

番茄叶面积测量方法的研究^{*}

薛义霞¹, 栗东霞¹, 李亚灵²

(1 山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041000;

2 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

[摘 要] 建立了番茄品种“counter”的叶面积与叶长、叶宽和叶长宽乘积的线性回归和幂函数回归方程。结果表明, 番茄叶面积与相应指标呈极显著回归关系, 建立番茄叶面积回归方程时应分叶片大小来进行, 并且应根据残差分析来划分大小叶范围。通过比较认为, 叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归方程和叶长的幂函数回归方程均适用于叶面积的估算, 并给出了番茄品种“counter”的叶面积回归方程。

[关键词] 番茄; 叶面积; 回归方程

[中图分类号] S641.201

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)08-0116-05

叶面积的活体测量是植物研究中的一项重要内容。目前对萝卜^[1]、节瓜^[2]、茎用莴苣^[3]、黄瓜^[4]、南瓜和瓠瓜^[5]、辣椒^[6]、茄子^[7]等蔬菜作物的叶面积测量方法均有研究, 但尚未见对番茄叶面积测量方法的相关报道。

实现叶面积活体测量的方法有多种, 但均有其局限性。如系数测定法, 只适合于主体部分近似于矩形的叶片; 叶面积仪测量法, 虽测量准确快速, 但仪器价格昂贵^[8]; CAD 图形处理技术测量法, 其测量精度易受叶片平整度和摄像视角的影响^[9]; 基于机器视觉技术的叶面积测量系统, 则会因叶片变形或叶面重叠而导致测量误差^[8]。而采用回归方程法, 则具有简便、迅速且准确的优点^[2]。因此, 作者对番茄叶面积与叶长、叶宽和叶长宽乘积的回归方程进行了研究, 以期建立可靠性高的番茄叶面积回归方程,

为科研和生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用的番茄品种为荷兰温室专用品种“counter”。

1.2 方 法

试验于2002年在山西农业大学设施农业工程中心的不对称三连栋温室内进行。温室内建造有南北延长的、宽度为25 cm、深度为22 cm的无土栽培槽。槽内基质以炉渣、蛭石和腐熟有机肥按体积比4:3:3配成。番茄于2002-01-12育苗, 03-12定植, 定植株距30 cm, 10-28拉秧, 整枝方式为单杆整枝。

表1 取样番茄植株的编号及叶片数

Table 1 Number of sampled plants and number of leaves of each plant

取样日期 Date of sampling	编号 Number of plant	叶片数 Number of leaves	取样日期 Date of sampling	编号 Number of plant	叶片数 Number of leaves
04-05	A1	8	05-10	B1	9
	A2	10		B2	13
	A3	9		B3	12
	A4	9		B4	13
	A5	9		B5	13
	A6	10		B6	8

于2002-04-05和05-10分别从田间拔取番茄整株6株, 编号见表1, 并记录每株的叶片数。剪下番茄

叶片, 用直尺测量叶片的长度(L , 叶柄基部到叶尖的距离)和宽度(w , 与主脉垂直的最大宽度); 采用

^{*} [收稿日期] 2005-09-30

[基金项目] 国家农业部引进项目(2003-Z64); 国家留学基金资助项目(教外司留[2001]498)

[作者简介] 薛义霞(1975-), 女, 山西万荣人, 讲师, 硕士, 主要从事设施园艺研究。

纸重法测定番茄的实际叶面积 ($L A$)。根据叶长、叶宽、叶长宽乘积与叶面积做散点分布图, 由散点分布图形式确立回归模型和回归方程, 应用成对分析法进行可靠性检验。

2 结果与分析

2 1 番茄叶片不分大小时回归方程的建立与检验

2 1 1 回归方程的建立 以编号为 A 2, A 4, A 6, B 1, B 3 和 B 5 的 6 株番茄共 63 片叶为样本, 建立叶面

积与叶长、叶宽和叶长宽乘积的回归方程, 结果见表 2。从表 2 可以看出, 叶长 (L)、叶宽 (W) 和叶长宽乘积 ($L W$) 均与叶面积 ($L A$) 有显著的相关性, 由 2 种形式的回归方程确立的叶面积与各指标均呈极显著相关。通过 R^2 对各回归方程进行比较可以看出, 在一元线性回归方程和幂函数回归中, 均以叶面积与叶长宽乘积的相关性最好。而且叶面积与叶长宽乘积的幂函数回归方程的拟合性优于叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归方程。

表 2 番茄叶面积与各指标的回归方程

Table 2 Regression equations of tomato leaf area with each factor				
回归形式 Type of regression	指标 Factor	回归方程 Regression equations	R	R ²
一元线性回归 One-factor liner regression	叶长 Leaf length	$LA = 13.425L - 155.530^{**}$	0.932	0.868
	叶宽 Leaf width	$LA = 13.250W - 96.350^{**}$	0.967	0.935
	叶长宽乘积 Product of both	$LA = 0.246LW + 5.534^{**}$	0.983	0.966
幂函数曲线回归 Exponent function regression	叶长 Leaf length	$LA = 0.233L^{1.970^{**}}$	0.982	0.964
	叶宽 Leaf width	$LA = 0.915W^{1.660^{**}}$	0.983	0.966
	叶长宽乘积 Product of both	$LA = 0.459(LW)^{0.911^{**}}$	0.988	0.976

注: ** 表示回归方程在 1% 水平下呈极显著回归关系。
Note: ** means the coefficient of regression significant at $P = 0.01$ level

2 1 2 回归方程的检验 利用其余 6 株番茄叶片, 对叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归方程, 叶面积与叶长宽乘积、叶宽的幂函数回归方程进行可靠性检验, 结果见表 3。从表 3 可以看出, 用 04-05 所取

的番茄植株叶片进行检验, 3 个方程均表现可靠, 而用 05-10 所取番茄植株叶片进行检验, 3 个方程均表现不可靠。

表 3 番茄叶面积回归方程的检验

Table 3 Test of regression equations of tomato leaf area								
植株 编号 Number of plant	叶数 Number of leaves	$T_{0.05(n-1)}$	乘积的线性回归 Liner regression equation of product		乘积的幂函数回归 Exponent function regression equation of product		叶宽的幂函数回归 Exponent function regression equation of leaf width	
			t 值 t value	差异显著性 Significance of difference	t 值 t value	差异显著性 Significance of difference	t 值 t value	差异显著性 Significance of difference
A 1	8	2.365	0.274	ns	0.932	ns	1.106	ns
A 3	9	2.306	0.567	ns	0.109	ns	0.746	ns
A 5	9	2.306	0.357	ns	0.604	ns	0.386	ns
B 2	13	2.179	5.492	s	5.864	s	6.732	s
B 4	13	2.160	6.209	s	5.843	s	3.579	s
B 6	8	2.262	2.657	s	2.377	s	2.337	s

注: ns 表示根据公式计算所得值与实际值之间差异不显著, 回归方程可靠; s 表示根据公式计算所得值与实际值之间差异显著, 回归方程不可靠。
Note: "ns" indicated that the difference between the calculated value and actual value is not significant at $P = 0.05$ level, regression equation is dependable accordingly. The meaning of "s" and that of "ns" is contrary.

由叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归、幂函数回归散点分布图(图1)及叶面积与叶长、叶宽的幂函数回归散点分布图(图2, 3)可以看出, 面积较大叶

片的观察点在回归线上下分散较远, 而 05-10 所采番茄植株上的大叶片较多。由此认为, 根据叶片大小来建立番茄叶面积与叶长、叶宽和叶长宽乘积的回

归方程更合理。

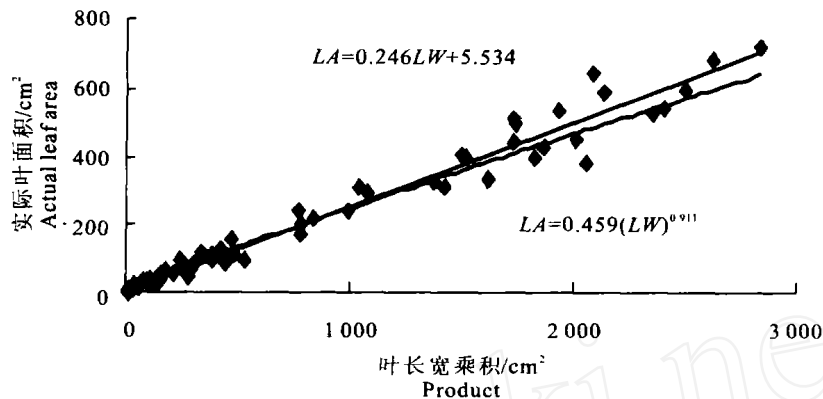


图1 番茄叶长宽乘积与实际叶面积的散点分布图

Fig 1 Scatter diagram of actual leaf area with product of leaf length and leaf width

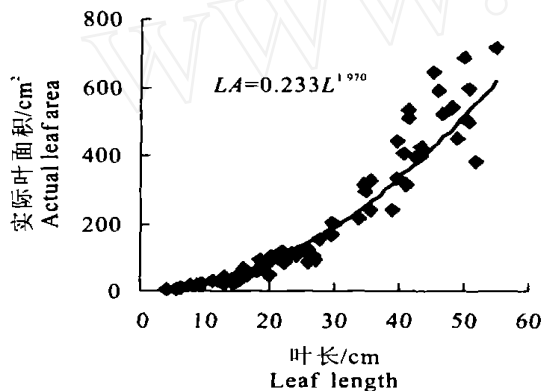


图2 番茄叶长与实际叶面积的散点分布图

Fig 2 Scatter diagram of actual leaf area with leaf length

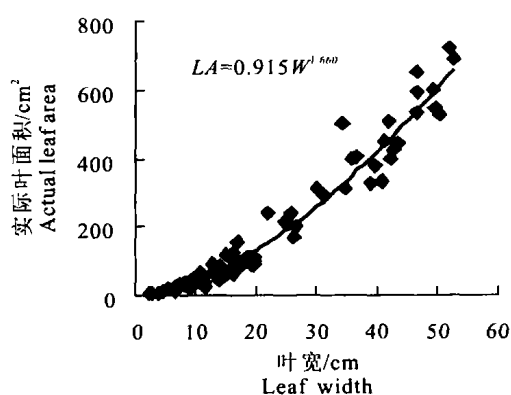


图3 番茄叶宽与实际叶面积的散点分布图

Fig 3 Scatter diagram of actual leaf area with leaf width

2 2 番茄叶片划分大小时回归方程的建立与检验

2 2 1 回归方程的建立 观察63片叶的叶面积与叶长、叶宽及叶长宽乘积的散点分布图(图1~ 3), 并根据残差分析, 将叶长划分为2个不同范围, 即叶长

≤30 cm 为小叶, 共有38片叶; 叶长> 30 cm 为大叶, 共有25片叶, 然后做散点分布图, 建立不同大小叶片的叶面积回归方程, 结果见表4。

表4 番茄叶片划分大小时的回归方程

Table 4 Regression equations based on the size of leaves

叶片等级 Size of leaf	指标 Factor	一元线性回归 One-factor Linear regression		幂函数曲线回归 Exponent function regression	
		方程 Equation	R ²	方程 Equation	R ²
小叶 Small leaf	叶长 Leaf length	LA = 5.973L - 36.034** L [3.9, 29.8]	0.839	LA = 0.406L ^{1.744} ** L [3.9, 29.8]	0.943
	叶宽 Leaf width	LA = 7.358W - 25.955** W [2.3, 26.4]	0.831	LA = 1.063W ^{1.585} ** W [2.3, 26.4]	0.922
	叶长宽乘积 Product of both	LA = 0.228LW + 8.152** LW [8.91, 778.8]	0.888	LA = 0.626(LW) ^{0.844} ** LW [8.91, 778.8]	0.948
	叶长 Leaf length	LA = 18.362L - 351.63** L [33.7, 54.8]	0.604	LA = 0.318L ^{1.913} ** L [33.7, 54.8]	0.634
大叶 Big leaf	叶宽 Leaf width	LA = 14.522W - 138.89** W [21.8, 52.5]	0.778	LA = 4.030W ^{1.268} ** W [21.8, 52.5]	0.806
	叶长宽乘积 Product of both	LA = 0.233LW + 31.387** LW [773.9, 2.838.6]	0.837	LA = 0.588(LW) ^{0.885} ** LW [773.9, 2.838.6]	0.856

注: ** 表示回归方程在1%水平上呈极显著回归关系。

Note: ** Means the coefficient of regression significant at P= 0.01 level

由表4可以看出,各回归方程确立的叶面积与各指标间均呈极显著正相关。2种形式的回归方程中,小叶的叶面积与叶长宽乘积的相关性最好,其次为叶长;大叶的叶面积与叶长宽乘积的相关性也最好,其次为叶宽。可见叶片大小不同,其形态特征亦不同。

由表4还可以看出,同一自变量的幂函数回归方程的拟合性均优于其一元线性回归方程,说明要建立拟合性更好的线性方程,应将叶片大小范围再细分,并分别建立线性回归方程。

2.2.2 回归方程的检验 利用其余6株番茄的叶片,对叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归方程和幂函数回归方程进行可靠性检验。这6株番茄共60片叶子,按叶长等级分为小叶33片,大叶27片。分别从小叶和大叶中每次随机选取10片叶子,进行检

验,重复3次,结果见表5。

从表5可以看出,所确立的回归方程对小叶和大叶的3次检验均表现可靠。对小叶检验的平均 t 值从小到大依次为:叶宽的幂函数、叶长宽乘积的线性回归、叶长的幂函数和叶长宽乘积的幂函数;对大叶检验的平均 t 值从小到大依次为:叶长宽乘积的线性回归、叶长的幂函数、叶长宽乘积的幂函数和叶宽的幂函数。虽然对小叶的检验结果以叶宽的幂函数可靠性最高,但在大叶的检验中其可靠性最差。综合考虑认为,线性方程应用方便,规律直观,因此用叶长宽乘积的线性回归方程对小叶和大叶的叶面积进行估测是可行的,方法较好,结果稳定。叶长的幂函数回归方程只需1个因子,实际测量简便,也可作为估测番茄叶面积的一种方法。

表5 番茄叶片划分大小时回归方程的检验 ($t_{0.05(9)} = 2.262$)

Table 5 Test of regression equations based on the size of leaves ($t_{0.05(9)} = 2.262$)

叶片等级 Size of leaf	抽样次数 Time of sampling	t			
		叶长宽乘积的线性回归 Linear regression equation of the product	叶长的幂函数 Exponent function regression equation of leaf length	叶宽的幂函数 Exponent function regression equation of leaf width	叶长宽乘积的幂函数 Exponent function regression equation of the product
小叶 Small leaf	1	0.654	1.136	0.019	1.411
	2	0.818	0.886	1.194	1.116
	3	0.358	0.435	0.597	0.017
	平均 A average	0.610	0.819	0.603	0.848
大叶 Big leaf	1	0.962	2.090	1.284	0.856
	2	1.092	0.505	1.184	1.090
	3	1.380	1.147	2.010	1.481
	平均 A average	1.145	1.247	1.493	1.422

3 结论与讨论

在植株生长的不同阶段,其叶面积的回归方程不同^[3]。为了更精确地估算某一品种在不同生长阶段的叶面积,应求出不同阶段的叶面积回归方程。本试验是以番茄定植后的叶片为材料进行分析的,所得结果是否适合幼苗期叶面积的估算,还有待进一步研究。

番茄的叶龄不同,其形态特征亦不同^[10]。根据回归方程的检验结果得出,建立番茄叶面积回归方程时应划分叶片大小来进行,并且应根据残差分析来划分大小叶范围。对试验中05-10的番茄叶片样本建立方程并进行检验,结果表明,即使在同一生长阶段,也应分叶片大小来建立回归方程。因为番茄定植后,其营养生长与生殖生长同等发展,植株上叶片

有大有小。

本研究建立了“counter”番茄品种叶面积与叶长宽乘积的一元线性回归方程和叶长的幂函数回归方程。一元线性回归方程为:小叶(叶长 ≤ 30 cm)的估测面积 $LA = 0.228LW + 8.152$,大叶(叶长 > 30 cm)的估测面积 $LA = 0.233LW + 31.387$ 。叶长的幂函数回归方程为:小叶(叶长 ≤ 30 cm)的估测面积 $LA = 0.406L^{1.744}$,大叶(叶长 > 30 cm)的估测面积 $LA = 0.318L^{1.913}$ 。试验所得回归方程适合于番茄叶面积的动态生长研究和群体叶面积估测,但对精度要求高的个体叶面积测量不适合。

同一种作物不同品种的回归方程是不一样的^[2],所以本试验建立的番茄叶面积回归方程对其他番茄品种不适用。

[参考文献]

- [1] 应冬勤,徐森富 萝卜叶面积测定方法研究[J]. 中国农学通报, 2005(1): 249-251
- [2] 宋世威,刘厚诚,陈日远 节瓜叶面积回归方程的比较[J]. 中国蔬菜, 2004(6): 18-20
- [3] 孙耘子,蒋有条 莖用莴苣不同生长阶段的叶面积估算方法[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2001, 19(4): 296-321
- [4] 龚建华,向 军 黄瓜群体叶面积无破坏性速测方法研究[J]. 中国蔬菜, 2001(4): 7-9
- [5] 高安辉,杨 飞,张学珍 南瓜和瓠瓜叶面积的快速测算方法[J]. 山地农业生物学报, 1999, 18(1): 25-28
- [6] 陈银华 辣椒叶面积测量方法初探[J]. 上海蔬菜, 1998(4): 5-6
- [7] 龚建华,杨凤飞 茄子幼苗叶面积速测方法[J]. 长江蔬菜, 1996(6): 26-27
- [8] 张健钦,王 秀,龚建华,等 基于机器视觉技术的叶面积测量系统实现[J]. 自然科学进展, 2004(11): 1304-1309
- [9] 程 鸿,吕军芬 CAD 图形处理技术在植物叶面积测量中的应用[J]. 甘肃农业大学学报, 2003(4): 467-470
- [10] 山东农业大学 蔬菜栽培学各论[M]. 北京: 农业出版社, 1980

Study on method to measure tomato leaf area

XUE Yi-xia¹, LI Dong-xia¹, LI Ya-ling²

(1 College of Life Sciences, Shanxi Teachers University, Linfen, Shanxi 014000, China;

2 College of Horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: Linear and exponent function regression equations were established by leaf area with leaf length, leaf width and the product of both with tomato variety "counter". The results showed that there was significant correlation between leaf area and its related factors. The establishment of regression equations should be based on the size of leaves and should be divided according to the residual plot. Linear regression equations of leaf area on the product of both and exponent function regression equations of leaf area on leaf length were considered suitable to estimate leaf area. And regression equations of the variety "counter" were also given in the report.

Key words: tomato; leaf area; regression equation

欢迎订阅2007年《果树学报》

《果树学报》是中国农业科学院郑州果树研究所主办的国家级学术期刊, 中文园艺学核心期刊, 中国科技核心期刊, 已被美国化学文摘、俄罗斯文摘杂志、英国CABI等20余种国内外重要检索系统与数据库收录。据《中国科技期刊引证报告》(2004年版)统计结果,《果树学报》的影响因子达0.704, 已成为国内外有影响的学术刊物之一。《果树学报》着重选发密切结合我国果树科研、教学、生产实际, 反映学科学术水平和发展动向的优秀稿件, 及时报道重大科研成果、阶段性成果和科研进展情况。栏目设置有研究论文、专论与综述、研究报告、技术与方法、新品种选育快报及信息快递等; 内容包括生物技术、品种与种质资源、生理与栽培、土壤与肥料、植物保护、贮藏加工等。读者对象为果树学科的科研人员、高等农业院校师生及基层果树管理技术人员。

本刊为双月刊, 2007年每期128页, 定价15元, 全年6期共90元。邮发代号: 36-93, 国际代号BM/1107。欢迎投稿, 欢迎订阅。

编辑部地址: 中国农业科学院郑州果树研究所; 邮编: 450009

电话: 0371-65330927/28; 传真: 0371-65330982; E-mail: chinagsxb@163.com