

温光驱动甜瓜壮苗指数模型研究

李建明, 邹志荣, 黄 志
(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】探讨甜瓜幼苗壮苗指数与环境温度、光辐射的关系。【方法】通过多次分期播种试验及回归分析,模拟建立甜瓜壮苗指数受有效积温、日温差积累及光辐射积累驱动的 JohnsoSchumacher 数学回归动态模型,同时对模型参数进行了估算,对壮苗指数变化过程进行了分析。【结果】所建立的模型能较为真实、客观地反映了实际壮苗指数与环境的关系。【结论】该模型可应用于环境条件与壮苗指数关系的分析及甜瓜育苗的生产管理。

【关键词】 甜瓜;温度;光辐射;壮苗指数;模型建立

【中图分类号】 S652.905 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)01-0149-04

Study of vigorous muskmelon seedling index model driven by temperature and radiation

LI Jian-ming, ZOU Zhi-rong, HUANG Zhi
(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The aim of this study was to probe into the relationship between vigorous muskmelon seedling index and environmental temperature and radiation. 【Method】 5 times experiments had been conducted under greenhouse at different sowing dates. The vigorous muskmelon seedling index model was established in regress and was a JohnsoSchumacher function, whose model was driven by efficient temperature accumulation, and accumulation of daily temperature difference, and radiation accumulation. At same time, parameters of the model were estimated and change of vigorous seedling index were analyzed. 【Result】 It has been validated that the model is able to simulate real vigorous seedling index change truly and objectively. 【Conclusion】 The model can be used to analyze the relationship between vigorous seedling index and environmental temperature and radiation, and can be used in management of seedbed.

Key words: muskmelon; temperature; radiation; seedling vigorous index; model establishment

培育壮苗是蔬菜生产的主要技术内容,是一项专业且相对独立的生产过程。温室幼苗生长模型是温室生产智能化管理的技术核心^[1-2]。壮苗指数是一个广泛应用于衡量幼苗生长状况的指数,研究环境因素对壮苗指数的影响是阐明环境与幼苗生长关系机理的重要途径,对优化育苗温室温度、光照等环境管理具有重要作用。利用回归建立作物生长指数

与环境温度、光辐射等因子的关系模型^[3],是研究环境与作物生长关系的方法之一。前人已就环境温度、光照、水分、二氧化碳等因素对壮苗指数的影响进行了大量研究^[4-8],但多是关于单一环境因素对壮苗指数的影响,而且是一个相对静态的描述,未就环境因素对幼苗生长的动态变化过程进行分析,且有关多环境因素对甜瓜幼苗生长综合影响的研究报道

* 【收稿日期】 2007-01-08
【基金项目】 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2001AA247012)
【作者简介】 李建明(1966—),男,陕西洛川人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事设施园艺与蔬菜生理生态研究。
E-mail: lijianming66@163.com

也较少,更未见关于以工厂化育苗为目标对专业化甜瓜幼苗指数模拟的研究报道。本研究旨在探讨甜瓜幼苗指数与环境条件多因素变化的关系,建立壮苗形态指数与主要环境因子的因果模拟模型,以期为温室甜瓜整体模型的建立积累材料,为工厂化育苗提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试材料为厚皮甜瓜,品种为郁金香,由西北农林科技大学农城种业公司提供。育苗营养液采用日本通用甜瓜配方,其中含氮 243 mg/L,磷 41 mg/L,钾 312 mg/L,钙 160 mg/L,镁 48 mg/L。试验前先配成 2 组母液,使用时再按比例混合稀释,用硫酸调整 pH 值为 5.8~6.5。

1.2 方 法

试验于 2004-08~2005-06 在西北农林科技大学北校区节水灌溉中心及杨凌国家节水灌溉示范中心的光日温室中进行。分别于 2004-08-07,09-01 和 2005-03-04,03-20,04-24 分 5 次播种。

育苗基质采用草炭、蛭石以体积比 2:1 的比例混合,再加少量河沙、杀虫剂、复合肥配制而成;育苗钵选用 10 cm×10 cm 塑料钵。供播种的甜瓜种子经 55℃ 温水浸种 10 min,再在 30℃ 左右水中继续浸种 6~8 h,然后置于 25℃ 的催芽箱中催芽,待露白后进行播种,播种前先给基质浇透水,然后进行点播,再盖 1.5~2.0 cm 厚基质,覆上薄膜,采用涌泉灌溉法灌溉,待子叶出土后揭去薄膜进行喷灌。以充分满足幼苗生长水分需求为原则进行水分管理,一般每 2 d 浇 1 次水。

营养液的管理按照标准营养液配方进行,在子叶展平后进行营养液喷洒,子叶期以标准营养液浓度的 1/4 浓度喷洒,一片真叶期以标准营养液浓度的 1/2 浓度喷洒,两片真叶后以全浓度标准营养液喷洒。

1.3 植株生长形态观测及环境气象数据的采集与处理

1.3.1 壮苗指数 幼苗子叶展平后,将幼苗分为 3 组作为 3 次重复,每重复 30 株以上。在每小区随机固定标记 10 个植株,每 5 d 观察 1 次植株株高、茎粗及叶面积等形态指标,到第四片真叶完全展开(4 叶 1 心)时结束。蔬菜植株壮苗指数用下式计算:

$$I=D/H\times A. \quad (1)$$

式中: I 为壮苗指数, D 为茎粗, H 为株高, A 为总叶

面积。

1.3.2 日平均温度和总有效积温 利用小型气象站检测温室环境气温及光辐射强度,设置为每小时记录 1 次。有效积温可利用式(2)和式(3)计算:

$$T=(\frac{T_1+T_2+\cdots+T_{24}}{24}), \quad (2)$$

式中: T 为日平均温度; T_1 、 T_2 、 T_3 、 $\cdots$ 、 T_{24} 为 1 d 内 01:00~24:00 的温度。

$$TU=\sum_{i=1}^n(T_i-T_b). \quad (3)$$

式中: TU 为 n 天内的总有效积温; T_i 为第 i 天的日平均温度; T_b 为基础温度,在甜瓜出苗阶段取值为 12℃^[6-7]。

1.3.3 日温差累积 日温差累积为每天的最高温度与最低温度差值的和,可用下式计算:

$$TD=\sum_{i=1}^n(\frac{T_{imax}-T_{imin}}{2}). \quad (4)$$

式中: TD 为 n 天内的温差累积, T_{imax} 和 T_{imin} 分别为第 i 天的最高温度和最低温度。

1.3.4 光辐射累积 光辐射累积(PR)以小时为步长,合计甜瓜生育期内每天每小时的光辐射之和即可得到生育期内的光辐射累积。

1.3.5 环境影响因子积 依据多因子积效原理,将总有效积温、光辐射累积和日温差累积的乘积定义为环境影响因子积,它表征了综合环境因子对幼苗生长的影响,其表达式为:

$$EF=TU\times PR\times TD. \quad (5)$$

式中: EF 为环境影响因子积, TU 为总有效积温, PR 为光辐射累积, TD 为日温差累积。

2 结果与分析

2.1 甜瓜幼苗壮苗指数模拟模型的建立

由表 1 可以看出,随着总有效积温、光辐射累积或日温差累积的增加,壮苗指数增大。同时可以看出,在不同茬次的试验中,在单一因子(总有效积温、光辐射累积、日温差累积)相同的条件下,壮苗指数并不相同,说明壮苗指数受到各种环境因素的共同影响。培育健壮的幼苗除应关注水肥因子外,环境温度和光辐射也是对壮苗指数构成因子,如株高、茎粗、叶面积影响最大的环境因素。已有研究表明,较大的温差和光辐射有利于植株干物质的积累,使茎粗得以增大,而较小的温差易形成徒长苗^[9]。在一定范围内,较高的有效积温及光辐射累积有利于幼苗干物质的积累,叶面积增大,易形成壮苗,提高壮苗指数。

表 1 2005 年不同茬次甜瓜幼苗生长过程中的总有效积温、光辐射累积、温差累积和壮苗指数

Table 1	Efficient temperature accumulation,photo-radiation accumulation,temperature difference accumulation and vigorous seedling index during water melon seedling growing process at different sows				
生长日期 Phase of growth	TU/℃	PR/(mol·m ⁻¹ ·s ⁻¹)	TD/℃	EF/1 000	I
03-06~03-09	26.3	8 766	83	19.134 7	3.165
03-10~03-14	45.6	14 785	145	97.756 0	5.725
03-15~03-19	68.7	20 830	193	276.187 1	8.291
03-20~03-24	106.4	26 078	223	618.768 4	71.169
03-25~03-29	152.9	32 533	315	1 566.897 4	103.745
03-30~04-03	202.9	40 642	420	3 463.426 5	109.554
03-29~04-03	50.2	9 022	59	26.721 1	3.760
04-04~04-09	84.6	17 884	164	248.133 7	48.208
04-10~04-14	191.3	32 136	326	2 004.103 1	90.905
04-15~04-24	249.2	41 630	447	4 637.292 3	112.148
04-24~04-29	64.9	11 311	73	53.587 0	3.150
04-30~05-04	126.4	19 300	155	378.131 9	58.846
05-05~05-09	191.3	29 155	261	1 455.700 7	82.306
05-10~05-14	246.7	34 312	325	2 751.034 3	92.904
05-15~05-19	303.8	40 780	392	4 856.454 8	110.988

以环境影响因子积为横坐标,以壮苗指数为纵坐标作图(图 1)。由图 1 可以看出,随着环境影响因子积的增大,壮苗指数不断增大,当环境影响因子积增大到一定值后,增幅减慢,并趋于稳定。依据图 1 散点图,采用 JohnsoSchumacher 模型表达壮苗指数与环境影响因子积的关系式,可得:

$$I=P_1\exp[-P_2/(\frac{TU\times PR\times TD}{1\ 000}+P_3)]。$$
(6)

式中:I 为壮苗指数;TU、PR、TD 分别为总有效积温(℃)、光辐射累积(mol/(m·s)和日温差累积(℃);P₁、P₂、P₃ 为影响参数,分别为最大壮苗指数影响参数、温度与光辐射最大影响参数和其他因素影响参数。

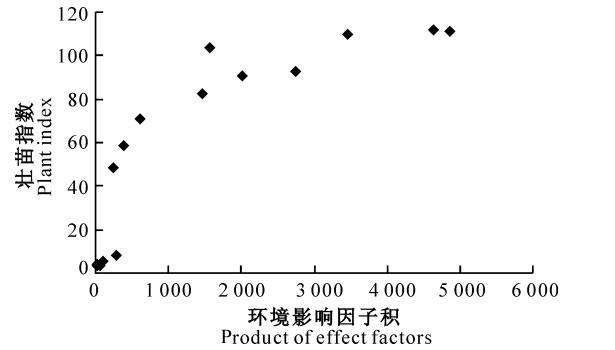


图 1 环境影响因子积与壮苗指数的关系

Fig. 1 Relation of product environmental effect factors and index of plant

2.2 JohnsoSchumacher 模型中的参数估算

利用 2005 年 3 次不同播种期的试验数据对 JohnsoSchumacher 模型进行回归分析,并估算模型中的参数。可得 P₁、P₂、P₃ 分别为 116.699 6,

360.391 5和 28.901 8, $R^2=0.971\ 4$, F 值检验达到极显著相关水平。由此可得模拟模型为:

$$I=116.699\ 6\times e^{\frac{-360.391\ 5}{EF/1\ 000+28.901\ 8}}。$$
(7)

2.3 模型验证

利用 2004-08-07 和 09-01 两次播种试验结果对模型进行验证。采用国际上惯用的 RMSE 模型的检验统计方法,对模拟值与观测值之间的符合程度进行分析。RMSE 可用下面的方程进行求算:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(OBSi-SIMi)^2}{n}}。$$
(8)

式中:OBSi 为观测值,SIMi 为模拟值,n 为样本容量。

图 2 为植株壮苗指数的模拟值与实际观测值的比较。

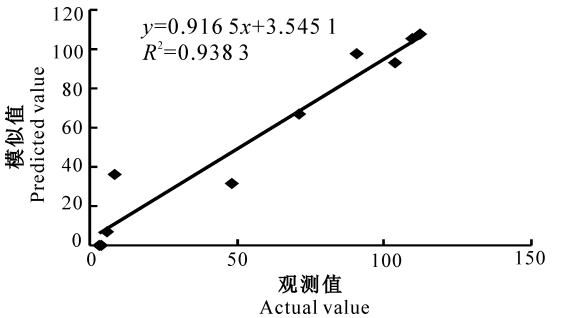


图 2 甜瓜幼苗壮苗指数的模型验证

Fig. 2 Validation of muskmelon vigorous seedling index model

由图 2 可见,模拟值与实测值的趋势基本一致。从模拟值与实测值的线性相关看,直线的斜率等于 0.916 5,接近于 1,截距为 3.545 1,在 y 值较大时,

截距值 3.545 4 相对较小,可忽略不计。从模型验证结果来看,当 y 值大于 50 时,模拟效果较好。通过 RMSE 检验,在 $n=10$ 时, $RMSE=9.891\ 7$,说明模型可较准确地模拟甜瓜的壮苗指数。

3 结论与讨论

利用植株壮苗形态指数描述植株生长状况,是一个应用广泛且为学术界公认的方法,但目前尚未见有关壮苗指数模拟模型的研究报道。本研究综合考虑有效积温、光辐射累积和日温差累积 3 个环境因子,建立了壮苗指数模拟模型并对其进行了验证。总体来看,模拟值与实际观察值决定系数为 0.938 3,但是在幼苗初期或壮苗指数小于 50 时预测性较差,其原因可能是出苗时间的划定误差造成的。

本研究选用 JohnsoSchumacher 模型模拟环境影响因子积与壮苗指数的关系,其原因有二:一是二者散点图显示符合 JohnsoSchumacher 模型变化规律,与其他相似模型相比其决定系数接近于 1,达到极显著相关水平;二是在生产实际中,苗期结束后有一个壮苗标准。在遗传因素相对稳定,环境因素达到最适宜和最适量的条件后,壮苗指数会达到一个最大值,也就达到了生产实际中要求的壮苗标准。环境因素的不同变化,对壮苗指数最大值的形成有一定影响,若用一个参数值来表示,则可表示为环境因素的函数,其变化范围等于或小于 1 而大于 0;在环境影响因子积达到最适宜和最适量的条件时,该参数为 1;在环境影响因子积达到最大量之前,参数值在 0~1 内变化。JohnsoSchumacher 模型符合这一变化规律,尽管可能还有其他数学模型可以选择,但是从进一步依据生物意义对模型参数进行完善的角度出发,JohnsoSchumacher 模型仍是较佳的选择。

除有效积温、光辐射累积及日温差累积等因素对幼苗生长的影响外,水分及营养条件对幼苗的生长也有较大影响^[9],但本研究中未涉及这些因素,而是假设这些因素为充分条件,因此关于这一方面还需要进一步完善。在该研究中,假设有一个最大壮苗指数值,但由于有效积温、光辐射累积及日温差累积等条件的影响,壮苗指数只能逐步达到最大值。模型中的这些参数可能会因为对幼苗期结束时间及品种的不同而发生较大变化,故其也有待于进一步研究。尽管本研究中还有一些问题需要进一步完善,但是这种模型模拟方法与单一基于时间或有效积温建立的回归模型或机理模型^[10-11]相比,本研究

建立的模型更符合生产实际,也更具有推广应用价值。本研究结果说明,利用有效温度、日温差累积及光辐射累积的乘积为驱动,采用 JohnsoSchumacher 模型可以表示壮苗指数受环境影响的动态因果关系。

[参考文献]

- [1] 李建明,邹志荣. 温室园艺作物生长模型的研究现状[J]. 河南农业大学学报,2003,37(4):33-35.
Li J M, Zong Z R. Status of horticultural crop growth model research in greenhouse[J]. Journal of Agricultural University of He'nan,2003,37(4):33-35. (in Chinese)
- [2] 王向东,张建平. 作物模拟模型的研究概况及展望[J]. 河北农业大学学报,2003,26(增刊):20-23.
Wang X D, Zhang J P. Review on crop simulation models research[J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2003,26(Suppl.):20-23. (in Chinese)
- [3] Bonesmo H. Modelling spring growth of timothy and meadow fescue by an expolinear growth equation[J]. Acta Agriculturae Scandinavica,1999,49(4):216-224.
- [4] Korkmaz A, Dufault R J. Differential cold stress duration and frequency treatment effects on musk melon seedling and field growth and yield[J]. European Journal of Horticultural Science,2004,69(1):12-20.
- [5] Korkmaz A, Dufault R J. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. II. Muskmelon[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,2001,126(4):410-413.
- [6] Lopez-Hoffman L, DeNoyer J L, Monroe I E. Mangrove seedling net photosynthesis, growth, and survivorship are interactively affected by salinity and light[J]. Biotropica,2006,38(5):606-616.
- [7] Derner J D, Tischler C R, Polley H W, et. al. Seedling growth of two honey mesquite varieties under CO₂ enrichment[J]. Rangeland Ecology & Management,2005,58(3):292-298.
- [8] Wang J H, Niu Q L, Huang D F. Effect of irrigation amount on muskmelon seedling growth[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis,2006,28(1):25-31.
- [9] 丁长命,王建富. 厚皮甜瓜的生态特点与栽培技术[J]. 浙江农业科学,1998(3):145-147.
Ding C M, Wang J F. Ecological features and growing techniques for muskmelon[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences,1998(3):145-147. (in Chinese)
- [10] 陈年来,王 刚,陶永红. 甜瓜叶系统发展动态研究[J]. 西北植物学报,2003,23(4):615-621.
Chen N L, Wang G, Tao Y H. Dynamics of leaf system in muskmelon[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2003,23(4):615-621. (in Chinese)
- [11] 刘雪松,刘贞琦. 烟苗各器官的生长模型[J]. 贵州农学院学报,1993,12(1):1-7.
Liu X S, Liu Z Q. Growth pattern of organs in tobacco seedlings[J]. Journal of Agricultural College of Guizhou,1993,12(1):1-7. (in Chinese)