

基于图像数字处理技术的元帅系苹果叶片营养水平诊断研究

杨焕昱, 李帼英, 马建芳, 王 花, 杨江生, 杨俊霞

(天水市果树研究所, 甘肃 天水 741002)

摘要: 利用图像数字化处理技术, 建立元帅系苹果叶片氮磷钾营养元素估算模型。选择不同营养水平的元帅系苹果叶样, 通过计算机提取采集叶样的图像特征红 R、绿 G、蓝 B 各参数值及其相对的系数 r、g、b 和简单算术组合。分析 RGB、rgb 和简单算术组合分量值与叶片氮、磷、钾之间的相关特征。结果表明, 叶片颜色特征分量 G/B 与氮元素含量呈极显著相关性, g 分量与磷元素含量呈显著相关性, G/R 分量与钾元素含量呈极显著相关性。选择叶片颜色特征分量跟元帅系苹果叶片氮、磷、钾元素的最高显著相关特征参数, 建立的元帅系苹果叶片氮、磷、钾营养水平估算模型为 $y=-6.780x+8.913$ 、 $y=-1.813x+1.158$ 、 $y=-25.196x+22.872$, 其中 x 分别为叶片颜色特征 G/B、g、G/R 的分量值。氮、磷、钾预测值与实测值相关系数分别达到极显著(0.721)、显著(0.522)、极显著(0.644)水平, 能较为可靠的反映元帅系苹果叶片的营养水平。

关键词: 元帅系苹果; 叶片; 图像处理; 营养水平

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)03-0059-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2022.03.013

Diagnose Leaf Nutrition Level of Red Delicious Apple with Image Digital Processing Technology

YANG Huanyu, LI Guoying, MA Jianfang, WANG Hua, YANG Jiangsheng, YANG Junxia

(Tianshui Fruit Tree Research Institute, Tianshui Gansu 741002, China)

Abstract: The estimation model of nitrogen, phosphorus and potassium nutrients in Red delicious apple leaves was established by image digital processing technology. The leaf samples of Red delicious apple with different nutritional levels were collected, and the parameter values of red R, green G and blue B, their corresponding coefficients r, g, b and simple arithmetic combination were analyzed by computer. The correlation characteristics between RGB, rgb and simple arithmetic combination component values and leaf nitrogen, phosphorus and potassium were calculated. The results showed an extremely significant correlation between leaf color characteristic component value G/B and leaf nitrogen content, G/R component value and leaf potassium content, and g component value was significantly correlated with phosphorus content. The most significant correlation characteristic parameters between leaf color characteristic components and leaf nitrogen, phosphorus and potassium elements in Red delicious apple leaves were selected. The estimation models of nitrogen, phosphorus and potassium nutrient levels in Red delicious apple leaves were established as $y=-6.780x+8.913$, $y=-1.813x+1.158$, $y=-25.196x+22.872$, in which x was the component

收稿日期: 2021-12-02

基金项目: 天水市科技支撑项目“天水花牛苹果叶片营养分析应用研究”(2020-NCK-7871)。

作者简介: 杨焕昱(1968—), 男, 甘肃甘谷人, 主要从事果树栽培技术研究、示范推广及科研管理工作。联系电话: (0)13830827568。

执笔人: 李帼英。

- [11] 张汝波, 李蓉涛, 王亚明. 五味子与南五味子的鉴别[J]. 云南中医中药杂志, 2007, 28(9): 24-25.
- [12] 刘 芳, 傅超美, 李小红, 等. 中药粉末饮片的研究与应用进展分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(2): 222-225.
- [13] 田进国, 姜红祥, 任 健, 等. 南、北五味子的红外光谱鉴别[J]. 中药材, 1995, 18(6): 284-285.
- [14] 孙 煌, 许沛虎, 徐海星, 等. 不同产地南五味子红外指纹图谱鉴别[J]. 中国医院药学杂志, 2012, 32(15): 1204-1205.
- [15] 黄得栋, 何微微, 马晓辉, 等. 近红外光谱法鉴别不同产地的南五味子[J]. 中兽医医药杂志, 2018, 37(2): 47-50.

values of leaf color characteristics G/B, g, G/R, respectively. The correlation coefficients between the predicted value and the measured value of nitrogen, phosphorus and potassium which reached 0.721 (extremely significant), 0.522 (significant) and 0.644 (extremely significant), respectively, can reflect the nutritional level of Red delicious apple leaves reliably.

Key words: Red delicious apple; Leaf blade; Image processing; Nutritional level

长期以来,果树营养分析基本采用化学分析的方法进行,这种方法虽然准确,但成本高,须采用破坏性的检测手段,生产者很难做到^[1]。由于营养成分的不同,树叶具有不同的光谱反射特性,因此通过研究叶片的光谱反射特性,可进行作物识别、叶面积测定^[2],对叶片图像数字处理进行营养水平的分析^[3-4]。近年来,计算机图像处理技术广泛应用于生物、医学、建筑、工业生产、气象、资源调查、灾害检测中的航拍和卫星图像的解析等领域^[5],在农业生产中的研究和应用已显现出巨大的发展潜力,通过图像处理技术诊断作物营养状况的研究正成为机器视觉在农业应用中的热门课题^[6-7]。我们通过对花牛苹果叶片图像的数字化处理,探讨花牛苹果叶片颜色与树叶营养水平的关系,建立元帅系苹果叶片氮磷钾营养元素估算模型,为快速有效无损检测和判断元帅系苹果叶片营养状况,实现元帅系苹果田间智能化管理提供支撑。

1 材料与方法

1.1 叶样采集

2021年果实缓慢膨大期(7月18—19日),于天水市果树研究所12年生苹果种质资源圃和甘谷县白家湾乡康家坪村15年生苹果园,选择长势、叶色不同的天汪1号苹果单株,在树冠四周选1年生枝条,每株采集中部叶20片,共采集叶样28份。

1.2 叶样图像的获取

将采集叶样保鲜带回实验室,每样株选择干净、完整、无损的10片叶,放置在铺有黑色背影板的微型摄影棚(60 cm × 60 cm × 60 cm)中,棚内顶部配置40 W LED补光灯2支,棚顶开口利用数码相机固定垂直拍摄。数码相机以自曝光与色彩平衡模式,拍摄叶片图像,图像以JPG格式传入计算机。

1.3 叶片氮、磷、钾营养指标的检测

每份样品随机选择10片叶利用叶面积仪测定叶面积。全部叶片按营养元素检测方法要求,进

行清洗、烘干、研磨、过筛处理后,送甘肃省农业工程技术研究院集中检测氮、磷、钾营养元素。氮使用凯氏定氮仪法、磷使用钒钼黄吸光光度法、钾使用火焰原子吸收分光光度法检测。

1.4 叶片数字图像的分析处理

叶片图像颜色特征数据采用 Adobe Photoshop cc 2014 软件提取。在工具面板选吸管工具,在“窗口”下拉菜单的“信息”中读取叶片红 R、绿 G、蓝 B 各图像值,取值尽可能避开叶脉、高光点、阴影部位等,每叶取 5 个点,用于计算单株叶片红 R、绿 G、蓝 B 平均值。由于图像颜色 R、G、B 分量值易受拍摄光照等的影响,因此数据分析中采用 $r=R/(R+G+B)$ 、 $g=G/(R+G+B)$ 、 $b=B/(R+G+B)$ 以及 R、G、B 的其他简单算术组合,来降低光源等对颜色特征值的影响^[8]。

1.5 数据的利用与分析

从采集的 28 份叶样数据中随机选择 18 份建立估算模型,其余 10 份用于模型检验。用 SPSS 12.0 和 Excel 2007 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 叶样图像颜色与氮营养水平的对比分析

图 1 为 18 份建模叶样图像。表 1 为 18 份叶样叶面积、图像 R、G、B 计算机的分析平均值及 r、g、b 分量和各参数简单比值及叶样氮、磷、钾含量的平均值。从图 1、表 1 可以看出,18 份样品中,平均叶面积为 3.61 ~ 32.41 cm²,最大值是最小值的 8.98 倍;氮营养水平 1.89% ~ 2.76%,相比较甘肃省元帅系苹果叶营养诊断指标^[9],氮素含量最大值(2.76%)高于 26.1%的过高值、最小值(2.19%)低于 2.31%的缺乏值。从图片的排列顺序可知,叶片大小同氮素营养水平的高低没有规律性,而叶色从淡黄至深绿变化时氮元素含量呈从低到高的态势,故生产中可从叶片的颜色深浅判断氮元素的高低。

2.2 叶片颜色特征分量与氮、磷、钾营养含量的相关性分析

表 2 为元帅系苹果叶面积、叶片颜色分量值

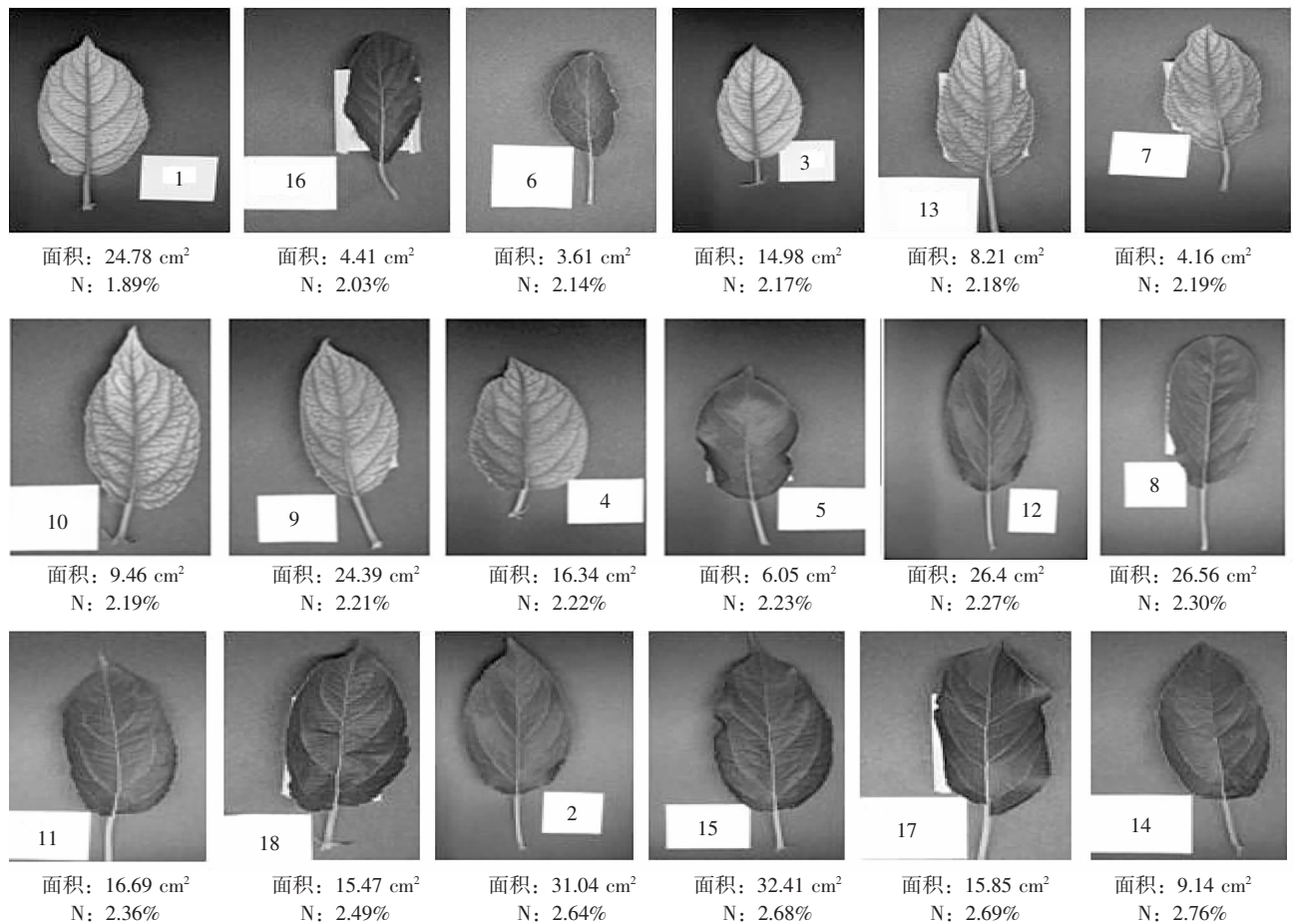


图1 不同叶片颜色与N素营养水平

表1 叶片颜色分量平均值及叶片氮、磷、钾含量检测值

序号	平均叶面积/cm²	叶片颜色 R、G、B 及组合分量值															叶片营养含量/%		
		R	G	B	r	g	b	R/G	G/R	R/B	B/R	G/B	B/G	R(G+B)	G/(R+B)	B(R+G)	N	P	K
1	24.78	216.3	194.2	58.8	0.46	0.41	0.13	0.87	0.82	1.00	0.61	1.00	0.62	0.80	0.76	0.56	1.89	0.37	1.65
2	31.04	112.4	115.6	79.0	0.37	0.38	0.26	0.83	0.85	0.92	0.76	0.93	0.75	0.72	0.73	0.64	2.64	0.37	1.26
3	14.98	223.0	203.2	77.2	0.44	0.40	0.15	0.86	0.82	1.00	0.64	1.00	0.65	0.79	0.75	0.57	2.17	0.39	3.82
4	16.34	166.8	178.0	43.8	0.43	0.46	0.11	0.83	0.86	1.00	0.60	1.00	0.60	0.77	0.80	0.55	2.22	0.38	2.34
5	6.05	81.6	93.8	49.0	0.36	0.42	0.22	0.81	0.87	0.95	0.73	0.97	0.70	0.72	0.76	0.61	2.23	0.30	1.28
6	3.61	99.2	116.0	47.8	0.38	0.44	0.18	0.80	0.88	0.98	0.69	0.99	0.66	0.73	0.78	0.59	2.14	0.41	0.53
7	4.16	193.4	192.6	26.6	0.47	0.47	0.06	0.84	0.84	1.00	0.55	1.00	0.55	0.81	0.81	0.53	2.19	0.26	1.17
8	26.56	88.8	104.6	50.8	0.36	0.43	0.21	0.80	0.88	0.96	0.72	0.98	0.69	0.72	0.77	0.60	2.30	0.30	1.13
9	24.39	179.2	186.2	34.4	0.45	0.47	0.09	0.83	0.85	1.00	0.58	1.00	0.57	0.79	0.81	0.54	2.21	0.31	1.14
10	9.46	211.0	206.5	55.0	0.45	0.44	0.12	0.85	0.84	1.00	0.60	1.00	0.61	0.79	0.78	0.55	2.19	0.40	1.61
11	16.69	78.8	89.0	53.0	0.36	0.40	0.24	0.81	0.87	0.93	0.75	0.95	0.72	0.71	0.75	0.62	2.36	0.38	0.78
12	26.40	80.8	88.6	58.2	0.36	0.39	0.26	0.82	0.86	0.92	0.76	0.94	0.74	0.71	0.74	0.63	2.27	0.35	0.60
13	8.21	198.8	196.0	41.2	0.46	0.45	0.09	0.84	0.84	1.00	0.58	1.00	0.58	0.80	0.79	0.54	2.18	0.32	1.25
14	9.14	88.2	95.4	61.0	0.36	0.39	0.25	0.82	0.86	0.93	0.76	0.94	0.74	0.71	0.74	0.63	2.76	0.56	1.15
15	32.41	74.8	81.6	50.4	0.36	0.39	0.24	0.82	0.86	0.93	0.75	0.95	0.73	0.71	0.74	0.63	2.68	0.47	1.05
16	4.41	65.2	74.8	42.4	0.36	0.41	0.23	0.81	0.87	0.94	0.74	0.96	0.71	0.71	0.76	0.62	2.03	0.42	0.49
17	15.85	80.0	87.8	54.4	0.36	0.40	0.24	0.82	0.86	0.93	0.75	0.95	0.73	0.71	0.74	0.63	2.69	0.58	1.10
18	15.47	75.4	84.6	45.6	0.37	0.41	0.22	0.81	0.87	0.95	0.73	0.97	0.71	0.72	0.76	0.61	2.49	0.59	1.27

与氮、磷、钾含量的相关性分析结果。结果表明,叶片大小与氮、磷、钾含量相关性表现为不显著相关。氮元素与 b、R/B、B/R、G/B、B/G、B(R+G)分量表现为极显著相关,相关系数分别为 0.598、-0.674、0.608、-0.729、0.627、0.626,最高相关系数达到 -0.729;与 G、r、g、R(G+B)、G(R+B)分量为显著相关,相关系数分别为 -0.538、-0.571、-0.520、-0.570、-0.550,最高相关系数达到 -0.571。磷元素与 g、b、B/R、B/G、G/(R+B)、B(R+G)分量表现为显著相关,相关系数分别为 -0.529、0.504、0.505、0.526、-0.520、0.513,最高相关系数为 -0.529。钾元素与 R、G、R/G、G/R 分量同叶片为极显著相关,相关系数分别为 0.633、0.597、0.649、-0.642,最高相关系数达 0.649。与 r、R/B、R(G+B)分量为显著相关,相关系数分别为 -0.571、0.502、0.502,最高相关系数达 -0.571。

表2 叶片颜色分量值与氮、磷、钾含量的相关性分析^①

叶片特征及图像特征分量	氮(N)	磷(P)	钾(K)
叶片大小	0.336	0.450	0.485
R	-0.531	-0.426	0.633**
G	-0.538*	-0.466	0.597**
B	0.303	0.253	0.412
r	-0.571*	-0.452	-0.571*
g	-0.520*	-0.529*	0.049
b	0.598**	0.504*	-0.374
R/G	-0.319	-0.201	0.649**
G/R	0.318	0.197	-0.642**
R/B	-0.674**	-0.456	0.502*
B/R	0.608**	0.505*	-0.415
G/B	-0.729**	-0.454	0.424
B/G	0.627**	0.526*	-0.337
R(G+B)	-0.570*	-0.456	0.502*
G/(R+B)	-0.550*	-0.520*	0.071
B(R+G)	0.626**	0.513*	-0.383

① **表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关; *表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

2.3 叶片颜色特征分量与氮、磷、钾营养含量估算模型的构建

根据表 2 分析结果,选择叶片颜色特征分量与叶片营养元素的最高显著相关特征参数,建立元帅系苹果叶片氮、磷、钾营养含量估算模型。

用与元帅系苹果叶片氮元素含量相关性极为显著叶片颜色特征分量 G/B 作为评价元帅系苹果

叶片氮元素含量的特征量进行建模,用 g 分量作为评价元帅系苹果叶片磷含量的特征量建模,用 G/R 分量作为评价元帅系苹果叶片钾含量的特征量建模。

由图 2、图 3、图 4 分别可得,氮元素的回归方程为 $y=-6.780x+8.913$ (x 为颜色分量 G/B 值)、磷元素的回归方程为 $y=-1.813x+1.158$ (x 为颜色分量 g 值)、钾元素的回归方程为 $y=-25.196x+22.872$ (x 为颜色分量 G/R 值)。

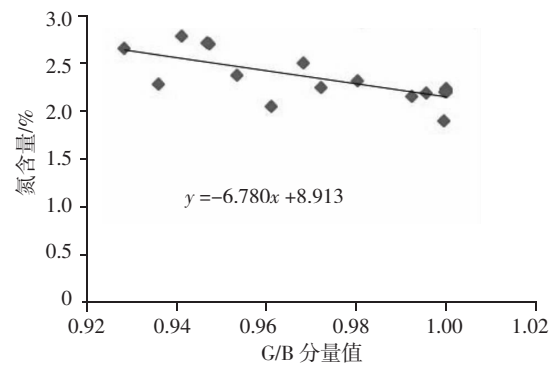


图2 G/B 分量值与叶片 N 元素的线性模型

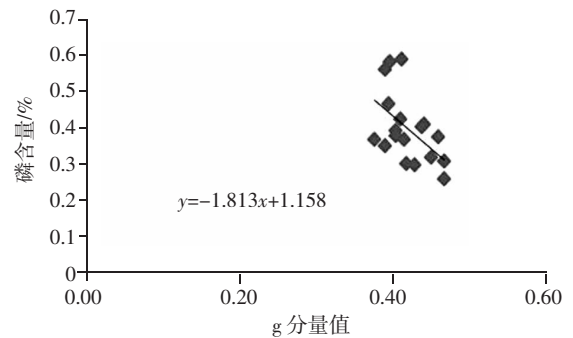


图3 g 分量值与叶片 P 元素的线性模型

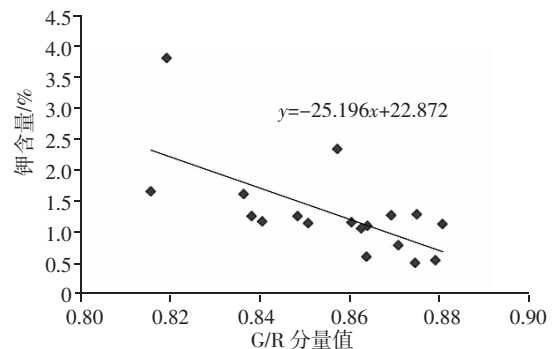


图4 G/R 分量值与 K 元素的线性模型

2.4 叶片颜色特征值与氮、磷、钾含量回归模型的可靠性分析

将图 2、图 3、图 4 获得的氮、磷、钾 3 组回归方程,用预留的 10 份样品实测氮、磷、钾含量进行可靠性检验。

图5、图6、图7为元帅系苹果叶片氮、磷、钾含量预测值与实测值的对比,可以看出,氮、钾含量预测值与实测值的拟合系数分别为0.721、0.644,达到极显著水平,磷含量的拟合系数为0.522,达到显著水平。直线斜率在0.935以上,截距几近为0,说明模型可以较准确的通过叶片颜色特征来预测叶片氮、磷、钾的含量。

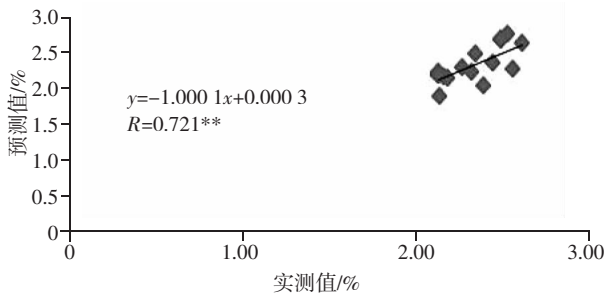


图5 N元素含量预测值与实测值比较

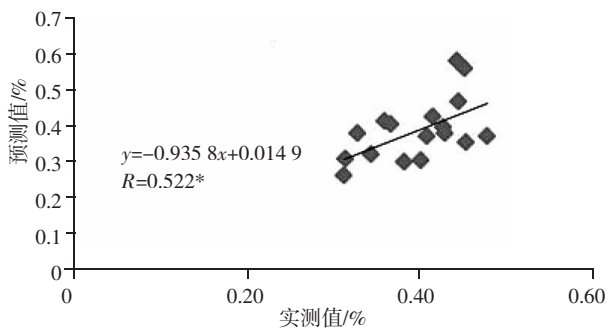


图6 P元素含量预测值与实测值比较

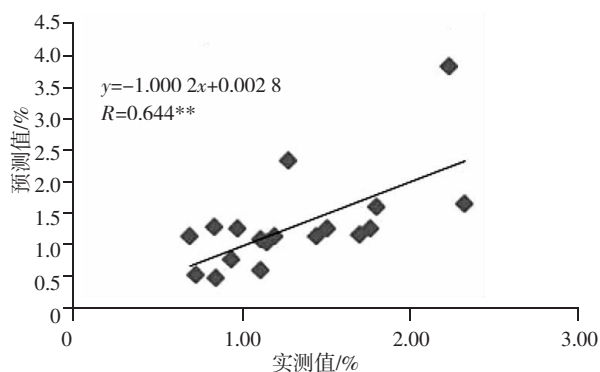


图7 K元素含量预测值与实测值比较

3 结论与讨论

利用元帅系苹果叶片图像的数字化处理,获取图像红R、绿G、蓝B分量值。通过对R、G、B值及简单算术组合同叶片氮、磷、钾营养含量相关性的分析,显示G/B、g和G/R分量值,可用于定量估算叶片N、P、K元素含量。天水元帅系苹果叶片氮、磷、钾营养水平估算模型,氮为 $y = -6.780x +$

8.913 、磷为 $y = -1.813x + 1.158$ 、钾为 $y = -25.196x + 22.872$,其中 x 分别为叶片颜色特征G/B、g和G/R的分量值。氮、磷、钾预测值与实测值相关系数分别达到极显著(0.721)、显著(0.522)、极显著(0.644)水平,可较为可靠的反映叶片的营养水平。

化学方法检测苹果叶片营养元素丰缺技术要求高、费时费力^[9],利用计算机图像数字处理技术,在建立估算模型的基础上,分析简单,容易操作,在用于指导果树施肥的同时,也可以作为开发便携式树体营养诊断仪的设计依据。我们只对天水元帅系苹果叶片图像颜色特征与氮、磷、钾含量关系方面进行了探讨,对由不同拍摄设备、光源以及不同拍摄方式等原因引起的叶片图像色度值的变化没有进行分析,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 张彦娥,李民赞,张喜杰,等.基于计算机视觉技术的温室黄瓜叶片营养信息检测[J].农业工程学报,2005,21(8):102-105.
- [2] 杨劲峰,陈清,韩晓日,等.数字图像处理技术在蔬菜叶面积测量中的应用[J].农业工程学报,2002,18(4):155-158.
- [3] 徐贵力.基于计算机视觉技术的无土栽培番茄缺素智能识别研究[D].镇江:江苏大学,2002.
- [4] 陈佳娟.基于图像处理和人工智能的植物病害自动诊断技术的研究[D].长春:吉林大学,2001.
- [5] 成芳,应义斌.机器视觉技术在农作物种子质量检验中的尖用研究进展[J].农业工程学报,2001,17(6):175-180.
- [6] 刘洪见,郑丽敏,廖树华,等.计算机视觉技术在农作物氮素营养诊断上的应用研究进展[J].麦类作物学报,2005,25(5):117-121.
- [7] 张坤,孙文泰,马明.地面覆盖对苹果生育后期叶片叶绿素荧光动力学参数的影响[J].甘肃农业科技:2016(7):7-11.
- [8] 冯斌.计算机视觉信息处理方法与水果分级检测技术研究[D].北京:中国农业大学,2002.
- [9] 刘小勇,董铁,王发林,等.甘肃省元帅系苹果叶营养元素含量标准值研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):246-251.