

库尔勒香梨叶片营养诊断研究

柴仲平¹, 王雪梅², 陈波浪¹, 盛建东¹,
刘 茂¹, 沈 幸¹, 李珊珊¹

(1. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 分析不同树龄组的库尔勒香梨叶片矿质营养, 采用诊断施肥综合法 (DRIS) 对叶片进行营养诊断, 筛选营养诊断的 DRIS 参项, 提出 DRIS 标准。结果表明: 不同树龄组库尔勒香梨低产果园的养分平衡总体水平都较低, 但 DRIS 诊断需肥顺序各不相同。8~10 年树龄的低产果园对营养元素 Zn、Mg、Fe 的需求强度较大, 12~15 年树龄的低产果园对营养元素 Mg、N、Fe 的需求强度较大, 16~20 年树龄的低产果园对营养元素 P、N、Ca 的需求强度较大, 22~25 年树龄的低产果园对营养元素 K、Mn、Cu 的需求强度较大。

关键词: 库尔勒香梨; 营养诊断; 诊断施肥综合法; DRIS 标准

中图分类号: S661.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)02-0177-09

Study on leaf nutrition diagnosis of Korla fragrant pear

CHAI Zhong-ping¹, WANG Xue-mei², CHEN Bo-lang¹, SHENG Jian-dong¹,
LIU Mao¹, SHEN Xing¹, LI Shan-shan¹

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;
2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: Through the analysis of minerals in Korla fragrant pear leaves with different ages, nutrition diagnosis of leaves was performed using Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) method, in order to obtain DRIS parameters and set standard for nutrition diagnosis. The results showed that the overall level of nutrient balance is low for all leaves of different ages for low yield orchards. However, the orders of nutrient requirement are not identical for different kinds of leaves. The 8~10 year old leaf needs more minerals of Zn, Mg, and Fe, the 12~15 year Mg, N, and Fe greatly, the 16~20 year P, N, and Ca greatly, and the 22~25 year K, Mn and Cu.

Keywords: Korla fragrant pear; nutrient diagnosis; DRIS; DRIS standard

库尔勒香梨 (*Pyrus brestschneideri* Rehd.) 简称香梨, 以其皮薄肉细、汁多脆甜、香味浓郁而驰名国内外, 已成为新疆南部重要的出口创汇农产品之一^[1-2]。库尔勒市地处天山南麓, 塔里木盆地东北边缘, 孔雀河冲洪积平原上, 属暖温带大陆性干旱气候, 年平均气温 14~15℃, 年降水量 50~55 mm, 气候温和, 土质肥沃, 是库尔勒香梨在新疆的主要栽培区域。目前, 库尔勒市香梨种植面积已达 4 × 10⁴ hm², 不仅形成一定的规模, 也实现了一定的产量和效益。但是在生产中长期盲目施肥造成果树生长营养障碍问题还相当普遍, 不仅造成了香梨果树的非正常减产, 还导致香梨树势衰弱、果实品质下降, 究其原因主要是无法做到科学合理施肥。诊断施肥综

合法 (Diagnosis and Recommendation Integrated System, DRIS) 是由南非 Beaufils 针对作物叶片营养临界值诊断方法的不足, 为避免由于养分之间的假拮抗作用引起化学诊断的误诊而从作物营养平衡角度出发提出的, 以养分平衡理论为依据, 采用植物体内养分浓度的比值为诊断指标, 其优点是可以对多种元素同时进行诊断; 标准的制定应用了数理统计分析, 提高了诊断的可靠性; 受品种、生育期、采样部位等因素的影响较小, 精确性高^[3-4]。近年来 DRIS 诊断已广泛应用于国内外果树营养与土壤肥力研究^[5-15], 根据 DRIS 诊断可以确定施肥时补充养分的先后顺序, 诊断出潜在的养分缺乏以及叶片矿质养分总的平衡状况, 已成为果树现代化生产的重要手段之一。但

收稿日期: 2013-07-05
基金项目: 自治区“十二五”科技计划项目 (201130102-2); 土壤学自治区重点学科资助项目
作者简介: 柴仲平 (1974—), 男, 甘肃永昌人, 博士研究生, 副教授, 研究方向为土壤质量、植物营养。E-mail: chaizhongpingth@sina.com。
通信作者: 盛建东 (1970—), 男, 甘肃秦安人, 博士, 教授, 研究方向为土壤质量空间变异和养分资源高效利用。E-mail: sjd_2004@126.com。

对于库尔勒香梨,目前国内尚没有 DRIS 标准的报道。本研究在 2012 年进行的库尔勒香梨树体养分状况调查分析和产量结果的基础上,初步筛选 DRIS 参数,建立不同树龄组库尔勒香梨营养诊断指标,旨在为香梨果园的高产优化施肥提供切实可行依据。

1 材料与方法

1.1 采样和测定

库尔勒香梨叶片样品于 2012 年 8 月 30 日采自库尔勒市 100 个香梨园,每个香梨果园面积不小于 1 hm²。香梨嫁接砧木为杜梨 (*Pyrus betulifolia* Bge.),株行距 5 m×6 m,450 株·hm⁻²。每个果园选择 30 株树,按 5 点法采样,每点各选 6 株。每株树选择树冠中部当年新生梢条 1/2–2/3 长度之间无病虫害、无机械损伤的健康叶片 20 片,将其混合作为 1 个待测叶样品。样品带回实验室后,去掉叶片头尾和中脉,将叶片洗净擦干,在 105℃ 杀青 1 h,再在 65℃ 烘 24 h,然后粉碎过 0.5 mm 筛。库尔勒香梨叶片 N 测定采用凯氏定氮法,P 测定采用钼锑抗比色法,K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 采用火焰原子吸收光谱法测定^[16]。

1.2 DRIS 指数计算方法

按果园香梨树龄进行分组,将 100 个香梨园分为 8~10 年树龄组、12~15 年树龄组、16~20 年树龄组和 22~25 年树龄组。再在不同树龄组的果园中,依据香梨产量等级划分标准(表 1)分别选出高产果园和低产果园各 6 个。然后利用 DRIS 指数计算方法对不同树龄组的高、低产园香梨叶片养分进行分析。

表 1 库尔勒香梨产量等级划分标准

Table 1 The yield classification of Korla fragrant pear yield		
树龄/a Tree age	高产果园/(kg·hm ⁻²) High yield orchard	低产果园/(kg·hm ⁻²) Low yield orchard
8~10	≥18000	<9000
12~15	≥22500	<13500
16~20	≥27000	<18000
22~25	≥31500	<22500

DRIS 指数表示作物对某一养分元素的需求强度。若 X、Y 表示库尔勒香梨叶片中的任意 2 种养分元素,用 (X/Y)_低 和 (X/Y)_高 分别代表低产果园和高产果园库尔勒香梨叶片 X、Y 养分元素的浓度之比。则 (X/Y)_低 偏离 (X/Y)_高 的程度,可用偏函数 $f(X/Y)$ 表示。当 $(X/Y)_{低} \geq (X/Y)_{高}$, $f(X/Y) = [(X/Y)_{低}/(X/Y)_{高} - 1] \times 1000/C.V$; 当 $(X/Y)_{低} <$

$(X/Y)_{高}$, $f(X/Y) = [1 - (X/Y)_{高}/(X/Y)_{低}] \times 1000/C.V$, 其中 C.V 为 (X/Y)_高 的变异系数。 $f(X/Y) > 0$, 说明 X 相对 Y 过量, $f(X/Y) < 0$, 说明 Y 相对 X 过量。因此,某一养分元素的平衡状况,可用该养分元素与其他养分元素比值的偏函数的平均值(指数)表示。若考察的元素为 X/Y 中的 Y 时,取 $-f(X/Y)$ 。则 X 指数 = $[f(X/A) + f(X/B) + \cdots - f(H/X) - f(I/X) \cdots]/n$, n 为偏函数 $f()$ 的个数^[17]。

1.3 数据分析

利用 Microsoft EXCEL、DPS 数据处理系统进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 库尔勒香梨叶片营养元素含量状况

由表 2 可知,不同树龄组高产果园和低产果园的库尔勒香梨叶片各营养元素含量均存在差异。8~10 年树龄的高产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 24.49±1.55 g·kg⁻¹、2.08±0.14 g·kg⁻¹、20.99±1.72 g·kg⁻¹、5.36±0.10 g·kg⁻¹、6.01±0.22 g·kg⁻¹、317.06±15.46 mg·kg⁻¹、19.02±0.76 mg·kg⁻¹、12.59±0.98 mg·kg⁻¹、33.42±1.25 mg·kg⁻¹,不同果园间变异系数范围 1.89%~8.21%。低产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 18.98±2.37 g·kg⁻¹、1.75±0.26 g·kg⁻¹、18.79±2.56 g·kg⁻¹、4.98±0.39 g·kg⁻¹、5.33±0.47 g·kg⁻¹、286.57±24.63 mg·kg⁻¹、21.86±3.38 mg·kg⁻¹、16.50±2.00 mg·kg⁻¹、28.37±3.38 mg·kg⁻¹,不同果园间变异系数范围 7.82%~15.48%。库尔勒香梨叶片营养元素 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 的平均含量表现为高产果园>低产果园,而元素 Mn、Cu 的平均含量表现为高产果园<低产果园,其中 N、P、Mg、Fe、Cu、Zn 的差异达到显著和极显著水平。

12~15 年树龄的高产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 25.14±1.18 g·kg⁻¹、1.90±0.09 g·kg⁻¹、22.71±1.36 g·kg⁻¹、5.61±0.14 g·kg⁻¹、6.01±0.08 g·kg⁻¹、458.59±15.01 mg·kg⁻¹、20.88±1.23 mg·kg⁻¹、20.30±0.88 mg·kg⁻¹、26.45±1.09 mg·kg⁻¹,不同果园间变异系数范围 1.36%~5.98%。低产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 22.31±2.17 g·kg⁻¹、1.41±0.33 g·kg⁻¹、20.37±3.02 g·kg⁻¹、4.40±0.32 g·kg⁻¹、4.80±0.52 g·kg⁻¹、347.22±37.71 mg·kg⁻¹、27.06±4.18

mg·kg⁻¹、26.98±3.74 mg·kg⁻¹、20.37±2.50 mg·kg⁻¹,不同果园间变异系数范围 7.25%~23.52%。库尔勒香梨叶片营养元素 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 的平均含量表现为高产果园>低产果园,而元素 Mn、

Cu 的平均含量表现为高产果园<低产果园,其中 N、P、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 的差异达到显著和极显著水平。

表 2 库尔勒香梨叶片营养元素含量

Table 2 The concentration of nutrient elements in Korla fragrant pear leaves

树龄/a Tree age	元素 Element	高产园(对照) High yield orchard(contrast)			低产园 Low yield orchard			t 值 Value
		平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 C. V/%	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 C. V/%	
8~10	N/(g·kg ⁻¹)	24.49	1.55	6.35	18.98	2.37	12.49	4.35 ^{* *}
	P/(g·kg ⁻¹)	2.08	0.14	6.75	1.75	0.26	14.81	2.50 [*]
	K/(g·kg ⁻¹)	20.99	1.72	8.21	18.79	2.56	13.64	1.59 ^{NS}
	Ca/(g·kg ⁻¹)	5.36	0.10	1.89	4.98	0.39	7.82	2.11 ^{NS}
	Mg/(g·kg ⁻¹)	6.01	0.22	3.62	5.33	0.47	8.74	2.94 [*]
	Fe/(mg·kg ⁻¹)	317.06	15.46	4.88	286.57	24.63	8.59	2.34 [*]
	Mn/(mg·kg ⁻¹)	19.02	0.76	4.00	21.86	3.38	15.48	-1.83 ^{NS}
	Cu/(mg·kg ⁻¹)	12.59	0.98	7.77	16.50	2.00	12.12	-3.93 ^{* *}
12~15	Zn/(mg·kg ⁻¹)	33.42	1.25	3.75	28.37	3.38	11.93	3.13 [*]
	N/(g·kg ⁻¹)	25.14	1.18	4.68	22.31	2.17	9.75	2.56 [*]
	P/(g·kg ⁻¹)	1.90	0.09	4.87	1.41	0.33	23.52	3.19 ^{* *}
	K/(g·kg ⁻¹)	22.71	1.36	5.98	20.37	3.02	14.84	1.58 ^{NS}
	Ca/(g·kg ⁻¹)	5.61	0.14	2.48	4.40	0.32	7.25	7.78 ^{* *}
	Mg/(g·kg ⁻¹)	6.01	0.08	1.36	4.80	0.52	10.88	5.12 ^{* *}
	Fe/(mg·kg ⁻¹)	458.59	15.01	3.27	347.22	37.71	10.86	6.14 ^{* *}
	Mn/(mg·kg ⁻¹)	20.88	1.23	5.90	27.06	4.18	15.45	-3.17 ^{* *}
16~20	Cu/(mg·kg ⁻¹)	20.30	0.88	4.35	26.98	3.74	13.85	-3.89 ^{* *}
	Zn/(mg·kg ⁻¹)	26.45	1.09	4.11	20.37	2.50	12.29	4.98 ^{* *}
	N/(g·kg ⁻¹)	27.28	1.38	5.06	21.02	2.60	12.39	4.75 ^{* *}
	P/(g·kg ⁻¹)	1.72	0.12	7.17	1.61	0.28	17.43	0.80 ^{NS}
	K/(g·kg ⁻¹)	27.20	1.03	3.77	20.38	2.33	11.43	5.99 ^{* *}
	Ca/(g·kg ⁻¹)	5.39	0.27	4.99	6.01	0.59	9.87	-2.13 ^{NS}
	Mg/(g·kg ⁻¹)	6.09	0.05	0.79	5.17	0.21	4.10	9.46 ^{* *}
	Fe/(mg·kg ⁻¹)	358.70	15.57	4.34	423.39	29.17	6.89	-4.37 ^{* *}
22~25	Mn/(mg·kg ⁻¹)	24.31	1.12	4.61	19.05	3.94	20.67	2.87 [*]
	Cu/(mg·kg ⁻¹)	23.68	0.54	2.30	20.59	2.89	14.03	2.35 [*]
	Zn/(mg·kg ⁻¹)	22.17	1.05	4.73	28.91	4.75	16.41	-3.10 [*]
	N/(g·kg ⁻¹)	25.44	1.23	4.84	23.45	3.68	15.71	1.15 ^{NS}
	P/(g·kg ⁻¹)	2.05	0.11	5.50	1.67	0.25	15.05	3.08 [*]
	K/(g·kg ⁻¹)	28.30	1.23	4.34	23.03	2.70	11.73	3.97 ^{* *}
	Ca/(g·kg ⁻¹)	5.56	0.20	3.61	4.72	0.78	16.60	2.32 [*]
	Mg/(g·kg ⁻¹)	5.13	0.11	2.18	6.24	0.35	5.56	-6.80 ^{* *}
	Fe/(mg·kg ⁻¹)	404.98	6.08	1.50	338.64	37.16	10.97	3.94 ^{* *}
	Mn/(mg·kg ⁻¹)	23.59	1.21	5.13	25.12	4.22	16.81	-0.78 ^{NS}
	Cu/(mg·kg ⁻¹)	20.31	1.20	5.91	26.11	4.71	18.05	-2.67 [*]
	Zn/(mg·kg ⁻¹)	29.43	1.29	4.37	22.35	3.09	13.81	4.74 ^{* *}

注(Note): t 检验(test) n = 6, (t_{0.05} = 2.23, t_{0.01} = 3.17); NS—差异不显著(No significant), * —差异显著(Significant)(P = 0.05), * * —差异极显著(highlysignificant)(P = 0.01).

16~20 年树龄的高产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 $27.28 \pm 1.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.72 \pm 0.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $27.20 \pm 1.03 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $5.39 \pm 0.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $6.09 \pm 0.05 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $358.70 \pm 15.57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $24.31 \pm 1.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $23.68 \pm 0.54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $22.17 \pm 1.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，不同果园间变异系数范围 0.79%~7.17%。低产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 $21.02 \pm 2.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.61 \pm 0.28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $20.38 \pm 2.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $6.01 \pm 0.59 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $5.17 \pm 0.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $423.39 \pm 29.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $19.05 \pm 3.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $20.59 \pm 2.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $28.91 \pm 4.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，不同果园间变异系数范围 4.10%~20.67%。库尔勒香梨叶片营养元素 N、P、K、Mg、Mn、Cu 的平均含量表现为高产果园 > 低产果园，而元素 Ca、Fe、Zn 的平均含量表现为高产果园 < 低产果园，其中 N、K、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 的差异达到显著和极显著水平。

22~25 年树龄的高产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 $25.44 \pm 1.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.05 \pm 0.11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $28.30 \pm 1.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $5.56 \pm 0.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $5.13 \pm 0.11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $404.98 \pm 6.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $23.59 \pm 1.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $20.31 \pm 1.20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $29.43 \pm 1.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，不同果园间变异系数范围 0.11%~6.08%。低产果园库尔勒香梨叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 平均含量分别为 $23.45 \pm 3.68 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.67 \pm 0.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $23.03 \pm 2.70 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $4.72 \pm 0.78 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $6.24 \pm 0.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $338.64 \pm 37.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $25.12 \pm 4.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $26.11 \pm 4.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $22.35 \pm 3.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，不同果园间变异系数范围 5.56%~18.05%。库尔勒香梨叶片营养元素 N、P、K、Ca、Fe、Zn 的平均含量表现为高产果园 > 低产果园，而元素 Mg、Mn、Cu 的平均含量表现为高产果园 < 低产果园，其中 P、K、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 的差异达到显著和极显著水平。

就库尔勒香梨叶片各营养元素含量的变异系数而言，不同树龄组的库尔勒香梨低产果园明显高于高产果园，这与在其它果树上的研究结果类似^[17-19]，说明高产果园各营养元素比较平衡，而低产果园各营养元素存在较大差异。在最佳平衡状态下，元素间的比例为最适宜比例，实测值与最适宜值越接近，说明元素间越平衡。通常采用高产群体中叶片营养元素比例的平均值作为最适宜比例。因此，库尔勒香梨高产果园叶片 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 的平均含量可作为该研究区香梨营养元

素的适宜范围。库尔勒香梨叶片 N:P:K 的最适宜比例为 1:0.06~0.08:0.86~1.11。

2.2 库尔勒香梨叶片营养诊断的 DRIS 标准

将库尔勒香梨叶片各营养元素含量用 N/P、N/K、N/Ca、N/Mg、N/Fe 等比值形式共 36 种表示，分别计算不同树龄组的高产果园和低产果园各种形式的平均值，并进行养分比方差显著性检验(表 3)，经 *F* 检验达到显著水平的表现形式被确定为 DRIS 参数。通过检验，8~10 年树龄的库尔勒香梨共有 16 种表示形式达到显著或极显著水平，12~15 年树龄的库尔勒香梨共有 17 种表示形式达到显著或极显著水平，16~20 年树龄的库尔勒香梨共有 20 种表示形式达到显著或极显著水平，22~25 年树龄的库尔勒香梨共有 22 种表示形式达到显著或极显著水平。因此，可将不同树龄组的高产果园这些表现形式的平均值、变异系数作为 DRIS 标准值(见表 4)。

2.3 库尔勒香梨叶片营养 DRIS 诊断

依据表 4 中的库尔勒香梨营养诊断 DRIS 标准，结合表 5 中的 $f(X/Y)$ 值，分别计算出不同树龄组低产果园库尔勒香梨各营养元素的 DRIS 指数、需肥顺序和营养综合不平衡指数(Nutrient imbalance index, 简写 NII)，结果见表 6。DRIS 指数为负值时表明植株需要该元素，负值的绝对值越大，植株对该元素的需求强度越大；为正值时表明该元素可满足植株需要或过量；为零或接近于零是表明该元素基本平衡。由表 6 可知，8~10 年树龄的低产果园中 DRIS 指数为负值的营养元素有 N、P、K、Ca、Mg、Fe 和 Zn，表明树体需要这些营养元素。指数为正值的元素有 Mn 和 Cu，表明这 2 种营养元素能满足树体需求或者处于相对过量状态。DRIS 诊断的需肥顺序为 $\text{Zn} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{P} > \text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Cu}$ 。12~15 年树龄的低产果园中 DRIS 指数为负值和正值的营养元素与 8~10 年树龄的低产果园相同，DRIS 诊断的需肥顺序为 $\text{Mg} > \text{N} > \text{Fe} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Zn} > \text{K} > \text{Mn} > \text{Cu}$ 。16~20 年树龄的低产果园中 DRIS 指数为负值的营养元素有 N、P、K、Mg、Mn 和 Cu，表明树体需要这些营养元素。指数为正值的元素有 Ca、Fe 和 Zn，表明这 3 种营养元素能满足树体需求或者处于相对过量状态。DRIS 诊断的需肥顺序为 $\text{P} > \text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Cu}$ 。22~25 年树龄的低产果园中 DRIS 指数为负值的营养元素有 K、Mn 和 Cu，表明树体需要这些营养元素。指数为正值的元素有 N、P、Ca、Mg、Fe 和 Zn，表明这 6 种营养元素能满足树体需求或者处于相对过量状态。DRIS 诊断的需肥顺序为 $\text{K} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Zn}$ 。

表 3 库尔勒香梨叶片营养元素含量的不同表示形式

Table 3 The different combinations of nutrient elementsin Korla fragrant pear leaves

表示形式 Combination	树龄 Tree age/a											
	8 ~ 10			12 ~ 15			16 ~ 20			22 ~ 25		
	高产园 平均值 Mean of high yield orchard	低产园 平均值 Mean of low yield orchard	F 值 F value	高产园 平均值 Mean of high yield orchard	低产园 平均值 Mean of low yield orchard	F 值 F value	高产园 平均值 Mean of high yield orchard	低产园 平均值 Mean of low yield orchard	F 值 F value	高产园 平均值 Mean of high yield orchard	低产园 平均值 Mean of low yield orchard	F 值 F value
N/P	11.82	10.94	1.90 ^{NS}	13.26	16.60	3.24 ^{NS}	15.89	13.57	2.03 ^{NS}	12.44	12.33	0.01 ^{NS}
N/K	1.18	1.04	1.74 ^{NS}	1.11	1.12	0.01 ^{NS}	1.00	1.05	0.26 ^{NS}	0.90	1.19	11.32 [*] *
N/Ca	4.578	3.81	15.59 [*] *	4.48	5.08	6.63 [*]	5.07	3.52	44.70 [*] *	4.57	4.42	0.71 ^{NS}
N/Mg	4.08	3.58	4.24 ^{NS}	4.18	4.70	3.03 ^{NS}	4.48	4.07	2.55 ^{NS}	4.96	4.42	7.69 [*]
N/Fe(10 ¹)	7.74	6.69	3.02 ^{NS}	5.48	6.54	3.62 ^{NS}	7.61	4.98	65.24 [*] *	6.28	6.49	0.43 ^{NS}
N/Mn(10 ²)	12.91	8.83	24.58 [*] *	12.05	8.42	31.48 [*] *	11.25	11.26	0.01 ^{NS}	10.81	12.74	16.57 [*] *
N/Cu(10 ²)	19.57	11.66	42.12 [*] *	12.39	8.46	24.89 [*] *	11.52	10.41	1.38 ^{NS}	12.56	14.92	6.42 [*]
N/Zn(10 ²)	7.33	6.73	2.92 ^{NS}	9.52	11.18	2.55 ^{NS}	12.32	7.52	31.98 [*] *	8.67	7.03	6.74 [*]
P/K(10 ⁻²)	9.98	9.58	0.13 ^{NS}	8.39	6.86	9.47 [*] *	6.32	7.96	5.28 [*]	7.25	9.85	8.55 [*] *
P/Ca(10 ⁻¹)	3.88	3.49	5.58 [*]	3.38	3.21	0.26 ^{NS}	3.21	2.69	4.05 ^{NS}	3.68	3.70	0.01 ^{NS}
P/Mg(10 ⁻¹)	3.47	3.31	0.33 ^{NS}	3.15	3.02	0.09 ^{NS}	2.82	3.12	1.24 ^{NS}	3.99	3.66	1.98 ^{NS}
P/Fe	6.58	6.17	0.50 ^{NS}	4.13	4.11	0.01 ^{NS}	4.81	3.79	11.47 [*] *	5.06	5.37	0.67 ^{NS}
P/Mn(10 ¹)	10.95	8.21	10.08 [*] *	9.11	5.22	64.49 [*] *	7.10	8.80	2.32 ^{NS}	8.71	10.65	4.21 ^{NS}
P/Cu(10 ¹)	16.56	10.81	27.88 [*] *	9.37	5.23	57.99 [*] *	7.26	7.96	0.67 ^{NS}	10.12	12.24	9.59 [*] *
P/Zn(10 ¹)	6.24	6.20	0.01 ^{NS}	7.17	6.88	0.31 ^{NS}	7.75	5.70	10.76 [*] *	6.97	5.77	6.83 [*]
K/Ca	3.91	3.82	0.08 ^{NS}	4.04	4.67	2.79 ^{NS}	5.06	3.42	33.94 [*] *	5.09	3.78	24.59 [*] *
K/Mg	3.49	3.54	0.03 ^{NS}	3.78	4.33	1.53 ^{NS}	4.46	3.94	6.41 [*]	5.52	3.78	41.30 [*] *
K/Fe(10 ¹)	6.64	6.59	0.01 ^{NS}	4.96	5.928	4.02 ^{NS}	7.60	4.82	84.53 [*] *	6.98	5.57	10.45 [*] *
K/Mn(10 ²)	11.04	8.73	9.99 [*] *	10.93	7.59	28.90 [*] *	11.21	11.11	0.01 ^{NS}	12.014	10.89	2.99 ^{NS}
K/Cu(10 ²)	16.82	11.40	27.42 [*] *	11.20	7.57	62.79 [*] *	11.48	10.00	6.62 [*]	13.974	12.77	1.22 ^{NS}
K/Zn(10 ²)	6.29	6.76	0.47 ^{NS}	8.60	10.01	9.05 [*] *	12.27	7.11	348.87 [*] *	9.63	5.99	42.58 [*] *
Ca/Mg	0.89	0.94	0.91 ^{NS}	0.93	0.92	0.03 ^{NS}	0.88	1.16	20.93 [*] *	1.08	1.00	4.05 ^{NS}
Ca/Fe(10 ¹)	1.69	1.75	0.31 ^{NS}	1.23	1.28	0.53 ^{NS}	1.50	1.42	0.75 ^{NS}	1.37	1.47	1.90 ^{NS}
Ca/Mn(10 ²)	2.82	2.33	7.68 [*]	2.69	1.67	35.83 [*] *	2.21	3.29	9.69 [*] *	2.36	2.89	19.47 [*] *
Ca/Cu(10 ²)	4.28	3.08	19.58 [*] *	2.76	1.65	80.30 [*] *	2.28	2.99	6.84 [*]	2.74	3.39	7.48 [*]
Ca/Zn(10 ²)	1.61	1.77	2.92 ^{NS}	2.12	2.18	0.17 ^{NS}	2.43	2.13	2.23 ^{NS}	1.89	1.61	2.39 ^{NS}
Mg/Fe(10 ¹)	1.89	1.86	0.39 ^{NS}	1.31	1.39	1.05 ^{NS}	1.69	1.22	88.21 [*] *	1.26	1.47	13.22 [*] *
Mg/Mn(10 ²)	3.16	2.49	12.79 [*] *	2.88	1.82	33.25 [*] *	2.50	2.80	1.67 ^{NS}	2.17	2.89	46.76 [*] *
Mg/Cu(10 ²)	4.79	3.26	41.37 [*] *	2.96	1.81	49.99 [*] *	2.57	2.54	0.04 ^{NS}	2.53	3.36	34.53 [*] *
Mg/Zn(10 ²)	1.80	1.90	0.75 ^{NS}	2.27	2.40	0.35 ^{NS}	2.75	1.83	37.64 [*] *	1.74	1.60	1.10 ^{NS}
Fe/Mn(10 ¹)	1.67	1.34	7.95 [*]	2.20	1.32	33.97 [*] *	1.48	2.30	18.08 [*] *	1.72	1.98	6.23 [*]
Fe/Cu(10 ¹)	2.53	1.76	29.59 [*] *	2.26	1.30	99.73 [*] *	1.52	2.10	16.91 [*] *	1.99	2.30	8.25 [*]
Fe/Zn(10 ¹)	0.95	1.02	1.22 ^{NS}	1.74	1.72	0.04 ^{NS}	1.62	1.50	0.99 ^{NS}	1.38	1.10	9.07 [*] *
Mn/Cu	1.52	1.34	2.11 ^{NS}	1.03	1.01	0.08 ^{NS}	1.03	0.93	2.48 ^{NS}	1.16	1.17	0.03 ^{NS}
Mn/Zn(10 ⁻¹)	5.70	7.76	13.84 [*] *	7.90	13.42	30.82 [*] *	10.99	6.77	26.84 [*] *	8.02	5.55	22.60 [*] *
Cu/Zn(10 ⁻¹)	3.77	5.93	18.06 [*] *	7.69	13.27	101.54 [*] *	10.69	7.25	37.35 [*] *	6.91	4.77	21.04 [*] *

注 (Note): $F_{0.05} = 4.28$, $F_{0.01} = 8.47$; NS—差异不显著 (No significant), * —差异显著 (Significant) ($P = 0.05$), * * —差异极显著 (very Significant) ($P = 0.01$)

表 4 库尔勒香梨营养诊断的 DRIS 标准

Table 4 The DRIS standard for leaf nutrition diagnosis of Korla fragrant pear

表示形式 Parameters	树龄 Tree age/a							
	8 ~ 10		12 ~ 15		16 ~ 20		22 ~ 25	
	平均值 Mean	变异系数 (C. V)/%	平均值 Mean	变异系数 (C. V)/%	平均值 Mean	变异系数 (C. V)/%	平均值 Mean	变异系数 (C. V)/%
N/K	—	—	—	—	—	—	0.90	5.61
N/Ca	4.578	7.74	4.48	5.70	5.07	6.08	—	—
N/Mg	—	—	—	—	—	—	4.96	6.80
N/Fe(10 ¹)	—	—	—	—	7.61	6.28	—	—
N/Mn(10 ²)	12.91	9.83	12.05	2.64	—	—	10.81	8.39
N/Cu(10 ²)	19.57	10.96	12.39	2.76	—	—	12.56	8.46
N/Zn(10 ²)	—	—	—	—	12.32	5.73	8.67	8.98
P/K(10 ⁻²)	—	—	8.39	9.95	6.32	6.35	7.25	8.61
P/Ca(10 ⁻¹)	3.88	7.38	—	—	—	—	—	—
P/Fe	—	—	—	—	4.81	10.00	—	—
P/Mn(10 ¹)	10.95	7.21	9.11	6.24	—	—	—	—
P/Cu(10 ¹)	16.56	5.59	9.37	7.62	—	—	10.12	9.69
P/Zn(10 ¹)	—	—	—	—	7.75	3.87	6.97	7.98
K/Ca	—	—	—	—	5.06	6.76	5.09	3.71
K/Mg	—	—	—	—	4.46	4.49	5.52	5.90
K/Fe(10 ¹)	—	—	—	—	7.60	7.04	6.98	3.61
K/Mn(10 ²)	11.04	7.85	10.93	10.38	—	—	—	—
K/Cu(10 ²)	16.82	14.12	11.20	7.00	11.48	2.13	—	—
K/Zn(10 ²)	—	—	8.60	7.80	12.27	2.96	9.63	7.13
Ca/Mg	—	—	—	—	0.88	5.11	—	—
Ca/Mn(10 ²)	2.82	3.47	2.69	7.45	2.21	4.52	2.36	7.48
Ca/Cu(10 ²)	4.28	7.69	2.76	4.42	2.28	5.80	2.74	9.12
Mg/Fe(10 ¹)	—	—	—	—	1.69	3.93	1.26	3.05
Mg/Mn(10 ²)	3.16	5.25	2.88	5.72	—	—	2.17	5.37
Mg/Cu(10 ²)	4.79	8.24	2.96	4.28	—	—	2.53	6.47
Mg/Zn(10 ²)	—	—	—	—	2.75	5.25	—	—
Fe/Mn(10 ¹)	1.67	5.58	2.20	6.96	1.48	4.84	1.72	3.90
Fe/Cu(10 ¹)	2.53	7.15	2.26	6.95	1.52	5.80	1.99	5.35
Fe/Zn(10 ¹)	—	—	—	—	—	—	1.38	4.58
Mn/Zn(10 ⁻¹)	5.70	7.18	7.90	6.54	10.99	7.96	8.02	5.82
Cu/Zn(10 ⁻¹)	3.77	8.61	7.69	7.52	10.69	3.21	6.91	7.57

各营养元素的 DRIS 指数绝对值之和即为营养综合不平衡指数(NII),绝对值之和越大,表明元素间越不平衡,它反映养分平衡的总体水平。根据计算,库尔勒香梨低产果园营养综合不平衡指数(NII)为 8~10 年树龄 422.08,12~15 年树龄 791.25,16~20 年树龄 696.04,22~25 年树龄 330.77。表明低产果园的库尔勒香梨养分平衡总体水平都较低。

3 讨论与结论

叶片营养诊断的准确性与参比值(标准值或适宜值)的选择关系密切,将本研究中获得 的库尔勒香梨叶片养分元素含量与表 7 中我国梨叶片营养元素含量的标准值进行比较^[20],不同树龄组库尔勒香梨表现基本一致。叶片中 N、K 的含量处于标准值的上限或略高,P、Mg、Cu、Zn 的含量处于标准值范围,Fe 的含量明显高于全国的标准值,Ca、Mn 的含量明显低于全国的标准值。国内不同地区梨叶片营养含量的适宜值也不尽相同,魏雪梅等^[21]分析了四川省金花梨叶片营养状况,表明金花梨叶片内营养元素 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 和 B 的最适含量为分别为 28.2 g·kg⁻¹、1.0 g·kg⁻¹、5.6 g·kg⁻¹、39.2 g·kg⁻¹、3.1 g·kg⁻¹、98.88 mg·kg⁻¹、50.77 mg·kg⁻¹和 35.08 mg·kg⁻¹。姜远茂等^[22]对山东长十郎梨叶片营养的研究表明,梨叶片内营养元素 N、P、K、Ca、Mg、B 和 Mn 的最适含量为分别为 20~25 g·kg⁻¹、1.5~3.0 g·kg⁻¹、12~16 g·kg⁻¹、12~18 g·kg⁻¹、2.0~3.0 g·kg⁻¹、20~50 mg·kg⁻¹和 30~50 mg·kg⁻¹。综 上研究说明,果树叶片内营养元素含量虽然具有种间相似性,但各地栽培管理、环境条件以及树体生育状况等因素有差异,也就是说叶分析值应该是基因型与生态条件、人工管理相互作用的结果^[20-21]。因此,针对 不同种植地的果树一定要建立自己的检测体系和数据库,才能更好地和当地的生产实际相结合,达到科学施肥的目的。

表 7 梨叶片营养元素适宜含量

Table 7 The optimum concentration of nutrient elements in pear leaves

元素 Element	缺 Shortage	低 Low	适宜 Optimum
N/(g·kg ⁻¹)	< 13	13~19	20~24
P/(g·kg ⁻¹)	< 0.9	0.9~1.1	1.2~2.5
K/(g·kg ⁻¹)	< 5	5~7	10~20
Ca/(g·kg ⁻¹)	< 7	7~9	10~25
Mg/(g·kg ⁻¹)	< 0.6	0.6~2.4	2.5~8.0
Fe/(mg·kg ⁻¹)	21~30	—	100
Mn/(mg·kg ⁻¹)	< 14	—	30~60
Cu/(mg·kg ⁻¹)	3~5	< 5	6~50
Zn/(mg·kg ⁻¹)	< 10	< 16	20~60

果树内各营养元素的含量以及各元素之间的适当比例,对果树产量、品质有重要影响。果树组织中各营养元素都不是孤立存在的,任何一种营养元素浓度发生变化都必然会引起其他元素的变化,各营养元素必须达到各自一定的浓度平衡的比例关系,

才能发挥其在植物体中应有的生理功能^[21]。将库尔勒香梨叶片中各营养元素的含量作相关分析,由表 8 可知,叶片内各营养元素之间存在着不同的相关性,其中 N 与 K、Fe、Cu 呈显著正相关,与 P 呈显著负相关;P 与 K、Fe、Mn、Cu 呈显著负相关,与 Zn 呈显著正相关;Mn 与 Cu 呈极显著正相关,与 Zn 呈极显著负相关;Cu 与 Zn 呈极显著负相关。说明库尔勒香梨叶片各营养元素间存在一定的协同与拮抗性。运用营养诊断 DRIS 方法,对低产果园和高产果园的库尔勒香梨叶片样本进行营养元素含量测定和统计分析。并结合香梨产量结果,筛选出不同树龄组库尔勒香梨营养元素诊断的 DRIS 参项,并提出 DRIS 标准,8~10 年树龄低产果园香梨叶片营养诊断 DRIS 标准的 16 种表示形式为 N/Ca、N/Mn、N/Cu、P/Ca、P/Mn、P/Cu、K/Mn、K/Cu、Ca/Mn、Ca/Cu、Mg/Mn、Mg/Cu、Fe/Mn、Fe/Cu、Mn/Zn 和 Cu/Zn。12~15 年树龄低产果园香梨叶片营养诊断 DRIS 标准的 17 种表示形式为 N/Ca、N/Mn、N/Cu、P/K、P/Mn、P/Cu、K/Mn、K/Cu、K/Zn、Ca/Mn、Ca/Cu、Mg/Mn、Mg/Cu、Fe/Mn、Fe/Cu、Mn/Zn 和 Cu/Zn。16~20 年树龄低产果园香梨叶片营养诊断 DRIS 标准的 20 种表示形式为 N/Ca、N/Fe、N/Zn、P/K、P/Fe、P/Zn、K/Ca、K/Mg、K/Fe、K/Cu、K/Zn、Ca/Mg、Ca/Mn、Ca/Cu、Mg/Fe、Mg/Zn、Fe/Mn、Fe/Cu、Mn/Zn 和 Cu/Zn。22~25 年树龄低产果园香梨叶片营养诊断 DRIS 标准的 22 种表示形式为 N/K、N/Mg、N/Mn、N/Cu、N/Zn、P/K、P/Cu、P/Zn、K/Ca、K/Mg、K/Fe、K/Zn、Ca/Mn、Ca/Cu、Mg/Fe、Mg/Mn、Mg/Cu、Fe/Mn、Fe/Cu、Fe/Zn、Mn/Zn 和 Cu/Zn。这些诊断标准的建立,为库尔勒香梨营养诊断、缺素矫正和平衡施肥提供新的诊断方法。但在 DRIS 标准建立过程中,以高产果园的参数项作为 DRIS 标准时,部分参数项的变异系数较大,这与前人在其它果树营养诊断中出现的问题相同^[13-14,17]。解决该问题就需要有充足的养分分析材料和产量结果,对建立的 DRIS 标准作进一步优化。

依据 DRIS 诊断标准,计算库尔勒香叶片各营养元素的 DRIS 指数和营养综合不平衡指数(NII),表明不同树龄组库尔勒香梨低产果园的养分平衡总体水平都较低,但随着库尔勒香梨树体年龄的增加营养综合不平衡指数有逐渐减小趋势。8~10 年树龄的低产果园对营养元素 Zn、Mg、Fe 的需求强度较大,12~15 年树龄的低产果园对营养元素 Mg、N、Fe 的需求强度较大,16~20 年树龄的低产果园对营养元素 P、N、Ca 的需求强度较大,22~25 年树龄的低产果园对营养元素 K、Mn、Cu 的需求强度较大。

表 8 库尔勒香梨叶片各营养元素间的相关系数

Table 8 The correlation coefficients among nutrient elements in Korla fragrant pear leaves

元素 Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
N									
P	- 0.92 * *								
K	0.42 *	- 0.49 *							
Ca	0.06	0.10	0.06						
Mg	- 0.02	- 0.23	0.07	- 0.25					
Fe	0.54 *	- 0.31 *	0.02	0.04	- 0.06				
Mn	—	- 0.41 *	—	—	—	0.02			
Cu	0.51 *	- 0.54 *	—	- 0.01	0.01	0.06	0.91 * *		
Zn	—	0.43 *	—	0.01	- 0.01	- 0.05	- 0.85 * *	- 0.84 * *	

注 Note: * —相关关系显著 (significant) ($P = 0.05$), * * —相关关系极显著 highly significant) ($P = 0.01$)

参 考 文 献:

[1] 何子顺,牛建新,邵月霞. 库尔勒香梨果实萼片脱落与宿存研究概述[J]. 中国瓜菜,2006, (2):10-11.

[2] 李慧民,牛建新,党小燕. 化学药剂处理克服香梨自交不亲和和性效果研究[J]. 新疆农业科学,2008,45(6):1076-1079.

[3] 黄宇玉. 诊断施肥综合法 (DRIS) 的原理与应用问题[J]. 土壤学进展,1990,18(1):22-25.

[4] 谢世恭,谢永红,曾亚妮,等. 诊断施肥综合法在果树营养诊断上的应用研究进展[J]. 福建果树,2005, (1):35-37.

[5] Kim Y T, Leech R H. The potential use of DRIS in fertilizing hybrid PoPlar[J]. Comm. in Soil Sci. Plant Anal, 1986,17(4):429-438.

[6] Marianne K. Burke, Dudley J. Raynal. Liming influences growth and nutrient balances in sugar maple (Acer saccharum) seedlings on an acidic forest soil[J]. Environmental and Experimental Botany, 1998, 39:105-116.

[7] Gohk. Preliminary nitrogen, phosphorus, Calcium and Magnesium DRIS norms and indices for apple orchards in Canterbury, Newland [J]. Comm. in Soil Sci. and Plant Anal,1992,23(2):1375-1385.

[8] Cerda A, Nieves M, Martinez V. An evaluation of mineral analysis of “Verna” lemons by DRIS[J]. Comm. In Soil Sci. Plant Anal, 1995, 26(11/12):1697-1707.

[9] 李旭辉,李 瑛,刘 军,等. DRIS 在关中地区冬小麦施肥中的应用研究[J]. 植物营养与肥科学报,2005,11(2):174-178.

[10] 董小平,张玉萍,孙红专. 应用综合诊断施肥法 (DRIS) 进行棉花营养诊断[J]. 新疆农业科学,2000, (4):184-186.

[11] 许 敏,吴发启,张 扬,等. 陕西省红富士苹果叶片营养诊断研究[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):161-165.

[12] 刘红霞,张会民,郭大勇,等. 豫西地区红富士苹果叶片营养诊断[J]. 植物营养与肥科学报,2009,15(2):457-462.

[13] 彭志平,刘国坚,张壮塔,等. 紫花芒果 N、P、K、Ca、Mg 叶片诊断的标准初步研究[J]. 热带亚热带土壤科学,1998,7(1):36-40.

[14] 谢世恭,谢永红,曾亚妮,等. 充足范围法和修正诊断施肥综合法在荔枝营养诊断中的比较[J]. 华南农业大学学报,2006,27(3):12-15.

[15] Nachtigall G R, Dechen A R. DRIS Use on apple orchard nutritional evaluation in response to potassium[J]. Comm. In Soil Sci. Plant Anal, 2007,38(17/18):2557-2566.

[16] 鲍士旦. 土壤化学分析 (第 3 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:25-114.

[17] 董志国,刘立云,陈东良,等. 应用诊断施肥综合法 (DRIS) 对槟榔叶片进行营养诊断[J]. 热带作物学报, 2010,31(3):361-364.

[18] Summer M E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at field yield level[J]. Comm. in Soil Sci. Plant Anal, 1977,8:251-268.

[19] 耿增超,张立新,赵二龙,等. 陕西红富士苹果矿质营养 DRIS 标准研究[J]. 西北植物学报, 2003,23(8):1422-1428.

[20] 李港丽,苏润宇,沈 隽. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究[J]. 园艺学报,1987,14(2):81-89.

[21] 魏雪梅,廖明安. 金花梨叶片营养诊断分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(20):8549-8551.

[22] 姜远茂,张宏彦,张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京: 中国农业大学出版社,2007,124.