

文章编号:1003-8701(2005)01-0052-05

番茄产量形成与大棚内气象要素之间的动态关系研究

廉 华,马光恕

(黑龙江八一农垦大学植物科技学院园艺系,黑龙江 大庆 163319)

摘 要:本试验以中杂9号番茄为试材,对其生长期间的气象要素和蔬菜产量进行动态观测,在此基础上研究了气象因素与产量之间的动态关系,为设施栽培的环境控制提供理论依据。同时,运用逐步回归的分析方法,得到番茄在整个生长时期的回归方程。

关键词:番茄;产量形成;气象因素;动态关系;大棚

中图分类号:S641.2

文献标识码:A

设施栽培是人们在大气候背景下,刻意创造的一种小气候环境,以克服和缓解大气候对蔬菜生产的制约。它在蔬菜生产中应用日益广泛,具有许多露地栽培无法比拟的优点。通过人为控制小气候,可以使蔬菜在较适宜的环境中生长,提高蔬菜产量,延长栽培时间和供应期,增加淡季蔬菜花色品种和上市量。同时,与露地生产有机结合,提高抗灾能力,有利于丰富和均衡市场供应,具有明显的社会效益和经济效益。

随着设施栽培的迅速发展,最近几年,对影响设施栽培的障碍因素的研究也不断增多。从黑龙江省的实际情况来看,关于设施栽培的研究多侧重于棚型结构、丰产栽培、增温保温措施的效应及设施内的光、温、湿度的分布规律,或者研究某一特定时段内某气象要素与产量之间的关系。但是,设施内环境因子是相互影响、相互制约的。满足单一环境条件并不能使设施内的蔬菜生育取得良好的结果,而一个不良的环境限制因子却能支配着蔬菜的生长发育。所以,对于蔬菜作物生长所需要的所有条件都应予以重视,依据不同季节外界环境状况,有主有次、适时适度地调控环境条件,以促进蔬菜作物良好的生长发育,达到增产增收的目的。

1 材料及方法

1.1 供试的蔬菜品种

试验材料由东北农业大学园艺系提供,番茄品种为中杂9号。

本次试验田间部分于2000年1~8月在东北农业大学园艺试验站进行。先期在加温温室内育苗,后期在无立柱钢筋大棚内生产。设施类型为无立柱钢筋大棚。大棚长为56 m,宽为12 m。覆盖材料:光生态农用塑料薄膜,由哈尔滨市塑料五厂提供。

1.2 试验方法

试验播种时间为2000年1月10日。定植时间为2000年4月22日。定植行距为60 cm,株距为25 cm。

在番茄生长的整个生育期内,进行产量测定和环境因素观测,采用田间观测与室内统计分析相结合的方法。最后,运用多元逐步回归方法进行结果分析。

收稿日期:2003-12-12

作者简介:廉 华(1970-),黑龙江省密山人,东北农业大学蔬菜学硕士研究生,讲师,主要从事园艺学的教学和科研工作。

1.3 试验设计及数据的收集处理方法

1.3.1 试验处理

试验在东北农业大学园艺试验站的 2 个无立柱钢筋塑料大棚内进行,每个棚内设置 4 次重复,重复的小区长为 5.5 m、宽为 3.6 m,小区面积为 19.8 m²。各小区随机排列。

1.3.2 试验分析方法及依据

根据吴毅明先生等研究发现:黄瓜和番茄等果实的生长速度,对果实形成期内的光照、温度和水分等环境条件的变动异常敏感,果实采收量与果实膨大期的累积日射量及积温等的动态变化相关。由此,提出一种环境条件客观评价方法——采收量信息动态分析法。它将黄瓜和番茄等果菜的逐次采收量的变动,看成是作物对环境条件变化影响的综合反应,是生物信息的综合体现。通过计算机的信息处理,应用回归筛选技术,在多因子的动态分析比较中,综合地定量评价环境要素对产量形成的影响,为改善环境设定值提供客观指标。

1.3.3 试验数据处理方法

试验采用的环境要素共有 11 个,即大棚内的太阳辐射日总量(X_1)、土壤温度(X_2)、土壤湿度(X_3)、空气湿度(X_4)、最高温度(X_5)、最低温度(X_6)、上午积温(X_7)、下午积温(X_8)、上半夜积温(X_9)、下半夜积温(X_{10})和日照时数(X_{11})。一日内 4 个时段的时间分割点,采用①6、12、18 和 24 时;②6、14、19 和 23 时;③6、13、17 和 22 时等 3 种划分方法,计算前指定并输入,同时进行比较分析。

采收量变量 Y 的时间序列,由日平均采收量 $Y(k)$ 构成。用小区逐次采收量除以当次收获与前次收获的间隔日数,即为逐次日平均采收量 $Y(k)$ 。环境要素变量 X_i 的时间序列,由环境要素的不同时间长度的日平均变量 X_{ij} 构成。把从开花到采收的果实形成期划分为 j 种时间长度,对每个要素 X_i 均按照 j 种时间长度求取日平均值,构成与每次采收量相对应的要素日平均变量 X_{ij} 。然后,将日平均变量 X_{ij} 与采收量进行单相关分析,以单相关系数最大的日平均变量 $X_{ij}(K)$,代表该要素参加下一步的逐步回归分析。

因为收获时期不同,各环境要素对产量的影响也不同。为了能明确考察出环境要素对各生育时期的不同影响,首先必须在日平均产量变量 $Y(k)$ 的时序列中,取最初的 N 个标本(N 次所收获的产量)进行回归分析。其次,将 $Y(k)$ 的时序列往后移动 L 个标本数,再取 N 个标本进行逐步回归分析。这样,在有限的统计区间内,环境要素与产量之间的单相关关系近似于线型相关。同时,若把统计区间的移动间隔 L 值缩小,很容易动态地考察出环境要素对作物不同生育时期的影响。本次试验中,将统计样本数 N 定为 5,移动间隔 L 值定为 1。

1.4 试验观测的气象因子项目

1.4.1 气温

大棚内的日平均气温、最高气温、最低气温以及大棚内的空气湿度。利用温湿度自记仪逐日记录大棚内的空气温度和空气湿度。

1.4.2 土温

每个处理设置一套曲管地温表,对地中 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 和 25 cm 深处进行实际测定,观测时间为每天的 6 时、10 时、14 时和 18 时。利用 4 次观测的平均值计算土壤的日平均温度。

1.4.3 太阳辐射总量

每日的太阳辐射总量由哈尔滨气象台提供。

1.4.4 土壤湿度

利用土壤酸湿度计测定土壤水分的含量,在每天的 6 时、10 时、14 时和 18 时各测定 1 次,计算其平均值,衡量土壤的水分状况。

2 结果与分析

2.1 统计期间的各环境要素与产量的时序列变化

在整个统计区间,产量、太阳辐射总量、土壤湿度、空气湿度、土壤温度、最高气温和最低气温随

时间推移变化的情况如图 1~图 4 所示。

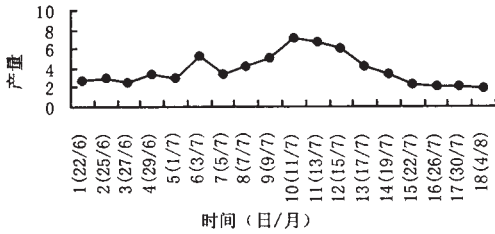


图 1 产量变化时序列 (单位:kg/19.8 m²)

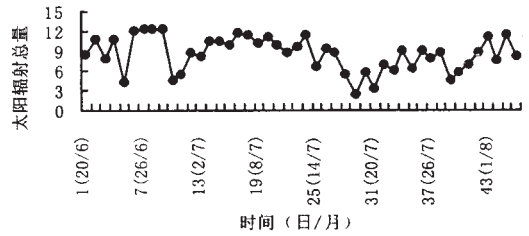


图 2 太阳辐射总量变化时序列 (单位:MJ/m²)

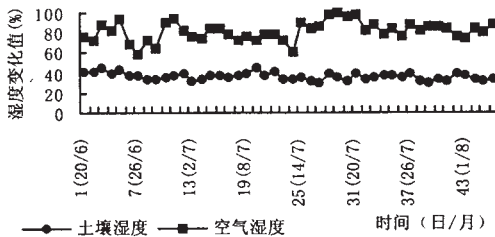


图 3 湿度变化时序列

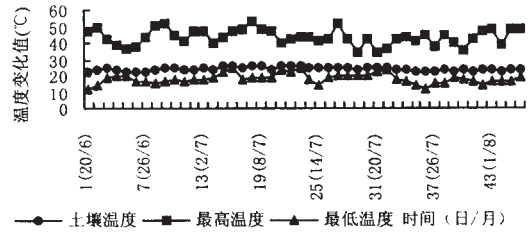


图 4 温度变化时序列

随着时间改变,产量和各环境要素的日平均变化量也随之改变。试验分析就是根据分析期间的日平均产量变化与各环境要素值的日变化的特点,进行定量地考察它们之间的相关性。

2.2 时间带分割时点的选择

季节不同,气温存在着明显差异,这严重影响到其他环境要素对产量的影响程度。从栽培上进行温度的区段管理就是为了协调气温与其他环境要素的相互关系,使各环境要素对产量影响程度趋于平衡。试验中共采用 3 种时间带的分割时点:①6, 12, 18 和 24 时;②6, 14, 19 和 23 时;③6, 13, 17 和 22 时。统计分析之前,必须分别计算出每一种类的午前、午后、前半夜和后半夜的 4 段日平均累积气温值,并且在 4 段累积气温值与日平均产量之间进行相关分析,求出各统计期间的最大单相关系数。最后进行比较分析,确定时间带的分割时点,结果如图 5 所示。

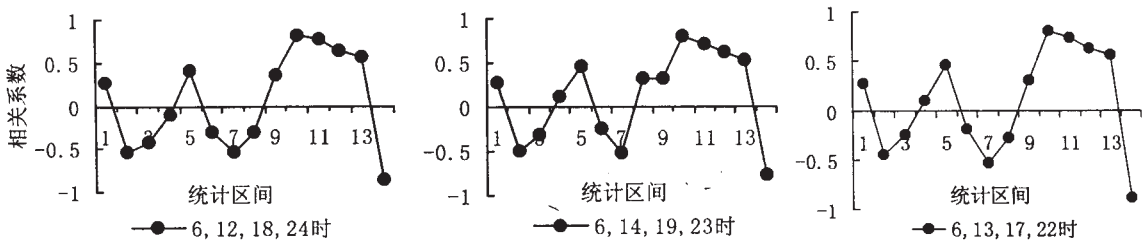


图 5 累积气温与产量之间最大单相关系数的变化

根据分析得出:1~5 统计区间利用第 2 种划分方法,即 6, 14, 19 和 23 时,所得到的单相关系数较其他两种划分方法所得到的单相关系数大或比例偏大;6~11 统计区间利用第 1 种划分方法,即 6, 12, 18 和 24 时,所得到的单相关系数较其他两种划分方法所得到的单相关系数大或比例偏大;12~14 统计区间利用第 3 种划分方法,即 6, 13, 17 和 22 时,所得到的单相关系数较其他两种划分方法所得到的单相关系数大或比例偏大。

2.3 统计区间各环境因子与产量之间的单相关系数变化情况分析

本次分析所用数据为 2001 年 6 月 22 日至 8 月 4 日,44 d 中共采收番茄 18 次,分作 14 段统计区间进行分析。

在番茄的生长过程中,主要对番茄采摘期间(6 月 22~8 月 4 日)的各环境因素的变化进行观测,同时对各环境因素与产量之间的动态关系进行动态分析,得出整个统计区间的各环境因素与产量之间的单相关系数的变化情况,如图 6 所示。

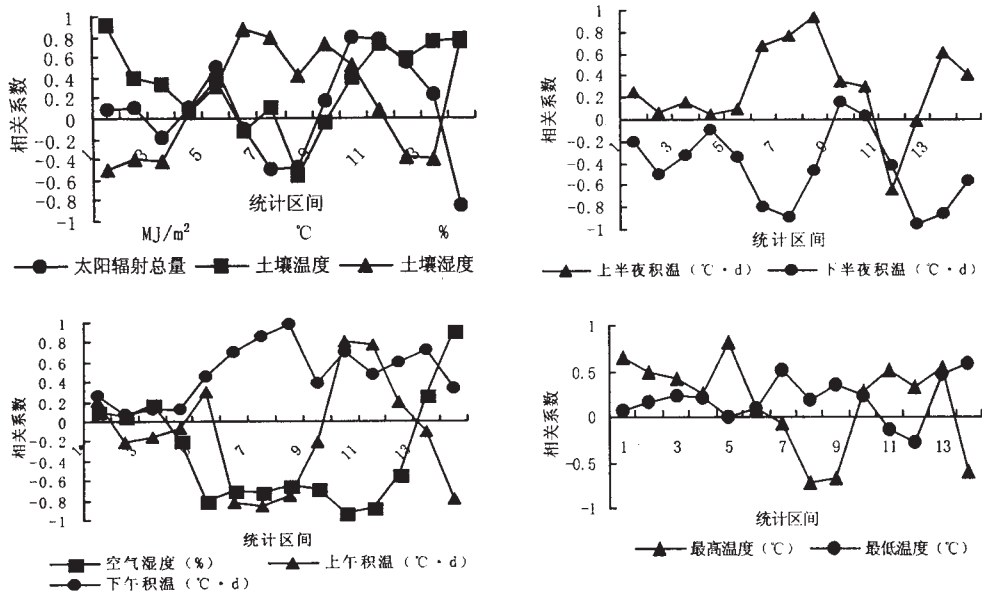


图 6 番茄各环境要素与产量之间的单相关系数变化

根据图 6 可以看出:大部分统计样本环境要素对采收量都有很高的相关系数。这说明采收量时刻受到环境条件变动的影响。同时,主要的影响因子、影响的时效、影响的性质(相关的正负)及影响的强弱(相关系数的大小)等,均随统计样本的移动而变动。

由于各环境要素随时间变动量的不同,或是各环境要素间数量配合的变动,都会使与采收量单相关系数最大的主要影响因子及其次要的影响因子随统计样本移动而变化。当某一个环境要素的变动,或是与其他要素的数量配合显得不适当时,该要素与采收量的单相关系数将显著变大。例如,6月下旬温度明显增高,尤其是土壤温度,对应的第 1 统计区间内,土壤温度对采收量的单相关系数显著增大,达到 0.912,此时土壤温度成为主要的影响因素。

2.4 各统计区间内产量形成的主要因素分析

在番茄采摘期间,根据回归分析的方法,通过统计区间的移动,分别计算出产量和各环境要素的日平均变化量。在各个统计区间内,对产量和各环境要素之间进行相关动态分析,从中得到各统计区间影响产量形成的主要制约因子及主要影响因子的变化范围,为设施栽培提供试验依据。番茄整个采摘次数为 18 次,每 5 次采摘期设定为 1 次统计区间,方法如 1.3.3。利用统计区间的逐步移动,分别对各个统计区间进行动态的分析。各统计区间的环境因子与产量之间的相关性分析情况如表 1 所示。

表 1 番茄各统计区间内环境因子与产量之间的相关性分析

项 目					
统计区间	与产量呈正相关的环境因子	与产量呈负相关的环境因子	正相关性最大的环境因子	负相关性最大的环境因子	影响最大的环境因子的变化范围
1(6月22日~7月1日)	太阳辐射总量、土壤温度、空气湿度、最高温度、最低温度、上午积温、下午积温和上半夜积温	土壤湿度和下半夜积温	0.912(土壤温度)	-0.505(土壤湿度)	土壤湿度 $38.12 \pm 3.69\%$ 、土壤温度 $23.51 \pm 0.68^\circ\text{C}$
2(6月25日~7月3日)	土壤温度、空气湿度、最高温度、最低温度、下午积温和上半夜积温	太阳辐射总量、土壤湿度、上午积温和下半夜积温	0.489(最高温度)	-0.495(下半夜积温)	最高温度 $44.16 \pm 4.88^\circ\text{C}$ 、下半夜气温 $13.61 \pm 1.81^\circ\text{C}$
3(6月27日~7月5日)	土壤温度、空气湿度、最高温度、最低温度、下午积温和上半夜积温	太阳辐射总量、土壤湿度、上午积温和下半夜积温	0.412(最高温度)	-0.408(土壤湿度)	土壤湿度 $35.33 \pm 1.42\%$ 、最高温度 $44.56 \pm 4.45^\circ\text{C}$
4(6月29日~7月7日)	太阳辐射总量、土壤温度、土壤湿度、最高温度、最低温度、下午积温和上半夜积温	空气湿度、上午积温和下半夜积温	0.262(最高温度)	-0.191(空气湿度)	空气湿度 $80.06 \pm 8.01\%$ 、最高温度 $46.06 \pm 3.93^\circ\text{C}$

续表 1

统计区间	项 目				
	与产量呈正相关的环境因子	与产量呈负相关的环境因子	正相关性最大的环境因子	负相关性最大的环境因子	影响最大的环境因子的变化范围
5(7月1~9日)	太阳辐射总量、土壤温度、土壤湿度、最高温度、最低温度、上午积温、下午积温和上半夜积温	空气湿度和下半夜积温	0.818(最高温度)	-0.812(空气湿度)	空气湿度 $81.10 \pm 6.35\%$ 、最高温度 $46.02 \pm 3.86^\circ\text{C}$
6(7月3~11日)	土壤湿度、最高温度、最低温度、下午积温、上半夜积温	太阳辐射总量、土壤温度、空气湿度、上午积温和下半夜积温	0.865(土壤湿度)	-0.707(空气湿度) >-0.804(下半夜积温) >-0.825(上半夜积温)	土壤湿度 $36.93 \pm 2.52\%$ 、空气湿度 $77.8 \pm 3.24\%$ 、上午气温 $35.46 \pm 5.64^\circ\text{C}$ 、下半夜气温 $16.29 \pm 2.06^\circ\text{C}$
7(7月5~13日)	土壤温度、土壤湿度、最低温度、下午积温和上半夜积温	太阳辐射总量、空气湿度、最高温度、上午积温和下半夜积温	0.865(下午积温) >0.793(土壤湿度)	-0.867(上午积温) >-0.888(下半夜积温)	土壤湿度 $37.25 \pm 2.3\%$ 、上午气温 $33.94 \pm 7.64^\circ\text{C}$ 、下午气温 $24.12 \pm 3.14^\circ\text{C}$ 、下半夜气温 $16.59 \pm 1.8^\circ\text{C}$
8(7月7~15日)	土壤湿度、最低温度、下午积温和上半夜积温	太阳辐射总量、土壤温度、空气湿度、最高温度、上午积温和下半夜积温	0.980(下午积温) >0.938(上半夜积温)	-0.732(最高温度) >-0.761(上午积温)	最高温度 $45.68 \pm 3.66^\circ\text{C}$ 、上午气温 $30.43 \pm 7.55^\circ\text{C}$ 、下午气温 $24.48 \pm 3.06^\circ\text{C}$ 、上半夜气温 $14.19 \pm 3.70^\circ\text{C}$
9(7月9~17日)	太阳辐射总量、土壤湿度、最低温度、下午积温、上半夜积温和下半夜积温	土壤温度、最高温度、上午积温和空气湿度	0.734(土壤湿度)	-0.692(空气湿度)	土壤湿度 $36.13 \pm 3.79\%$ 、空气湿度 $76.98 \pm 4.61\%$
10(7月11~7月19日)	太阳辐射总量、土壤温度、土壤湿度、最高温度、最低温度、上午积温、下午积温、上半夜积温和下半夜积温	空气湿度	0.807(上午积温) >0.798(太阳辐射总量) >0.703(下午积温)	-0.923(空气湿度)	空气湿度 $81.88 \pm 10.28\%$ 、上午气温 $23.69 \pm 3.2^\circ\text{C}$ 、太阳辐射总量 $8.30 \pm 2.51\text{MJ/m}^2$ 、下午气温 $25.08 \pm 3.64^\circ\text{C}$
11(7月13~22日)	太阳辐射总量、土壤温度、土壤湿度、上午积温、下午积温和最高温度	空气湿度、最低温度、上半夜积温和下半夜积温	0.780(太阳辐射总量) >0.774(上午积温) >0.719(土壤温度)	-0.882(空气湿度)	太阳辐射总量 $7.24 \pm 2.45\text{MJ/m}^2$ 、土壤温度 $24.76 \pm 0.57^\circ\text{C}$ 、空气湿度 $85.32 \pm 10.18\%$ 、上午气温 $22.09 \pm 2.39^\circ\text{C}$
12(7月15~26日)	太阳辐射总量、土壤温度、上午积温、下午积温和最高温度	土壤湿度、空气湿度、最低温度、上半夜积温和下半夜积温	0.598(下午积温)	-0.956(下半夜积温)	下午气温 $32.63 \pm 7.50^\circ\text{C}$ 、下半夜气温 $10.56 \pm 1.55^\circ\text{C}$
13(7月17~30日)	太阳辐射总量、土壤温度、空气湿度、下午积温、上半夜积温、最高温度和最低温度	土壤湿度、上午积温和下半夜积温	0.753(土壤温度) >0.718(下午积温) >0.606(上半夜积温)	-0.856(下半夜积温)	土壤温度 $23.87 \pm 0.85^\circ\text{C}$ 、下半夜气温 $11.31 \pm 0.82^\circ\text{C}$ 、下午气温 $30 \pm 7.81^\circ\text{C}$ 、上半夜气温 $18.12 \pm 3.08^\circ\text{C}$
14(7月19~8月4日)	土壤温度、土壤湿度、空气湿度、最低温度、下午积温和上半夜积温	太阳辐射总量、最高温度、上午积温和下半夜积温	0.909(空气湿度) >0.765(土壤温度)	-0.785(上午积温) >-0.859(太阳辐射总量)	太阳辐射总量 $6.47 \pm 1.97\text{MJ/m}^2$ 、土壤温度 $23.54 \pm 0.82^\circ\text{C}$ 、空气湿度 $87.75 \pm 7.57\%$ 、上午气温 $19.55 \pm 2.92^\circ\text{C}$

2.5 在整个采摘期,番茄产量与各环境因子及其各环境因子之间的相关性分析

在番茄整个采摘期间,即1~18次采摘期(6月22日~8月4日),番茄产量与各环境因子之间的相关性情况(表2)。

表2 番茄产量与各环境因子及各环境因子之间的相关系数

项 目	产 量	太阳辐射总量	土壤温度	土壤湿度	空气湿度	最高温度	最低温度	上午积温	下午积温	上半夜积温	下半夜积温	日照时数
产量(kg/19.8m ²)	1.000											
太阳辐射总量	0.288	1.000										
土壤温度	0.680	0.129	1.000									
土壤湿度	0.137	0.044	-0.068	1.000								
空气湿度	-0.301	-0.904	0.032	-0.079	1.000							
最高温度	0.263	0.612	0.344	-0.069	-0.516	1.000						
最低温度	0.487	-0.105	0.698	0.003	0.291	-0.237	1.000					
上午积温	-0.034	0.745	0.040	0.315	-0.589	0.538	-0.187	1.000				
下午积温	0.693	0.423	0.544	0.112	-0.325	0.228	0.480	0.113	1.000			
上半夜积温	0.374	-0.159	0.251	-0.078	0.223	-0.295	0.550	-0.536	0.622	1.000		
下半夜积温	-0.306	0.069	-0.019	0.225	0.156	-0.322	0.436	0.372	-0.185	-0.123	1.000	
日照时数	0.299	0.974	0.159	0.038	-0.850	0.658	-0.108	0.735	0.381	-0.156	0.057	1.000

从表2可知,在番茄整个采摘期间,与产量呈负相关的环境因子是空气湿度、上午积温和下半夜积温,其他环境因子与产量均呈正相关。其他环境要素之间的相关性如表2。

(下转封三)

Abstract: The comparative advantage of maize production in different counties of Jilin province was analyzed according to the theory of the comparative advantage. The results showed that there are great differences at the comprehensive comparative advantage of maize production in different counties of Jilin province. Maize production structure in Jilin province should be adjusted based on the principle of the comparative advantage. So the maize production is reasonably arranged and specialized.

Key words: Maize; County Scale; Comparative advantage; Jilin province

~~~~~  
(上接第 56 页)

## 2.6 番茄在整个生长时期的回归方程

运用逐步回归的方法,得到番茄在整个生长时期的回归方程。逐步回归的标准为:应用 F 值的可能性范围为  $y-F \leq 0.050$  时,选择的变量可以进入回归方程; $y-F \geq 0.100$  时,选择的变量被回归方程删除。

利用这种逐步回归的分析方法,根据各环境因子对产量形成贡献率的不同,进行逐级筛选。最后进入回归方程的变量有土壤温度( $X_2$ )和下午积温( $X_8$ ),产量用 Y 表示,最后得到的回归方程为:

$$Y = -16.857 + 0.031X_8 + 0.692X_2$$

按照回归分析的原理,根据得到的回归方程,可以了解在番茄整个生长期内,土壤温度和下午积温是产量形成的最关键因素,在生产上必须严格控制。

# Studies on the Dynamic Relation between Tomato Yield and Meteorological Factors in Plastic Film Shed

LIAN Hua, MA Guang-shu

*(Horticulture Department, Plant Science and Technology of Heilongjiang August the First Reclamation University, Daqing 163319, China)*

**Abstract:** “Zhongza No.9” tomato was used as experiment materials in this study. Meteorological factors and tomato yield were measured in the growing season. Dynamic relation between meteorological factors and fruit yield was summarized on the basis of studying and theoretical basis for environment condition monitor in cultivation under protected. The regression equations for the whole growing season of tomato were obtained using step-regression analysis method.

**Key words:** Tomato; Yield formation; Meteorological factors; Dynamic relation; Plastic film shed

## 欢迎订阅 2005 年《吉林农业科学》

《吉林农业科学》是吉林省农科院主办的农业综合性科学技术刊物。本刊融学术性、技术性、信息性和知识性于一体,是理论与实践相结合、普及与提高并重的刊物。旨在报道最新农业科研成果、研究进展和科技动态,传播农业科学知识,推广农业新品种和新技术,介绍农业生产新经验等。辟有作物育种栽培、土壤肥料、植物保护、畜牧兽医、园艺果树、种子简介、国外农业、实用技术和广告信息等栏目。本刊是中国科技核心期刊和中国科技论文统计源期刊。面向全国公开发行,主要读者对象是广大农民朋友、农业科研人员、农业技术推广人员、农业生产管理者和农业院校师生。

《吉林农业科学》为双月刊,逢双月 25 日出版,由 16 开本改为大 16 开 56 页,原每期定价 4.00 元不变,全年 24.00 元。邮发代号:12-71,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者亦可随时向本刊编辑部订阅,不另收邮费。

《吉林农业科学》经营广告业务,广告经营许可证号:四广字 050104 号。刊登有关种子、化肥、农药、农业机械设备、农业分析仪器、温室设备、农膜、其他农用生产资料、有关科研单位和公司、企业简介等广告。若在本刊连续刊登广告,价格优惠。有意者请与《吉林农业科学》编辑部联系,本刊编辑部将竭诚为您服务。

电 话: 0434-6283151      传 真: 0434-6283132      E-mail: jlnyxx@cjaas.com

通讯地址: 吉林省公主岭市西兴华街 6 号      邮政编码: 136100