

# 菠菜个体产量形成的研究

陆帽一 杨振民

(西北农学院园艺系)

## 前 言

菠菜 (*Spinacia oleracea* L.) 是绿叶菜类中重要蔬菜之一, 由于它的营养价值高, 病虫害较少, 产量较高而稳定, 耐寒力强, 越冬时叶片损失不多, 冬前可早播, 次春可早收, 春季抽苔又较一般绿叶菜迟, 所以除了作为秋菜、春播蔬菜栽培之外, 还是重要的越冬蔬菜之一, 对春淡季的解决起着重要的作用。

菠菜的主要食用部分为绿叶, 所以单位面积产量由每亩株数、每株叶数及每叶重量所构成。每亩株数用播种量便可以控制, 至于构成个体产量的叶数及叶重则受环境条件中许多因素, 尤其是温度、日照的影响。其影响首先表现在对生长锥的分化上。香川彰 (1956~1958) 的试验表明: 萌动的种子在  $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$  的低温下处理 7~28 天, 然后放到 8~14 小时光照下, 较未经低温处理的提早花芽分化, 但在连续 24 小时的光照下, 经低温处理的与未经低温处理的几乎同时进行花芽分化。花原基的发育及抽苔受日照长短的影响较大, 在短日照下受抑制, 在长日照下被促进, 故在低温与长日照适度组合的情况下, 可以最快的速度完成生殖生长。

生长锥分化为花芽后, 菠菜由营养生长转向生殖生长, 基生叶叶原基的数目不再增加, 因而叶片重量的增加便成为产量构成的主导因素。关于温度、日照对菠菜叶部生长的影响, 据 Wagencar (1954) 的研究, 叶面积的发育决定于夜温, 在较低的夜温 ( $20^{\circ}\text{C}$  以下) 下可增加叶面积, 与日长的关系不大或无影响。

因而, 在生产条件下, 如何控制花芽分化的时期、分化时的叶原基数目以及叶重, 关系到菠菜能否早熟丰产。本试验系在自然环境条件下, 采取分期播种的方法, 研究不同播期生长锥分化为花芽的时期、分化时的叶片数、产量形成动态以及环境条件对叶重的影响等, 为进一步研究菠菜的早熟、丰产、防止早期抽苔的农业技术寻找理论依据。

## 材 料 与 方 法

试验于 1963 年 2 月至 1965 年 3 月在陕西武功西北农学院二道原进行。供试品种为“法国菠菜”。每隔半月至一月播种一期, 共播 26 期。按 5 寸行距条播, 间苗 2 次, 定苗时株距为 4 寸, 出苗后开始取样观察, 每 7 天取样一次 (必要时可缩短或延长), 每次

取30株,以10株用徒手切片法在低倍显微镜下观察生长锥分化情况,当70%植株出现侧花芽原基时为花芽分化期,达花芽分化期时用双筒立体显微镜观察分化时的总叶数,另20株用以测定植株各部分(叶片、叶柄、短缩茎等)的鲜重、干重,并用方格纸法测子叶面积,以干重换算法测真叶面积,按公式  $\frac{W_2 - W_1}{\frac{1}{2}(L_1 + L_2)t}$  计算净同化率。

## 结果与分析

### 一、菠菜生长锥分化的形态学过程

根据用徒手切片及石蜡切片镜检菠菜生长锥分化情况的结果,可将生长锥分化的过程分为以下五个时期:(见图1)

(一)未分化期:生长锥未分化为花芽前为扁圆状,维管束平坦,由生长锥四周向下凹陷,不断产生叶原基。

(二)花芽分化初期:生长锥伸长并变肥厚,生长锥的纵径大于横径或等于横径,维管束由平坦变为园弧形,为生长锥即将分化为花芽的前奏。

(三)花芽分化期:生长锥继续向上伸长,维管束变为园锥形,并在幼叶的叶腋中出现肥厚的园球形组织,为侧花茎的原基。以后由这些原基发育为第一次侧花茎。

(四)侧花茎原基分化期:当最初的侧花茎原基形成后,主茎生长锥不断向上分化出茎生叶的叶原基,并在各茎生叶叶原基的叶腋中形成许多侧花茎原基,直至最初出现的侧花茎原基由园球形变为长园形,进而发生凹陷便进入侧花茎原基分化期。侧花茎原基在分化叶原基的同时,又在叶腋中形成新的原基,这些原基进一步如何分化,依植株的性别而不同,所以我们认为菠菜雌雄株性别的形态分化是从这时开始的。如为雌株,则主花茎基部第一节侧花茎叶腋中的原基便是第二次侧花茎原基,又按照上述过程分化为第二次侧花茎。第二次侧花茎叶腋中产生的雌花穗原基再分化为数个单花及茎生叶,而主花茎中部及上部的第一次侧花茎叶腋中的雌花穗原基,只分化为单花及茎生叶,不再分化为第二次侧花茎。如为雄株,第一次侧花茎基部及中部叶腋中的原基为雄花穗原基,分化为雄花穗及茎生叶。侧花茎的顶部如仅分化为雄花穗,不再产生茎生叶,便是绝对雄株。侧花茎顶部如继续分化为雄花穗及茎生叶,则形成营养雄株。

(五)单花分化期:在主花茎基部叶腋中的侧花茎原基分化为侧花茎的同时,上部叶腋中的原基则开始了单花的分化。单花分化期可分为:

1. 萼片分化期:花原基由园变长,并自中央部分向下发生环形凹陷,周围出现萼片突起。

2. 雌蕊或雄蕊分化期:萼片突起继续向上伸长,中央部分再发生凹陷,形成雌花的柱头突起或雄花的雄蕊突起。

3. 分化结束期:可用肉眼或借助扩大镜清晰地看到花蕾体。



表1 播种期与花芽分化期

播种期 (日/月)	出苗期 (日/月)	花芽 分化期 (日/月)	开 抽苔期 (日/月)	播种~出苗		播种~花芽分化		出苗~花芽分化		花芽分化~开始抽苔		花芽分化 时的叶数						
				天数	日均温 (°C)	天数	日均温 (°C)	天数	日均温 (°C)	日照 时数	日照 时数	日照 时数	日照 时数	展 叶	总 叶			
63年30/9	7/10	28/10	17/3	7	16.2	28	13.5	2	11.5	21	12.6	2	11.3	141	2.3	10.5	3.6	16.3
15/10	26/10	18/11	28/3	11	11.9	34	10.2	14	10.8	23	9.4	13	10.6	131	1.5	10.6	4.0	17.9
30/10	9/11	25/1	4/4	10	10.5	87	3.0	81	10.1	77	2.0	77	10.0	70	3.1	11.3	2.9	13.2
15/11	2/12	9/3	7/4	17	5.6	115	0.7	15	10.4	98	-0.1	98	10.4	29	10.1	12.1	3.1	12.4
15/12	17/2	14/3	13/4	64	-0.9	90	0.2	88	10.5	26	2.2	24	11.3	30	10.6	12.3	1.0	9.5
64年15/1	7/3	16/3	13/3	52	-1.1	61	0.5	57	10.8	9	9.9	5	11.7	28	10.2	12.4	0.6	7.2
17/2	12/3	21/3	18/4	24	1.5	33	3.6	28	11.4	9	9.3	5	11.8	28	11.6	12.7		8.1
28/2	15/3	30/3	20/4	16	6.5	31	7.1	24	11.8	15	7.8	11	12.0	21	13.6	12.8	2.0	11.5
15/3	30/3	6/4	23/4	15	7.8	22	10.0	11	12.1	7	14.8	0	12.5	17	13.7	13.1	2.0	11.9
31/3	10/4	20/4	4/5	10	12.7	20	13.5	2	12.8	10	14.3	0	13.0	14	15.9	13.4	2.0	12.9
15/4	23/4	2/5	18/5	8	15.3	17	15.2	0	13.2	9	15.2	0	13.3	16	17.7	14.0	2.0	13.9
21/5	28/5	6/6	20/6	7	17.3	16	19.2	0	14.5	9	20.8	0	14.5	14	23.7	14.7	2.9	12.9
15/6	22/6	4/7	13/7	7	24.3	19	24.9	0	14.8	12	25.2	0	14.8	9	28.8	14.7	4.7	16.0
15/7	20/7	1/8	11/8	5	27.1	17**	24.6	0	14.4	12	23.6	0	14.4	10	28.0	14.0	3.9	17.5
15/8	21/8	11/9	23/10	6	25.1	27	23.1	0	13.3	21	21.9	0	13.1	42	16.5	11.8	6.2	24.2
15/9	24/9	9/10	4/3	9	17.1	24	16.7	0	12.1	15	16.6	0	11.9	146	2.7	10.6	3.5	16.6

● 包括叶原基数

●● 7月15日播种的种子用开水催过芽,可能对花芽分化期有影响

## 二、播种期与花芽分化期

由表1可以看出在一年之中，不同的播期由播种到花芽分化，由花芽分化至开始抽苔所需的天数不同，分化时的叶数也不同，但其中有一定的规律可寻。

(一) 播种至花芽分化所需时间与温度、日照的关系。

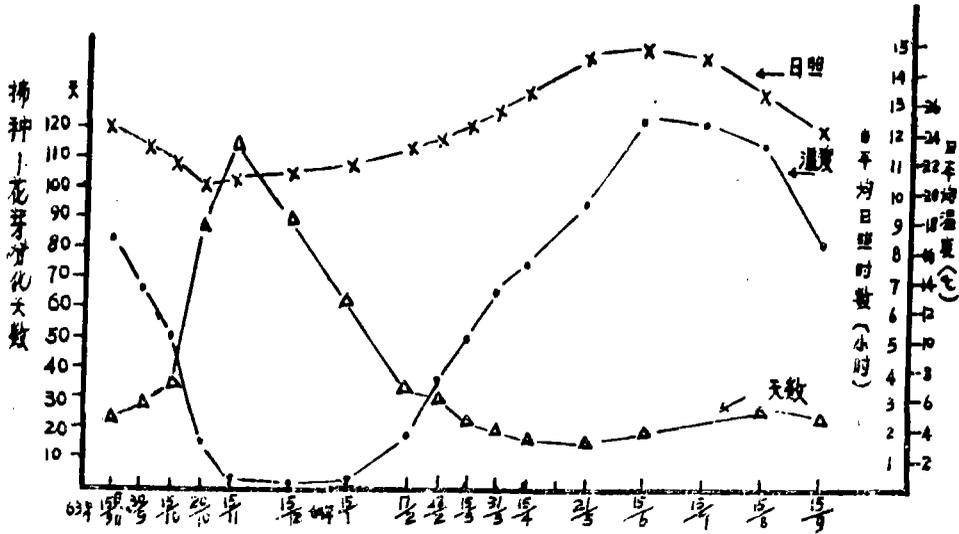


图2 播种——花芽分化所需时间与温度、日照的关系

播种——花芽分化所需天数与日平均温度的相关系数  $r = -0.755$ ，播种——花芽分化所需天数与平均日照时数的相关系数  $r = -0.745$ 。查  $n = 14$ ， $p = 0.01$ 时， $r = 0.6226$ ，而  $r = -0.755$ 、 $r = -0.745$  其绝对值均大于  $0.6226$ ，所以均为极显著的负相关。

1月15日播种者，播种至花芽分化需61天，在此期间的日平均温度为  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，日照时间也较短（10.8小时），以后随着日平均温度的上升及日照时间的加长，播种至花芽分化所需天数逐渐缩短，至5月21日播种者，所需天数最短（16天），在此期间日平均温度为  $19.2^{\circ}\text{C}$ ，日照时间为 14.5小时。即日平均温度由  $0.5^{\circ}\text{C}$  上升至  $19.2^{\circ}\text{C}$ ，日照时间由 10.8小时加长至 14.5小时，播种至花芽分化所需天数由 61天缩短至 16天。其中有两种情况，一种情况是播种后温度过低出苗慢，因而加长了播种至花芽分化需要的天数。如1月15日播种者，日平均温度  $-1.1^{\circ}\text{C}$ ，播种后52天才出苗；2月17日播种者，日平均温度  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，播种后24天出苗，但两者出苗至花芽分化的天数同为 9天，日平均温度也相近（ $9.9^{\circ}\text{C}$ ， $9.3^{\circ}\text{C}$ ）。另一种情况是播种至出苗天数相差不多，但播种至花芽分化的天数则相差较大，例如2月28日播种者，播种至出苗的天数较3月15日播种者多1天，而出苗至花芽分化的天数却较多8天，两者出苗至花芽分化期间的日均温也有较大的差异，前者为  $7.8^{\circ}\text{C}$ ，后者为  $14.8^{\circ}\text{C}$ 。这两种情况都说明，出苗以后的温度对花芽分化的影响较大，春季播种日照时间为12小时以下时，日平均温度在  $8^{\circ}\text{C}$  以下会延迟花芽分化，日平均温度在  $9^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$  范围内有促进花芽分化的作用；当日照时间在12小

时以上时,即使没有 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 的条件也可以在出苗后10天左右达花芽分化期。

6月15日至8月15日播者,日照时间为13.3~14.8小时,日平均温度升高至 $23^{\circ}\text{C}$ 以上,播种至花芽分化所需时间又加长。这可能是由于 $23^{\circ}\text{C}$ 以上的高温对花芽分化有抑制作用。

9月15日播种者,日平均温度下降至 $16.7^{\circ}\text{C}$ ,日照仍在12小时以上,播种至花芽分化的天数又缩短。

9月30日至11月15日播种者,日平均温度愈来愈低, $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数逐渐增加,日照也愈来愈短,播种至花芽分化以及出苗至花芽分化所需天数又随播期的推迟而加长。11月15日播种者,播种至花芽分化的天数最长(115天),出苗至花芽分化的天数也最长(98天)。在此期间,各播期之间播种至花芽分化天数的差异主要是由出苗至花芽分化天数的长短造成的。温度愈低,日照愈短,天数愈长。再一次说明出苗后低温及短日照可延迟花芽分化。

综上所述可以看出:菠菜花芽分化所需要的温度和日照的范围都很广,在自然条件下播种,日照从10~14.8小时,日平均温度由 $0.2^{\circ}\text{C}$ ~ $24.9^{\circ}\text{C}$ 甚至高达 $27.8^{\circ}\text{C}$ \*均可分化为花芽,但出苗后12小时以上的日照与 $9\sim 21^{\circ}\text{C}$ 的温度组合,可促进花芽分化,温度过高( $21^{\circ}\text{C}$ 以上),或过低( $8^{\circ}\text{C}$ 以下),尤其是12小时以下的短日与 $8^{\circ}\text{C}$ 以下的低温相结合时会延迟花芽分化。在温度和日照这两个因素中,长日照是菠菜花芽分化的主导因素,我们的试验说明只要日照时间长,即使没有低温也可以进行花芽分化。6月15日播种的菠菜,7月4日达花芽分化期。在这19天内,日最低温除了一天为 $14.2^{\circ}\text{C}$ 外,其余各天均在 $15^{\circ}\text{C}$ 以上,最高达 $23^{\circ}\text{C}$ ,而日照时间平均为14.8小时。但在同样的长日照下温度高至 $21^{\circ}\text{C}$ 以上,花芽分化需要的时间较长。

#### (二)不同播期花芽分化时的叶数与温度、日照的关系。

由图3可以看出:不同播期花芽分化时叶数的多少与播种至花芽分化时的温度有密切关系。两者的相关系数 $r = +0.742$ ,查 $n = 14$ , $p = 0.01$ 时, $r = 0.6226$ ,而 $n = +0.742$ ,其绝对值大于0.6226,所以为极显著的正相关。

1月15日~6月15日播种,温度由 $0.5^{\circ}\text{C}$ 逐渐上升至 $24.9^{\circ}\text{C}$ ,叶数由7.2片增加至16片,说明叶原基的分生速度随温度的升高而加快。其中5月21日播者叶数反而较4月15日播者减少,这是由于花芽分化快(该播期由播种至花芽分化的天数最短)限制了叶原基的分化。6月15日~8月15日播者,温度虽由 $24.9^{\circ}\text{C}$ 下降至 $23.1^{\circ}\text{C}$ ,但叶数仍继续增加。这是由于在高温之下,日照缩短时(由14.8小时缩至13.3小时)延迟了花芽分化(播种~花芽分化天数由19天增加至27天)而有利于叶原基数目的增加,同时 $23^{\circ}\text{C}$ 左右的温度可能比 $24.9^{\circ}\text{C}$ 更有利于叶原基分化。9月15日~12月15日种播者,温度由 $16.7^{\circ}\text{C}$ 逐渐降低至 $0.2^{\circ}\text{C}$ ,叶数由16.6片减少至9.5片,说明叶原基的分生速度在 $23^{\circ}\text{C}$ 以下时随温度的下降而减慢。

总之,叶原基的分生速度一般随温度的升降而增减,但同时受到花芽分化速度的影

\*1963年6月15日播种的,播种至花芽分化期间日平均温度为 $27.8^{\circ}\text{C}$ 。

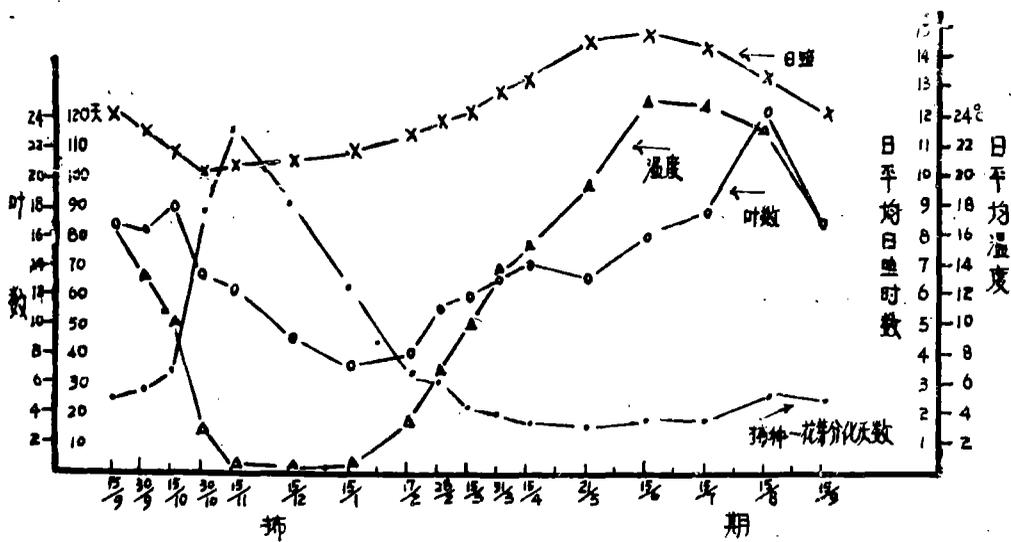


图3 花芽分化时的叶片数与温度、日照的关系

响，所以在特别有利于花芽分化的条件下（如5月21日播种时的长日及适宜的温度）及特别不利于花芽分化的条件下（如6月15日~8月15日播种时的高温）会出现叶数增减趋势与温度升降趋势不完全适应的情况。

日照长短与叶数的相关系数  $r = 0.425$ ，查  $n = 14$ ， $p = 0.05$ 时， $r = 0.4973$ ，而  $r = 0.4254$ ，小于  $0.4973$ ，所以相关性不显著。可见叶原基的分生速度主要受温度的影响。

（三）花芽分化至抽苔所需时间与温度、日照的关系。

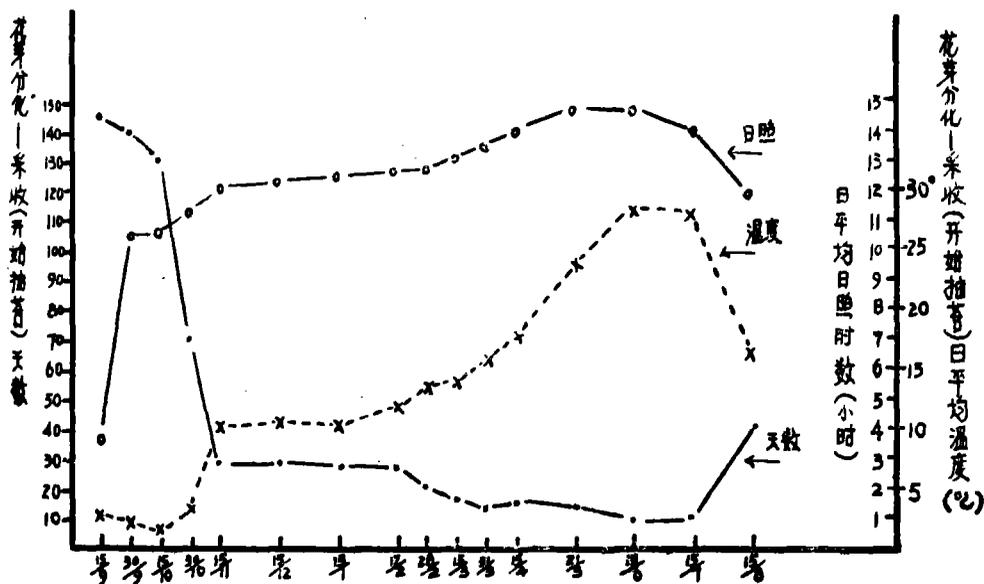


图4 花芽分化——开始抽苔所需时间与温度、日照的关系

图4表明花芽分化后抽苔的速度与温度、日照有密切的关系。一般当温度降低,日照缩短时,花芽分化至抽苔的天数加长;温度升高,日照加长时,花芽分化至抽苔的天数缩短。6月15日播种者,花芽分化后温度最高(28.8℃),日照也最长(14.7小时),花芽分化后9天便开始抽苔。9月15日~10月15日播种者,花芽分化后遇到的温度最低,日照最短,分化后至开始抽苔的天数也最长(131~146天)。

上述三个方面的因素都对菠菜抽苔前的个体产量有影响,但其中任何一个因素都不是单独起作用的,所以必须对不同播期与产量的关系进行具体的分析。

### 三、播种期与产量

#### (一)不同播期植株各部分重量的分布。

表2 不同播期植株各部分重量的分布 (单位:克)

播期 日/月	单株 鲜重	基 生 叶 重 量						短 缩 茎		花 茎		茎 生 叶		侧 枝	
		叶 片		叶 柄		合 计		重 量	占 单 株 重 (%)	重 量	占 单 株 重 (%)	重 量	占 单 株 重 (%)	重 量	占 单 株 重 (%)
		重 量	占 单 株 重 (%)	重 量	占 单 株 重 (%)	重 量	占 单 株 重 (%)								
63年 30/9	58.6	41.6	71.1	13.8	23.6	55.4	94.7	1.2	2.0	0.06	0.1	0.3	0.5	1.6	2.7
15/10	38.5	28.7	74.5	8.4	21.8	37.1	96.3	1.1	2.9	0.1	0.3	0.06	0.2	0.1	0.3
30/10	12.1	9.7	80.1	1.9	15.7	11.6	95.8	0.4	3.2	0.06	0.5	0.05	0.4	0.01	0.1
15/11	12.2	9.3	76.2	2.2	18.0	11.5	94.2	0.6	4.8	0.08	0.8	0.01	0.1	0.01	0.1
15/12	4.9	3.9	79.6	0.8	16.3	4.7	95.9	0.1	2.0	0.08	1.7	0.007	0.2	0.01	0.2
64年 15/1	5.4	4.1	75.9	0.9	16.7	5.0	92.6	0.2	3.7	0.08	1.5	0.1	2	0.01	0.2
17/2	4.9	3.8	77.5	0.9	18.4	4.7	95.9	0.2	4.1	/	/	/	/	/	/
28/2	8.0	5.8	72.5	1.9	23.7	7.7	96.2	0.2	2.5	0.05	0.5	0.006	0.8	/	/
15/3	5.8	4.3	74.1	1.2	20.7	5.5	94.8	0.2	3.5	0.09	1.6	0.005	0.1	/	/
31/3	6.7	5.0	74.6	1.4	20.9	6.4	95.5	0.2	2.9	0.1	1.4	0.01	0.1	0.004	0.05
15/4	11.3	8.1	71.7	2.8	24.8	10.9	96.5	0.3	2.6	0.08	0.7	/	/	0.02	0.2
21/5	13.6	10.0	73.5	3.0	22.1	13.0	95.6	0.3	2.1	0.1	0.7	0.02	0.1	0.2	1.5
15/6	6.3	4.8	76.2	1.1	17.5	5.9	93.7	0.2	3.1	0.1	1.6	/	/	0.1	1.6
15/7	5.4	4.2	77.8	0.9	16.7	5.1	94.5	0.2	3.7	0.06	1.1	/	/	0.04	0.7
15/8	113.0	57.3	50.7	30.0	26.6	87.3	77.3	7.2	6.4	/	/	0.3	0.3	18.2	16.0
15/9	71.0	42.7	60.2	19.5	27.4	62.2	87.6	2.5	3.5	0.1	0.1	0.3	0.4	5.9	8.4

由表2可以看出：菠菜在开始抽苔时采收，基生叶的重量（包括叶柄）一般占单株重的92.6~96.5%，仅8月15日及9月15日播者占77.3~87.6%；缩短茎占2~6.4%；茎生叶占0.1~2%；侧枝占0.05~2.7%，而8月15日及9月15日播者占的比例较大，分别为16.0%及8.4%；花茎占0.1~1.7%。8月15日播种的秋菠菜，短缩茎、侧枝及叶柄的重量在单株重中所占的比例，在各播期中是比较大的，因而叶部在单株重中所占的比例最小。这是由于秋菠菜生长期间的温度（19.2℃）及日照（12.7小时）有利于叶部生长，能制造较多的营养物质贮存在短缩茎及叶柄中并使侧芽生长迅速。

（二）不同播期单株产量的比较。

表3 不同播期单株产量的比较 （单位：克）

播 期 (日/月)	采收期*	单株鲜重	基 生 叶		
			总 重	叶 数	单叶重
63年 30/9	17/3	58.6**	55.4	16.3	3.40
15/10	28/3	38.5	37.1	17.9	2.07
30/10	4/4	12.1	11.6	13.2	0.88
15/11	7/4	12.2**	11.5	12.4	0.95
15/12	13/4	4.9	4.7	9.5	0.49
64年 15/1	13/4	5.4**	5.0	7.2	0.69
17/2	18/4	4.9	4.7	8.1	0.57
28/2	20/4	8.0	7.7	11.5	0.66
15/3	23/4	5.8**	5.5	11.9	0.45
31/3	4/5	6.7**	6.42	12.9	0.41
15/4	18/5	11.3	10.9	13.9	0.71
21/5	20/6	13.6	13.0	12.9	1.00
15/6	13/7	6.3	5.9	16.0	0.37
15/7	11/8	5.4	5.1	17.5	0.29
15/8	23/10	113.0	87.3	24.2	3.61
15/9	4/3	71.0	62.2	16.6	3.70

注：\* 采收期为开始抽苔期。为使采收期的标准统一，便于比较产量，以20株菠菜的花茎鲜重不超过2克为准。凡单株鲜重数字上画\*\*者，为花茎鲜重超过2克，经换算调整后的参考数字。

表3表明：在武功地区一年之中不同的播期之间，单株重量有很大的差异。8月中旬播种的秋菠菜单株重最高；9月中旬以后播种时，单株重量几乎呈直线下降；12月中旬~2月中旬播种，单株重量最小；2月底~5月中旬播种，单株重量缓慢上升；6~7月播种，单株重量又下降。这种差异是怎样形成的呢？

单株重量是上述各部分重量的总和，但叶重一般占全株重量的92.6~96.5%，所以单株重可用叶片重量代表，而叶片重是由叶片数与单叶重量构成的，也就是说单株重量 = 叶数 × 单叶重。那么叶数和单叶重在单株产量的构成中各占什么位置呢？

从表3看来，叶数与单株重量之间有一定的关系。叶片过少时，单株重量也低，如12月中旬~2月中旬播种者；产量最高的也是叶片数最多的，如8月中旬播种者。但两者并没有一定的相关性，如6月15日播种的叶片数仅比9月30日播种的少0.3片，但前者的单株鲜重仅为后者的1/9.3；元月15日与7月15日播者单株鲜重同为5.4克，而后者叶片数较前者多10.3片。所以叶数并不是决定单株重量的重要因素，起决定性作用的是单叶重，只有在单叶重相差不大的情况下，叶数的多少才对单株重量有影响。

(三) 影响叶重的生理因素。

前面已提过叶重是构成单株重的主要因素，而不同的播期，叶重的差异很大，那末究竟影响叶重的生理因素是什么？这些生理因素与环境条件之间存在什么样的关系？

前人的研究告诉我们叶面积和净同化率是影响叶重的两个重要生理因素。而影响叶面积及净同化率的因素又很多，有环境因素(温度、日照等)及栽培因素(灌水、施肥等)。但在水肥条件基本一致的情况下，分期播种时起主导作用的是温度，至于日照长短，据Wagenear (1954)的研究，与叶面积关系不大或无影响，故不再分析。以下着重分析温度与叶面积及净同化率的关系，以探讨影响菠菜个体产量形成的本质原因。

根据20个播种期，138次(单位叶面积增长量及净

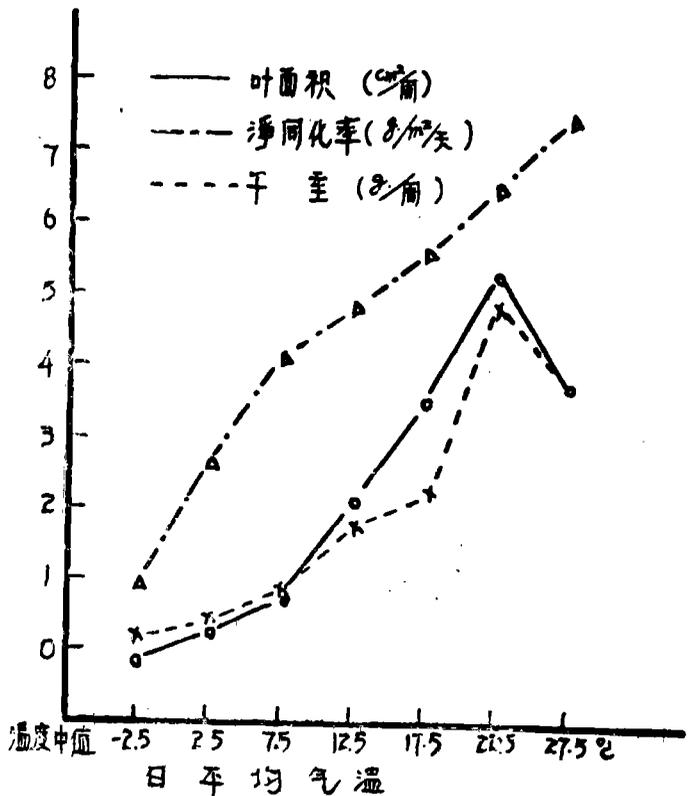


图5 日平均气温与单位叶面积增长量、净同化率及单位干重增长量的关系

同化率)及145次(单位干重增长量)的分析所得数据,采用分组统计法(组距为 $5^{\circ}\text{C}$ ),得到如下结果。\*

### 1. 日平均温度与单位叶面积增长量、净同化率及单位干重增长量的关系。

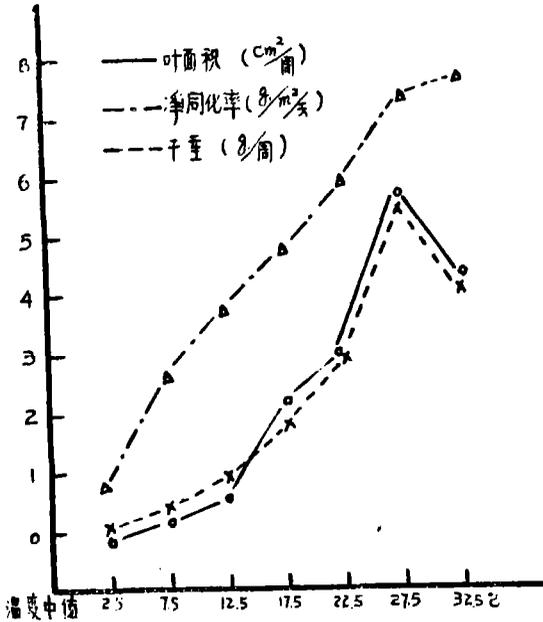


图6 日平均最高气温与单位叶面积增长量、净同化率及单位干重增长量的关系

图5表明:日平均气温由 $-2.5^{\circ}\text{C}$ 上升至 $22.5^{\circ}\text{C}$ 时,单位叶面积增长量及单位干重增长量均随之增大, $7.5^{\circ}\text{C}$ 以下增加缓慢, $7.5^{\circ}\text{C}$ 以上增加迅速。当温度继续升至 $27.5^{\circ}\text{C}$ 时,两者均下降。说明日平均气温为 $22.5^{\circ}\text{C}$ 左右时单位叶面积增长量及单位干重增长量最大;日平均气温超过 $22.5^{\circ}\text{C}$ 则下降; $0^{\circ}\text{C}$ 以下增长甚微或不增长,甚至出现负值。而净同化率在日平均温度为 $-2.5^{\circ}\text{C}$ ~ $27.5^{\circ}\text{C}$ 的范围内随温度的升高而增加。

### 2. 日平均最高气温与单位叶面积增长量、净同化率及单位干重增长量的关系。

图6表明:日平均最高气温由 $2.5^{\circ}\text{C}$ 上升至 $27.5^{\circ}\text{C}$ 时,单位叶面积增长量及单位干重增长量均随之增大。 $12.5^{\circ}\text{C}$ 以下增加较

缓慢, $12.5^{\circ}\text{C}$ 以上增加迅速, $27.5^{\circ}\text{C}$ 以上两者均下降,所以日平均最高温以不超过 $27.5^{\circ}\text{C}$ 为宜。

净同化率在日平均最高温为 $2.5^{\circ}\text{C}$ ~ $32.5^{\circ}\text{C}$ 的范围内,随温度的升高而增加,只是 $27.5^{\circ}\text{C}$ 以上增加变缓慢。

### 3. 日平均最低温与单位叶面积增长量、净同化率及单位干重增长量的关系。

图7表明:日平均最低温由 $-7.5^{\circ}\text{C}$ 上升至 $17.5^{\circ}\text{C}$ 时,单位叶面积增长量及单位干重增长量均随之加大。 $-2.5^{\circ}\text{C}$ 以下增加甚微, $-2.5^{\circ}\text{C}$ 以上增加较快, $17.5^{\circ}\text{C}$ 以上增加又趋缓慢。净同化率在日平均最低气温为 $-7.5^{\circ}\text{C}$ ~ $22.5^{\circ}\text{C}$ 的范围内,随温度的上升而增高。

从以上三方面的分析得知:菠菜叶面积及干重的增加,最适日平均气温为 $22.5^{\circ}\text{C}$ 左右,日平均最高气温不宜超过 $27.5^{\circ}\text{C}$ ,日平均最低气温不宜低于 $-2.5^{\circ}\text{C}$ 或高于 $17.5^{\circ}\text{C}$ 。

\* 本部分因采用温度中值,故所述温度范围为 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 。

菠菜的净同化率，根据本试验的资料只能说明：当日平均温度上升至27.5℃左右时最高，超过此温度是否还可增加？有待进一步试验。日平均最高温由27.5℃上升至32.5℃时净同化率仍有增加，但增加较少。日平均最低温同样不宜低于-2.5℃，-2.5℃以上增加较快。现在让我们根据不同播期叶部生长期所处的温度条件，分析一下影响叶重的原因。

从表5可看出，整个叶部生长期处在或接近最适温度范围者有5月21及8月15播种的两期，而8月15日播种者叶部生长期长（63天），5月21日播种者叶部生长期短（22

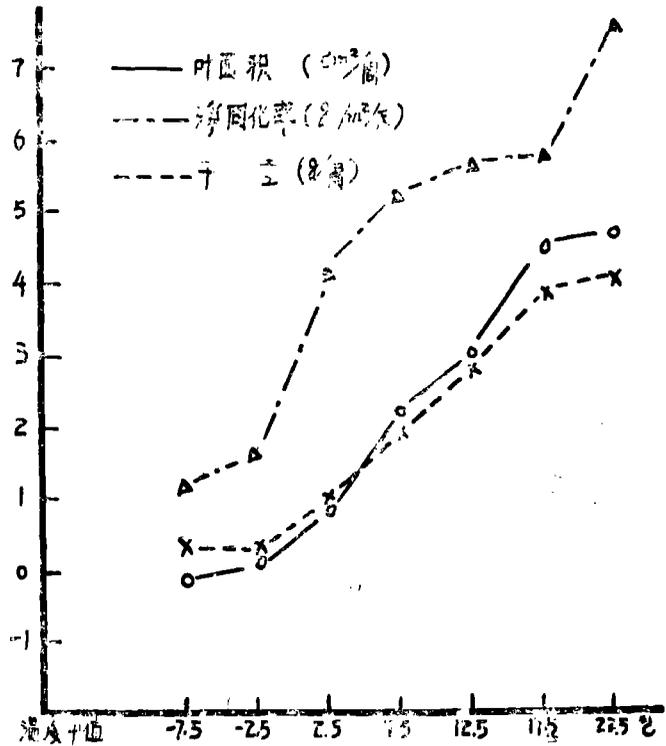


图7 日平均最低气温与单位叶面积增长量、净同化率、单位干重增长量的关系。

表5 不同播期叶部生长期的温度条件

播 期 (日/月)	63年					64年											
	30 / 9	15 / 10	30 / 10	15 / 11	15 / 12	15 / 11	17 / 2	28 / 2	15 / 3	31 / 3	15 / 4	21 / 5	15 / 6	15 / 7	15 / 8	15 / 9	
叶部生长期(出苗开始抽苔)	天数	160	152	145	125	54	36	36	35	23	23	24	22	20	21	63	161
	日平均气温	5.9	4.2	3.9	4.5	7.6	11.0	10.8	11.1	15.2	16.1	16.6	22.9	26.8	25.6	19.2	4.3
	日平均最高温	11.5	9.5	9.4	9.6	13.4	16.5	16.6	16.1	19.9	21.1	21.1	29.3	31.8	30.2	22.6	9.4
	日平均最低温	1.4	0.5	0.2	0.3	2.7	6.4	6.8	7.3	10.4	11.9	12.0	15.4	21.8	20.5	16.2	0.4

天)，所以8月15日播种者累积的叶重较大。5月21日播种者由于叶部生长期过短，累积的叶重反而不如温度虽偏低但叶部生长期较长的9月15日~10月15日播种者。可见温度与叶面积、干重及净同化率的关系对单株重量的影响不是唯一的因素，必须与叶部生长期的长短结合起来。叶部生长期较长，适温期也长的，单株重量最大（如8月15日播种者）；叶部生长期虽长但温度过低时，单株重量随温度的下降而减少（如9月15日~11月15日播种者）；叶部生长期短，温度偏低（如12月15日~4月15日播种者）或偏高（如6月15日~7月15日播种者）单株重量也低。

综合以上各方面的分析，菠菜单株重 = 叶数 × 单叶重，而单叶重又与叶部生长期的长短及温度条件有关。8月15日播种的秋菠菜，播种至花芽分化温度较高（23.1℃），叶原基的分生速度快，所以叶数最多；花芽分化后温度降低日照缩短，延迟了抽苔期，所以叶部生长期也比较长；同时叶部生长期的温度对叶面积、干重的增长，对净同化率都比较适宜，所以叶面积的增长量大，净同化率高，单叶重大，单株重也大。9月15日~11月15日播种的越冬菠菜，叶数较多，叶部生长期较长，但叶部生长期的温度低，叶面积增长量较小，净同化率较低，单叶重下降，所以单株重也逐渐下降。12月15日~4月15日播种者主要由于叶部生长期短，而且叶部生长期的温度仍偏低，单叶重仍不大，所以单株重也不大。5月21日播种者，叶部生长期的温度虽较适宜，但叶部生长期太短，故单叶重及单株重虽有增加，但增加不大。6月15日及7月15日播种的夏菠菜叶数虽较多，但由于花芽分化后遇到高温很快抽苔，叶部生长期最短，而且叶部生长期的温度偏高，叶面积的增长量减少，单叶重低，故单株重又下降。

因此，在菠菜的排开播种中，确定播种期的原则应当是争取形成较多的叶数，延迟抽苔期，使叶部生长期加长，并使之尽可能处于比较适宜于叶面积及净同化率增长的温度范围内，以发挥最大的增产潜力。秋菠菜的播期容易将这些条件统一起来，只要配合其他技术措施，容易达到早采多收的目的。越冬菠菜继秋菠菜播种后尽可能早播，使有利于叶面积增大及提高净同化率的适温期加长，以达到早采多收的目的。越冬菠菜年前播种愈迟，则出苗愈迟，而且出苗后由于温度低，单株重增加很慢，次春温度升高日照加长有利于花芽的分化、发育及抽苔，致使单株重随播期的推迟而迅速降低。春菠菜播期不必过早，过早温度低，出苗慢，叶原基分化慢，叶重增加慢，但出苗后温度、日照适宜，花芽分化快，而且抽苔期与适期播种者（2月28日播）相近，但叶数较少，叶重较低，所以单株重不但不随播期的提早而增加，反而降低了。春菠菜单株重的最大限制因素是叶部生长期短，因此，在适时播种的基础上，栽培技术应以在短时期内迅速扩大叶面积增加叶重为中心。夏菠菜不可播种过晚，以避免高温对叶面积及叶重的不利影响，在栽培技术上还应采取通过降温迅速扩大叶面积及叶重的措施。

根据本试验结果，建议武功地区及与武功气候条件相近的地区，菠菜的排开播种可参照下表进行：

茬次	1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			备注
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下				
越冬菠菜																																					
春菠菜																																					
夏菠菜																																					
秋菠菜																																					
冬菠菜																																					可贮藏至次年元月

注：○ 播种      - 收获      × 收获筒子菠菜

## 摘 要

1. 菠菜生长锥的形态分化过程可分为：“未分化期”、“花芽分化初期”、“花芽分化期”“侧花茎原基分化期”及“单花分化期”五个时期。单花分化期又有“萼片分化期”、“雌蕊或雄蕊分化期”及“分化结束期”三个时期。

2. 菠菜花芽分化所需要的温度和日照范围都很广泛。在本试验的范围内，“法国菠菜”在自然条件下，日照为10~14.8小时，日平均温度为 $0.2^{\circ}\text{C}$ ~ $24.9^{\circ}\text{C}$ 甚至高达 $27.8^{\circ}\text{C}$ ，均可分化为花芽，但出苗后12小时以上的日照与 $9\sim 21^{\circ}\text{C}$ 的温度组合，可促进花芽分化。温度过高（ $21^{\circ}\text{C}$ 以上）或过低（ $8^{\circ}\text{C}$ 以下），尤其是 $8^{\circ}\text{C}$ 以下的低温与12小时以下的短日照相结合时会延迟花芽分化。花芽分化后，花原基的发育，抽苔的速度与温度、日照有密切关系。一般当温度降低日照缩短时，花芽分化至抽苔的天数加长；温度升高，日照加长时，花芽分化至抽苔的天数缩短。在本试验范围内，花芽分化后在日平均温度为 $28.8^{\circ}\text{C}$ ，日平均日照时数为14.7小时时抽苔最快（9天）。日平均温度为 $1.5\sim 2.7^{\circ}\text{C}$ ，日平均日照时数为10.6小时，抽苔最慢（131~146天）。

3. 花芽分化时的叶数受叶原基分化速度及花原基出现早晚的相互影响。在本试验范围内，日平均温度由 $0.2^{\circ}\text{C}$ 上升至 $24.9^{\circ}\text{C}$ 时，叶数由7.2片增加至24.2片。但当特别有利于花芽分化或特别不利于花芽分化的条件下，则会出现叶数增减与温度的升降不完全适应的情况，即花芽分化早时，会限制叶原基的分化使叶数减少；花芽分化受抑制时，叶原基的分化期长，使叶数增加。

4. 菠菜在开始抽苔前采收，基生叶的重量一般占单株鲜重的92.6~96.5%，所以可用基生叶代表单株重。菠菜单株重=叶数×单叶重，单叶重又等于叶部生长期×日增重。单株重量是这些因素综合作用的结果。在这些因素中起决定性作用的是单叶重，只有在单叶重相差不大的情况下，叶数的多少才对单株重量有影响。

叶部生长期的长短决定于出苗后抽苔的快慢，温度低，日照短，抽苔慢，叶部生长期长，反之则短。

叶重及叶面积增长的适宜日平均气温为 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ；日平均最高温不宜超过 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ ；日平均最低温不宜低于 $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 或高于 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。净同化率的适宜日平均气温为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 甚至更高；日平均最高气温湿达 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时，仍有所增高；日平均最低温不宜低于 $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ ， $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 以上增高较快。可见温度过高过低首先影响叶面积的增长量，而净同化率受温度降低的影响大，受温度升高的影响小。

5. 确定菠菜适宜播期的理论依据是：播种后叶部生长期的日平均温度在 $20^{\circ}\text{C}$ 左右，日照逐渐缩短，使叶原基分生速度快，争取有较多的叶数；花芽分化后温度降低，日照缩短，使抽苔延迟，延长叶部生长期；同时使叶部生长期尽可能处于有利于增大叶面积及提高净同化率的温度范围内，以增加叶重。