

# 温室生菜能量动态变化研究

李冬生<sup>1,2</sup>, 李萍萍<sup>2</sup>, 王纪章<sup>2</sup>

(1. 南华大学 经济管理学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 江苏大学 现代农业装备与技术教育部重点实验室, 江苏 镇江 212013)

**摘要:**为了探讨温室作物能量动态变化过程,以意大利耐抽苔生菜为试材,在江苏大学农业工程研究院实验温室进行了基于配方施肥试验。结果表明:单位面积上生菜能量现存量的变化曲线呈S形,最高日能量增长达  $88.86 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

**关键词:**温室;生菜;热值;能量动态

**中图分类号:**S 636.226.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2012)18-0080-02

能量是温室作物生命运动的基本动力,温室作物无时无刻不在进行着能量的输入、传递、转化与做功,因此,对温室作物的能量动态变化过程进行研究具有重要意义。温室作物能量主要受生物量和干重热值2个因素的影响,对温室作物生物量的报道较多<sup>[1-2]</sup>,但在热值的测定方面的报道较少。现以温室夏茬生菜为例,主要研究其热值变化动态、能量现存量变化动态与增长动态。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种为意大利耐抽苔生菜,由广州惠研园艺种苗有限公司提供。

### 1.2 试验方法

试验于2008年6~8月在江苏大学农业工程研究院实验温室内进行,该温室为玻璃自控温室,栽培方式为槽式土培。生菜定植于试验温室栽培土槽内,株行距为  $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ ,每槽4行,每行约80株,折合密度  $16.7 \text{ 株}/\text{m}^2$ 。温室内的环境调控,采用湿帘、风机降温,白天温室保持在  $20 \sim 25^\circ\text{C}$ 。生菜于2008年6月20日播种,7月15日定植,8月19日收获,收获期天数35 d。根据养分平衡法计算的结果进行施肥。生菜按每100 kg产量吸收  $\text{N } 253 \text{ g}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 120 \text{ g}$  和  $\text{K}_2\text{O } 450 \text{ g}$ <sup>[4]</sup>计算,目标产量为  $3250 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ ,该试验不施有机肥,无机肥施用量根据养分平衡法<sup>[5]</sup>进行计算,计算得出施用无机肥中的速效养分  $\text{N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  的含量分别为  $0.84$ 、 $0.2$ 、 $0.91 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ <sup>[3]</sup>。

### 1.3 项目测定

鲜重:生菜于定植后10 d开始取样,以后每间隔5 d

取1次,每次随机取3株,以单株为单位分别收集生菜根、茎、叶等部位的样品。干重:生菜样品于采集洗涤后立即置于  $110^\circ\text{C}$  电热烘干箱中杀青20 min后,于  $75^\circ\text{C}$  烘至恒重并称量,测得其干重,3次重复取均值。干重热值测定:用上海昌吉地质仪器有限公司生产的 XRY-1B 微型氧弹式热量计测定样品各器官的热值,3次重复,对每次重复取均值后分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生菜植株干重积累与分配特点

由表1可知,生长前期生菜植株生长量较小,干物质积累少,生长期为50 d的干重积累仅占全生育期的38.34%;进入生长后期迅速增加,生长期为50~65 d之间的干重积累比例为61.66%。叶干物质在整个植株干重中占绝大部分比例,叶干物质夏茬所占比例达81.15%以上。

### 2.2 温室生菜热值变化动态

由表2知,生菜植株的干重热值也随着生长进程而略有提高,但变化较平缓,全株干重热值平均在  $16600 \sim 17509 \text{ J/g}$ 。生菜各主要器官的干重热值也存在着一定的差异,根部干重热值为  $13582 \sim 13719 \text{ J/g}$ ,明显低于茎部和叶部。叶的干重热值随着生育期呈逐步上升趋势,一直在  $17108 \text{ J/g}$  以上,远远超过其它器官,所以导致整个生育期内生菜的干重热值有上升趋势。在整个生育期内生菜各主要器官干重热值变化不明显,以干重热值表征的主要器官干重热值含量的顺序为:叶>茎>根。

### 2.3 温室生菜能量现存量动态

根据表1所示的生菜主要器官在各采样日的干重和表2所示的相应热值,求出温室生菜在  $1 \times 1 \text{ m}^2$  面积上的每采样日植株能量现存量,作出生菜能量现存量与干物质动态变化见图1。由图1可知,单位面积上 ( $1 \times 1 \text{ m}^2$ ) 生菜能量现存量的变化曲线呈S形,与其干物质变化动态曲线相近。比较能量现存量曲线与干物质曲

**第一作者简介:**李冬生(1971-),男,湖南衡阳人,博士,副教授,现主要从事温室生态系统工程方面的研究工作。

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31071327);湖南省科技计划资助项目(2010FJ3163);南华大学博士启动基金资助项目(2011XQD05)。

**收稿日期:**2012-06-13

表 1 夏茬生菜不同生育期主要器官干物质积累与分配

生育天数/d	采样期/月.日	根		茎		叶		累计总干重 /g·株 <sup>-1</sup>
		干重/g·株 <sup>-1</sup>	比例/%	干重/g·株 <sup>-1</sup>	比例/%	干重/g·株 <sup>-1</sup>	比例/%	
40	7.25	0.027±0.004	6.00	0.034±0.004	7.56	0.389±0.042	86.44	0.451±0.045
45	7.30	0.078±0.004	7.48	0.11±0.009	10.55	0.855±0.043	81.98	1.043±0.034
50	8.4	0.125±0.008	5.24	0.245±0.011	10.27	2.016±0.059	84.49	2.386±0.056
55	8.9	0.202±0.010	5.34	0.44±0.011	11.63	3.142±0.092	83.03	3.784±0.092
60	8.14	0.270±0.018	5.13	0.503±0.019	9.56	4.486±0.107	85.30	5.259±0.134
65	8.19	0.447±0.014	7.18	0.726±0.025	11.67	5.050±0.075	81.15	6.223±0.051

表 2 夏茬生菜主要器官的干重热值 J/g

采样日	根	茎	叶	全株
7.25	13 582±187	14 600±117	17 108±119	16 705±146
7.3	13 655±197	14 646±174	17 121±209	16 600±171
8.4	13 716±270	14 578±145	17 357±145	16 882±139
8.9	13 719±253	14 677±112	17 900±190	17 302±178
8.14	13 663±454	14 720±130	18 052±120	17 509±131
8.19	13 700±349	14 732±106	18 024±145	17 330±134

注:全株的热值为各器官热值的加权平均数,权重为其干重百分比。

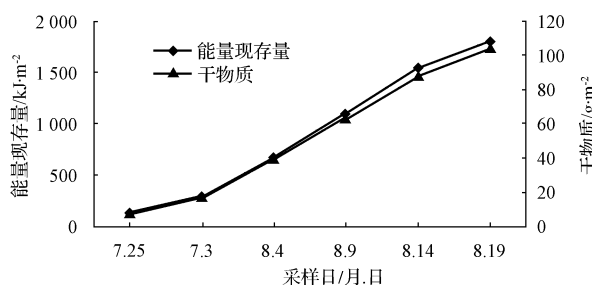


图 1 夏茬生菜能量现存量 and 生物量

线可知,二者的变化趋势十分相似。能量现存量的变化动态主要受生物量变化影响,受热值的影响则很微小。

#### 2.4 温室生菜能量增长动态

用能量绝对增长速率来反映温室植物能量增长,能量绝对增长速率用下式表示:  $EAR = (E_{t+1} - E_t) / (t_{t+1} - t_t)$ , 式中,  $E_{t+1}$ 、 $E_t$  分别为  $t_{t+1}$ 、 $t_t$  时刻的能量现存量(或累计能量),  $EAR$  为能量绝对增长速率。根据表 1 和表 2 求出  $1 \times 1 \text{ m}^2$  面积上温室生菜在各采样日的累计能量后,便可求出其能量增长动态,见表 3。温室生菜在生长日为 55 d 后生物量与能量进入快速积累阶段,温室生菜生物量绝对生长速率与能量增长率同步,生物量绝对生长速率与能量增长率均在生长期为 65 d 左右时最高,以

后呈下降趋势。在  $1 \text{ m}^2$  样地上,生菜最高日均生物量增长达  $4.93 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,最高日均能量增长达  $88.86 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

表 3 夏茬生菜能量增长动态

日期 /月.日	生长天数 /d	生物量 /g·m <sup>-2</sup>	绝对生长速率 /g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup>	能量现存量 /kJ·m <sup>-2</sup>	能量绝对增长速率 /kJ·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup>
7.25	40	7.52	0.19	125.55	3.14
7.3	50	17.42	1.98	289.15	32.72
8.4	55	39.85	5.99	672.64	76.70
8.9	60	63.19	6.65	1 093.36	84.14
8.14	65	87.83	10.92	1 537.64	88.86
8.19	70	103.92	9.87	1 800.94	52.66

### 3 结论

温室生菜各主要器官干物质积累与分配在各个生育期具有不同特点。温室生菜干重热值随着生长进程而略有提高,但变化较平缓,各主要器官的干重热值存在一定的差异:叶>茎>根。单位面积上生菜能量现存量的变化曲线呈 S 形,能量现存量的变化动态主要受生物量变化的影响。温室生菜在生长日为 55 d 后生物量与能量进入快速积累阶段;单位面积上,温室最高日能量增长达  $88.86 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

#### 参考文献

- [1] 李娟,郭世荣,罗卫红. 温室黄瓜光合生产与干物质积累模拟模型[J]. 农业工程学报,2003(4):241-244.
- [2] 孙忠富,陈晴,王迎春. 不同光照条件下温室黄瓜干物质生产模拟与试验研究[J]. 农业工程学报,2005,22:50-52.
- [3] 李冬生. 温室生态经济系统能量、物质和价值流动特点研究[D]. 镇江:江苏大学,2009.
- [4] 陈贵林. 蔬菜温室建造与管理手册[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [5] 邹志荣. 温室大棚建造与管理新技术[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2000.

## Study on Energy Dynamics of Greenhouse Lettuce

LI Dong-sheng<sup>1,2</sup>, LI Ping-ping<sup>2</sup>, WANG Ji-zhang<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, University of South China, Hengyang, Hunan 421001; 2. Ministry of Education Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

**Abstract:** In order to investigate the energy dynamic process of greenhouse crops, an experiment based on the best fertilization prescription was made in experimental glasshouse of institute of agricultural engineering of Jiangsu University by the material of Italian lettuce. The results showed that the lettuce energy fixed amount in unit area ( $1 \times 1 \text{ m}^2$ ) took on a s-shaped curve, and the maximum energy growing rate was daily average  $88.86 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ .

**Key words:** greenhouse; lettuce; calorific value; energy dynamics