

柑橘施肥养分推荐方法研究进展

李文涛¹, 杨江波¹, 余倩倩¹, 田旺海², 普金安³, 陈磊³, 邓烈¹, 何绍兰¹, 易时来^{1*} (1. 西南大学柑桔研究所/中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712; 2. 新平县土壤肥料工作站, 云南新平 653400; 3. 新平县经济作物工作站, 云南新平 653400)

摘要 综述了国内外不同柑橘营养诊断技术与方法, 分析了各技术方法的利弊, 总结提出了柑橘营养诊断技术建议与思路, 为今后进一步探索建立高效、实时营养诊断与精准施肥技术提供理论依据, 创新养分高效利用新途径。

关键词 柑橘; 营养诊断; 施肥技术; 养分推荐方法

中图分类号 S-03 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)28-0007-04

Research Progress on Methods of Nutrient Recommendation for Fertilization in Citrus

LI Wen-tao, YANG Jiang-bo, YU Qian-qian, YI Shi-lai* et al (Citrus Research Institute, Southwest University/Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712)

Abstract We summarized the current studies of fertilizer recommendations at home and abroad and analyzed its shortages. According to that, citrus nutrition diagnosis technical advice and ideas were put forward, in order to provide reference information to establish high efficient light nutrition diagnosis technology, precision fertilization in citrus and innovate on the efficient utilization of nutrient.

Key words Citrus; Diagnosis methods; Fertilization technology; Recommended practices for nutrient recommendation

柑橘是世界上广泛种植的果树之一, 我国柑橘栽培历史悠久, 2014 年我国柑橘产量已达 3.49×10^7 t, 柑橘种植面积达 2.52×10^7 hm² (中国农业统计资料数据)^[1]。柑橘为多年生常绿木本植物, 挂果时间长, 无明显的深休眠, 科学合理的养分供给是柑橘高产优质的重要环节之一^[2]。相关研究表明, 我国大多数果园养分资源管理不合理, 肥料利用率与农业发达国家相比较低, 普遍认为氮肥的当季利用率为 30%~40%, 磷肥的当季利用率为 10%~25%, 钾肥的当季利用率为 50%~60%^[3-4], 同时还造成肥料资源的浪费与环境污染, 因此, 寻找一种科学、轻简、高效的营养诊断与推荐施肥方法与技术途径将成为精准施肥的研究热点。笔者通过总结柑橘不同的营养诊断养分推荐方法, 提出了柑橘营养诊断技术建议, 以期为我国今后进一步探索建立柑橘果树先进的养分推荐方法、创新养分高效利用途径与方法提供思路。

1 化学检验-临界值法推荐施肥

1.1 植株营养诊断推荐施肥

1.1.1 叶片营养元素分析。植株营养诊断推荐施肥可了解和快速监测植株营养状况, 是科学施肥管理的重要依据。探索高效、实时、轻简的营养诊断技术对提高肥料利用率、合理利用资源、提高柑橘产量、改善果实品质以及保护生态环境均具有重要意义。近年来, 通过分析植株不同器官(叶片、花、果汁)的养分含量, 与已建立的营养诊断标准进行比对, 进而提出推荐施肥量。

20 世纪 30 年代相关学者提出, 通过分析果树叶片的矿质元素含量及比例关系, 对果树潜在的营养缺乏、适量或过

量进行诊断, 进而指导施肥。叶片是柑橘树体储存养分的主要器官, 国内外学者已在叶片诊断分析方面做了大量研究。Thomas 等^[5]提出叶分析可以很好地掌握树体养分状况, 是常用的一种营养诊断方式, 且分析技术较为成熟以及方法多样, 通常采用化学检验-临界值法推荐施肥, 是目前采用较多的养分推荐施肥技术。叶片营养含量随砧木、品种、树龄、不同物候期的不同而存在差异, 一般选用 6 月龄营养性春梢叶(从顶端数第 3 片叶)进行实验室分析化验, 然后根据叶片营养最适含量范围进行营养状况判断。Embleton 等^[6]、Hanton 等^[7]提出了柑橘叶片诊断指标, 并在佛罗里达州广泛应用。我国学者也先后提出了椪柑、温州蜜柑、锦橙、柳橙、伏令、改良橙、脐橙的营养诊断标准^[8]。但叶片分析还存在一定的局限性, 即采样时间接近收获期, 无法指导当年柑橘生产的施肥管理。

1.1.2 花营养元素分析。在柑橘叶分析中, 叶片中的铁含量代表的是全量铁而不是活性铁含量, 与柑橘叶片缺铁黄化程度没有显著相关性^[9]。Pestana 等^[10]提出甜橙花中铁元素含量与果实中柠檬酸含量呈极显著负相关关系, 与叶绿素含量呈正相关关系, 表明柑橘花可以用来诊断石灰性土壤缺铁黄化。贵会平^[11]提出温州蜜柑大年花中 K、Ca、Fe、Mg、Cu、B 和小年花中 N、Mg、Fe、Mn、Zn、B 的适宜浓度临界值。在柑橘春季开花期, 通过花营养分析对柑橘树体营养进行早期诊断与按需施肥, 对指导柑橘当年生产具有重要意义, 但柑橘花期时间相对较短, 给采样分析带来一定难度, 尤其花营养诊断指标及其标准还有待进一步完善。

1.1.3 果汁营养元素诊断法。Koo 等^[12]首次将果汁诊断应用于柑橘 K 素的营养诊断中, 认为果汁中 K 素水平比叶片 K 含量更能反映树体状况。Gallasch 等^[13]将果汁分析应用于推荐施肥的研究, 通过果汁与叶片养分含量的回归分析制订了果汁中矿质营养元素的适宜范围。果汁诊断技术虽然样品采集简便, 但缺乏样品及诊断指标标准, 且果汁诊断时间滞后, 对指导翌年柑橘树体施肥管理有参考价值。

基金项目 国家重点研发计划课题(2016YFD0200104); 重庆市北碚区科技计划项目(2015-37); 中国农业科学院柑桔研究所滇南热区现代柑桔试验站和重庆市研究生科研创新项目(CYS16083)。

作者简介 李文涛(1993—), 女, 山西平遥人, 硕士研究生, 研究方向: 果树营养生理与农业信息技术。* 通讯作者, 副研究员, 从事果树栽培生理与农业信息技术研究。

收稿日期 2017-07-16

1.1.4 叶片酶学诊断法。1952年, Brown等^[14]首次提出可用酶活性强弱来评估植株营养状况的假设, 认为当某种营养元素缺乏时, 与该元素有关的酶活性就会发生变化, 或由该种酶参与的酶促反应的代谢产物积累或减少, 从而通过测定酶活性或代谢产物浓度变化可以判断某种元素丰缺状况。酶学诊断法虽能实现缺锌的早期快速诊断, 但酶活性也易受其他环境因素影响, 在田间条件下各种因素难以控制, 至今并未得到很好的发展和应用。随着高通量测序技术、基因芯片技术的快速发展, 可根据环境变化(矿质元素丰缺状态)之下的基因表达水平, 实现对缺素症状等及时诊断和提前预防^[15-17]。

1.2 传统的测土配方施肥技术 传统的测土配方施肥技术是通过设计“3414”田间试验来建立推荐施肥指标体系, 进而指导合理施肥^[18]。但针对立地条件复杂、土壤肥力差异大的柑橘作物而言, 该方法存在一定的局限性, 仍按大田粮食作物进行大尺度采样, 其样品的代表性与针对性较差, 难以表征不同果园地块的土壤养分水平, 同时微量元素的测定易受采集手段、工具的影响, 且评价指标是基于20世纪80年代的生产力水平条件下建立的, 相对经过几十年土壤肥力水平、肥水资源投入以及耕作措施等的变化, 指标体系显然落后^[19]。

2 诊断施肥综合法推荐施肥 随着叶片分析诊断技术的日益成熟, 出现了一系列比较科学的营养诊断综合推荐施肥方法, 如营养诊断与施肥建议综合法(DRIS)、M-DRIS法、标准适宜含量偏差百分数法(DOP)^[20-22]。DRIS与M-DRIS法以高低产果树叶片作为测试样本, 测定其矿质元素含量, 计算DRIS指数, 进行需肥顺序判断, 指数越接近零表明该元素基本平衡, 负指数越大, 植物需此养分的强度越大, 正指数越大, 对此养分的需求度越小。DRIS指数相关表达式如下:

$$I_A = [f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) + \dots + f(A/Z) + f(A/DM)]/n$$

$$I_B = [-f(A/B) + f(B/C) + f(B/D) + \dots + f(B/Z) + f(B/DM)]/n$$

.....

$$I_Z = [-f(A/Z) - f(B/Z) + f(Z/D) + \dots - f(Y/Z) + f(Z/DM)]/n$$

其中, 当 $A/B > a/b$,

$$f(A/B) = \left(\frac{A/B}{a/b} - 1\right) \frac{1000}{CV}$$

当 $A/B < a/b$,

$$f(A/B) = \left(1 - \frac{A/B}{a/b}\right) \frac{1000}{CV}$$

$$f(A/DM) = \left(1 - \frac{A/DM}{a/dm}\right) \frac{1000}{CV^*}$$

$$DM_{index} = [-f(A/DM) - f(B/DM) - f(Z/DM) - \dots - f(Y/DM) - f(Z/DM)]/n$$

$$NII_M = (|IA| + |IB| + |IC| + \dots + |IZ|)/n$$

式中, I_x 表示 M-DRIS 营养指数; $A/B \dots$ 表示不同元素浓度

之比; a/b 表示标准样品元素浓度之比; CV 表示标准样品矿质元素浓度的变异系数; n 表示元素数量; DM_{index} 表示干物质浓度指数; NII_M 表示 M-DRIS 指数绝对值之和即营养不平衡指数, 该值越小表明植物体内该元素越平衡。DOP 法是对 M-DRIS 法的简化, 但在反映元素间相互作用方面不如 DRIS 法, DOP 指数公式为: $DOP_{index} = [100C/cref] \times 100$ 。其中, C 为测定样品某元素浓度, $cref$ 是该元素的适宜含量值, DOP 指数值含义同 M-DRIS 指数。该综合营养诊断法已在苹果、梨、桃、柑橘等果树上得到较好的研究结果, 并应用于施肥推荐^[23-25]。

3 肥料效应函数施肥

建立关于不同的肥料使用量与产量的函数模型, 根据模型获得最佳肥料使用量, 可以确定最大施肥量和经济施肥量以及可以评价肥料间的相互作用。通过氮、磷、钾等元素平衡法, 以其中一个元素肥料的量, 计算其他元素肥料的用量, 其表达式为: $\Delta W = a + bX + cX^2$ 。但其试验周期长, 年份间重复性差, 容易出现“马鞍型”曲线, 且试验工作量大, 无法对果园管理造成的影响做出精确评估, 预测施肥量误差偏大^[26-27]。故有学者在肥料效应函数的基础上提出生态平衡施肥模型, 其表达式为: $\Delta W = a + bX + cX^2$, $W_{input} = -a + b_1X - cX^2 + 2.25 \times (T_n - T_{min})$, 当 ΔW 分别为最大施肥量特征参数、经济施肥量特征参数和生态施肥量特征参数时, W_{input} 分别表现为最大、经济和生态施肥量。 ΔW 易获得, 内容具体, 变异小, 提高了施肥模型的预测精度^[28], 该方法在小麦、玉米等作物上应用较多, 柑橘等果树方面的报道较少, 有待研究。

4 目标产量法

目标产量法属于平衡模型, 其表达式如下^[29]:

$$W_{input} = (W_{output} - 2.25 \times K_{soil} \times T_n) / K_{ker}$$

式中, W_{input} 为施肥量 (kg/hm^2); W_{output} 为作物产量带走的养分量 (kg/hm^2); K_{soil} 为土壤有效养分表观利用率 (%); T_n 为土壤有效养分测定值 (mg/kg); K_{ker} 为肥料养分当季利用率 (%); 2.25 为将土测值换算为 kg/hm^2 的平均系数, 即 20 cm 耕层按 225 万 kg/hm^2 土壤计算。 K_{soil} 和 K_{ker} 通过相应田间试验计算获得: $K_{soil} = (\text{缺素或空白区作物吸收某养分总量} / \text{季前耕层土壤某有效养分总量}) \times 100\%$; $K_{ker} = [(\text{施肥区作物吸收某养分总量} - \text{缺素或空白区作物吸收某养分总量}) / \text{施肥区施入某养分总量}] \times 100\%$ 。

虽然上述平衡模型在构造上无可争议, 但很多参数在实际应用上一定的问题, 据研究土壤有效养分表观利用率与肥料养分利用率互相影响, 两者皆非常数, 且土壤有效养分的测定值与其利用率、当季肥料利用率呈显著负相关。这 2 个参数是基于施肥区与缺素区吸收养分量而得, 但施肥区通过肥料施入土壤后具有激发效应, 导致土壤养分的有效供应量与缺素区有显著差异, 造成试验误差。

5 基于产量反应与农学效率推荐施肥

2012 年何萍等^[30]提出基于产量反应和农学效率的推荐施肥方法, 在水稻、小麦上进行了大量试验与验证, 其推荐施

肥主要依据作物产量反应和农学效率(施氮量 = 施氮的产量反应/氮素农学效率,施氮的产量反应由施氮和不施氮小区的产量差求得),而对于磷、钾养分推荐,主要基于产量反应和一定目标产量下作物的移走量给出施肥量(施磷或施钾量 = 作物产量反应施磷或施钾量 + 作物收获物移走量),作物养分移走量主要依据 QUEFTS 模型求算的养分最佳吸收量,而中、微量元素通过土壤养分测试数据为依据作为补充。且根据已建立的推荐施肥模型与数据库,针对水稻、小麦等粮食作物基于语义技术开发集合形成以电脑软件形式面向科研人员和农业科技推广人员的养分专家系统,该方法是一种简便易行的增产增收、提高肥料利用率和保护环境的养分管理和推荐施肥方法,其推荐施肥系统已成为菲律宾和印度尼西亚农业部推荐施肥的官方推荐方法,在印度的水稻、小麦和玉米种植区已经开展相应的田间验证工作,并已被一些种子公司和肥料企业推荐施肥所采纳^[31],该方法不仅适合于以家庭为主要经营单元的小农户生产体系,而且适合区域和大规模经营农业生产体系。但基于柑橘果树产量反应的推荐施肥技术研究甚少,柑橘树除特殊修剪处理外,果实是树体养分携出的唯一器官,因此通过确定果实中养分携出量和相应农学效率进行补充施肥,即基于柑橘产量反应的养分推荐施肥方法(以果定肥法)可望成为今后一段时间内柑橘等果树施肥养分推荐的重要方法手段。

6 快速营养诊断监测技术

6.1 叶绿素仪 20 世纪 60 年代,日本发明了便携式叶绿素仪^[32],可快速无损检测植物叶片中叶绿素含量,非常适用于大田生产。氮素是叶绿素组成成分的重要部分,氮素的丰缺直接影响叶绿素代谢,近年来叶绿素仪广泛应用于绿色植物叶绿素的测定与氮肥施肥推荐。

6.2 现代光谱技术 由于物体表面特性及其内部化学成分的不同,当电磁波照射到物体表面后会发生吸收、反射、漫反射、透射等一系列物理现象,物体表面对不同波长电磁波的吸收和反射也不相同,即物质的光谱特异性^[33]。现代光谱技术就是利用矿质元素的光谱特性,借助冠层反射仪、多光谱成像仪、高光谱成像仪、可见 - 近红外地物光谱仪、傅立叶变换红外 - 近红外光谱仪、紫外 - 可见光便携式荧光仪等不同类型的光谱设备,采集土壤、植株冠层与不同器官组织(叶片、花朵、果实)的光谱信息,通过建立相关生理指标与光谱信息的关系模型,进而预测未知样品的化学成分及含量水平实现营养监测诊断,以及现代光谱技术与低空遥感相结合,能够实现灵活、快速、针对性获取多尺度、多时相的地面多光谱数据,高时效,低成本^[34-35]。

美国佛罗里达柑橘研究与教育中心(<http://www.crec.ifas.ufl.edu/>)提出基于现代光谱技术的分区变量精准施肥,且取得了快速发展。分区变量精准施肥是实现因树施肥、减量施肥和高效施肥的最重要技术和施肥技术发展趋势。变量施肥处方图和自动对靶读图变量施肥机是实现精准减量施肥的关键。实时土壤理化指标探测传感器(地面数码相机、多光谱相机、高光谱相机、激光或高分遥感快鸟影像数

据、牵引式土壤理化指标探测仪或自动定位计量采收机械等),获取每一单株的实时土壤理化信息或产量信息,通过差分定位系统(DGPS)对样点精确定位,运用图像分析技术通过冠层图像颜色指标参数进行树体营养状况监测,冠层图像归一化植被指数(NDVI)、树体冠层大小、树冠单位面积果实像素分布建立产量监测模型,通过地理信息系统(GIS)技术形成营养或产量现状分布图,再通过树体营养指标或产量信息与施肥量的函数关系建立精准变量施肥处方图进行柑橘精准变量施肥。其中,幼树施肥主要通过监测树冠大小(宽度和高度),建立树冠大小与施肥量之间的函数模型进行施肥;结果树施肥结合树冠大小与产量进行施肥函数模型的构建进行施肥;结合实时传感信息获取冠层营养水平指标,通过模型计算出需肥量,进行精准变量追肥或采用具有自动对靶、自动读图和变量抛撒功能的施肥机或分区变量滴灌系统,实现自动变量精准施肥,大大提高了施肥的针对性和肥效率,实现了减肥增产和环保增效。国外研究开发推广应用的智能机械精准施肥技术体系主要适用于大范围大面积、地形条件单一平整的规模化基地果园,而我国柑橘等果树主要分布在南方丘陵山地,地形条件复杂、土壤肥力差异较大,且果园管理规模化、集约化程度较低,难以适应于发达国家大型果园机械化的施肥装备。

我国果树种植区域范围广阔,果树大多种植于山地丘陵,土壤和肥力的空间变异巨大,加之果树之间产量的较大差异,使得不同果园地块、不同品种、同一品种不同单株之间的施肥需求存在较大差异,通过大尺度土壤与叶片营养分析诊断的果树施肥针对性差、分析工作量大,也难以适应当前果树规模化集约化发展的果园施肥。而基于不同生物传感器的快速营养诊断法弥补了化学法检测植株、土壤的部分局限性,降低了工作量,提高了检测效率,且可达到实时无损监测,对推进快速营养诊断推荐施肥的发展具有重要意义。

7 问题与展望

近年来,叶片与土壤营养诊断进行的配方施肥应用较多,但其操作过程复杂、效率低且化学试剂使用污染严重,建立高效、简便的推荐施肥技术是我们未来施肥主要的研究应用方向。而国内关于养分推荐与限量标准方法方面,尤其柑橘果树的相关研究起步较晚,施肥标准不一,针对我国以农户为主要经营单元的小农业生产体系,很难要求果农针对一家一户进行土壤或叶片营养分析指导推荐施肥,如何根据果园地块相关信息建立施肥决策支持系统,更快、更好、更高效地服务果农,同步提升果品质量与土壤肥力,实现化肥零增长甚至减量施肥,是当前相关科研与管理工作者迫切解决的重要课题。

笔者在柑橘养分推荐新技术方法、创新养分高效利用途径等方面提出以下几点建议:一是建立施肥与营养生理病症查询、柑橘种植知识体系完善等柑橘施肥决策支持系统的基础数据库,包括重要柑橘品种的生长阶段养分需求规律、地形地貌与土壤类型的养分供应规律及其生理病害关系模型、不同肥料品种资源的供肥规律等基础数据^[36]。二是创新适

合我国果树生产体系特征的山地丘陵养分管理科学体系,建立轻简高效、低成本的营养诊断与施肥技术体系,探索开发轻便、价廉、实用性强、精度可靠、性能稳定的土壤-植株营养联合监测诊断与施肥的简易设备,对实现我国柑橘园增产提质增收、提高肥料利用率、保护生态环境和促进柑橘产业健康可持续发展具有十分重要的现实价值和理论意义。

参考文献

- [1] DIXON G R, ALDOUS D E. Horticulture: Plants for people and places [M]. Netherlands: Springer, 2014: 161.
- [2] 叶荣生. 有机肥对柑橘营养及生长的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2014: 1-2.
- [3] 侯彦林. 肥效评价的生态平衡施肥理论体系、指标体系及其实证[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(7): 1257-1266.
- [4] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 193-205.
- [5] THOMAS W. Present status of diagnosis of mineral requirements of plants by means of leaf analysis[J]. Soil science, 1945, 59(5): 353-374.
- [6] EMBLETON T W, JONES W W, PLATT R G. Leaf analysis as a guide to citrus fertilization[J]. California agricultural experiment station bulletin, 1978, 1879: 4-9.
- [7] HANLON E A, OBREZA T A, ALVA A K. Tissue and soil analysis[M]//TUCKER D P H, ALVA A K, JACKSON L K, et al. Nutrition of Florida citrus trees. Gainesville, FL, USA: University of Florida, 1995: 13-16.
- [8] 庄伊美, 王仁玕, 谢志南, 等. 柑橘、龙眼、荔枝营养诊断标准研究[J]. 福建果树, 1995(1): 6-9.
- [9] ABADÍA J, LÓPEZ-MILLÁN A F, ROMBOLÀ A, et al. Organic acids and Fe deficiency: A review[J]. Plant soil, 2002, 241: 75-86.
- [10] PESTANA M, DE VARENNES A J, GOSS M J, et al. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees[J]. Plant soil, 2004, 259(1/2): 287-295.
- [11] 贵会平. 花作为温州蜜柑矿物质营养诊断器官的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014: 38-39.
- [12] KOO R C J, REESE R L. The effects of omitting single nutrient elements from fertilizer on growth and performance of Pineapple orange[J]. Proceedings of Florida State horticultural society, 1971, 84: 11-16.
- [13] GALLASCH P T, DALTON G S, ZIERSCH J. The use of juice analysis to define the fertilizer requirement of citrus[C]//Proceedings of the international society of citriculture. Sao Paulo, Brazil: [s. n.], 1984: 140-142.
- [14] BROWN J C, HENDRICKS S B. Enzymatic activities as indications of copper and iron deficiencies in plants[J]. Plant physiology, 1952, 27(4): 651-660.
- [15] 付行政, 彭良志, 邢飞, 等. 柑橘缺锌研究进展与展望[J]. 果树学报, 2014, 31(1): 132-139.

- [16] SCHACHTMAN D P, SHIN R. Nutrient sensing and signaling: NPKS[J]. Annual review of plant biology, 2007, 58: 47-69.
- [17] YANG X J, FINNEGAN P M. Regulation of phosphate starvation responses in higher plants[J]. Annals of botany, 2010, 105: 513-526.
- [18] 张福锁, 马文奇, 陈新平, 等. 小麦-玉米轮作体系养分资源综合管理理论与技术概论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.
- [19] 串丽敏. 基于产量反应和农学效率的小麦推荐施肥方法研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 2-4.
- [20] 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]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 457-462.
- [21] 丘星初. 修改的 DRIS 法对柑桔养分丰缺的判定[J]. 赣南师范学院学报, 1991(S1): 83-87.
- [22] WALWORTH J L, SUMNER M E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) [J]. Adv Soil Sci, 1987, 6: 149-188.
- [23] 焦蕊, 贺丽敏, 许长新, 等. 我国苹果营养诊断与施肥研究进展[J]. 河北农业科学, 2010, 14(10): 31-32, 41.
- [24] MONTAÑÉS L, HERAS L, ABADÍA J, et al. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP) [J]. Journal of plant nutrition, 1993, 16(7): 1289-1308.
- [25] SRIVASTAVA A K. Development of nutrient diagnostic technique for khasi mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) grown in Manipur [J]. Journal of the Indian society of soil science, 2014, 62: 118-125.
- [26] 周鸣铮. 中国的测土施肥[J]. 土壤通报, 1987(1): 7-13.
- [27] 金耀青. 配方施肥的方法及其功能: 对我国配方施肥工作的评述[J]. 土壤通报, 1989, 20(1): 46-49.
- [28] 郑宏艳, 刘书田, 侯彦林, 等. 生态平衡施肥模型与肥料效应函数模型关系研究[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(6): 500-505.
- [29] 侯彦林, 陈守伦. 施肥模型研究综述[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 493-495.
- [30] 何萍, 金继运, PAMPOLINO M F, 等. 基于作物产量反应和农学效率的推荐施肥方法[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 499-505.
- [31] SATYANARAYANA T, MAJUMDAR M, BIRDAR D P. New approaches and tools for site-specific nutrient management with reference to potassium [J]. Kamataka J Agric Sci, 2011, 24(1): 86-90.
- [32] NETTO A T, CAMPOSTRINI E, DE OLIVEIRA J G, et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves [J]. Scientia horticulturae, 2005, 104(2): 199-209.
- [33] 田喜. 纽荷兰脐橙叶片营养代谢动态及光谱监测研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014: 3-5.
- [34] SUÁREZ L, BERNI J A J. Spectral response of citrus and their application to nutrient and water constraints diagnosis [M]//Advances in citrus nutrition. Netherlands: Springer, 2012.
- [35] 刘雪峰, 吕强, 何绍兰, 等. 柑橘植株冠层氮素和光合色素含量近地遥感估测[J]. 遥感学报, 2015, 19(6): 1007-1018.
- [36] 原野. 基于语义技术的柑橘施肥决策支持系统研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014: 2-7.

(上接第6页)

- [3] 吴岚, 宋文琦, 刘娟, 等. 野火球煎剂对小鼠镇静催眠作用的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(3): 149-150, 152.
- [4] 崔日顺, 罗忠默, 张万哲, 等. 野火球草粉开发利用及调制技术[J]. 中国饲料, 1995(17): 25-27.
- [5] 赵桂兰. 野火球悬浮培养细胞原生质体再生植株[C]//中国细胞生物学学会. 中国细胞生物学学会第五次会议论文摘要汇编. 北京: 中国细胞生物学学会, 1992.
- [6] 赵桂兰, 罗希明, 刘颜芝. 野火球悬浮培养细胞原生质体再生植株[J]. 植物生态学报, 1991(7): 547-551.
- [7] 陈佩云, 钟海雁. 热回流和超声条件下不同溶剂对油茶粕多酚提取的影响[J]. 食品与机械, 2016(4): 172-175, 186.
- [8] 王海潮, 曹稳根, 张兴桃, 等. 索氏提取法提取豆腐柴根茎叶中的总黄酮[J]. 光谱实验室, 2013, 30(5): 2428-2432.
- [9] 孟良玉, 邱松山, 兰桃芳, 等. 枸杞多糖的超声提取工艺优化及其抗氧化能力研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(25): 12168-12170.

- [10] 邹维娜, 王微, 徐启江, 等. 香茶子叶片总酚、总黄酮提取及抗氧化性研究[J]. 食品工业科技, 2017(2): 266-272.
- [11] BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER M E, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. LWT-Food science and technology, 1995, 28(1): 25-30.
- [12] 赵文亭. 响应面法优化超声波辅助提取板蓝根中黄酮工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国现代应用药学, 2016, 33(3): 313-317.
- [13] SHARIFIFAR F, DEHGHAN-NUDEH G, MIRTAJALDINI M. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. [J]. Food Chem, 2009, 112(4): 885-888.
- [14] 岳秀洁, 李超, 扶雄. 超声提取辣木叶黄酮优化及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2016, 37(1): 226-231.
- [15] 陈雷, 高宗霞, 张志娟, 等. 大蓟总黄酮超声提取工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(4): 2044-2046.
- [16] 刘宝剑, 郭延生, 刁鹏飞, 等. 红车轴草总黄酮体外清除自由基作用的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(1): 44-47.

科技论文写作规范——引言

扼要地概述研究工作的目的、范围、相关领域的前人工作和知识空白、理论基础和分析、研究设想、研究方法和实验设计、预期结果和意义等。一般文字不宜太长, 不需做详尽的文献综述。在最后引出文章的目的及试验设计等。“引言”两字省略。