

莴笋不同栽培 季节产量形成因素的研究

陆帼一 王小素 周存田

(西北农学院园艺系)

我国北方广大地区及华中、西南等地，莴笋的主要栽培季节为秋播春收的越冬莴笋（或称春莴笋），其次是夏播秋收的秋莴笋。这两季莴笋的生产，在不同程度上存在着产量不高、不稳的问题。农民在栽培莴笋方面虽积累了丰富的经验，但缺乏科学分析与总结，因此有必要研究产量形成因素的变化规律及其特点，为高产、稳产技术措施的制定，寻找理论依据。

试 材 与 方 法

供试品种为‘尖叶白笋’，试验于1980—1981年在陕西武功西北农学院蔬菜站进行。秋莴笋于7月28日播种，春莴笋于9月9日播种。出苗后定期取样，一般每周取一次，每次取10株，测定叶数、叶面积、叶重、茎重、茎粗、茎长，并用徒手切片法观察茎端分化情况。数据统计分析项目及引用公式有：

$$\text{绝对增长率 (CGR)} = \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1} \quad \text{克/米}^2/\text{日}$$

(平均增长率)

$$\text{相对增长率 (RGR)} = \frac{\text{Log}e w_2 - \text{Log}e w_1}{t_2 - t_1} \quad \text{克/克/日}$$

$$\text{干物质生产效率 (r)} = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{w_t}{w_0}$$

(Efficiency Index)

$$\text{平均叶面积指数 (Ave. LAI)} = \frac{L_2 - L_1}{(\text{Log}e L_2 - \text{Log}e L_1)}$$

$$\text{净同化率 (NAR)} = \frac{w_2 - w_1}{\frac{1}{2} (L_1 + L_2) \cdot t} \quad \text{克/米}^2/\text{日}$$

结 果 与 分 析

莴笋经济产量 = 叶面积指数 × 净同化率 × 天数 × 产品器官中干物质分配率。现根据

秋莴笋和春莴笋全生育期的干重变化，对产量形成诸因素作如下分析。

一、 秋莴笋

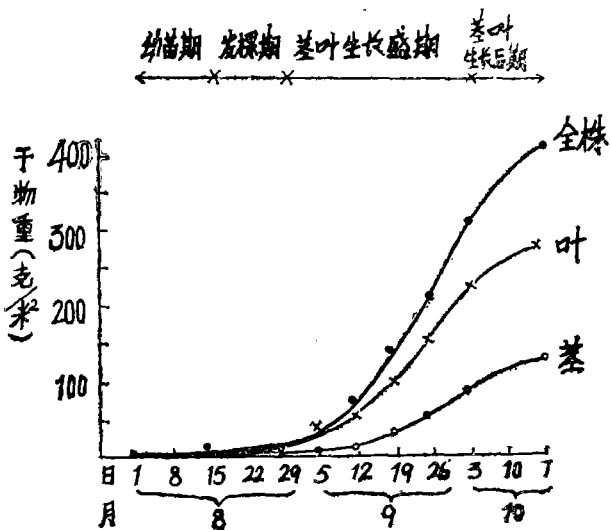


图1 秋莴笋干物重的季节变化

(一) 全生育期的干重变化
秋莴笋地上部各部分干重的季节变化均呈“S”形生长曲线(见图1)。全株“S”形生长曲线的指数增长期(8月1日—22日)的增长率(r)为0.301,其理论表达式为 $w_t=0.01e^{0.301t}$ 。茎的指数增长期(8月15日—9月5日)的增长率(r)为0.268,其理论表达式为 $w_t=0.03e^{0.268t}$ 。表明秋莴笋幼苗期和发棵期干物质生产效率的高低,对整个生育期干物质的积累有重要影响。秋莴笋生产上采用催芽直播、薄土、遮荫降温等方法,使出苗速、整齐,是提高指数增长期干物质生产效率的有效措施。

秋莴笋全生育期干物重的增长率可从CGR及RGR两方面加以分析(表1)。从全株

表1 秋莴笋的生长率、叶面积指数及净同化率

生育期	测定日期 (月·日)	CGR(克/米 ² /日)		RGR(克/克/日)		Ave. LAI	NAR (克/米 ² /日)
		全株	茎	全株	茎		
幼苗期	8.1—8	0.01	—	0.297	—	0.001	4.3
	8—15	0.13	—	0.359	—	0.017	5.2
发棵期	15—22	0.72	0.05	0.259	0.340	0.138	4.1
	22—29	1.93	0.22	0.168	0.254	0.475	3.9
茎叶生	29—9.12	3.88	0.75	0.095	0.135	1.410	3.1
	9.12—19	9.42	2.52	0.091	0.127	2.756	3.4
长盛期	19—26	9.97	3.21	0.058	0.080	4.014	2.5
	26—10.3	14.68	5.04	0.057	0.073	5.366	2.7
后期	10.3—17	7.23	3.06	0.020	0.028	7.138	1.0

生长率看,在出苗后两周左右的幼苗期中,CGR小,RGR大,以后RGR逐渐下降,CGR迅速上升,直至采收。CGR与RGR之间为极显著的负相关关系($r = -0.8151$)。茎的生长率在出苗后15—30天的发棵期内,CGR小,RGR大,以后的变化趋势与全株生长率相同,CGR与RGR之间也存在极显著的负相关关系($r = -0.8073$)。由于CGR与植株大小的增加是成比例的,所以CGR的提高也就是产量的提高,CGR迅速提高的时期也是栽培技术上采取“促”的措施的时期。表1所示秋莴笋全生育期CGR持续提高的规律,可以作为以“促”为主的栽培技术的依据。

(二) 叶面积指数的季节变化

秋莴笋全生育期干重变化及生长率变化的根本原因是叶面积指数的变化。秋莴笋叶面积指数的季节变化仍属“S”形生长曲线。发棵期结束时叶面积指数达0.5左右(表1),比春莴笋小得多,这是提高秋莴笋产量的一个重要限制因素。但进入茎叶生长盛期后,叶面积指数持续上升,采收期达到7左右。这样大的叶面积指数与秋莴笋所处的生态条件有关,7月份播种后的高温、长日使莴笋在播种后40天左右就分化花芽,并迅速抽生花茎,但花茎抽生后温度降低,日照缩短,茎生叶叶面积迅速增加,使叶面积指数增大。秋莴笋绝对生长率达到最大(14.68克/米²/日)时的叶面积指数为5.37,可以看作是‘尖叶白笋’作秋莴笋栽培时的适宜叶面积指数。

从叶面积指数的绝对生长率与相对生长率的关系中(见图2),可以看到:随着生育期的推进,相对生长率的下降曲线与绝对生长率的上升曲线在发棵期结束时相交,其交点就是发棵期结束进入茎叶旺盛生长期的临界期,说明发棵期结束后,干物质绝对生长率的提高与叶面积指数绝对生长率的提高是一致的($r = 0.8023$),所以秋莴笋栽培技术的关键在于,播种出苗后一个月左右的幼苗期和发棵期中要尽快提高叶面积指数,为茎叶生长盛期干重绝对生长率的大幅度提高奠定生理基础。

(三) 净同化率

净同化率与绝对生长率之间相关关系不显著,与叶面积指数之间为极显著的负相关关系($r = -0.9203$),而叶面积指数与绝对生长率之间为极显著的正相关关系,所以秋莴笋产量能否提高,取决于叶面积指数与净同化率之间的消长关系是否有利于绝对生长率的提高。幼苗期和发棵期的叶面积指数仅为0.5左右,未成为净同

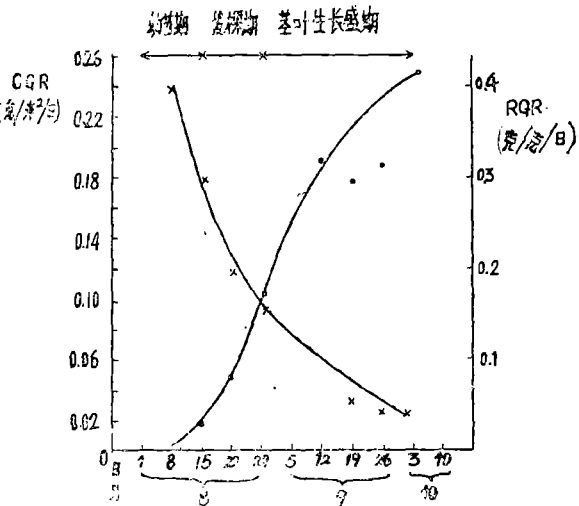


图2 秋莴笋叶面积指数的CGR和RGR

— · — · CGR × — × — × RGR

化率提高的限制因素，这时扩大叶面积和提高净同化率都有利于绝对生长率的提高。茎叶生长盛期绝对生长率的提高主要依靠叶面积的迅速扩大，受净同化率的影响较小，但叶面积指数达到7时，绝对生长率的降低主要受净同化率过低的影响。

（四）产品器官中的干物质分配率

上面讨论了构成莴笋生物学产量的因素，至于经济产量的高低则决定于产品器官中干物质分配率的高低。秋莴笋干物质分配率的季节变化（图3）表明：幼苗期结束进入

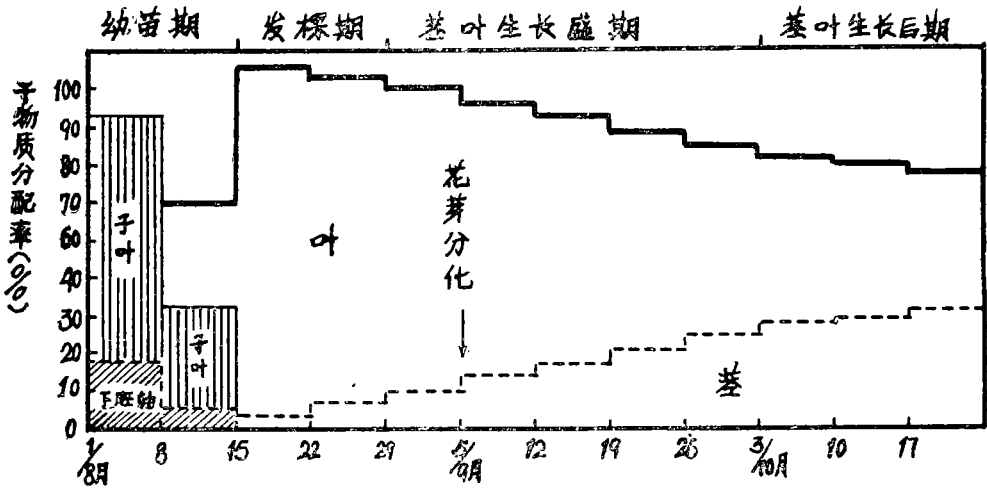


图3 秋莴笋地上部干物质分配率的季节变化

发棵期时，茎部在全株干重中仅占2.7%，发棵期结束时占9.7%，以后稳步上升，采收时达30%左右，比春莴笋低得多，其原因与花芽分化早，花茎在产品器官中占的比重较大，茎生叶多，同化产物多用于叶片的建成有关。所以从栽培技术方面限制茎生叶的过度繁茂，以提高干物质向产品器官中的分配率，是提高秋莴笋产量的又一途径。四川成都农民栽培秋莴笋采用所谓“刷盘”的办法，就是在莴笋发棵期趁太阳将叶子晒蔫时，把肥水泼在心叶上，抑制花茎抽生，促进茎部肥大，还有采用摘心的办法，都可起到抑制花茎伸长及茎生叶生长，提高产品器官中干物质分配率的作用。

二、 春莴笋

（一）全生育期的干重变化

春莴笋全生育期的全株干重及叶片干重的季节变化均呈首尾相连的双“S”形曲线（见图4）。冬前干重的增加至12月下旬达最高峰，以后由于外叶受冻，枯黄脱落，干重下降。2月上旬恢复生长进入返青期，开始第二个“S”形曲线生长。在全株生长的双“S”形曲线中各有一个指数增长期，播种出苗后第一个指数增长期为幼苗期，在35天中 $r=0.208$ ，其理论表达式为 $w_t=0.018e^{0.208t}$ ；第二个指数增长期为茎叶生长盛期的前半期（3月13—4月17日）， $r=0.04$ ，其理论表达式为 $w_t=72.54e^{0.04t}$ 。茎部在

幼苗期的后半期(10月2—24日)及茎叶生长盛期(4月3—5月8日)各有一个指数增长期,前者 $r=0.203$,其理论表达式为 $W_t=0.009e^{0.203t}$;后者 $r=0.048$,其理论表达式为 $W_t=39.51e^{0.048t}$ 。可见春莴笋的幼苗期是栽培上的关键时期之一,在此指数增长期中,绝对增长率虽小,但相对增长率为各生育期之冠,所以培育壮苗使“本钱”增多,再加上高的“利率”,就为丰产奠定了基础。

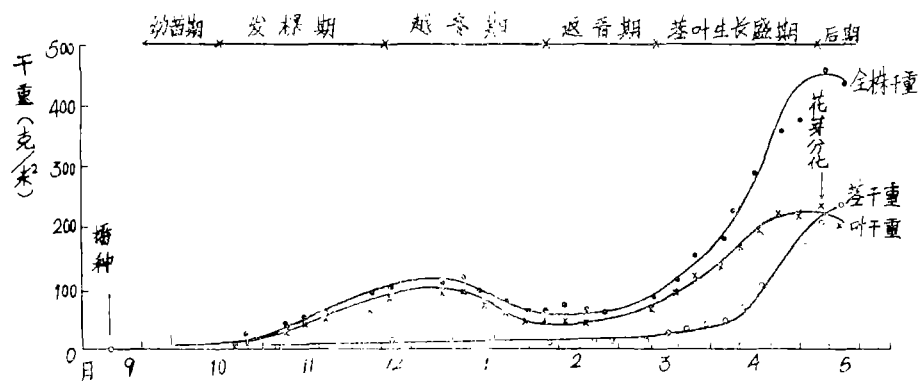


图4 春莴笋干物重的季节变化

发棵期的相对增长率大大降低,约为幼苗期的16.3%,但其绝对增长率大大提高,约为幼苗期的292%,越冬期绝对增长率与相对增长率均出现负值,使干重下降,这是由于外叶受冻枯黄,叶片生长基本停止造成的,说明越冬期间保护外叶,减少干物质损失的重要性。返青期绝对增长率和相对增长率由负值转为正值,但增加很少,特别是茎的生长率很低(0.126克/米²/日),说明返青期并不是加大水、肥的时期,而是实行中耕、保墒、提高地温,进行“蹲苗”的时期。

返青期结束后,叶片进入第二个指数增长期。叶片第二个指数增长期的结束就是茎部第二个指数增长期的开始,所以返青期结束也是“蹲苗”期的结束,应及时转“控”为“促”。茎叶生长盛期绝对增长率迅速提高,全株绝对增长率最高达9.85克/米²/日,茎部最高达7.42克/米²/日,是水、肥需要量剧增时期。

(二) 叶面积指数的季节变化

春莴笋叶面积指数的季节变化,近似两个首尾相连的“S”形曲线(见图5)。发

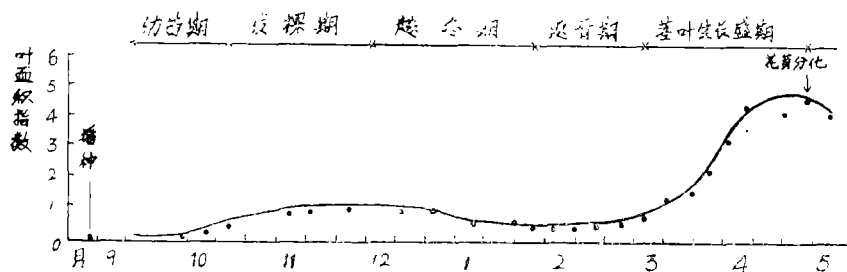


图5 春莴笋叶面积指数的季节变化

裸期结束时叶面积指数达到 1，越冬期下降到0.7左右。返青期由于受了冻的外叶继续枯黄，所以叶面积指数基本维持越冬期的水平。3月中旬进入茎叶生长盛期后，叶面积指数迅速增加，至采收期达到最大值（4.57），这时全株的绝对生长率也最高（9.85克/米²/日），可以认为“尖叶白笋”作春莴笋栽培时，适宜的叶面积指数为4.5左右。

根据全生育期30对测定数据的相关性分析，叶面积指数与全株绝对生长率为 $p = 0.01$ 水平显著的正相关关系，与全株相对生长率为 $p = 0.05$ 水平显著的负相关关系，说明从全生育期看，叶面积指数的大小与春莴笋生物学产量关系密切，但在春莴笋的不同生育期，叶面积指数与绝对生长率的关系并不完全一致。如表 2 所示，幼苗期叶面积指数与

表 2 春莴笋各生育期LAI、NAR与CGR的相关性 (r)

生育期	LAI与CGR	NAR与CGR	LAI与NAR
幼苗期	0.9946 **	0.9039 **	0.9951 **
发裸期	0.5124	0.9107 **	0.1036
越冬期	0.5326	0.9923 **	0.5335
返青期	0.2419	0.9997 **	0.2214
茎叶生长盛期	0.5124(全株)	0.0463(全株)	-0.7265*
	0.8748**(产品器官)	-0.2564(产品器官)	

** P=0.01水平显著 * P=0.05水平显著

绝对生长率为极显著的正相关关系，但在发裸期、越冬期及返青期，二者相关关系不显著。在茎叶生长盛期，叶面积与产品器官的绝对生长率为显著的正相关关系。可见叶面积指数不是影响绝对生长率的唯一因素，还必须对另一影响因素—净同化率加以分析。

(三) 净同化率

根据全生育期30对测定数据的相关关系分析，净同化率与全株绝对生长率之间相关关系不显著（ $r = 0.2204$ ），但从不同生育期看，在幼苗期、发裸期、越冬期及返青期中，二者之间均有极显著的正相关关系，茎叶生长盛期净同化率与绝对生长率相关关系不显著。说明春莴笋在叶面积指数小于 1 的情况下，净同化率对绝对生长率的提高起决定性作用，在叶面积指数很小的幼苗期，叶面积指数和净同化率对绝对生长率的提高有同等重要的作用。茎叶生长盛期产品器官绝对生长率的提高，要求叶面积指数保持在4.5左右，叶面积指数过大会降低净同化率。

(四) 产品器官中的干物质分配率

春莴笋幼苗期的全株干重中，茎仅占 4%，进入发裸期后，茎中的干物质分配率逐渐提高，至12月中旬叶片生长基本停止，发裸期结束时，茎部干重占14%左右。在长达68天的越冬期中，茎部干重占15%左右。返青期叶部恢复生长，但干物质主要用于新叶

的建成,向茎中的分配率增加到20%左右,说明返青期的生长中心仍为叶片,这时如加大水、肥,会引起叶部生长过旺。进入茎叶生长盛期,茎部干物质分配率持续上升,至采收时达53%。

小 结

秋莴笋和春莴笋干物质的季节变化均呈“S”形生长曲线,春莴笋由于经过一个冬季,所以形成两个首尾相连的双“S”形生长曲线。每一“S”生长曲线有一个指数增长期,秋莴笋的幼苗期和发棵期,春莴笋的幼苗期以及二者的茎叶生长盛期,均处于指数生长期内,是莴笋栽培管理上的关键时期。

秋莴笋和春莴笋全生育期的叶面积指数与全株绝对生长率之间均为 $P=0.01$ 水平显著的正相关关系。但春莴笋的不同生育期有不同的特点,叶面积指数对幼苗期绝对生长率的提高起决定性作用;对发棵期、越冬期及返青期绝对生长率的提高影响不大。

秋莴笋和春莴笋全生育期的净同化率与全株绝对生长率之间相关性不显著,与相对生长率之间有显著的正相关关系。从不同生育期看,在春莴笋的幼苗期、发棵期、越冬期及返青期,净同化率与绝对生长率之间有极显著的正相关关系;而在秋莴笋的幼苗期和发棵期,净同化率与绝对生长率之间相关性不显著。

总的看来,构成莴笋生物学产量的两个主要因素—叶面积与净同化率中,叶面积指数的变异在决定生物产量中比净同化率具有相对的重要性,这是因为净同化率受气温、太阳辐射、土壤水分等的影响较大,变化不太规律,变化的幅度也比较小。

叶面积指数与净同化率之间,秋莴笋为极显著的负相关关系,而春莴笋则相关关系不显著,只是在茎叶生长盛期有显著的负相关关系。这一现象说明Watson (1958)提出的净同化率与叶面积指数之间存在着负相关关系(一般称之为Watson法则),应当是有条件的。秋莴笋的整个生育期处于秋季,叶面积指数随生育期的推进而持续扩大,净同化率则随温度的下降及日照的减弱而持续下降,符合Watson法则。春莴笋的整个生育期经历了由秋—冬—春的变化,叶面积指数经历了由小—大—小—大的变化,而净同化率本身的变化又不规律,因而不表现Watson法则。可以这样认为,只有在叶面积指数持续上升的生态条件下,叶面积指数与净同化率之间才存在负相关关系。

在产品器官中干物质的分配率方面,不同栽培季节之间也有差异,秋莴笋由于花芽分化早,花茎在产品器官中占的比例大,茎生叶多,茎叶生长盛期又短,所以产品器官中干物质分配率低;春莴笋则相反,所以产品器官中干物质分配率较高,这也是春莴笋产量一般比较高的原因。

参 考 文 献

- [1] Hunt, R.: 《植物生长分析》(陆宪辉译), 1978, 科学出版社。
- [2] 星野和生: “生长解析法在蔬菜栽培研究中的利用”(1) (2), [日]《农业及园艺》, 1976, 51 (10) (11)。

Studies On The Yield Formation Of Asparagus Lettuce

During The Different Growing Seasons

Lu Gou-yi Wang Xiao-su Zhou Cun-tian

(Department of Horticulture, Northwestern
College of Agriculture)

Abstract

The yield formation of asparagus lettuce (*Lactuca sativa* Var. *angustana* Irish) studied by means of the plant growth analysis. Asparagus lettuce (cv. Sharp Leaf White) was sown in July and harvested in October (the autumn crop), and also was sown in September and harvested in next Spring (the spring crop).

A "sigmoid" growth curve of dry weight of the autumn crop during the whole growing stage was obtained, while the spring crop showed a double "sigmoid" growth curve.

A significant positive correlation was found between the leaf area index (LAI) and the crop growth rate (CGR) of both crops, but as to the spring crop, the influence of LAI on CGR was more important at the seedling stage than that at other growing stages. There was no correlation between net assimilation rate (NAR) and CGR. LAI played more important role in biological yield formation than NAR did.

The correlation between LAI and NAR in the autumn crop showed the so-called "Watson Rule", i.e. the increasing of LAI is accompanied by the decreasing of NAR, but there was no such correlation in the spring crop.

The distribution of dry matter in the productive organ of the spring crop was larger than that in the autumn crop due to the different rate of flower bud differentiation and development under different ecological conditions.