same sowing date, with the increase of the sowing density, the leakage loss rate, damage rate, impurity rate decreased, while the integrity rate, yield, output value increased. The economic benefit of Jinpinxiaguan sown in M2 increased with the increase of sowing density, and the benefit of D1 reached 6255.62 yuan·667 m⁻². For the M1 and M3 sowing dates, although higher seed amount increased the yield and output value, the associated seed cost also rose, with economic benefit peaking at the D2 sowing density. The feasible combination recommend is M2+D1, M1+D2 or M3+D2.

Key words: Non-heading Chinese cabbage; Mechanization; Variety; Sowing date; Sowing density; Benefit

收稿日期:2025-02-06;修回日期:2025-05-22

基金项目:江苏现代农业(蔬菜)产业技术体系南京推广示范基地(JATS(2023)009);南京市蔬菜科学研究所社发基金项目(2025-3-02)

作者简介:李玉玲,女,农艺师,主要从事叶菜栽培技术研究。E-mail:2436613905@qq.com

通信作者:李英,女,正高级农艺师,主要从事蔬菜栽培技术研究。E-mail:excelee@163.com

不结球白菜,又名青菜,原产于中国,为长江中下游地区复种面积最大的蔬菜作物,可周年种植,是全国大中城市最重要的保供蔬菜^[1-3]。当前,不结球白菜生产人工成本高、生产作业效率低等问题十分突出,特别是在播种和采收环节尤为明显。应用机械来提高不结球白菜生产各个环节的作业效率,配套品种选择、种植模式等关键栽培技术提升作业质量与经济效益,是解决这一难题的有效方法。当前在蔬菜机械化生产中存在不结球白菜品种问题,比较统一的观点是宜机化品种应具有容错切程大、采收时叶片损伤小、产量高、品质好等特点。为充分发挥机械化生产优势,品种筛选后需配套相适应的栽培措施,这一过程必然涉及播期、播种密度等问题。前人研究发现,通过调节栽培密度可以促进不结球白菜生长,从而提高作物的产量和效益。洪春佟^[4]研究表明,合理密播有助于小白菜产量增加。镇召国等^[5]总结出夏季稀播不结球白菜有更好的品质和更高的效益。但这些研究多集中于单一

栽培技术,对于不同播期及播种密度下宜机化品种产量、机械采收效果及经济效益的综合研究还未见报道。因此,本研究以夏妃 599 为对照,试种 13 个青梗不结球白菜品种,比较不同品种种植株生长、品质、产量的差异,以及机械操作中的适应性和可行性,筛选出适宜长江中下游地区机械化栽培的不结球白菜品种。以此品种为基础进一步开展配套栽培技术研究,试验设置 3 个播期、4 个播种密度,在播期、播种密度协同下对其产量、机械采收效果、经济效益差异进行分析,旨在挖掘宜机化品种增产潜力,提高长江中下游地区不结球白菜机械化生产综合收益。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 植物学材料 供试材料包括 14 个青梗不结球白菜品种,各品种名称及来源如表 1 所示。

1.1.2 供试场地 试验于 2022 年 8 月至 2023 年

表 1 不结球白菜品种名称及供种单位

Table 1 Varieties and seed supplying units of different non-heading Chinese cabbage

序号 No.	品种 Variety	来源 Source
1	金品 28 Jinpin 28	福建金品农业科技股份有限公司 Fujian Jinpin Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
2	新海青 375 Xinhaiqing 375	南京新创蔬菜分子育种研究院有限公司 Nanjing Xinchuang Vegetable Molecular Breeding Research Institute Co., Ltd.
3	德高夏龙 7 号 Degaoxialong No. 7	德州市德高蔬菜种苗研究所 Dezhou Degao Vegetable Seedling Research Institute
4	盛夏青 Shengxiaqing	南京金盛达种子有限公司 Nanjing Jinshengda Seed Co., Ltd.
5	华冠 Huaguan	日本武藏野种苗园株式会社 Musashino Seedling Garden Co., Ltd. of Japan
6	珍品 66 Zhenpin 66	福建省南平市建阳区晓富种子有限公司 Xiaofu Seed Co., Ltd., Jianyang District, Nanping City, Fujian Province
7	金品 1 夏 Jinpin 1 Xia	福建金品农业科技股份有限公司 Fujian Jinpin Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
8	黑帅 Heishuai	合肥天丰种业有限公司 Hefei Tianfeng Seed Industry Co., Ltd.
9	夏欣 Xiaxin	厦门中厦蔬菜种子有限公司 Xiamen Zhongxia Vegetable Seed Co., Ltd.
10	夏浪 Xialang	南京理想农业科技有限公司 Nanjing Lixiang Agricultural Technology Co., Ltd.
11	金品夏冠 Jinpinxiaguan	杭州三江种业有限公司 Hangzhou Sanjiang Seed Industry Co., Ltd.
12	好吃青 Haochiqing	成都富新源种业有限责任公司 Chengdu Fuxinyuan Seed Industry Co., Ltd.
13	绿翡翠 Lüfeicui	福建省南平市建阳区晓富种子有限公司 Xiaofu Seed Co., Ltd., Jianyang District, Nanping City, Fujian Province
14	夏妃 599 Xiafei 599 (CK)	福州科翔种业有限公司 Fuzhou Kexiang Seed Industry Co., Ltd.

12月在南京市蔬菜科学研究所横溪基地蔬菜展示区设施内进行。设施长40.0 m,棚宽8.0 m,顶高4.0 m。

1.2 试验设计

适宜机械化栽培的不结球白菜品种筛选试验于2022年8—9月开展,1个品种设为1个处理,表1中1~13号不结球白菜品种对应1~13个处理,14号夏妃599为对照。2022年8月28日使用康博2BJ-JT10精密蔬菜播种机统一播种,选用Y-24型播种轮,前齿轮设置为14、后齿轮为9,株距调节数值为2.5 cm、行距调节数值为9 cm播种。试验小区长13 m,宽1.1 m,面积为14.3 m²,每个处理3次重复,随机区组排列。9月19日统一使用富来威4UM-120叶菜收获机采收。

不同播期和播种密度下不结球白菜经济效益分析试验于2023年4—12月开展,以金品夏冠为试验材料,参照常规种植密度1000株·m⁻²调整密度范围,设置4个播种密度:D1:1560株·m⁻²,D2:1280株·m⁻²,D3:1000株·m⁻²,D4:720株·m⁻²。金品夏冠千粒重2.01 g,发芽率为91.25%,D1、D2、D3、D4的实际用种量分别为3.44、2.82、2.2、1.59 g·m⁻²。试验小区长13 m,宽1.1 m,面积为14.3 m²,每个处理3次重复。播种日期为M1:4月3日,M2:8月13日,M3:11月6日。使用富来威4UM-120叶菜收获机采收,日期分别为4月27日、9月1日、12月6日。

1.3 调查内容与方法

当不结球白菜展开6~8片真叶时依次采样,测定植株生长、品质、机械采收以及产量(鲜质量)指标。1.3.1 生长指标 收获时每小区随机选取10株长势一致的植株用于测定株型、株高、株幅、最大叶片长与宽、最大叶片叶柄长与宽、叶片数、容错切程(从有经济价值的老叶开始,向上至最近一片真叶,向下至子叶,两者的竖直距离之和)。根据植株整齐情况将整齐度分为4级:1级为一般;2级为较整齐;3级为整齐;4级为非常整齐。

1.3.2 植株品质指标 每个小区随机选取5株生长一致无明显病虫害的植株,剪去根部,冲洗干净叶片泥土。取第3片~第5片完全展开叶,去除叶脉,剪碎混匀测定植株品质。采用紫外快速测定法测定维生素C含量,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量,采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白质含量,采用比色法测定亚硝酸盐含量。

1.3.3 机械采收指标 每个小区机具前进距离均为5.0 m,采收结束后,对各测点内不结球白菜割口

进行调查计算漏割损失率(收割后未被切割的不结球白菜高于割茬部分的质量与取样面积内应收不结球白菜质量的百分比)。切割完成后在不结球白菜收集框内随机选取5份300 g样品计算各组叶片损伤率(伤菜及碎嫩叶片质量与取样菜质量的比值)、含杂率(黄叶、泥土、根等杂质质量与取样菜质量的比值)、完整率(取样菜中去除伤菜、碎嫩叶及泥土等杂质后的菜质量与取样菜质量的比值)。

1.3.4 产量指标 每个小区机具前进距离为5.0 m,对采收后去除泥土等杂质后的净菜鲜质量计算小区产量和667 m²产量。

2 结果与分析

2.1 适宜机械化栽培的不结球白菜品种筛选

2.1.1 不同品种株生长指标分析 从表2可知,所有品种株型皆为直立。不同品种株高范围为14.01~20.97 cm,其中金品夏冠株高最高,显著高于其他品种。所有品种株幅均在20 cm以内,其中绿翡翠株幅为19.92 cm,在所有品种中最大,除与金品夏冠无显著差异外,显著大于其他品种;夏浪最大叶片最长,金品夏冠最大叶片最宽。各品种最大叶片叶柄长差异较大,范围为5.38~8.89 cm,夏浪最大叶片叶柄宽为1.40 cm,显著大于其他品种。从叶片数看,所有品种叶片数均在6.5片左右,其中绿翡翠、金品夏冠、新海青375叶片数均大于7片,均显著高于其他品种。从整齐度上看,夏欣、金品1夏整齐度为4级,长势最为整齐。容错切程是影响不结球白菜机械化生产商品性的重要指标,因植株生长茎基部的差别(图1),各品种容错切程存在较大差异,金品夏冠容错切程最大,达到25.12 mm,显著高于其他品种。

2.1.2 不同品种产量分析 由表3可知,14个品种小区产量范围为24.41~44.36 kg。金品夏冠667 m²产量最高,为2 069.10 kg,较对照667 m²产量增幅为31.09%,其次是珍品66、绿翡翠、金品1夏,4个品种667 m²产量均显著高于其他品种,但该4个品种间差异不显著。各品种667 m²产量较对照增幅范围为-27.87%~31.09%,除新海青375、德高夏龙7号、黑帅、好吃青产量较对照负增长外,其他品种产量均高于对照。

2.1.3 不同品种机械采收指标分析 机械采收指标是宜机化品种筛选的重要参考,由表4可知,从漏割损失率上看,金品夏冠漏割损失率最低,为8.76%,其次是夏浪、夏欣。在损伤率方面,不同品

表 2 不同不结球白菜品种植株生长指标分析
Table 2 Analysis of plant growth of different non-heading Chinese varieties

品种 Variety	株型 Plant type	株高 Plant height/cm	株幅 Plant spread/cm	最大叶片 Largest leaf		最大叶片叶柄 Length/cm 宽 Width/cm		叶片数 Number of leaves	整齐度 Growth uniformity	容错切程 Fault tolerant cutting process/mm
				长 Length/cm	宽 Width/cm	长 Length/cm	宽 Width/cm			
金品 28 Jinpin 28	直立 Up-right	16.12 e	18.23 bc	8.62 c	4.57 e	6.56 h	0.87 bc	6.62 c	3	10.26 e
新海青 375 Xinhaiqing 375	直立 Up-right	15.01 f	17.74 bcd	9.23 b	5.26 cd	7.96 cd	0.81 bc	7.01 a	3	7.81 g
德高夏龙 7 号 Degaoxialong No.7	直立 Up-right	15.27 f	16.95 cd	8.51 c	4.44 e	6.63 gh	0.90 bc	6.33 d	1	6.58 h
盛夏青 Shengxiaqing	直立 Up-right	16.98 d	17.64 bcd	8.25 c	5.58 b	7.94 cd	0.87 bc	6.33 d	3	8.89 f
华冠 Huaguan	直立 Up-right	15.42 ef	16.41 d	9.26 b	4.55 e	6.78 fg	0.87 bc	6.51 cd	2	7.89 g
珍品 66 Zhenpin 66	直立 Up-right	18.54 b	16.38 d	9.15 b	5.48 bc	8.89 a	0.91 bc	6.12 e	2	11.36 cd
金品 1 夏 Jinpin 1 Xia	直立 Up-right	17.48 c	17.16 cd	9.43 b	5.16 d	8.21 b	0.81 bc	6.47 cd	4	9.89 e
黑帅 Heishuai	直立 Up-right	14.01 g	16.42 d	8.12 c	4.06 g	6.86 f	0.76 c	6.82 b	2	5.39 i
夏欣 Xiaxin	直立 Up-right	18.77 b	16.92 cd	9.25 b	5.36 c	8.78 a	0.85 bc	6.33 d	4	12.12 c
夏浪 Xialang	直立 Up-right	17.96 bc	17.38 cd	10.90 a	4.37 f	5.38 i	1.40 a	6.00 e	3	19.34 b
金品夏冠 Jinpinxiaguan	直立 Up-right	20.97 a	19.24 ab	10.60 a	6.59 a	8.04 c	0.96 b	7.10 a	2	25.12 a
好吃青 Haochiqing	直立 Up-right	17.23 cd	16.23 d	9.56 b	5.28 cd	8.03 c	0.92 bc	6.51 cd	3	11.24 d
绿翡翠 Lüfeicui	直立 Up-right	17.12 d	19.92 a	9.71 b	5.55 b	7.21 e	0.93 bc	7.11 a	3	10.12 e
夏妃 599 Xiafei 599(CK)	直立 Up-right	17.05 d	16.84 cd	9.54 b	5.47 bc	7.84 d	0.81 bc	6.64 c	2	7.58 g

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.



注:A. 金品夏冠;B. 夏妃 599(CK)。

Note: A. Jinpinxiaguan; B. Xiafei 599 (CK).

图 1 播种后 18 d 金品夏冠与对照夏妃 599 茎基部差别

Fig. 1 Difference between the stem base of Jinpinxiaguan and the control Xiafei 599 at 18 d after sowing

种损伤率在 2.98%~7.56%，金品 1 夏最低，华冠、夏浪次之。从完整率上看，金品夏冠、夏浪的完整率高于 95%，显著高于其他品种；除金品 28、珍品 66、绿翡翠完整率低于对照外，其他品种完整率均高于对照且大于 90%。从含杂率上看，所有品种含杂率均低于 8%，以金品夏冠最低，为 0.51%。

2.1.4 不同品种品质分析 由表 5 可知，不同品种维生素 C 含量差异较大，含量范围为 82.56~136.28 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ，以夏欣最高，为 136.28 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ，德高夏龙 7 号次之，这 2 个品种含量显著高于对照夏妃 599。从可溶性蛋白含量上看，所有品种可溶性蛋白含量均在 1.2% 以内，夏欣含量最高，为 1.19%。从可溶性糖含量上看，夏欣含量最高，为 0.94%，绿翡翠含量最低，为 0.38%，2 个品种间差异显著，13 个品种中金品 28、夏欣、夏浪的可溶性糖含量均高于对照。蔬菜极易积累亚硝酸盐，特别是不结球白菜这样的茎叶类蔬菜，在本试验中，供试品种亚硝酸盐

表3 不结球白菜品种产量分析

Table 3 Analysis of yield of different non-heading

Chinese varieties

品种 Variety	小区产量 Plot yield/kg	667 m ² 产量 667 m ² yield/ kg	比CK± More than CK±/%
金品 28	36.92 c	1 722.07 c	+9.10
Jinpin 28			
新海青 375	33.16 de	1 546.69 de	-2.01
Xinhaiqing 375			
德高夏龙 7 号	31.56 e	1 472.06 e	-6.74
Degaoxialong No. 7			
盛夏青	36.38 c	1 696.89 c	+7.51
Shengxiaqing			
华冠 Huaguan	37.96 c	1 770.58 c	+12.17
Zhenpin 66	42.13 a	1 965.28 a	+24.50
Jinpin 1 夏	41.77 a	1 948.29 a	+23.43
Jinpin 1 Xia			
黑帅 Heishuai	24.41 g	1 138.56 g	-27.87
夏欣 Xiaxin	39.74 b	1 853.61 b	+17.44
夏浪 Xialang	36.56 c	1 705.28 c	+8.04
金品夏冠	44.36 a	2 069.10 a	+31.09
Jinpinxiaguan			
好吃青	27.42 f	1 278.96 f	-18.97
Haochiqing			
绿翡翠 Lüfeicui	41.85 a	1 952.02 a	+23.67
Xiafei 599	33.84 d	1 578.41 d	
Xiafei 599(CK)			

含量均在 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以内,低于 $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的国家标准,其中金品夏冠含量最低,为 $0.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次是珍品 66、华冠、夏浪。

2.1.5 不结球白菜品种综合比较分析 14 个品种中金品夏冠 667 m^2 产量最高,达到 $2 069.10 \text{ kg}$,且具有株型直立、容错切程最大、机械化采收漏割损失率最低、完整率最高、亚硝酸盐含量最低的优点,初步判断可作为宜机化品种在长江中下游地区栽培。

2.2 不同播期与播种密度下金品夏冠机械化生产经济效益分析

2.2.1 播期与播种密度对金品夏冠机械采收指标的影响 由表 6 可知,相同播种密度下,M2 播期的金品夏冠具有漏割损失率低、完整率高、含杂率低的特点,除损伤率没有明显规律外,其他机械采收指标较另两个播期均具有明显优势,这可能与高温季节植株生长迅速、下胚轴及基部节间较长、更易采收有关。在相同播期下,不同播种密度间表现出随着播种密度增加,漏割损失率、损伤率、含杂率降

表4 不结球白菜品种机械采收指标分析

Table 4 Analysis of mechanical recovery index of

different non-heading Chinese varieties

%

品种 Variety	漏割损失率 Leakage loss rate	损伤率 Damage rate	完整率 Integrity rate	含杂率 Impurity rate
金品 28	11.28 e	7.26 a	88.89 fg	3.85 d
Jinpin 28				
新海青 375	16.36 bc	5.26 b	91.90 cde	2.84 e
Xinhaiqing 375				
德高夏龙 7 号	18.17 b	4.02 bc	90.10 ef	5.88 bc
Degaoxialong No. 7				
盛夏青	14.68 cd	3.68 bc	92.83 bc	3.49 de
Shengxiaqing				
华冠 Huaguan	17.69 b	3.02 c	90.54 def	6.44 ab
Zhenpin 66	11.69 e	4.12 bc	88.12 g	7.76 a
金品 1 夏	12.63 de	2.98 c	93.67 b	3.35 de
Jinpin 1 Xia				
黑帅 Heishuai	20.17 a	3.63 bc	90.23 ef	6.14 bc
夏欣 Xiaxin	10.69 efg	5.36 b	93.19 b	1.45 f
夏浪 Xialang	9.04 fg	3.08 c	96.04 a	0.88 fg
金品夏冠	8.76 g	3.11 c	96.38 a	0.51 g
Jinpinxiaguan				
好吃青	10.91 ef	4.12 bc	92.13 bed	3.75 d
Haochiqing				
绿翡翠	14.23 d	7.56 a	88.77 fg	3.67 d
Lüfeicui				
夏妃 599	13.74 d	4.26 bc	89.99 f	5.75 c
Xiafei 599(CK)				

低以及完整率呈增高的趋势;在 M2 播期,4 个播种密度下,损伤率、含杂率排序均为 D1<D2<D3<D4,完整率排序为 D1>D2>D3>D4,且完整率在各播种密度下差异显著,说明 M2 播期高密度种植可使机械采收效果更佳;M3 播期表现出与 M1、M2 相同的趋势,即随着密度增加,机械采收效果更好。

2.2.2 播期与播种密度对金品夏冠产量的影响

由表 7 可知,M1、M2、M3 播期金品夏冠 667 m^2 产量范围分别为 $1 208.63 \sim 2 055.19 \text{ kg}$ 、 $1 401.37 \sim 2 124.31 \text{ kg}$ 、 $1 306.37 \sim 2 095.15 \text{ kg}$,各播种密度下均以 M2 播期产量最高,说明夏季高温有利于植株生长,产量较春秋两季稍高。从不同播种密度上看,各播期产量排序均为 D1>D2>D3>D4,除 M2、M3 播期 D1 与 D2 密度间差异不显著外,3 个播期下其他密度间产量差异均达到显著水平,说明在一定密度下播种量越大,产量越高。

2.2.3 金品夏冠机械化生产经济效益分析 本试验采收期分别为 4 月 27 日、9 月 1 日、12 月 6 日,蔬菜产地收购价参照南京市农业农村局网站公布

表 5 不同不结球白菜品种品质分析
Table 5 Analysis of quality of different non-heading Chinese cabbage varieties

品种 Cultivar	w(维生素 C) Vitamin C content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/%	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(亚硝酸盐) Nitrite content/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
金品 28 Jinpin 28	98.51 f	1.04 ab	0.83 a	0.38 b
新海青 375 Xinhaiqing 375	108.22 d	1.01 ab	0.67 ab	0.36 b
德高夏龙 7 号 Degaoxialong No. 7	124.17 b	0.69 ab	0.59 ab	0.48 a
盛夏青 Shengxiaqing	92.52 h	0.89 ab	0.63 ab	0.31 cd
华冠 Huaguan	100.51 e	1.04 ab	0.73 ab	0.28 def
珍品 66 Zhenpin 66	82.56 k	0.98 ab	0.61 ab	0.27 ef
金品 1 夏 Jinpin 1 Xia	83.78 j	0.49 b	0.71 ab	0.48 a
黑帅 Heishuai	83.56 j	0.78 ab	0.63 ab	0.29 cde
夏欣 Xiaxin	136.28 a	1.19 a	0.94 a	0.36 b
夏浪 Xialang	87.54 i	0.98 ab	0.88 a	0.28 def
金品夏冠 Jinpinxiaguan	111.33 c	0.99 ab	0.75 a	0.25 f
好吃青 Haochiqing	101.36 e	0.74 ab	0.75 a	0.32 c
绿翡翠 Lüfeicui	96.26 g	0.98 ab	0.38 b	0.29 cde
夏妃 599 Xiafei 599(CK)	110.60 c	0.87 ab	0.79 a	0.36 b

表 6 播期与播种密度对金品夏冠机械采收指标的影响
Table 6 Effects of different sowing dates and densities on mechanical harvest indexes of Jinpinxiaguan %

播期 Sowing date	播种密度 Sowing density	漏割损失率 Leakage loss rate	损伤率 Damage rate	完整性 Integrity rate	含杂率 Impurity rate
M1	D1	8.36 c	2.23 d	96.98 a	0.79 c
	D2	8.58 c	2.36 c	96.80 b	0.84 c
	D3	9.01 b	2.96 b	96.03 c	1.01 b
	D4	9.69 a	4.65 a	93.14 d	2.21 a
M2	D1	8.00 b	1.36 c	98.38 a	0.26 b
	D2	7.90 b	2.59 bc	96.85 b	0.56 a
	D3	7.98 b	3.01 ab	96.31 c	0.68 a
	D4	8.31 a	4.09 a	93.93 d	1.98 a
M3	D1	8.91 c	2.12 d	96.96 a	0.92 c
	D2	8.92 c	2.63 c	95.46 a	1.91 b
	D3	9.21 b	3.19 b	94.80 a	2.01 b
	D4	9.72 a	3.66 a	91.65 b	4.69 a

注:同列数字后不同小写字母表示同一播期不同播种密度间相同指标在 0.05 水平差异显著。下同。
Note: Different lowercase after the same column indicate significant differences at 0.05 level between different densities at the same sowing date.
The same below.

的 2023 年数据(来源于南京市农产品价格监测系统),对应的收购价格分别为 1.5 元• kg^{-1} 、4 元• kg^{-1} 、1.5 元• kg^{-1} ,以此为基础开展金品夏冠机械化生产经济效益分析。机械化生产成本分析参照本团队 2022 年调研结果,具体为:以 667 m^2 为单位进行计算,每茬人工成本 315 元,能耗成本 37 元,机具折旧成本 281 元,其他(地租、设施折旧、肥料、农药)成本 1035 元。种子价格 250 元• kg^{-1} ,由此计算 D1 播种密度下每 667 m^2 种子成本 573.62 元,D2 种子成本 470.24 元,D3 种子成本 366.85 元,D4 种子成本 265.13 元。综合计算,D1 播种下每 667 m^2 生产

成本 2 241.62 元,D2 生产成本 2 138.24 元,D3 生产成本 2 034.85 元,D4 生产成本 1 933.13 元。

由表 8 可知,在相同播期下,4 个播种密度总产值排序均为 D1>D2>D3>D4,呈现随着播种密度增加,产量增加,总产值随之增加的趋势。在相同播种密度下,受夏季收购价高于春秋两季的影响,M2 播期的金品夏冠在各个密度下的总产值均是另两个播期的 2.5 倍以上,较 M1 和 M3 高 3500 元•667 m^2 以上。M2 播期的不结球白菜在 D4 密度下总产值最低,为 5 605.48 元•667 m^2 ,但仍高于 M1 和 M3 播期各个密度下的产值,说明实际生产中收购价格

表7 播期与播种密度对金品夏冠产量的影响

Table 7 Effects of different sowing dates and densities on the yield of Jinpinxiaguan

播期 Sowing date	播种密度 Sowing density	小区产量 Plot yield/kg	667 m ² 产量 667 m ² yield/kg	比 D3± More than D3±/%
M1	D1	44.06 a	2 055.19 a	+9.98
	D2	42.88 b	2 000.12 b	+7.03
	D3	40.06 c	1 868.69 c	
	D4	25.91 d	1 208.63 d	-35.32
M2	D1	45.54 a	2 124.31 a	+11.72
	D2	44.40 a	2 071.06 a	+8.9
	D3	40.77 b	1 901.43 b	
	D4	30.04 c	1 401.37 c	-26.30
M3	D1	44.92 a	2 095.15 a	+15.96
	D2	43.57 a	2 032.11 a	+12.47
	D3	38.74 b	1 806.86 b	
	D4	28.01 c	1 306.37 c	-27.70

表8 不同播期与播种密度对金品夏冠经济效益的影响

Table 8 Effects of different sowing dates and densities on economic benefit of Jinpinxiaguan

播期 Sowing date	播种密度 Sowing density	产量 Yield/ (kg·667 m ²)	产地收购价格 Local purchase price/(Yuan·kg ⁻¹)	总产值 Gross output value/(Yuan·667 m ²)	生产成本 Production cost/(Yuan·667 m ²)	经济效益 Economic benefit/(Yuan·667 m ²)
M1	D1	2 055.19	1.5	3 082.79	2 241.62	841.17
	D2	2 000.12	1.5	3 000.18	2 138.24	861.94
	D3	1 868.69	1.5	2 803.04	2 034.85	768.19
	D4	1 208.63	1.5	1 812.95	1 933.13	-120.18
M2	D1	2 124.31	4.0	8 497.24	2 241.62	6 255.62
	D2	2 071.06	4.0	8 284.24	2 138.24	6 146.01
	D3	1 901.43	4.0	7 605.72	2 034.85	5 570.87
	D4	1 401.37	4.0	5 605.48	1 933.13	3 672.35
M3	D1	2 095.15	1.5	3 142.73	2 241.62	901.12
	D2	2 032.11	1.5	3 048.17	2 138.24	909.93
	D3	1 806.86	1.5	2 710.29	2 034.85	675.44
	D4	1 306.37	1.5	1 959.56	1 933.13	26.43

依然是影响总产值的最大因素。

播种密度不同,造成用种成本的变动及生产成本的差异,从而影响综合收益。在M2播期,经济效益排序为D1>D2>D3>D4,M1与M3播期排序为D2>D1>D3>D4。金品夏冠在M2播期的经济效益呈现随着播种密度的增加而提高的趋势,D1密度下经济效益可达6 255.62元·667 m²,相较于常规用种量D3效益增加12.29%,说明夏季栽培金品夏冠,适度增加播种密度可增加经济收益。M1与M3两季播种的不结球白菜经济效益有相同的趋势,即D2播种密度下经济效益最高,分别达到861.94、909.93元·667 m²,说明用种量的提高虽能增加产量和产值,但是种子成本随之增加,经济效益出现下降,因此,M1和M3播期播种金品夏冠最佳播种密度为D2。

3 讨论与结论

叶类蔬菜机械化生产效益是蔬菜机械化生产可持续发展面临的首要问题,而在衡量生产效益的诸多因素中,产地收购价格是最为关键的变量之一,不结球白菜的产地收购价格受季节、供需、运输成本及气候等多重因素影响,呈现一定波动性^[6-7],但总体趋势表现为:夏季高温和冬季冻害期间价格通常上涨,节假日也有抬升,秋冬季大量上市时回落,平常时期则相对稳定。基于连续2年的试验研究,本文为长江中下游地区不结球白菜的机械化生产提供了参考依据。在品种选择方面,上海青类型不结球白菜因株型直立、容错切程较大,相较于矮脚黄、苏州青等类型更适宜机械化作业。因此,本

研究选用上海青类型青梗不结球白菜作为供试材料,最终筛选出适合机械化栽培的品种金品夏冠。进一步研究发现,作为6~8片叶采收的小青菜,不结球白菜的生长与温度密切相关。播期变化会引起光温条件改变,进而影响植株生长。在不同播期处理中,金品夏冠在M2(8月13日)播期下的产量和经济效益最高,而M1(4月3日)与M3(11月6日)播期间差异不大,说明夏季高温有助于促进植株生长,提高产量。高温季节植株生长迅速,下胚轴与基部节间较长,更有利于机械采收。从播种密度来看,密度对机械采收效果影响显著。随着密度增加,漏割损失率、损伤率和含杂率均有所下降,完整率则上升。分析认为,密植条件下植株生长空间受限,株高增加,茎秆变细变长,容错切程增大,机械采收效果更好。因此,在实际生产中适度增加播种密度,有助于提高产量和采收质量,进而提升商品性与产值。例如,在M2播期、D1密度条件下,当产地收购价为4元·kg⁻¹时,综合收益可达6255.62元·667m⁻²。然而,播种密度并非越高越好。在M1和M3播期下,随着密度增加,种子成本

上升,尽管产值有所提高,但经济效益因生产成本的增加而下降,在D2密度下达到峰值。因此,种植户应综合考虑播期、播种密度及产地收购价格等因素,科学配置生产条件,充分挖掘不结球白菜的产量潜力,提高机械化生产效益,以实现经济效益最大化。

参考文献

- [1] 朱玉英,侯瑞贤,李晓锋,等.适合设施栽培的青菜新品种“新夏青2号”的选育[J].上海农业学报,2010,26(4):4-7.
- [2] 李晓锋,朱红芳,朱玉英,等.优质耐寒白菜新品种“海青”[J].园艺学报,2020,47(9):1859-1860.
- [3] 高璐,朱红芳,陈艳莲,等.不结球白菜新品种“海青3号”的选育及营养品质分析[J].上海农业学报,2023,39(2):8-13.
- [4] 洪春佟.夏季小白菜无公害栽培技术[J].现代农业科技,2015(16):91.
- [5] 镇召国,李进,张雪峰,等.夏季无公害小白菜关键栽培技术[J].蔬菜,2012(3):24.
- [6] 李优柱,肖诗涵,付辉,等.极端气温冲击下蔬菜市场价格动态传导效应——基于溢出指数和社会网络双重视角[J].中国蔬菜,2025(10):1-15.
- [7] 亢志华,朱涛,朱大威,等.江苏省叶类蔬菜种植成本收益调查[J].江苏农业科学,2021,49(13):242-248.

(上接第118页)

时,在固定辅料(麦麸、豆粉、石灰、石膏)占13.5%情况下,且香菇菌渣质量占比为30%、苹果木屑为56.5%时,可获得理想的经济效益。但是本试验仅为固定辅料情况下的香菇菌渣对黑木耳栽培的影响,是否可以通过调整固定辅料比例和栽培料其他物理属性等方式来促进对香菇菌渣等废弃物的使用,进一步解决面源环境污染问题、提高种植户经济效益等,还需深入研究。

参考文献

- [1] 宫志远,韩建东,杨鹏.食用菌菌渣循环再利用途径[J].食药用菌,2020,28(1):9-16.
- [2] FINNEY K N, RYU C, SHARIFI V N, et al. The reuse of spent mushroom compost and coal tailings for energy recovery: Comparison of thermal treatment technologies[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(1):310-315.
- [3] 中国食用菌协会网站.中国食用菌协会公共服务平台.(2025-02-14).<https://bigdata.cefa.org.cn/output.html>.
- [4] 李用芳,李学海,李鹤宾.香菇木屑菌渣营养成分分析及在平
- [5] 菇菌种生产中的应用[J].微生物学杂志,2001,2(3):59-60.
- [6] 郭建恩,胡传久,魏海龙,等.利用香菇菌渣栽培姬菇的试验[J].食用菌,2014(6):24-27.
- [7] 高琴,朱启法,周佳燕,等.香菇废弃菌渣利用研究现状[J].安徽农学通报,2015,21(19):81.
- [8] 常堃,蔡婧,李军,等.适宜于杏鲍菇工厂化栽培的菌渣和基质配方初筛[J].特产研究,2022,44(3):83-86.
- [9] 李泰,卢士军,孙君茂,等.26种常见市售食用菌营养成分分析及评价[J].中国食用菌,2021,40(12):66-72.
- [10] 陈辉,郝海波,赵静,等.五株工厂化栽培的黑木耳生理特性比较[J].食用菌学报,2020,27(1):42-48.
- [11] 张丕奇,孔祥辉,韩增华,等.黑木耳二级菌种培养料配方筛选研究[J].中国食用菌,2008,27(6):31-33.
- [12] 潘年港,程国辉,朱姝蕊,等.菌丝遮光对黑木耳力学特性及机械化采收的影响[J/OL].菌物研究,1-12[2024-06-04].<https://link.cnki.net/urlid/22.1352.s.20240604.0947.002>.
- [13] 张介驰,马庆芳,马银鹏,等.栽培黑木耳的木屑和麦麸基质配方精准化研究[J].中国食用菌,2020,29(3):17-20.
- [14] 刘佳宁,宋瑞清.不同品种黑木耳利用玉米秸秆生长能力初探[J].黑龙江科学,2018,9(1):55-57.
- [15] 包旭翔,马银鹏,卢方,等.培养料容重对黑木耳菌丝特性及出耳的影响[J].食用菌学报,2024,31(3):29-34.