

厚皮甜瓜叶面积预测模型研究

吕雅兰^{1,2},王颖¹,邱玉玲¹,杨重法¹*

(1.海南大学农学院,海南海口 570228;2.海南大学应用科技学院,海南儋州 571737)

摘要 [目的]探讨厚皮甜瓜叶面积快速准确的非破坏性测定方法。[方法]以长香玉、秋月、激情3个品种为材料,测量叶长、叶宽、叶基到叶尖的距离及缺刻指标等叶片形态特征指标和叶片面积。[结果]叶面积与叶长、叶宽、叶长×叶宽及缺刻指标之间存在显著的相关关系;通过模型拟合和优选,得到了以大小变量 $B \cdot C$ 、缺刻变量 $\sqrt{A \cdot E}/F$ 和丰缺度变量 $D - C$ 预测厚皮甜瓜叶面积的数学模型为 $S = 0.6605B \cdot C - 1.953\sqrt{A \cdot E}/F + 3.001(D - C) + 6.806$,模型拟合的决定系数 R^2 为0.9743、均方根误差 $RMSE$ 为8.487;模型外部验证结果,相关系数 r 为0.9853、均方根误差 $RMSE$ 为8.789。[结论]在预测模型之中导入缺刻和丰缺度变量,可以提高预测叶面积的准确度、增加模型的适应性,此模型可以应用于厚皮甜瓜叶面积的非破坏性测定。

关键词 厚皮甜瓜;叶面积;缺刻;丰缺度;预测模型

中图分类号 S642.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)20-061-02

Research on the Prediction Model of Leaf Area of Muskmelon
LV Ya-lan^{1,2}, WANG Ying¹, QIU Yu-ling¹, YANG Zhong-fa¹* (1. College of Agriculture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228; 2. Application Institute of Technology, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract [Objective] The research aimed to discuss the non-destructive determination method of the leaf area of muskmelon quickly and accurately. [Method] To Changxiangyu, Qiuyu and Jiqing for materials, the leaf characteristics of three varieties of muskmelon, including leaf length, leaf width, leaf base to tip length, nick index and leaf area were measured. [Result] There was a significant correlation between leaf area and leaf length, leaf width, leaf length × leaf width and nick index. Through the model fitting and optimization, we got a mathematical model $S = 0.6605B \cdot C - 1.953\sqrt{A \cdot E}/F + 3.001(D - C) + 6.806$, which consists of the size variable $B \cdot C$, the nick variable $\sqrt{A \cdot E}/F$ and the abundance and deficiency variable $D - C$ to predict leaf area. Model fitting results showed that the determination coefficient R^2 was 0.9743, $RMSE$ was 8.487. Finally, the results of the model external validation that the correlation coefficient was 0.9853, $RMSE$ was 8.789. [Conclusion] Introducing the nick and fullness into the model can improve the accuracy of predicting the leaf area and increase the adaptability of the model, and the model can be used in the non-destructive determination of the leaf area of muskmelon.

Key words Muskmelon; Leaf area; Nick; Abundance and deficiency; Prediction model

叶片是作物进行光合作用的主要器官^[1]和重要的营养器官^[2]。叶面积大小直接影响光能和水分的利用效率以及干物质的生产和作物的产量^[3]。叶面积是生理生化、植物营养、遗传育种和作物栽培等研究的重要观测项目^[4-9]。因此准确测量作物叶面积具有十分重要的意义。

叶面积测定方法可分为破坏性离体测定法和非破坏性活体测定法两类,前者包括方格法、称重纸法、求积仪法、鲜重法等^[10-13],这些方法仅适合作离体测量,测定手续比较复杂;后者主要有便携式光电扫描仪法和系数法^[10-13],这些方法可以进行活体测量,测定方法相对简单。在非破坏性测定法中,便携式光电扫描仪法由于扫描滑动速度的一致性等原因容易产生偶然误差,目前多采用系数法预测叶面积^[14-16]。运用系数法预测叶面积通常采用叶长、叶宽等与叶片大小有关的指标预测叶面积^[17-20],即使是具有缺刻的叶片在预测模型中导入缺刻变量探讨缺刻对叶面积影响的研究也鲜见报道。为了实现厚皮甜瓜叶面积的非破坏性测定,该研究以3个厚皮甜瓜品种为材料,探讨通过叶片形态指标预测叶面积的可行性。

1 材料与方法

1.1 供试材料与样品采集 试验材料来源于海南大学农学院(儋州校区)试验基地,包括长香玉、秋月、激情3个品种。

基金项目 海南大学本科生创新创业训练计划基金项目“耐盐蔬菜品种的筛选及其适应性评价”;海南耕地改良省重点专项项目(HNGDG1201504)。

作者简介 吕雅兰(1994-),女,浙江东阳人,本科生,专业:园艺。*通讯作者,教授,博士,博士生导师,从事作物栽培研究。

收稿日期 2015-05-21

2014年12月~2015年1月采样,由上至下采摘主茎的全部叶片。

1.2 观测项目 厚皮甜瓜的叶片形态及形态指标测定方法如图1所示。厚皮甜瓜的叶片大致左右对称,有些叶片无缺刻,有些叶片有1~2对对称的缺刻。图1中A为叶基(叶身与叶柄交接处)至叶尖的距离,B为叶长取较大值,C为叶宽(叶基以上的最大宽度),D为缺刻2左右叶缘拐点之间的距离或通过叶基时的叶宽,E为缺刻1左右叶缘拐点之间的距离,F为缺刻1左右叶缘拐点至叶基的距离取较大值。

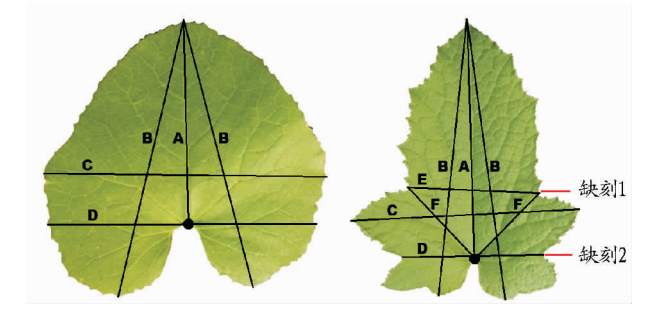


图1 厚皮甜瓜叶片形态与测量方法示意图

1.3 测定方法 采用扫描法测定叶面积,先用 HP Scanjet2400 扫描仪对叶片进行扫描,然后使用 Lia32 软件分析计算被扫描叶片的面积。

1.4 数据处理 使用 JMP 10 软件进行数据分析和模型拟合。

2 结果与分析

2.1 厚皮甜瓜叶片的特征 从表1可看出,厚皮甜瓜叶面积为22.2~301.8 cm²,变异系数为38.09%;叶基到叶尖

距离 A 为 5.00 ~ 18.98 cm,变异系数为 21.59%;叶长 B 为 5.69 ~ 24.55 cm,变异系数为 20.57%;叶宽 C 的距离为 5.42 ~ 21.10 cm,变异系数为 20.99%,D 的垂直距离为 2.40 ~ 19.60 cm,变异系数为 26.50%;E 为 0 ~ 16.90 cm,变异系数为 58.91%;F 为 0 ~ 14.00 cm,变异系数为 58.39%。以上数据显示,各项形态指标的变化幅度较大。

表 1 厚皮甜瓜叶面积及形态指标的数据特征

项目	叶面积//cm ²	A	B	C	D	E	F
最大值	301.8	18.98	24.55	21.10	19.60	16.90	14.00
最小值	22.2	5.00	5.69	5.42	2.40	0	0
均值	139.7	11.77	14.65	13.97	12.09	7.82	6.56
标准误差	1.56	0.07	0.09	0.09	0.09	0.13	0.11
变异系数//%	38.09	21.59	20.57	20.99	26.50	58.91	58.39

2.2 主要形态指标间的相关性分析 由表 2 可见,叶面积与各形态指标之间相关性显著,相关系数为 0.480 ~ 0.961,C、B 与叶面积的相关性较高;A 和 B、B 和 C、C 和 D、E 和 F 之间高度相关,相关系数均大于 0.900。

表 2 主要形态指标之间的相关性

形态指标	叶面积	A	B	C	D	E	F
叶面积	1.000						
A	0.885	1.000					
B	0.949	0.960	1.000				
C	0.961	0.838	0.925	1.000			
D	0.905	0.756	0.841	0.900	1.000		
E	0.480	0.481	0.511	0.443	0.486	1.000	
F	0.515	0.589	0.569	0.447	0.501	0.948	1.000

注:所有形态指标间 1% 水平显著相关。

2.3 预测厚皮甜瓜叶面积的数学模型 按采样时间的先后次序进行间隔抽样,将观测获得的 1 169 组数据划分为 3 组,其中 2 组用于建模,1 组用于模型的外部验证。基于多重共线性分析和各形态指标与叶面积之间的关系,通过变量筛选和模型优化,得到预测厚皮甜瓜叶面积的模型 $S = 0.660 5 B \cdot C - 1.953 \sqrt{A \cdot E} / F + 3.001 (D - C) + 6.806$ 。式中, $B \cdot C$ 反映叶片大小与叶面积的关系, $\sqrt{A \cdot E} / F$ 反映了缺刻 1 与叶面积的关系, $D - C$ 反映了缺刻 2 与叶面积的关系。该模型的决定系数 R^2 为 0.974 3,均方根误差 $RMSE$ 为 8.487。

将该模型的叶面积和各个自变量进行标准化处理后得到 $S' = 0.989 9 B \cdot C - 0.020 99 \sqrt{A \cdot E} / F + 0.075 8 (D - C)$,式中系数的大小表明各个变量对于叶面积的影响度的大小依次为 $B \cdot C > D - C > \sqrt{A \cdot E} / F$ 。

从厚皮叶面积预测模型的外部验证结果(图 2)可看出,预测值与实测值之间的相关系数 r 为 0.985 3,均方根误差 $RMSE$ 为 8.789,表明模型预测的准确度很高。

3 结论与讨论

关于厚皮甜瓜、棉花、葡萄等具有缺刻的非规则叶片,虽然前人对通过系数法预测叶面积进行了研究^[18-20],但均集中在叶片大小如叶长、叶宽等变量对叶面积影响,关于缺刻或缺刻变量对叶面积影响的研究鲜见报道。该研究构建的预测厚皮甜瓜叶面积模型中,既有反映叶片大小的变量,又有反映叶片缺刻形态的变量。在此主要探讨叶片缺刻形态指

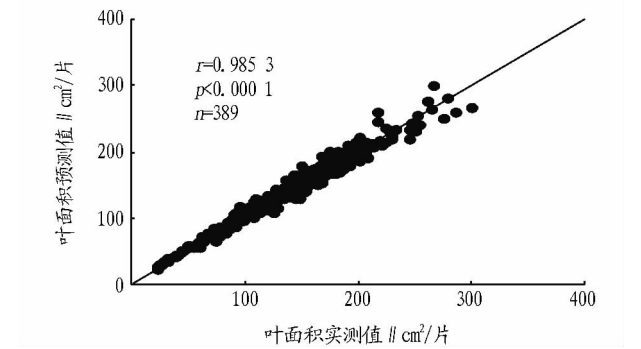


图 2 厚皮甜瓜叶面积实测值与预测值的关系

标对提高预测叶面积准确度的贡献。

预测叶面积模型的外部验证结果,当自变量中没有缺刻变量时预测叶面积与实测叶面积的相关系数和均方根误差 $RMSE$ 分别为 0.981 5 和 10.080,当在自变量中添加缺刻变量后相关系数提高至 0.985 3, $RMSE$ 降低至 8.789,表明添加缺刻变量可以提高预测叶面积的准确度。另外,标准化后的模型中的系数表明反映叶片大小的变量对叶面积的影响最大,其次是缺刻 2,缺刻 1 对叶面积的影响度最小。由于关于缺刻对叶面积影响的研究未见报道,下面从叶片的形态讨论缺刻 1 和缺刻 2 对叶面积的影响。缺刻 1 变量 $\sqrt{A \cdot E} / F$ 仅反映了缺刻 1 的缺损程度。关于缺刻 2 变量 $D - C$,由于叶片上、中、下部宽度的差异,有些叶片呈中部较宽的卵形,有些叶片呈下部较宽的心形,且缺刻 2 一般发生在与叶基大致平行的位置,因此 $D - C$ 既反映了缺刻 2 的缺损状况,又可以作为比较叶片中部和下部宽窄度的指标。可见 $D - C$ 可以同时表达缺刻 2 以及圆形和心形对叶面积的影响,它反映了叶片下部的丰缺程度。由此可见,在预测模型中导入反映缺刻和叶片下部丰缺度的变量不仅可以提高预测叶面积的准确度,还能增加模型对不同类型叶片的适应性。尽管如此,关于缺刻和丰缺度对叶面积的影响,由于该研究调查的品种较少未能进行定量的分析,因此还有待于今后进一步积累数据,深入解析缺刻和丰缺度与叶面积的关系,不断丰富和优化预测缺刻叶片的理论模型。

综上所述,将反映缺刻和丰缺度的变量导入预测模型,可以提高预测准确度和增强预测模型的适应性。该研究基
(下转第 74 页)

450.0 kg/hm²,产量随密度的增加而提高,当施氮量超过 450.0 kg/hm² 时,产量反而下降。由此可见,各因素曲线在 0 水平出现最高点,说明当 $X_1=0$ 、 $X_2=0$ 、 $X_3=0$ 时,即密度为 60 000 株/hm²、播期为 6 月 5 日、施氮量为 450 kg/hm² 时,最高产量达 13 283.53 kg/hm²。

表 2 3 因素二次正交旋转组合设计及结果

试验号	X_1	X_2	X_3	Y (产量//kg/hm ²)
1	1	1	1	12 651.87
2	1	1	-1	12 223.55
3	1	-1	1	12 270.27
4	1	-1	-1	11 957.42
5	-1	1	1	11 425.77
6	-1	1	-1	10 959.22
7	-1	-1	1	11 154.87
8	-1	-1	-1	11 339.34
9	1.682	0	0	11 323.66
10	-1.682	0	0	10 867.98
11	0	1.682	0	10 746.44
12	0	-1.682	0	10 438.02
13	0	0	1.682	10 835.89
14	0	0	-1.682	10 028.65
15	0	0	0	13 157.43
16	0	0	0	13 123.67
17	0	0	0	13 252.38
18	0	0	0	13 129.56
19	0	0	0	13 112.67
20	0	0	0	13 225.42
21	0	0	0	13 137.56
22	0	0	0	13 149.79
23	0	0	0	13 283.53

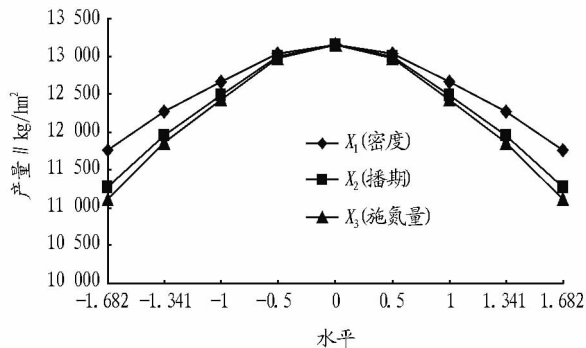


图 1 各因素水平对新科 19 产量的影响

3 结论与讨论

众多研究表明,提高玉米产量主要依靠玉米品种产量潜力和配套栽培技术的共同进步结果^[5-6]。因此,深化育成品种高产栽培技术的研究,实现良种良法配套,才能充分发挥品种增产潜力。玉米品种新科 19 高产稳产、适应广,在国家农业科技成果转化资金项目支持下,进行了一系列配套栽培技术的研究。该研究采用 3 因素 5 水平二次正交旋转组合设计,探讨了播期、密度、施氮量对玉米品种新科 19 产量形成的作用影响,结果表明,新科 19 最佳种植方案分别为适宜密度 60 000 株/hm²、最佳播期 6 月 5 日、施氮量 450 kg/hm²。

参考文献

- [1] 刘明,陶洪斌,王璞,等.播期对春玉米生长发育、产量及水分利用的影响[J].玉米科学,2009,17(2):108-111.
- [2] 张宁,杜雄,江东岭,等.播期对夏玉米生长发育及产量影响的研究[J].河北农业大学学报,2009,32(5):7-11.
- [3] 叶君,高聚林,王志刚,等.施氮量对超高产春玉米花期前叶片光合特性及产量的影响[J].玉米科学,2011,19(6):74-77.
- [4] 周旭梅,高旭东,何晶.种植密度对玉米产量及植株性状的影响[J].玉米科学,2012,20(3):107-110.
- [5] 李向岭,赵明,李从锋,等.播期和密度对玉米干物质积累动态的影响及其模型的建立[J].作物学报,2010,36(12):2143-2153.
- [6] 邹兴全,张甲,晏承兴,等.杂交玉米新品种高端 171 高产栽培模型研究[J].广东农业科学,2013(5):7-8.

(上接第 62 页)

于叶片大小和缺刻特征构建的预测厚皮甜瓜叶面积的模型,预测准确高、适应性较强,可以应用于厚皮甜瓜叶面积的非破坏性测定。

参考文献

- [1] 束怀瑞.果树栽培生理学[M].北京:农业出版社,1993:23-29.
- [2] 吕忠恕.果树生理[M].上海:上海科学技术出版社,1928:21-86.
- [3] 陈宗礼,雷婷,齐向英.20 个品种枣树叶面积回归方程的建立[J].生物学报,2013,30(1):86-90.
- [4] 赵延明,董树亭,严敏.玉米叶片叶绿素含量的发育遗传动态及环境互作效应分析[J].中国生态农业学报,2008,16(3):649-652.
- [5] 刘晓宇,陆勇,陈月琴.美洲黑杨苗期叶片主要营养物质含量及苗木生长状况的变异研究[J].江苏林业科技,2011(1):16-19.
- [6] 李仙岳,杨增岭,任树梅.基于叶面积与冠层辐射的果树蒸腾预测模型[J].生态学报,2009,29(5):2312-2319.
- [7] LI R T, KOJIMA N, CUI C H. Varietal difference in leaf nitrogen content and leaf area and their effects to ripening rate during mature period of japonica rice[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999, 6(2): 81-88.
- [8] ZHANG R H, KUUSK A, CHEN C. A new quantitative way for determining leaf area index and net primary productivity in regional scale[J]. Journal of Geographical Sciences, 1996, 6(4): 72-90.
- [9] DOBERMANN A, PAMPOLINO M F. Indirect leaf area index measurement

- as a tool for characterizing rice growth at the field scale[J]. Communications of Soil Science and Plant Analysis, 1995, 26(9/10): 1507-1523.
- [10] 王家保,林秋金.5 种测量热带果树单叶面积的方法研究[J].热带农业科学,2003,23(1):11-14.
- [11] 聂继云,杨振锋.果树叶面积简易测定方法研究[J].天津农学院学报,2000,7(4):33-35.
- [12] 吴起明.绿叶叶面积指数测定[J].福建林业科技,2001,28(2):68-70.
- [13] 卢美英,潘介春.枇杷叶面积测定方法的研究[J].福建果树,2003,124(3):1-3.
- [14] 李永秀,魏献刚,徐国彬,等.观赏凤梨叶面积指数的不同测定方法比较[J].江苏农业科学,2008(4):159-161.
- [15] 欧阳浩楠,肖亚萍,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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 吴琳,王修贵,周复雄,等.一种棉花叶面积预测的简单方法[J].湖北农业科学,2009,48(6):1326-1329.
- [19] 刘慧颖,姜春荣,董环.葡萄叶面积非离体测定新方法[J].北方果树,2007(5):7-8.
- [20] 孙岚,马德伟.甜瓜叶面积测量方法的研究[J].中国蔬菜,1985(1):33-35.