

高春丽,马振朝,王志慧,等. 河北省红地球葡萄土壤与叶片营养诊断分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(6):114-119.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.06.019

河北省红地球葡萄土壤与叶片营养诊断分析

高春丽², 马振朝¹, 王志慧¹, 张丽娟¹, 吉艳芝¹

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院, 河北保定 071000; 2. 河北农业大学国土资源学院, 河北保定 071000)

摘要:为科学指导河北省红地球葡萄主产区果园管理和平衡施肥,以河北省昌黎县葡萄主产区为试验地,以土壤(0~30 cm)和叶片为试验材料,通过测定土壤养分和叶片营养元素含量,明确丰缺状况并分析土壤和叶片的相关性。结果表明,土壤有机质平均含量为 12.8 g/kg,64% 处于低量及以下水平;硝态氮、有效磷、速效钾含量处于丰富水平的果园均大于 70%,其中速效钾含量可达 87%;有效锰含量平均含量为 11.2 mg/kg,69% 处于低-缺乏水平;有效铁和有效铜含量 100% 的点位处于适量及以上水平;有效锌含量 80% 为丰富水平,平均含量为 3.5 mg/kg。高产组叶片中氮(N)、钾(K)、钙(Ca)、铁(Fe)、硼(B)元素平均含量为 16.1 g/kg、24.5 g/kg、38.8 g/kg、52.2 mg/kg、27.5 mg/kg,均大于低产组;磷(P)、镁(Mg)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)元素平均含量为 3.2 g/kg、4.5 g/kg、107.2 mg/kg、18.9 mg/kg、271.9 mg/kg,均略小于低产组。DRIS 诊断结果确定叶片对 Fe、Mn、Ca、Zn 需求强度依次降低,Mg、B 过剩。综合看来,葡萄园应注重增施有机肥和锰肥,控制钾肥用量,适量施用氮肥和磷肥,合理施用微量元素肥料。

关键词:红地球葡萄;土壤养分;叶片营养;河北省;DRIS 诊断;营养诊断

中图分类号: S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)06-0114-06

我国作为葡萄生产大国,在世界葡萄种植中有着重要的地位。据中国统计年鉴数据统计,至 2016 年底,我国葡萄种植面积为 84.7 万 hm^2 ,总产量 1 308.3 万 $\text{t}^{[1]}$,分别占世界种植面积和总产量的 11.3% 和 49.2%。河北省葡萄种植面积为 0.88 万 hm^2 ,总产量为 170.7 万 t ,分别占全国的 12.4% 和 10.9%^[2]。随着对葡萄经济效益的追求,葡萄生产的投入不断增加,尤其是养分资源的高投入,逐渐

向相悖于大产量和高品质的方向转变。通过对河北省果园调查发现,施肥用量和时期与葡萄需求不匹配,30.2% 的果园有机肥投入量超过 60 t/hm^2 ,在氮肥高需求的全生育期,34.5% 的果园施氮量在 500 kg/hm^2 以上^[3],超过葡萄一般需求的 3~6 倍^[4]。长期不合理的养分投入,致使果实产量和品质下降,还导致土壤肥力退化、生态环境恶化等问题。因此,制定葡萄合理的施肥制度成为葡萄产业可持续发展的关键。

土壤养分对于葡萄果实产量和品质至关重要,朱小平等通过对河北省昌黎县赤霞珠中、低产葡萄园调查分析认为,土壤中水解氮、有机质、有效钾、有效锌、有效磷是主要的植物生长限制因子^[5]。范海荣等通过对昌黎县赤霞珠葡萄园施肥状况调查,

收稿日期:2019-11-19

基金项目:国家重点研发计划子课题(编号:2018YFD020130、2018YFD0201307)。

作者简介:高春丽(1997—),女,河北石家庄人,研究方向为土壤环境质量。E-mail:chli.gao@qq.com。

通信作者:吉艳芝,博士,副教授,硕士生导师,主要从事土壤环境质量研究工作。E-mail:jiyanzhi@he-bau.edu.cn。

[11]王立河,赵喜茹,王喜枝,等. 有机肥与氮肥配施对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J]. 土壤通报,2007,38(3): 472-476.

[12]李银坤,梅旭荣,夏旭,等. 减氮配施有机肥对华北平原夏玉米土壤水分及水氮利用的影响[J]. 水土保持研究,2018,25(5):54-60.

[13]侯迷红,李玉明,姚锦秋,等. 不同氮素形态及其配比对叶类蔬菜生长和品质的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2016,31(2):137-140.

[14]王利群,王文兵,吴守一,等. 蔬菜硝酸盐含量与硝酸还原酶活

性的研究[J]. 食品科学,2003,24(12):37-40.

[15]刘金光,李孝刚,王兴祥. 连续施用有机肥对连作花生根际微生物种群和酶活性的影响[J]. 土壤,2018,50(2):305-311.

[16]Annaheim K E, Doolette A L, Smernik R J, et al. Long-term addition of organic fertilizers has little effect on soil organic phosphorus as characterized by ^{31}P NMR spectroscopy and enzyme additions[J]. Geoderma, 2015, 257/258:67-77.

[17]张世标,韦寿莲,刘永,等. 有机肥与磷钾肥配施对辣椒产量及土壤肥力的影响[J]. 南方农业学报,2016,47(7):1105-1109.

认为增施钾肥和锌肥有助于赤霞珠中、低产葡萄园品质和产量的提升^[6]。通过研究发现,仅土壤分析并不能准确确定施肥方案^[7],叶片分析与土壤分析结合往往能够相得益彰^[8]。果树的叶片营养诊断研究最早可追溯到 19 世纪^[9-10],Liebig 提出,土壤中相对含量最低的植物有效养分含量是决定作物产量的关键^[11]。Singh 等研究认为,诊断施肥推荐系统(DRIS)诊断主要通过对植物叶片营养元素含量及其比值进行诊断,最终确定需肥顺序和施肥量^[12]。高伟等进行油茶叶片 DRIS 诊断,认为高产组油茶对微量元素的需求最强烈,低产组对大量元素的需求量较大^[13]。李玉鼎等通过对宁夏回族自治区贺兰山东麓酿酒葡萄叶片 N、P、K 元素进行分析,认为叶分析的取样时期在 8 月份比较接近土壤诊断结果^[14]。对越橘、南丰蜜橘的研究表明,各营养元素在土壤与叶片之间存在一定的相关性^[15-16]。但通过黄春辉等对猕猴桃、柑橘等的研究,发现大多数营养元素在土壤与叶片之间无明显相关性^[17-21]。由此可见,果园土壤和树体之间的营养关系在地域和品种上表现较大差异。

不同地区的气候、土壤环境及植株品种的差异,也会对养分表现出不同的需求,因此,根据不同

地域葡萄园的土壤养分限制因子,并结合叶片营养诊断技术,以达到准确平衡施肥的目的。红地球葡萄作为河北省葡萄主产区的主要栽植品种,进行土壤与叶片营养诊断分析,对葡萄园提质增效和绿色生产具有重大意义。本研究通过对河北省红地球葡萄园土壤养分含量丰缺状况测定与叶片营养诊断,明确葡萄园的养分需求状况,制定合理的施肥制度,为实现生态和经济“双赢”提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地位于河北省昌黎县,该地区属于半湿润大陆性气候,临渤海、燕山的区域性优势为葡萄种植提供绝佳条件。在 2016 年 8 月(果实膨大期),选取 57 个红地球葡萄园,以 28 740 kg/hm² 为分界线,将葡萄园分为高产组(26 个果园)和低产组(31 个果园)。采集 0~30 cm 土壤和叶片样品,测定土壤有机质含量、土壤和叶片的大量元素和微量元素含量,与河北省果园地力评价指标(表 1)比较^[22],明确红地球果园土壤养分含量丰缺状况;进行叶片 DRIS 诊断,确定果园施肥顺序;分析土壤养分与叶片养分的相关性,明确土壤施肥时养分之间的相互作用。

表 1 河北省果园地力评价指标

有效养分	有机质含量 (g/kg)	养分含量(mg/kg)						
		硝态氮含量	有效磷含量	速效钾含量	有效铁含量	有效锰含量	有效铜含量	有效锌含量
缺乏	<10.0	<3.0	<10.0	<100.0	<2.5	<5.0	<0.2	<0.5
低	10.0~15.0	3.0~6.0	10.0~20.0	100.0~150.0	2.5~4.5	5.0~15.0	0.2~0.5	0.5~1.0
适量	15.0~20.0	6.0~9.0	20.0~40.0	150.0~200.0	4.5~10.0	15.0~30.0	0.5~1.0	1.0~2.0
丰富	>20.0	>9.0	>40.0	>200.0	>10.0	>30.0	>1.0	>2.0

1.2 样品采集与测定

每个葡萄园按照“S”形选取 3 个点,采用多点混合的方法采集 0~30 cm 土壤,去除土壤样品中杂草、石砾等杂物,将土样装进塑料自封袋于室内风干、过筛,封口保存备用。在土壤采样点处,选取 5 株长势一致的葡萄树,每株分别选取棚架的前部、中部、后部位的果穗,采集果穗对面完整的叶片,每个园子叶片数不少于 80 张。叶片样品先经清水冲洗,后在 0.1% 的中性洗液中浸泡 30 s,取出后依次经清水冲洗、蒸馏水冲洗,再放置到 80~90 ℃ 烘箱环境中烘 20 min 左右,后置于 75 ℃ 下烘干,用玛瑙研钵研碎保存备用。

土壤样品测定:硝态氮含量使用 KCl 浸提,TRACCS2000 型连续流动分析仪测定;速效钾含量

使用乙酸铵浸提火焰光度法测定;有机质含量使用重铬酸钾外加热法测定;土壤有效铁含量、有效锰含量、有效铜含量、有效锌含量使用乙二胺四乙酸(EDTA)浸提,原子吸收分光光度计法测定;有效磷含量使用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色分光光度法^[23]测定。叶片样品测定:全量 K 含量采用 H₂SO₄ 消煮火焰光度法测定;全量 N 含量采用 H₂SO₄ 消煮凯氏定氮测定;全量 P 含量采用 H₂SO₄ 消煮分光光度计测定;全量 B、Zn、Ca、Mg、Cu、Mn 含量采用 HNO₃-HClO₄ 消煮 ICP-OES 测定。

1.3 营养诊断

土壤养分营养诊断:根据河北省果园地力评价指标和试验园的土壤养分含量状况,确定葡萄园土壤有机质和有效养分含量等级。叶片营养诊断:采

用 DRIS 指数法,用实测值偏离最适值的程度表示,反映植株对营养元素的需求强度。

DRIS 指数(X) = $[y(X/A) + y(X/B) \cdots - y(E/X) - y(F/X) - \cdots]/(n - 1)$ 。式中 X 表示某元素, $A、B$ 等表示与 X 组成比例的其他元素,其中:

$$y(X/A) = \begin{cases} [(X/A)/(x/a) - 1](1\,000/CV) & (X/A > x/a) \\ [1 - (X/A)/(x/a)](1\,000/CV) & (X/A < x/a) \end{cases}$$

式中: x/a 为 2 个元素的诊断标准; CV 为变异系数。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行汇总、统计和分析。

2 结果与分析

2.1 土壤养分营养诊断

2.1.1 土壤有机质及大量元素养分含量 有机质含量、硝态氮含量、有效磷含量和速效钾含量情况和丰缺等级见表 2。果园土壤各元素的含量等级多集中在适量及以上水平,有机质含量适量的果园占 32%,有机质平均含量处于较低水平。硝态氮平均含量为 16.8 mg/kg,达到丰富水平,但变异系数较大,高达 67.8%,表明各果园氮素含量波动大;有效

磷含量较高,平均含量为 87.2 mg/kg,最高含量为 287.1 mg/kg,远超丰富水平(40.0 mg/kg),低于 10.0 mg/kg 的果园仅占 6%;土壤中速效钾含量丰富,平均含量为 340.5 mg/kg,处于适量及以上水平的果园占 100%。

2.1.2 土壤微量元素养分含量 从表 3 可以看出,除有效锰含量较低,有部分处于缺乏水平外,其他含量均较高。有效铁平均含量为 10.8 mg/kg,最高含量为 25.5 mg/kg,等级处于适量及以上水平的果园占 100%。调查中发现,由于多数果园频繁喷施波尔多液,果园土壤有效铜平均含量非常高,全部试验果园达到丰富水平(1.0 mg/kg)。土壤中有效锌含量较适中,平均含量为 3.5 mg/kg,变异系数为 51.8%,其中含量超过 2.0 mg/kg(丰富)的果园占 80%,1.0~2.0 mg/kg(适中)的果园占 14%。土壤中有效锰含量极低,平均含量为 11.2 mg/kg,最高含量为 21.8 mg/kg,有效锰含量处于 15.0~30.0 mg/kg(适中)的果园占 29%,5.0~15.0 mg/kg(较低)的果园占 69%,且有 2%的果园土壤有效锰含量低于 2.5 mg/kg(缺乏)。

表 2 果园土壤有机质及大量元素有效含量、丰缺等级所占比例

项目	养分状况			丰缺状况(%)			
	含量	平均值	变异系数(%)	缺乏	低	适量	丰富
有机质含量(g/kg)	0.7~20.8	12.8	36.2	18	46	32	4
硝态氮含量(mg/kg)	4.5~41.8	16.8	67.8	0	8	22	70
有效磷含量(mg/kg)	3.6~287.1	87.2	47.5	6	7	15	72
速效钾含量(mg/kg)	150.3~720.6	340.5	36.5	0	0	13	87

表 3 果园土壤微量元素有效养分含量、丰缺等级所占比例

微量元素 (mg/kg)	养分状况			丰缺状况(%)			
	含量	平均值	变异系数(%)	缺乏	低	适量	丰富
有效铁含量(mg/kg)	5.0~25.5	10.8	31.5	0	0	39	61
有效锰含量(mg/kg)	4.0~21.8	11.2	36.2	2	69	29	0
有效铜含量(mg/kg)	1.4~24.1	6.8	60.5	0	0	0	100
有效锌含量(mg/kg)	0.4~11.2	3.5	51.8	3	3	14	80

2.2 叶片养分营养诊断

2.2.1 叶片养分状况 从表 4 可以看出,高产组和低产组葡萄叶片各元素含量均存在差异。该地区采集检测的叶片 N、K、Ca、Fe、B 平均含量表现为高产组大于低产组,其中 Ca 含量(38.8 g/kg > 31.8 g/kg)、K 含量(24.5 g/kg > 20.6 g/kg)尤为明显。变异系数低产组的分布区间为 13.2%~36.1%(平均值

19.96%),高产组为 12.2%~34.5%(平均值 22.82%),高产组明显高于低产组;高产组(13.20% < 26.94%)和低产组(14.50% < 22.30%)的变异系数均表现为大量元素小于微量元素,表明葡萄叶片中微量元素受环境影响更明显。元素含量虽然表现为高产组比低产组明显偏高,但高产组波动很大,各元素配比不均衡且存在

表 4 不同葡萄果园叶片营养元素含量

营养元素	高产组 (n = 26)			低产组 (n = 31)		
	含量	平均值	变异系数 (%)	含量	平均值	变异系数 (%)
N (g/kg)	12.4 ~ 21.3	16.1	14.0	11.2 ~ 22.9	15.9	15.2
P (g/kg)	2.3 ~ 4.2	3.2	12.2	2.1 ~ 4.6	3.3	13.2
K (g/kg)	17.0 ~ 31.6	24.5	13.4	10.6 ~ 26.9	20.6	15.1
Ca (g/kg)	17.5 ~ 67.8	38.8	25.6	20.3 ~ 61.7	31.8	31.4
Mg (g/kg)	2.2 ~ 7.5	4.5	27.4	2.7 ~ 6.7	5.2	17.2
Fe (mg/kg)	31.3 ~ 92.7	52.2	26.3	30.3 ~ 82.8	49.2	19.1
Mn (mg/kg)	72.9 ~ 161.3	107.2	18.3	74.7 ~ 146.4	111.3	13.5
Cu (mg/kg)	9.2 ~ 26.1	18.9	23.7	9.7 ~ 24.7	20.0	13.4
Zn (mg/kg)	101.1 ~ 486.2	271.9	34.5	91.8 ~ 491.8	277.7	36.1
B (mg/kg)	10.7 ~ 57.2	27.5	32.8	11.9 ~ 44.9	27.4	25.4

作物质量偶发性忽高忽低的可能,进一步说明高产组养分含量在施肥技术上有极大的发展空间。

2.2.2 叶片 DRIS 诊断 从表 5 可以看出,叶片营养元素含量各种表达形式平均值中 N/P、K/Ca 等 20 种(44%)是高产组小于低产组,2 种相等其余相反;变异系数(CV)中 N/Ca、N/Mg、P/Zn 等 20 种(44%)是高产组大于低产组,其余相反。高产组和低产组 P/Zn 平均值分别为 31.76、43.57,高产组和低产组 Mg/Zn 平均值分别为 32.49、33.30,说明 Zn 元素含量较少;Cu/Zn 高产组和低产组变异系数分别为 58.34%、53.15%,说明叶片中 Cu 元素含量变化明显,这与果农不科学施用波尔多液存在很大关系,高产组的叶片营养元素比例状况要相对优于低产组。由 F(A/B)数据结果可以看出,正数和负数的比值为 4 : 5,说明低产组同时存在各元素的相对缺乏和相对过量现象,各营养元素之间比例不均衡。

2.2.3 需肥强度 从表 6 可以看出,DRIS 指数除 Ca、Fe、Mn、Zn 元素小于零外其余元素均大于零,表明葡萄植株对于 Fe、Mn、Ca、Zn 这 4 种元素的需求强烈;而其他元素(N、P、K、Mg、Cu、B)植株对它们需求尚可或者过剩,其中 B 元素指数最大,明显过剩。

2.3 土壤与叶片相关性分析

从表 7 可以看出,相互表现为极显著正相关的分别是土壤中的有效锰、有效锌、有效铁与叶片中 Mn(0.853)、Zn(0.534)、Fe(0.512)元素;表现为显著正相关的是速效钾 - Zn(0.312)、有效锰 - Fe(0.297)、速效钾 - K(0.283)、有效铜 - Ca(0.283)、有效锌 - Fe(0.270)、有效锌 - N(0.263);土壤中硝态氮、有效磷、有效铜与叶片中

N(-0.166)、P(0.125)、Cu(0.163)元素无明显相关性,说明土壤中的有效铜、有效磷、硝态氮含量已超过临界值,过量施肥并不能促进植株吸收更多。

3 讨论与结论

由于施肥量较高,葡萄果园土壤中硝态氮、有效磷、速效钾含量普遍较高,但是有机质含量较低,这与尹兴的研究结果^[24]一致,氮素在土壤中被淋洗、挥发,导致土层中养分积累与施肥量不成正比,因此在种植中应当注意适量施用氮肥,保证养分利用率^[25];土壤中磷素的积累量较高,建议控制磷肥投入;钾肥在土壤中不容易挥发且固定,因此钾素在土壤中积累相对丰富。微量元素有效铁、有效铜、有效锌含量高,但有效锰含量较低,必须重视锰肥的施入。经 DRIS 诊断,叶片主要缺乏 Fe、Mn、Ca、Zn,该结论与王富林等针对渤海湾苹果园叶片诊断结果^[26]一致,廖森玲研究分析得出,葡萄叶片中 Fe 含量在植株生育期逐渐减少,在着色期到达低谷^[27],而本研究正是在葡萄膨大期取样,错过了 Fe 元素在树体积累旺盛时期。Shivay 等通过研究土壤和植株内 P、Zn 的交互作用,认为二者具有拮抗作用,而且在缺 Zn 的土壤中,有效磷含量过高会加剧树体中 Zn 的缺乏,导致植株生长受阻^[28-29]。通过调查发现,由于种植过程中喷施叶面 B 肥较多,葡萄叶片 B 含量相对较高,同时 K、Cu 元素存在相似的结果。

综上所述,果树组织中不同营养元素都不是孤立存在的,一种元素的存在往往会引起其他元素的变化,元素必须达到各自平衡的比例关系,才能发挥其应有的生理功能。因此,在施肥中建议增施有

表 5 葡萄果园叶片营养元素含量的不同表达形式

表示形式	高产组		低产组		F(A/B)	表示形式	高产组		低产组		F(A/B)
	平均值	CV(%)	平均值	CV(%)			平均值	CV(%)	平均值	CV(%)	
N/P	0.95	14.23	1.31	26.09	26.63	K/B	0.51	42.15	0.55	38.47	2.12
N/K	0.26	17.29	0.26	24.14	-0.66	Ca/Mg	2.58	33.90	1.95	22.57	-9.53
N/Ca	0.91	49.73	0.68	32.03	-6.76	Ca/Fe	0.54	37.87	0.63	40.40	4.28
N/Mg	1.72	32.40	1.13	29.43	-16.12	Ca/Mn	1.18	32.56	0.86	31.90	-11.59
N/Fe	1.08	28.41	1.17	35.65	2.834	Ca/Cu	0.74	43.53	0.67	33.79	-2.40
N/Mn	1.48	20.19	1.64	27.75	5.48	Ca/Zn	3.30	45.90	3.26	44.49	-0.28
N/Cu	0.34	32.48	0.30	34.96	-4.22	Ca/B	0.54	44.70	0.56	36.29	0.83
N/Zn	7.13	57.29	6.64	45.18	-1.28	Mg/Fe	3.92	24.49	4.10	38.01	1.96
N/B	0.74	38.17	0.61	40.30	-5.69	Mg/Mn	9.51	35.53	7.14	30.35	-9.31
P/K	1.18	15.06	1.61	32.97	24.43	Mg/Cu	1.65	38.67	1.47	33.85	-3.06
P/Ca	3.81	35.12	3.59	34.50	-1.73	Mg/Zn	32.49	44.56	33.30	48.84	0.56
P/Mg	0.37	29.48	0.36	31.40	-0.65	Mg/B	2.97	52.86	1.79	34.24	-12.46
P/Fe	4.56	23.33	4.08	25.16	-5.06	Fe/Mn	0.66	35.06	0.77	36.61	4.75
P/Mn	7.99	22.69	8.95	26.04	5.28	Fe/Cu	1.28	40.07	1.08	36.62	-4.62
P/Cu	1.40	29.71	1.72	40.41	7.61	Fe/Zn	2.87	47.96	2.99	58.61	0.87
P/Zn	31.76	53.42	43.57	52.28	6.96	Fe/B	1.13	46.71	0.95	39.44	-4.06
P/B	3.29	38.47	2.81	38.51	-4.40	Mn/Cu	1.75	28.28	1.78	26.47	0.61
K/Ca	0.59	40.22	0.73	33.17	5.92	Mn/Zn	1.17	48.90	0.97	46.28	-4.22
K/Mg	2.28	30.02	1.34	39.21	-23.37	Mn/B	1.76	33.26	1.62	41.20	-2.60
K/Fe	0.58	26.94	1.04	37.38	29.72	Cu/Zn	6.56	58.34	7.18	53.15	1.61
K/Mn	1.16	26.61	1.76	30.63	19.49	Cu/B	0.56	37.39	0.56	39.66	-0.21
K/Cu	0.47	28.35	0.35	30.54	-12.09	Zn/B	6.85	52.16	6.38	56.31	-1.41
K/Zn	4.22	44.55	6.10	47.87	10.00						

表 6 DRIS 指数及需肥强度

元素	DRIS 指数
N	0.025
P	0.646
K	0.891
Ca	-1.792
Mg	3.039
Fe	-4.088
Mn	-2.256
Cu	2.175
Zn	-1.738
B	3.097

机肥和锰肥,改善土壤对有机质的缺乏状态,同时应增加土壤有效锰含量,促进果树吸收 Mn、Fe 元素;适量施用铜肥促进果树对 Ca、Mg 元素的吸收;叶面喷施锌肥,增加植株中 P、Zn 元素的含量;适量施用氮肥和磷肥,避免对 Ca、Mg 等元素的抑制作用;同时合理施用微量元素肥料。

参考文献:

[1] 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2017.

[2] 袁媛,魏诗菁. 河北省葡萄产业现状及对策[J]. 河北林业科技,2018(2):59-62.

[3] 卢树昌,陈清,张福锁,等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):858-865.

[4] 王探魁. 河北葡萄主产区土壤与树体养分特征研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.

[5] 朱小平,王同坤,史晨辰,等. 不同产量、品质的赤霞珠葡萄园叶柄、土壤养分状况调查分析[J]. 中国农学通报,2010,26(11):164-167.

[6] 范海荣,常连生,王洪海,等. 昌黎县葡萄沟土壤肥力综合评价与对策研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):2169-2173.

[7] Bar-Akiva A, Hiller V, Patt J. Effects of rootstocks, old clone and nucellar scions on the mineral composition of citrus tree leaves[J]. Journal of Horticultural Science, 1972, 47(1):73-79.

[8] Quaggio J A, Cantarella H, Van Raij B. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, 52(1):67-74.

表 7 叶片与土壤养分之间的相关性

项目	相关系数									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
有机质	-0.013	0.120	-0.070	0.005	-0.280 *	0.072	-0.102	0.008	-0.170	0
硝态氮	-0.166	-0.209	-0.064	-0.189	-0.105	-0.108	-0.122	-0.026	-0.151	0.018
有效磷	-0.174	0.125	0.141	-0.425 **	-0.403 *	-0.132	-0.065	0.060	-0.308 *	0.228
速效钾	-0.050	-0.081	0.283 *	-0.038	-0.093	0.007	0.014	0.112	0.312 *	0.046
有效铁	-0.137	0.048	0.139	0.082	-0.032	0.512 **	-0.092	0.043	-0.002	0.107
有效锰	-0.177	-0.081	0.218	-0.030	-0.079	0.297 *	0.853 **	0.208	-0.194	-0.012
有效铜	-0.082	0.076	-0.120	0.283 *	0.113	0.008	0.015	0.163	-0.186	0.092
有效锌	0.263 *	0.195	-0.005	-0.058	0.037	0.270 *	-0.190	-0.097	0.534 **	-0.046

注:数据后 *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

[9]彭永宏,王 锋. 现代果树科学的理论与技术[M]. 广州:广东科技出版社,2002;209-210.

[10]Beaufils E R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition [J]. Soil Science Buletin,1973(1):1-32.

[11]Beaufils E R. Research for rational exploitation of hevea using a physiological diagnosis based on the mineral analysis of various parts of the plants[J]. Fertilite,1957,3:27-38.

[12]Singh D, Singh K, Hundal H S, et al. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for evaluating nutrient status of cotton (*Gossipium hirsutum*) [J]. Journal of plant nutrition,2012,35(2):192-202.

[13]高 伟,黄亚茹,宁博轩,等. 油茶果实发育关键时期的叶片 DRIS 营养诊断研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版),2016,40(1):83-88.

[14]李玉鼎,张军翔,张光弟,等. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄基地土壤营养诊断与叶分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2004(3):17-21.

[15]刘红弟,宋 杨,张红军. 越桔园土壤有效养分和叶片营养状况分析[J]. 中国南方果树,2016,45(6):32-38.

[16]郑苍松. 南丰蜜橘果实品质与土壤-树体营养的关系及其调控[D]. 武汉:华中农业大学,2015.

[17]黄春辉,冷建华. 猕猴桃园土壤养分与果实品质的多元分析[J]. 果树学报,2012(6):1047-1051.

[18]唐玉琴,彭良志,淳长品,等. 红壤甜橙园土壤和叶片营养元素相关性分析[J]. 园艺学报,2013,40(4):623-632.

[19]Srivastava A K, Singh S, Huchche A D, et al. Yield - based leaf and soil - test interpretations for Nagpur mandarin in central India[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis,2001,32(3/4):585-599.

[20]贾 兵,衡 伟,刘 莉,等. 砀山酥梨叶片矿质元素含量年变化及其相关性分析[J]. 安徽农业大学学报,2011,38(2):212-217.

[21]陈显成,杨 风,刘庆文,等. 荔枝叶片与土壤常量元素质量分数年周期变化研究[J]. 土壤与环境,2000,9(1):45-48.

[22]贾文竹,马利民,卢树昌. 河北省菜地、果园土壤养分状况与调控技术[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[23]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2010.

[24]尹 兴. 河北葡萄主产区土壤养分特征及有机肥量化研究[D]. 保定:河北农业大学,2014.

[25]李本措,塔林葛娃,李月梅,等. 青海高原东部设施农业区土壤氮素时空累积及淋失风险评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(3):244-249.

[26]王富林,门永阁,葛顺峰,等. 两大优势产区红富士苹果园土壤和叶片营养诊断研究[J]. 中国农业科学,2013,46(14):2970-2978.

[27]廖森玲. 刺葡萄对钙,镁,硼,铁的吸收规律研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2015.

[28]Shivay Y S. Interasions of Zinc with other nutrients in soils and plants - a review[J]. Indian Journal of Fesrtilsers,2016,12(5):16-26.

[29]陆景陵. 植物营养学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2013.