

人参叶面积预测模型建立

王士杰^{1,2}, 姜晓莉^{1*}, 张国锋², 姚运生², 徐永华³, 赵岩³, 李刚¹

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 吉林农业科技学院中药学院, 吉林 吉林 132101; 3. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118)

摘要:以5年生人参成熟叶片为研究材料, 采用人参小叶长、宽数据, 结合统计软件进行人参小叶面积、复叶面积和总叶面积回归分析, 建立回归方程。结果表明, 采用人参小叶长宽之积(L·W)估测小叶面积、复叶面积和全株总叶面积结果比较好, 回归方程分别为: $y = -0.0009x^2 + 0.7033x + 0.0295$, 相关系数 $R^2 = 0.9908$; $y = 0.0001x^2 + 0.5934x + 16.694$, 相关系数 $R^2 = 0.9764$; $y = -0.0000653x^2 + 0.5154x + 58.5838$, 相关系数 $R^2 = 0.9889$ 。研究表明, 用人参小叶长宽之积(L·W)估测小叶面积、复叶面积和全株总叶面积是可行的, 相关系数在0.97以上。同时研究发现利用人参掌状复叶对称性, 测量第1、2、3小叶长、宽数据即可估算复叶面积。该研究提供了一个更简便、快速有效的检测人参叶面积的方法, 明显降低了田间调查工作量, 具有较好的应用价值。

关键词: 人参; 叶面积; 估算; 回归方程

中图分类号: S567.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)06-0109-04

Establishment of Forecasting Model of Leaves Area on *Panax ginseng*

WANG Shijie^{1,2}, JIANG Xiaoli^{1*}, ZHANG Guofeng², YAO Yunsheng², XU Yonghua³, ZHAO Yan³, LI Gang¹

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. College of Traditional Chinese Medicine, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101; 3. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to investigate the determination of ginseng leaf area simply and quickly climax leaves of 5-year-old *Panax ginseng* were used to measure leaf length, leaf width and leaf area. Through the regression equation optimization, a mathematical model to predict leaf area was set up. The results indicated that the regression effect of regression equation model was satisfactory, that the simple leaf area, compound leaf area and the total leaf area of plant were agreed well with the product of length and width of ginseng leaf (L·W). The regression equation were as follows: $y = -0.0009x^2 + 0.7033x + 0.0295$, $y = 0.0001x^2 + 0.5934x + 16.694$ and $y = -0.0000653x^2 + 0.5154x + 58.5838$, respectively, the coefficients were 0.9908, 0.9764 and 0.9889, respectively. It was also discovered that compound leaf area could be estimated by determining length and width of the first, the second and the third single leaf as the palm-like compound leaf was symmetrical. This model had a high prediction accuracy quickly and simply, which could be applied to scientific research and production.

Key words: *Panax ginseng*; Leaf area; Estimation; Regression equation

人参叶片是光合作用的主要器官, 叶面积是研究植物光合作用、呼吸作用、蒸腾作用和产量构成因素的一个重要参数, 测量叶面积对农业生

产和科学研究具有重要意义。

目前, 叶面积的测定方法很多, 有光电仪法、求积仪法、透明方格板法、鲜样称重法、纸样称重法、图形分解法、图像处理法等, 归纳起来即破坏性和非破坏性两种方法。破坏性测量必须在采摘叶片后进行, 不仅取样不便, 破坏了植物体, 还要花费大量时间, 更无法对同一叶片进行动态测定。而非破坏性测量方法可以在叶片非离体的情况下, 对同一植株叶面积进行重复测量, 取多次测量的平均值, 这样就可以避免不同种测量方法之间的误差。一般的非破坏性估测叶面积是用系

收稿日期: 2016-08-29

基金资助: 吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(111022013033); 吉林省高等学校人参高端科技创新平台项目(160032015003); 国家自然科学基金项目(31470420)

作者简介: 王士杰(1978-), 男, 讲师, 博士, 从事药用植物栽培与加工研究。

通讯作者: 姜晓莉, 女, 硕士, 副研究员, E-mail: jxl1990@sohu.com

数法,叶面积公式 $s=klw^{[1]}$,即测量叶片长与宽,并得出长和宽与实际叶面积之间的相关关系,其中 k 为系数,不同类型叶片差异较大。叶面积估算法在农作物研究中应用较多,在一般农作物上已有较多报道,如水稻^[2]、玉米^[3]、冬小麦^[4]、大豆^[5-6]、木薯^[7]、烟草^[8-9]、马铃薯^[10]、薏苡^[11]等,在枣树^[12]、梨树^[13-14]等果树已经有研究报道,药用植物方面已有如雷公藤^[15]、金钱草^[16]、三叶木通^[17]、甘草^[18]、豚草^[19]等报道,关于人参叶面积的非破坏性测定方法报道较少。曾有报道用线性方程方法估测人参叶面积。然而这种线性方程测量叶面积的方法经常需要损坏一些人参叶片,影响人参生长,并使少数植株被损坏。吴连举^[20]采用四年生人参5个小叶长和宽与其叶面积进行线性回归,得到回归方程,相关系数(R^2)0.877~0.985。本研究以五年生人参成熟叶片为研究材料,通过统计软件进行人参叶面积估算,分别建立人参小叶面积、复叶面积及总面积的回归方程,为建立更准确、使用更方便的人参叶面积计算模型奠定一定基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

2015年7月下旬选取20株生长整齐、长势健壮的5年生棚下人参进行叶长、叶宽和叶面积测量。每株人参有4枚复叶,每个复叶有5枚小叶。

1.2 试验方法

每枚复叶自叶柄开始,按顺时针方向记录小叶顺序,即第1、2、3、4、5片小叶,分别测量人参叶片长、宽及其叶面积。叶面积测量方法采用纸样称重法和坐标纸法。

数据统计分析、作图采用 Excel 和 SPSS 17.0 统计软件。

2 结果与分析

2.1 两种叶面积测定方法的比较

用纸样称重法和坐标纸法分别测定了240片人参小叶的叶面积,采用统计软件对数据进行差异显著性分析。由表1、表2结果可见, F 值为1.95,在5%和1%水平上均差异不显著。纸样称重法在操作过程中易污损,而且铅笔划线可能造成重量差异,误差大,而采用坐标纸法重现性更好,综合考虑采用后者数据进行后期数据回归和分析。

表1 两种叶面积测定方法 t 检验分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值
处理间	1	603.35	603.35	1.95
误差	238	73 817.73	310.16	
总变异	239	74 421.07		

注: $F_{0.05}=3.94, F_{0.01}=6.9$

表2 两种叶面积测定方法差异显著性分析

处理	平均数	5% 水平	1% 水平
坐标纸法	33.704	a	A
纸样称重法	30.533	a	A

2.2 人参叶面积回归方程建立

从表3、表4可见,令 y 为所测定的叶面积,即小叶面积、复叶面积或单株人参总叶面积。 x 为自变量,在不同回归方程中分别代表叶片长(L)、叶宽(W),叶长、叶宽之和($L+W$)、叶长宽的乘积($L \cdot W$)、叶长的平方(L^2)和叶宽的平方(W^2)等。叶片长(L)、叶宽(W)与叶面积回归方程集中在线性方程回归、指数方程回归、二次曲线方程回归、三次曲线方程回归和幂函数方程回归等几种形式,相关系数越高说明数据回归越理想。小叶1~5面积与长宽之积($L \cdot W$)回归相关系数(R^2)

整体最高(0.9414~0.9755),平均值在0.95以上,与叶长平方回归相关系数(R^2)最低(0.7179~0.8962),平均值为0.80。

从表4可见,小叶面积回归方程以 $\Sigma(L \cdot W)$ 为自变量得到方程 $R^2=0.9908$,回归系数达到0.99以上,效果较好。 $\Sigma(L \cdot W)$ 与复叶面积回归得到方程 $R^2=0.9764$, $\Sigma(L \cdot W)$ 与总叶面积回归得到方程的 $R^2=0.9889$ 。这些回归方程中长宽之积($L \cdot W$)与叶面积回归相关系数明显高于同组其他自变量与叶面积回归的相关系数,表明在人参叶面积计算时采用长宽之积作为自变量建立数学模型效果更好。研究中同时发现,二次曲线方程回归效果比较好,相关系数(R^2)较高,说明回归方程符合二次多项式回归趋势。

分别表示 $\Sigma(L \cdot W)$ 与小叶叶面积、复叶面积、总叶面积的回归曲线。从中可以看出回归效果比

较理想,相关系数分布在0.851 2~0.990 8之间,立的二次多项式回归方程能够符合人参叶面积预测要求。0.9以下只有一组,平均值在0.95以上,表明所建

表3 人参的小叶、复叶和总叶面积与小叶独立变量间相关系数

因变量	独立变量					
	L	W	L+W	L·W	L ²	W ²
小叶1叶面积	0.911 9	0.883 8	0.910 8	0.942 9	0.717 9	0.871 1
小叶2叶面积	0.946 5	0.868 5	0.902 1	0.971 2	0.830 9	0.851 1
小叶3叶面积	0.937 6	0.971 4	0.888 3	0.947 0	0.711 9	0.881 8
小叶4叶面积	0.895 1	0.965 0	0.943 0	0.941 4	0.845 9	0.897 1
小叶5叶面积	0.962 6	0.877 5	0.964 1	0.975 5	0.896 2	0.909 2
所有小叶面积	0.951 8	0.895 5	0.986 9	0.990 8	0.905 6	0.897 1
复叶面积	0.920 1	0.886 3	0.924 4	0.976 4	0.901 4	0.898 6
总叶面积	0.893 2	0.902 1	0.851 2	0.988 9	0.857 7	0.887 5

表4 $\sum(L+W)$ 、 $\sum(L\cdot W)$ 与小叶、复叶和整株叶面积回归方程式

x	y	回归方程	相关系数(R ²)
$\sum(L+W)$	小叶面积	$y=0.104x^2+0.6577x-1.5719$	0.986 9
$\sum(L\cdot W)$	小叶面积	$y=-0.0009x^2+0.7033x+0.0295$	0.990 8
$\sum(L+W)$	复叶面积	$y=0.00253x^2+0.2956x+7.6425$	0.924 4
$\sum(L\cdot W)$	复叶面积	$y=0.0001x^2+0.5934x+16.694$	0.976 4
$\sum(L+W)$	总叶面积	$y=-0.0155x^2+13.5193x-1989.963$	0.851 2
$\sum(L\cdot W)$	总叶面积	$y=-0.0000653x^2+0.5154x+58.5838$	0.988 9

2.3 人参小叶叶面积差异性分析

人参掌状复叶的5个小叶中第1、5小叶相似度极高,第2、4小叶相似度极高,叶面积在0.05水平和0.01水平差异不显著。吴连举^[20]采用长宽系数法建立人参叶面积回归方程时发现四年生人参2、3、4小叶面积相差不大,而本研究中五年生人参第3小叶面积要明显大于其他单叶,呈现规律略有不同。多重比较分析(表5)小叶3与其他小叶差异极显著,人参5个小叶面积平均值分别为11.94 cm²、44.77 cm²、52.92 cm²、44.56 cm²和12.34 cm²。变异系数计算公式: $C\cdot V=(\text{标准偏差}/\text{平均值})\times 100\%$,5组人参小叶变异系数分别为12.06%、14.03%、9.96%、11.20%和13.36%,均在15%以内,数据符合要求,具有统计学意义。统计结果表明,我们可以从第1、2、3叶片长和宽来估算人参掌状复叶的面积,继而推算整个人参植株的叶面积,比之前测量所有小叶片长和宽的工作量明显减少,降低幅度近80%,适合田间调查应用。本试验采样的5年生人参水肥、光照、土壤、通风等生长条件均一,长势齐整,研究结果建立在此基础之上。对于人参生长条件控制较差,比如林下参、野山参或者盆栽人参往往叶片长势参差不齐,甚至有畸形叶存在的情况,不可采用第

1、2、3小叶片长和宽进行叶面积回归估算的方法。

表5 人参小叶面积多重比较分析

处理	平均数(cm ²)	5%水平	1%水平	变异系数
小叶3	52.92	a	A	9.96%
小叶4	44.56	b	B	11.20%
小叶2	44.77	b	B	14.03%
小叶5	12.34	c	C	13.36%
小叶1	11.94	c	C	12.06%

3 结 论

3.1 纸样称重法操作过程产生误差较大,坐标纸法准确度高、重现性更好,应采用坐标纸法进行数据回归和分析。

3.2 在各个自变量中,长宽之积(L·W)与小叶面积、复叶面积和总叶面积回归方程相关系数(R²)最高,分别为0.990 8、0.976 4和0.988 9,明显高于同组其他自变量与叶面积回归的相关系数,表明在人参叶面积计算时采用长宽之积作为自变量建立数学模型效果更好,同时表明长宽之积(L·W)与小叶面积、复叶面积和总叶面积回归方程符合二次多项式回归趋势。

3.3 人参掌状复叶中第1、5叶相似度极高,第2、4叶相似度极高,叶面积在0.05水平和0.01水平上分析差异不显著。在叶面积测量过程中可以由第1、2、3叶片长和宽来估算整个掌状复叶的面积,继而得到整个人参植株的叶面积,能够很大程度上降低工作量。

参考文献:

- [1] 胡林. 植物叶面积系数法改进研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 228-233.
- [2] 朱德峰, 亢亚军. 水稻叶面积测定方法探讨[J]. 上海农业学报, 1996, 12(3): 82-85.
- [3] 郁进元, 何岩, 赵忠福, 等. 长宽法测定作物叶面积的校正系数研究[J]. 江苏农业科学, 2007(2): 37-39.
- [4] 姚付启. 冬小麦高光谱特征及其生理生态参数估算模型研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [5] 胡家峰, 郭远, 李梦, 等. 大豆不同叶形叶面积校正系数的研究[J]. 北京农学院学报, 2012, 27(1): 9-11.
- [6] 李险峰, 吴慧媛, 任文千, 等. 用长宽系数法测定大豆叶面积[J]. 农业科技通讯, 1978(11): 13.
- [7] 王祎娜, 黄洁, 杨重法. 木薯叶面积预测模型研究[J]. 热带作物学报, 2015, 36(6): 1025-1029.
- [8] 郑凤君, 华南金秋, 张立猛, 等. 长宽法测定幼苗期烟草叶面积的校正系数[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(6): 13-16.
- [9] 刘国顺, 李向阳, 刘大双, 等. 利用冠层光谱估测烟草叶面积指数和地上生物量[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1763-1771.
- [10] 万信, 李巧珍, 方德彪, 等. 一种马铃薯叶面积校正系数的确定方法[J]. 资源科学, 2012, 34(8): 1533-1537.
- [11] 范巧佳, 吴卫, 袁继超. 薏苡叶片的生长与叶面积的研究[J]. 四川农业大学学报, 1997, 15(2): 211-217.
- [12] 陈宗礼, 雷婷, 齐向英, 等. 20个品种枣树叶面积回归方程的建立[J]. 生物学杂志, 2013, 30(1): 86-90.
- [13] 刘洪波, 张江辉, 白云岗, 等. 香梨叶面积测定方法对比研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(3): 453-459.
- [14] 李先明, 秦仲麒, 涂俊凡, 等. 六个中晚熟梨品种叶面积回归方程的建立[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(12): 2487-2492.
- [15] 涂育合. 雷公藤叶面积回归方程法测算[J]. 西南林学院学报, 2007, 27(4): 16-19.
- [16] 陈超君, 黄敏, 尹小红. 广金钱草叶面积测量方法的研究[J]. 作物杂志, 2007(5): 46-48.
- [17] 欧阳浩楠, 肖娅萍, 孙蓉蓉, 等. 三叶木通叶面积测量方法[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(9): 121-122.
- [18] 李明, 王季槐, 沈海亮, 等. 甘草叶面积的估测方法[J]. 贵州科学, 2009, 27(3): 10-19.
- [19] 邓旭, 王娟, 谭济才. 豚草叶面积测定与回归分析[J]. 杂草科学, 2009(4): 35-37.
- [20] 吴连举. 用长宽系数法估测人参的叶面积[J]. 特产研究, 1991(2): 39-41.

(责任编辑: 范杰英)