

黄嘉俊, 张亚红, 周娟, 等. 基于分期播种法的冬季塑料大棚 5 种叶菜生育特性及产量效益分析[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(1): 160-168.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.01.019

## 基于分期播种法的冬季塑料大棚 5 种叶菜生育特性及产量效益分析

黄嘉俊<sup>1</sup>, 张亚红<sup>1,2</sup>, 周娟<sup>1</sup>, 葛静<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学食品与葡萄酒学院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 为探究宁夏地区桥式塑料大棚叶菜安全越冬的合适播期, 以 5 种半耐寒叶菜为供试材料, 分析比较其生育期内环境因子以及叶菜生育特性、品质、产量和经济效益, 应用隶属函数进行综合评价, 筛选出各种叶菜的最适宜播期。结果表明: 冬季棚内最低气温为  $-4.4^{\circ}\text{C}$  (大于 5 种叶菜生长所需最低温度), 宁夏地区桥式大棚内叶菜可越冬, 5 种叶菜均在第 5 播期(1 月 10 日)的生育期最短, 第 1 播期(12 月 1 日)部分品质略优于其他播期, 但产量和经济效益在第 2 播期(12 月 11 日)整体较高。综合评价结果显示, 宁夏地区冬季桥式塑料大棚内芫荽、菠菜、油菜、苔菜和苦菊安全越冬的最适播期分别是 12 月 11 日、12 月 11 日、12 月 21 日、12 月 21 日和 12 月 11 日。

**关键词:** 分期播种; 桥式塑料大棚; 越冬; 叶菜; 产量; 效益

**中图分类号:** S636.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)01-0160-09

## Analysis of growth characteristics, yield and economic benefits of five kinds of leaf vegetables in winter plastic greenhouse based on staged sowing

HUANG Jia-jun<sup>1</sup>, ZHANG Ya-hong<sup>1,2</sup>, ZHOU Juan<sup>1</sup>, GE Jing<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. College of Food and Wine, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** To explore the appropriate sowing time for safe overwintering of leaf vegetables in bridge-like plastic greenhouse in Ningxia area, five kinds of semi-cold-tolerant leaf vegetables were used as test materials. Environmental factors during the growth period of leaf vegetables and their growth characteristics, quality, yield and economic benefits were analyzed and compared. Comprehensive evaluation was carried out by membership function to screen out the most suitable sowing date for different leaf vegetables. The results showed that the minimum temperature in winter greenhouse was  $-4.4^{\circ}\text{C}$  (higher than the minimum temperature required for the growth of five leaf vegetables), and leaf vegetables in bridge-like greenhouses in Ningxia area could live through the winter. Five kinds of leaf vegetables all showed the shortest growth period at the fifth sowing date (January 10<sup>th</sup>). Part of the qualities of leaf vegetables during the first sowing date (December 1<sup>st</sup>) was slightly better than other sowing dates. However, the overall yield and economic benefits of the second sowing date (December 11<sup>th</sup>) were high. According to the comprehensive evaluation results, the optimum sowing times for safe overwintering of coriander, spinach, rape, Chinese mustard cabbage and endive chrysanthemum in bridge-like plastic greenhouse of Ningxia area were December 11<sup>th</sup>, December 11<sup>th</sup>, December 21<sup>st</sup>, December 21<sup>st</sup> and December 11<sup>th</sup> respectively.

**Key words:** sowing by stages; bridge-like plastic greenhouse; overwintering; leaf vegetables; yield; benefit

收稿日期: 2022-03-31

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(2021YDDF0010)

作者简介: 黄嘉俊(1997-), 男, 宁夏石嘴山人, 硕士研究生, 研究方

向为农艺与种业。(E-mail) 692771283@qq.com

通讯作者: 张亚红, (E-mail) zhyhcau@sina.com

宁夏回族自治区位于中国西北地区, 冬季日照

时间短、温度低,严重限制了蔬菜的生长发育。近年来,塑料大棚凭借其便于模块化建造、方便耐用等优点<sup>[1]</sup>,成为中国设施园艺常用的一类温室,但塑料大棚保温性能差,仍可能使叶菜遭受低温冻害从而造成减产或绝收。因此本课题组对普通塑料大棚进行改良优化,设计建造了一种以南北两侧为墙体、棚膜上覆盖1层保温被、东西两侧有1.2 m矮墙体的大跨度有矮墙塑料大棚(桥式塑料大棚),提高了塑料大棚的保温性<sup>[2]</sup>,在北方低温的背景下,对于冬季叶菜的合理种植及产量和经济效益的提高具有重要影响。

分期播种法<sup>[3]</sup>是根据一个地方气候条件的差异,研究作物生长与环境因素之间关系的一种方法。适宜的播期有利于蔬菜与合适的气象条件进行匹配,是提高对蔬菜生育特性认识的重要手段,更是提升产量和效益的最经济的方式之一<sup>[4-5]</sup>,因此对叶菜种类和播期的筛选尤为重要。关于分期播种法与作物生育特性的关系前人已做了大量的研究<sup>[6]</sup>。Neupane等<sup>[7]</sup>在内华达州对亚麻芥的播期和播种方法进行了研究,认为当地的农民应当早播。Angelo等<sup>[8]</sup>通过分析播期和施氮量发现,氮回收率和农艺效率的估算指标主要取决于不同播期的生长条件。也有研究结果表明,合适的播期更有利于提高蔬菜的产量效益<sup>[9]</sup>。潘跃平等<sup>[10]</sup>的研究结果显示,结球甘蓝在江苏省镇江市产量最高的播期是8月15日。阿迪力·阿卜来提等<sup>[11]</sup>的研究结果表明,露地越冬菠菜在新疆维吾尔自治区北疆地区平均气温降至15~20℃时播种较为合适,一般在8月25日之后播种的产量较优。前人的研究主要集中在分析单一措施(如播期调控或品种选择)对叶菜生育特性和产量的影响,对于宁夏地区冬季塑料大棚内叶菜种类的选择与播期的确定鲜有研究,尚未明确适合宁夏地区冬季塑料大棚内种植的最优叶菜种类和最佳播期。

本课题组对普通塑料大棚进行改良优化并设计建造桥式塑料大棚,前期已经对桥式塑料大棚环境性能进行了研究<sup>[2]</sup>。本研究在此基础上,基于分期播种法,选用5种耐寒叶菜(茼蒿<sup>[12]</sup>、菠菜<sup>[13]</sup>、油菜<sup>[14]</sup>、苔菜<sup>[15]</sup>和苦菊<sup>[16]</sup>),对比宁夏地区冬季塑料大棚内外环境因子,探究不同播期对叶菜生育特性及产量的影响,筛选出适合宁夏冬季塑料大棚生产的越冬叶菜种类及适合的播期,为越冬叶菜成功种植和宁夏地区实现一年三茬周年生产高效栽培模式

提供保障,同时也为减轻冻害对农民收入的影响、提高设施蔬菜产量等提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计与方法

试验于2020年12月上旬至2021年3月中旬在宁夏回族自治区银川市贺兰园艺产业园塑料大棚中进行。供试作物有茼蒿、菠菜、油菜、苔菜和苦菊5种叶菜。种植方式为撒播,在2020年12月1日—2021年1月10日,每10 d播种1茬,以播种日期为处理,共5个处理,每个处理的小区面积为18.2 m<sup>2</sup>。所有处理统一管理,进行杂草病虫害防控管理。具体试验方案如表1所示。

表1 分期播种试验方案

Table 1 Staged sowing test scheme

叶菜种类	处理	播种时间
茼蒿	A1	2020-12-01
	A2	2020-12-11
	A3	2020-12-21
	A4	2020-12-31
	A5	2021-01-10
菠菜	B1	2020-12-01
	B2	2020-12-11
	B3	2020-12-21
	B4	2020-12-31
	B5	2021-01-10
油菜	C1	2020-12-01
	C2	2020-12-11
	C3	2020-12-21
	C4	2020-12-31
	C5	2021-01-10
苔菜	D1	2020-12-01
	D2	2020-12-11
	D3	2020-12-21
	D4	2020-12-31
	D5	2021-01-10
苦菊	E1	2020-12-01
	E2	2020-12-11
	E3	2020-12-21
	E4	2020-12-31
	E5	2021-01-10

## 1.2 塑料拱棚结构

图 1 是大跨度东西走向塑料拱棚(新型桥式塑料大棚)结构,相较于普通塑料大棚在结构上进行了优化改良。大棚南北长 80 m,东西跨度 16 m,脊高 5.07 m,南、北墙体结构为厚 0.50 m 的中空墙体(内、外层均为厚 0.10 m 的聚苯板)。

东西两侧为高 1.2 m、厚 0.5 m 的墙体(外层为厚 0.1 m 的聚苯板,内层为厚 0.1 m 的水泥发泡板),地下 1.0 m 处也有墙体。在棚膜上覆盖 1 层保温被,棚内顶部建造二道幕,两者可根据温度变化结合使用,以有效减少热量的损失。

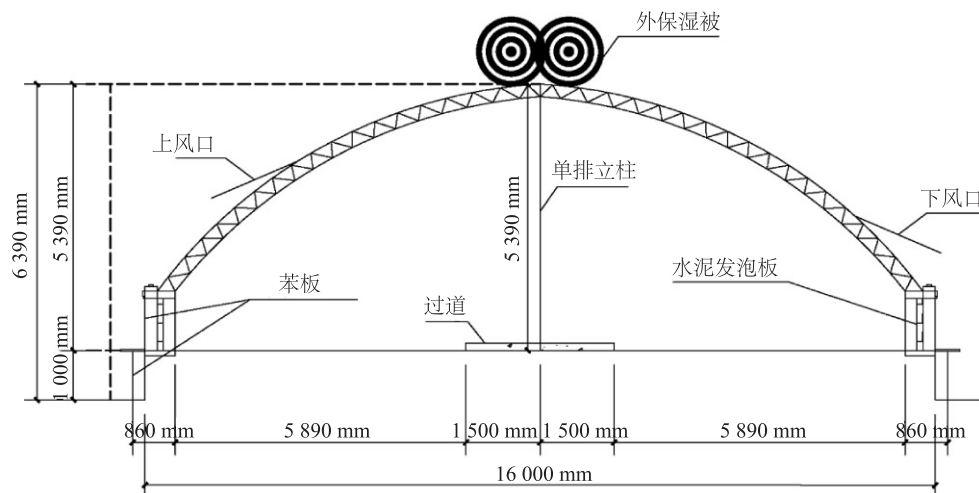


图 1 全光照越冬桥式大棚结构

Fig.1 Structure of overwintering bridge-like greenhouse with full lighting

## 1.3 测定项目

1.3.1 环境数据 利用北京紫藤(Zigvine)无线传感器(每 5 min 记录 1 次数据)对环境要素(包括光照度、CO<sub>2</sub>浓度、空气温度和湿度、土壤温度和湿度)进行观测。

1.3.2 生育期 按常规方法记载每个处理的播种期、出苗期(子叶完全展开,2 张基生叶显露时为发芽期结束)、采收期(茼蒿株高 15 cm,菠菜株高 20 cm,油菜和苔菜株高 25 cm,苦菊株高 15 cm)。

1.3.3 品质指标 分别取 5 个种类叶菜的 5 个播期样品,每个处理下的每种叶菜取 3 个重复。可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定,V<sub>C</sub>含量采用钼蓝比色法测定,硝酸盐含量采用水杨酸比色法测定,可溶性固形物含量采用数显糖度计测定,有机酸含量采用 NaOH 滴定法测定。以上测定参考叶尚红等<sup>[17]</sup>的方法进行测定。

1.3.4 产量 采收期取 0.5 m<sup>2</sup>植株的地上部分进行称量,折合成产量。

## 1.4 应用隶属函数进行综合评价

采用模糊数学隶属函数法对同一种叶菜 5 个播期处理的生育期、品质、产量和效益进行综合评

价<sup>[18]</sup>,首先计算每种叶菜 5 个播期处理的生育期、品质、产量和效益的隶属函数值,然后计算每种叶菜 5 个播期的平均隶属函数值,其数值越大,说明该播期叶菜的综合评价结果越好。用于每种叶菜 5 个播期综合评价的隶属函数值计算公式为:

$$X(\mu 1) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$X(\mu 2) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中, $X_i$ 为某种叶菜第  $i$  播期的测定值, $X_{\min}$ 为最小测定值, $X_{\max}$ 为最大测定值。如某一指标与播期呈正相关,用  $X(\mu 1)$  表示;如某一指标与播期呈负相关,用  $X(\mu 2)$  表示。

## 1.5 数据处理与分析

使用 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行处理,并用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差和多元回归分析,用 Origin 2019b 进行作图,最终采用隶属函数进行综合评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 桥式塑料大棚内外环境因子的对比

由表 2 可知,高度为 1.5 m 的塑料大棚棚内空气

温度和土壤温度均高于棚外,整体温度(气温+土温)自 12 月至 1 月上旬呈下降趋势,1 月中下旬至 3 月中旬呈上升趋势,棚内空气平均温度较棚外提高了 11.9℃。4℃积温代表大部分叶菜种子萌发所需的最低温度,本试验以该指标作为衡量 5 种叶菜能否在桥式塑料大棚安全越冬的重要环境因子。棚内≥4℃积温平均值较棚外提高了 73.5℃。棚外≥4℃积温最大值出现在 3 月中旬,为 65.7℃,最小值自 12 月上旬至 1 月下旬,为 0℃;棚内≥4℃积温最大值出现在 3 月中旬 为 136.5℃,最小值在 12 月中旬,为 23.4

℃。塑料大棚内外深度 0.1 m 的土壤温度旬变化规律整体表现为 12 月至次年 1 月上旬呈下降趋势,1 月中下旬至 3 月中旬呈上升趋势,棚内土温平均值较棚外提高了 9.7℃。

从整体来看,大棚内最低气温为-4.4℃,而棚外的最低气温为-25.4℃,棚内最低气温满足 5 种叶菜对于最低气温的需求(茼蒿-5℃、菠菜-15℃、油菜-8℃、苔菜-10℃、苦菊-10℃),因此不同播期均能满足各种叶菜生长发育的要求,大棚内环境能使叶菜安全越冬。

表 2 塑料大棚内外环境因子的旬变化

Table 2 Ten-day changes of internal and external environmental factors in plastic greenhouse

播期	位置	最大光照度 (lx)	平均光照度 (lx)	空气最高 温度(℃)	空气最低 温度(℃)	平均气温 日较差(℃)	平均气温 (℃)	≥4℃ 积温(℃)	土温最小 值(℃)	土温平均 值(℃)
12 月上旬	棚外	32 976.0	6 629.1	4.9	-13.3	11.7	-5.7	0	-2.8	-1.4
	棚内	11 000.0	1 678.1	17.5	-1.4	13.4	5.3	45.9	3.8	6.4
12 月中旬	棚外	41 276.7	8 125.2	5.0	-16.7	17.1	-9.2	0	-5.9	-3.7
	棚内	16 665.0	2 645.8	18.1	-3.7	17.4	4.0	23.4	3.8	6.1
12 月下旬	棚外	41 120.9	8 421.1	6.4	-23.8	18.9	-10.4	0	-9.3	-5.1
	棚内	16 870.0	2 746.1	19.9	-3.8	17.3	4.7	46.9	2.9	6.5
1 月上旬	棚外	42 096.0	8 843.9	5.8	-25.4	18.2	-12.4	0	-10.9	-7.0
	棚内	16 567.1	2 712.7	17.6	-4.4	17.7	4.0	25.0	2.9	5.9
1 月中旬	棚外	47 990.0	9 954.1	12.2	-17.6	18.4	-4.2	0	-7.8	-3.5
	棚内	19 206.0	2 915.9	22.9	-1.2	16.7	7.5	74.5	3.1	7.3
1 月下旬	棚外	50 768.2	11 478.0	10.8	-15.6	19.7	-3.8	0	-5.4	-2.8
	棚内	21 911.8	3 250.8	26.4	2.0	17.7	9.6	105.8	6.6	7.3
2 月上旬	棚外	59 390.0	14 303.0	16.3	-13.6	21.2	-1.4	10.3	-3.8	-1.1
	棚内	28 450.0	4 361.5	29.6	2.3	20.3	12.3	122.9	8.3	9.4
2 月中旬	棚外	63 014.0	15 709.4	22.8	-12.5	23.9	2.1	16.2	-2.0	1.2
	棚内	31 491.0	5 105.1	29.8	4.7	19.0	13.3	132.7	10.4	11.8
2 月下旬	棚外	45 577.5	10 232.9	24.8	-6.5	16.0	4.7	37.4	-0.9	3.5
	棚内	20 426.3	3 405.3	30.4	6.1	12.9	12.3	124.7	10.7	12.7
3 月上旬	棚外	62 643.8	15 914.5	20.7	-8.8	21.1	4.1	29.5	-0.7	4.9
	棚内	5 646.4	3 138.0	32.4	4.4	28.0	13.9	129.8	9.1	12.8
3 月中旬	棚外	48 310.9	11 730.8	26.6	-3.5	15.0	6.8	65.7	4.6	7.9
	棚内	24 319.0	4 448.6	30.8	4.7	18.0	14.0	136.5	11.6	12.8
	棚外均值	48 651.3	11 031.1	14.2	-14.3	18.3	-2.7	14.5	-4.1	-0.7
	棚内均值	19 323.0	3 309.8	25.0	0.9	18.0	9.2	88.0	6.6	9.0

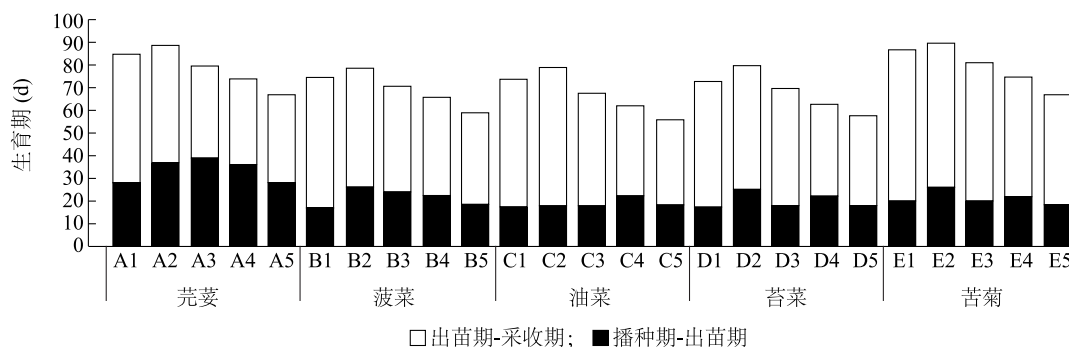
2.2 不同播期对叶菜生育特性的影响

由图 2 可知,不同播期内环境条件的差异是影响

5 种叶菜生育期变化的主要原因,并且同种叶菜生育期明显受到播期的调节作用。由图 2 和图 3 可知,同

种叶菜的生育期变化趋势与平均温度变化趋势相反,生育期整体呈现先增加后下降的趋势,其中第 2 播期叶菜生育期最长,茼蒿、菠菜、油菜、苔菜和苦菊分别为 89 d、79 d、79 d、80 d 和 90 d,这是由于第 2 播期较其他播期温度最低(4℃),不利于种子的萌发。从第 3 播期开始,棚内温度逐渐上升,进而使得叶菜生育期缩短,其中第 5 播期最短,分别为 67 d、59 d、56 d、

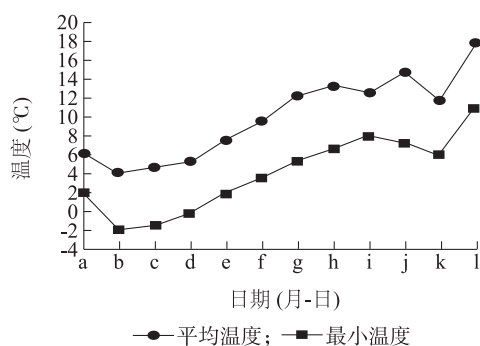
58 d 和 67 d。由此可见,播期对叶菜生育期具有明显的调节作用,从各种叶菜的生育期来看,各种叶菜在第 2 播期的全生育期最长,之后全生育期逐渐缩短,推迟播期后,大棚内温度升高是影响生育期变化的主要原因。随着播期的推迟,生育期前期棚内气温逐渐升高,导致叶菜的生长发育加快,进而缩短了生育期。



A1~E5 播期处理见表 1。

图 2 不同播期处理对叶菜生育期的影响

Fig.2 Influence of different sowing dates treatments on leaf vegetable growth period



a:12-01;b:12-11;c:12-21;d:12-31;e:01-10;f:01-20;g:01-30;h:02-09;i:02-19;j:03-01;k:03-11;l:03-21。

图 3 塑料大棚内空气温度变化曲线

Fig.3 Air temperature variation curve in plastic greenhouse

### 2.3 不同播期对叶菜品质的影响

5 种不同叶菜的特性决定了其品质的差异。但是对于同种叶菜而言,不同播期间的品质差异明显。由表 3 可知,茼蒿第 1 播期的可溶性固形物、可溶性糖含量优于其他播期;菠菜第 1 播期的可溶性糖含量较高;油菜和苦菊第 1 播期的  $V_c$  含量较高,硝酸盐含量较低;苔菜第 1 播期的可溶性糖含量较高,硝酸盐含量较低。

### 2.4 不同播期对叶菜产量与效益的影响

由于各播期内环境条件的差异,同种叶菜不

同播期的单株鲜质量、产量和经济效益存在差异。整体而言,第 2 播期的产量和经济效益较高。茼蒿 A2 播期产量最高,为 26 401.32 kg/hm<sup>2</sup>,经济效益为 1 hm<sup>2</sup> 95 044.75 元;菠菜 B2 播期产量最高,为 37 201.86 kg/hm<sup>2</sup>,经济效益为 1 hm<sup>2</sup> 126 486.32 元;油菜 C3 播期产量最高,为 38 401.92 kg/hm<sup>2</sup>,经济效益为 1 hm<sup>2</sup> 122 886.14 元;苔菜 D3 播期产量最高,为 46 402.32 kg/hm<sup>2</sup>,经济效益为 1 hm<sup>2</sup> 139 206.96 元;苦菊 E2 播期产量最高,为 28 001.40 kg/hm<sup>2</sup>,经济效益为 1 hm<sup>2</sup> 100 805.04 元(表 4)。

### 2.5 不同种类叶菜适宜播期及其综合评价

利用隶属函数对 5 种叶菜的生育期、品质、产量和效益进行综合评价(表 5),筛选出 5 种叶菜最适合播期(表 6)。由表 6 可知,在宁夏地区冬季桥式塑料大棚内茼蒿、菠菜、油菜、苔菜和苦菊越冬茬口最适宜的播期分别为 12 月 11 日、12 月 11 日、12 月 21 日、12 月 21 日和 12 月 11 日,采收时间分别为 3 月 5 日、2 月 23 日、2 月 26 日、2 月 29 日和 3 月 7 日。5 种叶菜中苔菜的经济收益最高,为 1 hm<sup>2</sup> 139 206.96 元,其次是菠菜,为 1 hm<sup>2</sup> 126 486.32 元,最低的是茼蒿,为 1 hm<sup>2</sup> 95 044.75 元。



表3 不同播期对叶菜品质的影响

Table 3 Effect of different sowing dates on leaf vegetable quality

种类	处理	可溶性固形物含量 (g/L)	V <sub>c</sub> 含量 (mg/kg)	可溶性糖含量 (%)	硝酸盐含量 (mg/kg)	总酸度 (%)
茼蒿	A1	9.77±0.47a	3.65±0.71e	17.21±0.06a	180.45±4.01b	16.64±1.81c
	A2	5.77±0.32d	4.00±0.92d	11.58±1.03c	200.99±7.96a	15.36±10.86d
	A3	7.60±0.57c	4.54±0.05c	16.22±3.92b	69.91±7.12c	12.80±3.62e
	A4	8.60±0b	5.83±1.26a	9.95±0.25de	58.90±9.10cd	52.48±5.43a
	A5	8.90±0.58b	5.73±8.32ab	9.37±0.69e	45.14±4.99e	49.92±1.81b
菠菜	B1	5.53±0.98c	3.04±0.97c	11.48±0.84a	350.98±24.86a	6.40±1.81c
	B2	6.00±0.06b	2.80±0.27d	8.63±2.42d	197.44±73.26c	6.40±1.81c
	B3	6.10±0.06ab	3.01±0.58c	10.16±2.08b	279.89±149.07b	6.40±1.81c
	B4	6.20±0.26a	5.70±2.45ab	9.49±0.90bc	136.58±34.82d	52.48±1.81a
	B5	4.30±0.15d	5.83±2.16a	8.19±0.52d	114.04±16.17c	47.36±1.81b
油菜	C1	4.10±0.17c	5.28±0.72a	6.54±0.29d	191.10±36.33e	22.40±1.81d
	C2	3.80±0.15d	4.42±1.45bc	9.66±1.47a	443.37±60.26ab	26.88±1.81c
	C3	4.70±0.15b	4.44±0.36bc	9.03±0.47bc	466.47±0.81a	25.60±0cd
	C4	4.80±0.06a	1.92±2.91d	9.01±0.28bc	382.69±5.70c	39.68±1.81b
	C5	4.80±0.15a	4.47±2.64bc	7.83±0.57c	338.44±10.07cd	47.36±1.81a
苔菜	D1	4.70±0.10b	2.09±0.91d	9.58±0.13a	65.56±85.35e	20.48±3.62e
	D2	3.70±0.21d	3.32±1.41c	8.68±0.69bc	223.26±16.81a	23.04±3.62c
	D3	4.30±0.05c	4.17±0.26b	8.05±0.24bc	182.99±62.77ab	29.44±1.81a
	D4	5.00±0.05a	6.12±3.09a	7.81±0.21d	101.25±19.10d	26.88±1.81b
	D5	5.00±0.17a	3.71±1.55bc	7.19±0.06d	153.08±7.42c	21.76±1.81d
苦菊	E1	4.70±0.17b	2.53±0.27a	7.00±0.17bc	105.61±140.75e	15.36±0d
	E2	3.70±0.10d	2.10±0.44b	5.65±2.97e	253.73±81.09c	20.48±0b
	E3	4.30±0.05c	1.42±0.03bc	7.25±0.25a	317.66±35.00b	15.36±0d
	E4	5.30±0.05a	1.61±0.10bc	7.10±0.30ab	389.96±3.11a	24.32±1.81a
	E5	4.90±0.11b	0.64±0.07d	6.55±0.44d	218.74±72.13d	16.64±5.43c

A1~E5播期处理见表1。同一种类叶菜的不同播期处理间标有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

表4 不同播期对叶菜产量构成及经济效益的影响

Table 4 Influence of different sowing dates on yield composition and economic benefits of leaf vegetables

种类	处理	单株鲜质量 (g)	小区平均产量 (kg/m <sup>2</sup> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	1 kg 销售价格 (元)	1 hm <sup>2</sup> 经济效益 (元)
茼蒿	A1	4.26±0.02a	1.56±0.08b	15 600.78±757.23b	3.5	54 602.73±2 650.29b
	A2	3.46±0.03b	2.64±0.12a	26 401.32±1 216.61a	3.6	95 044.75±4 379.81a
	A3	3.26±0.05b	1.24±0.02bc	12 400.62±200.01bc	4.3	53 322.67±860.04b
	A4	2.87±0.01c	1.32±0.11bc	13 200.66±1 058.35bc	3.2	42 242.11±3 386.73c
	A5	2.87±0.08c	1.16±0.06c	11 600.58±611.04c	2.8	32 481.62±1 710.91d
菠菜	B1	23.26±0.04a	2.36±0.03b	23 601.18±305.52b	3.6	84 964.25±1 099.87b
	B2	23.42±0.03a	3.72±0.10a	37 201.86±1 026.37a	3.4	126 486.32±3 488.66a
	B3	7.62±0.05e	1.28±0.02d	12 800.64±200.01d	2.0	25 601.28±400.02d
	B4	8.07±0.02c	2.00±0.08c	20 001.00±808.33c	2.0	40 002.00±1 616.66c
	B5	8.75±0.02b	1.12±0.02d	11 200.56±200.01d	2.0	22 401.12±400.02d
油菜	C1	12.21±0.03e	2.98±0.04c	29 801.49±416.35c	3.6	107 285.36±1 498.87b
	C2	16.73±0.02d	2.30±0.01d	23 001.15±115.48d	3.0	69 003.45±346.43d

续表4 Continued4

种类	处理	单株鲜质量 (g)	小区平均产量 (kg/m <sup>2</sup> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	1 kg 销售价格 (元)	1 hm <sup>2</sup> 经济效益 (元)
苔菜	C3	22.86±0.05c	3.84±0.04a	38 401.92±416.35a	3.2	122 886.14±1 332.33a
	C4	26.00±0.07b	3.16±0.05b	31 601.58±529.18b	3.0	94 804.74±1 587.53c
	C5	34.00±0.02a	2.08±0.03e	20 801.04±305.52e	3.0	62 403.12±916.56e
	D1	45.64±0.03b	3.56±0.03b	35 601.78±266.68b	1.6	56 962.85±426.69c
	D2	48.00±0.02a	1.78±0.01d	17 800.89±115.48d	3.4	60 523.03±392.62c
苦菊	D3	20.35±0.06e	4.64±0.03a	46 402.32±305.52a	3.0	139 206.96±916.56a
	D4	30.81±0.05d	4.56±0.03a	45 602.28±305.52a	3.0	136 806.84±916.56a
	D5	34.00±0.02c	3.04±0.05c	30 401.52±529.18c	4.2	127 686.38±2 222.54b
	E1	5.63±0.03a	1.60±0.05b	16 000.80±503.35b	3.6	57 602.88±1 812.05b
	E2	4.35±0.04b	2.80±0.23a	28 001.40±2 335.35a	3.6	100 805.04±8 407.27a
	E3	3.19±0.05d	1.16±0.03b	11 600.58±305.52b	4.2	48 722.44±1 283.19bc
	E4	3.54±0.02c	1.44±0.05b	14 400.72±461.90b	2.6	37 441.87±1 200.95cd
	E5	3.43±0.06c	1.36±0.03b	13 600.68±305.52b	2.4	32 641.63±733.25d

A1~E5 播期处理见表 1。同一种类叶菜的不同播期处理间标有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 5 不同播期叶菜生育期、品质、产量和效益综合性评价

Table 5 Comprehensive evaluation of growth period, quality, yield and economic benefits of leaf vegetables in different sowing dates

种类	处理	隶属函数值				隶属函数 平均值	排名
		生育期	品质	产量	效益		
茼蒿	A1	0.82	0.65	0	0.35	0.46	4
	A2	1.00	0.28	1.00	1.00	0.82	1
	A3	0.59	0.35	0.66	0.33	0.48	2
	A4	0.32	0.47	0.93	0.16	0.47	3
	A5	0	0.59	0.02	0	0.15	5
菠菜	B1	0.70	0.60	0.76	1.00	0.77	2
	B2	1.00	0.55	0.75	0.80	0.78	1
	B3	0.60	0.51	0.51	0.03	0.41	3
	B4	0.35	0.51	0	0.17	0.26	5
	B5	0	0.20	1.00	0	0.30	4
油菜	C1	0.78	0.24	0.02	0.74	0.45	4
	C2	1.00	0.59	0.04	0.11	0.43	3
	C3	0.52	0.68	0.79	1.00	0.75	1
	C4	0.26	1.17	1.00	0.54	0.74	2
	C5	0	0.78	0	0	0.19	5
苔菜	D1	0.68	0.24	0	0	0.23	4
	D2	1.00	0.49	0.20	0.04	0.44	3
	D3	0.65	0.58	0.55	0.97	0.69	1
	D4	0.23	0.49	1.00	1.00	0.68	2
	D5	0	0.31	0.04	0	0.09	5
苦菊	E1	0.87	0.53	0.02	0.37	0.45	4
	E2	1.00	0.34	0	1.00	0.59	1
	E3	0.61	0.50	0.50	0.24	0.46	3
	E4	0.35	0.86	1.00	0.07	0.57	2
	E5	0	0.37	0.13	0	0.12	5

表6 不同种类叶菜适宜播期评价

Table 6 Comprehensive evaluation of suitable sowing dates for different leaf vegetables

叶菜	适宜播期	采收期	生育期 (d)	气温范围 (℃)	光照度 范围(klx)	≥4℃有效 积温(℃)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	1 kg 价格 (元)	1 hm <sup>2</sup> 经济效益 (元)
茼蒿	12月11日	3月5日	89	-1.2~32.4	2.7~5.2	106.5	26 401.32	3.6	95 044.75
菠菜	12月11日	2月23日	79	-4.4~30.4	1.7~5.2	63.5	37 201.86	3.4	126 486.32
油菜	12月21日	2月26日	68	-4.4~30.4	2.7~5.2	90.3	38 401.92	3.2	122 886.14
苔菜	12月21日	2月29日	70	-4.4~32.4	2.7~5.2	102.2	46 402.32	3.0	139 206.96
苦菊	12月11日	3月7日	90	-4.4~32.4	2.7~5.2	106.5	28 001.40	3.6	100 805.04

### 3 讨论

宁夏回族自治区位于中国西北地区,冬季寒冷,气温的日较差较大<sup>[19]</sup>,塑料大棚内冬季蔬菜不能正常越冬。前人通过对塑料大棚结构的优化,通过添加保温被等措施,建造了桥式塑料大棚,显著提高了棚内温度<sup>[2]</sup>,为本试验的顺利进行打下了基础。温度为衡量叶菜能否安全越冬的重要指标,在本研究中观测到大棚内最低气温为-4.4℃,温度较低但持续的时间短<sup>[20]</sup>,但茼蒿(生长最低温度-5℃)和油菜(生长最低温度-8℃)对于最低温度要求较高,为防止冻害,可减少种植。

播期是影响叶菜发育进程的关键因素之一。一般认为,播期的确定应与适宜气象条件相匹配<sup>[21]</sup>。同一地区不同播期、生育期间的光温条件存在差异,对其生育期、干物质积累及产量都会有不同程度的影响<sup>[22-23]</sup>。本研究发现,全生育期天数随播期的延迟逐渐缩短,播期早晚对各项指标及植株形态有较大影响。随着播期的推迟,各种类叶菜生育期均先增加,后逐渐缩短,与该时段平均温度呈相反趋势,说明棚内温度影响着不同叶菜的生育期,低温可延长蔬菜的生育期。若播期提前,叶菜提前出苗,但此时棚内环境温度较低,叶片抗寒特性随气温降低而降低,细胞膜透性变差,长时间低温环境对叶菜细胞造成损伤,进而产生冻害。若播期延后,因受到市场行情影响,可能会导致叶菜价格波动。播期适宜的叶菜可充分利用越冬前有效积温积累营养物质,以提高其抗冻能力,有利于叶菜的安全越冬以及出苗后的稳健生长。

品质是衡量叶菜经济价值的重要指标之一<sup>[24-25]</sup>,不同播期对叶菜各项指标影响显著<sup>[26]</sup>。本研究中,各种类叶菜整体在第1播期品质较优且生

育期较长,原因可能是较长生育期更利于叶菜内部物质积累,而晚播处理的棚内温度升高,导致各叶菜生育期较短,不利于叶菜内部物质的积累,这与吴迪<sup>[27]</sup>的研究结果一致。本研究发现,在播期作用下各种类叶菜产量变幅大,整体而言,第2播期的产量较高,可能与其生育期较长有关。播期通过改变叶菜各生育期的持续时间,改变叶菜群体光合生产,导致叶菜植株各器官之间干物质积累及分配产生变化,进而影响叶菜产量。该结论与王世彬等<sup>[28]</sup>的结论相同。

本试验通过对桥式塑料大棚内外环境因子的观测分析,确定了宁夏地区冬季不同种类叶菜的最适播期,后期可与开展春提前瓜菜类栽培模式及秋延后番茄大行距高密度栽培模式进行组合搭配,形成优质、高产、高效益的一年三茬栽培模式。前人研究结果表明,塑料大棚内种植密度与叶菜产量有着紧密关系,但本试验对于种植密度未进行研究,因此在实际生产中要提高经济效益,需要考虑不同种植密度等因素。另一方面,关于塑料大棚内种植叶菜种类的选择和播期的确定需要随着当年温度的变化作出合适的调整。

### 参考文献:

- [1] 中国农业科学院新疆农业科学技术考察组. 新疆蔬菜栽培考察报告[J]. 新疆农业科学, 1962(1): 10-15.
- [2] 付玉芳, 张亚红, 冯雪, 等. 两种新型大跨度塑料大棚环境性能对比分析[J]. 北方园艺, 2020(10): 55-63.
- [3] 马美娟, 陈小新, 张云霞, 等. 分期播种冬小麦农田小气候特征及其生育状况分析[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(3): 613-621.
- [4] 王媛. 播期及密度和遮阳对小白菜产量品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- [5] 杨进成, 刘坚坚, 林姣姣, 等. 低纬高原山区不同播期对免耕油菜农艺性状和产量效益的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36



- (10): 18-24.
- [6] 毕影东,刘明,周广生,等. 黑龙江省饲料油菜品种筛选与种植技术研究[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(6): 835-841.
- [7] NEUPANE D, SOLOMON J K Q, MCLENNON E, et al. Sowing date and sowing method influence on camelina cultivars grain yield, oil concentration, and biodiesel production[J]. Food and Energy Security, 2019, 8(3): 166.
- [8] ANGELO R M, AFONSO S, TIPEWA N, et al. Quantification of loss in oilseed rape yield caused by delayed sowing date in a Mediterranean environment[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2019, 65(12): 1630-1645.
- [9] 张杏燕,宋波,李德富,等. 晚播和播量对油菜农艺性状及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(9): 1364-1371.
- [10] 潘跃平,毛忠良,孙春青,等. 不同播期对越冬结球甘蓝品种产量性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 138-139.
- [11] 阿迪力·阿卜来提,贾凯,张妮,等. 秋季不同播种期对2个菠菜品种入冬前生长特性的影响[J]. 蔬菜, 2019(12): 10-15.
- [12] 韩聪,李晓安,高梵,等. 贮藏温度对鲜切香菜营养成分和抗氧化活性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2496-2501.
- [13] 史跃玲. 几种果类蔬菜对温度的要求[J]. 河北农业, 2018(5): 27-28.
- [14] 燕妮,孙万仓,朱惠霞,等. 播期对冬油菜越冬率及生理生化特性的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 250-253.
- [15] 秦凌亚,潘荣. 开封农业气候资源的分析评价[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 1984(1): 63-71.
- [16] 孙爱良. 2012年冬季黄骅市低温寡照天气对设施蔬菜的影响[J]. 现代农业科技, 2013(10): 236-237.
- [17] 叶尚红,陈疏影,刘平祖. 农业院校植物生理生化实验教材体系探讨[J]. 植物生理学通讯, 2004(4): 487-488.
- [18] 孙东雷,卞能飞,王幸,等. 高油酸花生萌发期耐冷性综合评价及种质筛选[J]. 核农学报, 2021, 35(6): 1263-1272.
- [19] 赵慧,韩颖娟,张承明,等. 宁夏植被变化特征及其与气候、人类活动的关系[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 220-226.
- [20] 刘伟,杨再强,薛思嘉,等. 低温胁迫对设施小青菜叶片抗衰老特性的影响[J]. 北方园艺, 2017(17): 80-86.
- [21] 刘宁宁. 叶丛期调亏灌溉对滴灌甜菜源库特征的影响[D]. 石河子:石河子大学, 2020.
- [22] 季磊,张国斌,郁继华,等. 高海拔冷凉区错期播种对娃娃菜生长、产量和品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(1): 49-57.
- [23] 李艳兰,张云明,李祥,等. 滇中冷凉山区不同播期反季花椰菜产量效益分析[J]. 农学学报, 2021, 11(9): 58-63.
- [24] 刘芳,刘玉坤,张白. 基于D-YOLOv3检测网络的温室叶菜幼苗图像检测[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(5): 1262-1269.
- [25] 陈剑,鲜新,吕寒,等. 不同月份白菜叶片中酚类成分含量的变化[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(5): 75-77.
- [26] 余婷,陈鹏飞,闵腾辉,等. 不同基质配比对盆栽香菜生长及品质的影响[J]. 农业工程, 2021, 11(1): 112-118.
- [27] 吴迪. 播期对不同油菜品种生物量及品质的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(8): 98-102.
- [28] 王世彬,李宝海,朱荣杰,等. 温室雾培对8个叶菜品种生长发育的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1854-1856.

(责任编辑:张震林)