

“土壤农化分析”实验教学的改革与探索^①

李忠意, 杨剑虹, 程永毅, 李振轮, 谢德体

西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 为提高自然保护与生态环境类专业学生的土壤农化分析实验操作技能, 培养优秀的土壤农化分析技术人才, 从西南大学实际情况出发, 对“土壤农化分析”实验教学进行了改革和探索。主要包括扩展和补充完善理论课程内容、丰富理论课程教学方法、完善实验考核制度、更新实验教学手段、进行探索式实验教学并让学生参与科研项目。通过这些探索和改革, 提高了学生“土壤农化分析”实验操作技能, 培养了学生的创新思维能力, 取得了较好的效果, 对其他农林类专业教育具有一定的借鉴意义。

关键词: 土壤农化分析; 实验教学; 人才培养

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)01-0144-06

“土壤农化分析”这门课程是自然保护与环境生态类专业的一门重要的专业基础课程^[1]。相比于其他专业课程, 该课程具有极强的实践性。其目标不仅是让学生掌握土壤农化分析及其相关学科的理论知识, 更要培养学生掌握土壤、植株和肥料分析测试的操作技能, 为学生其他专业课程的学习和今后从事分析检测及相关的科学研究工作打下坚实的基础^[2-3]。目前, 西南大学(本文简称“我校”)在农业资源与环境(本文简称“农资”), 水土保持与荒漠化防治(本文简称“水保”)两个本科专业中开设该门课程。在前期的教学工作中发现, 尽管学生已经完成了《普通化学》《分析化学》《土壤学》等基础化学课程和专业课程的理论学习和实验操作锻炼, 但在“土壤农化分析”实验课程中却表现出基础知识和专业知识较为缺乏, 实验操作能力较差等问题。因此, 为提高学生的实验操作技能, 有必要对“土壤农化分析”的实验教学进行改革。

1 理论课程的优化

1.1 基础知识的补充

在实验教学中发现大部分学生缺乏化学实验的基础知识。集中表现为: 1) 基本概念不清楚。虽然很多基本概念在大一、大二, 甚至初中、高中就已经学过。但由于在实验操作中的重视程度不够, 学生现在已忘得差不多了。如精密度和准确度的关系, 误差的来源、分类、表达及消除, 有效数的意义、计算、修约等; 2) 对常用的实验器皿不熟悉。由于学生在以前学习中所接触的到实验器皿种类有限, 因此有些在土壤分析中常使用的实验器皿学生并不熟悉。如学生以前可能知道有陶瓷坩埚, 却不知道其实还有镍坩埚、铂金坩埚、石英坩埚、聚四氟乙烯坩埚等, 当然更不可能知道它们的用途和差别了; 3) 以前所学知识的误导。由于土壤分析实验过程有自身的特点, 学生把以往在化学上所学的知识完全照搬过来是不适用, 甚至是错误的。如由于土壤分析中常用到黏稠的浓酸或浓碱, 学生采用以前的容量瓶摇匀方式很难将溶液混匀。所以, “土壤农化分析”课程中容量瓶的定容原则不仅有室温定容, 还有稀溶液定容原则。又如土壤分析中常用到固液分离技术, 而学生只学过一个包含玻棒、滤纸、漏斗、烧杯和铁架台的复杂过滤方法, 这种方法在“土

① 收稿日期: 2018-03-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41701256); 中央高校基本业务专项资金项目(XDJK2016C191)。

作者简介: 李忠意(1987-), 男, 博士, 讲师, 主要从事土壤化学研究。

壤农化分析”中几乎用不到,学生更没听说过过滤有倾泻法、浑滤法和干过滤等方法,也不知除了滤纸直接过滤外,还有减压抽滤、增压过滤、离心分析、冷冻干燥等固液分离技术。鉴于以上存在的问题,在“土壤农化分析”理论课中增加了 9 个学时的基础知识讲解,增加的这章基础知识包含以下内容:

1) 误差和数据表达。包括准确度与精密度的定义和关系、误差的种类及减免方法、有效数字的意义和修约。

2) 器皿的分类与洗涤。包括玻璃、陶瓷、金属、塑料器皿的种类、特点和用途,洗液的种类和配制,器皿的洗涤和干燥。

3) 精密量器的使用。包括量器的分类,容量瓶、滴定管、移液管 3 种精密量器的使用原则和注意细节。

4) 分析天平的使用。包括天平的种类和使用方法。

5) 分析用水。包括分析用水的水质要求,分析用水的制备方法。

6) 试剂的分类及保存。包括试剂的种类和特点、试剂的保存原则。

7) 溶液的配制。包括普通溶液和标准溶液的配制、直接配制和间接配制、标准酸/碱溶液浓度的标定。

8) 固液分离技术。介绍滤纸过滤、抽滤、离心等固液分离技术。

1.2 土壤农化分析知识的扩展

1) 补充实验安全内容

“土壤农化分析”实验操作与其他实验课程的最大不同在于本门课程的大部分实验无论是所用的实验试剂、设备还是实验操作过程都具有较高的危险性。比如采用重铬酸钾—外加加热法测定土壤有机质时会用到 $K_2Cr_2O_7$ 和浓 H_2SO_4 这两种分别含重金属和具有强腐蚀性的化学试剂,且需要在 $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的石蜡浴中加热,而石蜡浴又存在极大的火灾隐患;测定土壤全氮的前处理需要将土样放在加了催化剂和增温剂的浓 H_2SO_4 中,在 $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温下沸腾处理近一个小时;土壤全磷钾的测定过程也会涉及到强腐蚀性的固体 $NaOH$ 的称取, $710\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温电炉熔融和沸水转移等具有危险性的实验操作步骤。可以看出,“土壤农化分析”的部分实验项目极具危险性。由于学生的实验操作不熟练,又对涉危实验操作有所顾忌,反而增加了实验安全隐患。因此,为保证实验的安全顺利开展,有必要在理论课中补充有关实验安全的内容。主要增加了以下内容:实验安全意识教育、实验室行为规范、危险实验操作步骤的注意细节和实验事故的应急处理办法。以使学生在具体的实验操作过程中做到未雨绸缪和胆大心细。

2) 增加“仪器分析”知识内容

由于现代分析技术的发展,“土壤农化分析”所涉及的实验内容仅采用传统的化学分析方法是难以完成的,最终准确结果的获得往往需要借助仪器分析的技术手段。但目前存在的问题是部分专业(如我校水保专业)并没有开设“仪器分析”这门课程。因此,学生涉及需借助分析仪器进行测定的实验项目时,在理论知识和仪器操作方面均表现较差,并往往导致整个实验的最终失败。如土壤 pH 值和电导率的测定需要采用 pH 计和电导率仪进行测定,二者分别属于仪器分析的电位分析法和电导分析法。若在理论课程中仅向学生简单讲述仪器测定方法而不告诉其仪器分析的原理,那么学生在具体的实验操作中也仅仅是会动手的技术员,而不是在思考的研究者^[4]。因此,在对“土壤农化分析”中 pH 值和电导率等测定项目的讲解时,需较为系统地补充仪器分析中电化学分析这一部分的知识内容。又如,测定土壤中的 K^+ 和 Na^+ , Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 需用到火焰光度计和原子吸收分光光度计,因此需向学生补充“仪器分析”中的原子发射光谱分析和原子吸收光谱分析的知识内容。而火焰光度计和原子吸收分光光度计又涉及到使用燃气和助燃气体,所以应进一步向学生讲解气体钢瓶的相关知识。通过补充“仪器分析”课程的相关内容,使学生在理论知识和实践操作中对“土壤农化分析”的实验内容有系统性的了解,才能进一步提高本门课程的教学效果。

1.3 教学手段的多元化

传统的黑板板书和充满文字的 PPT 展示教学方式难以吸引学生的注意力,因此容易造成理论学习和实验操作的脱节^[5]。所以,要想提高“土壤农化分析”实验的教学效果,在理论教学中需采用更为生动的教学手段,以便于学生对实验过程的理解和掌握。相比而言,采用图片和视频展示的教学方式更能便于学生理解。理论课堂上,尽量借助图片和视频对知识点进行讲解。如采用图片能更直观地对实验器材和实验细节进行描述(图 1a 和 1b),借助一些绘图和动画制作软件可以更直观地对实验步骤进行展示(图 1c),播放

录制的实验操作视频更能使学生真实地提前感受实验操作过程(图 1d)。这些多元化的教学手段不仅能使学 生更好地掌握实验操作背后的理论知识,也能使学生提前掌握实验操作的细节问题。

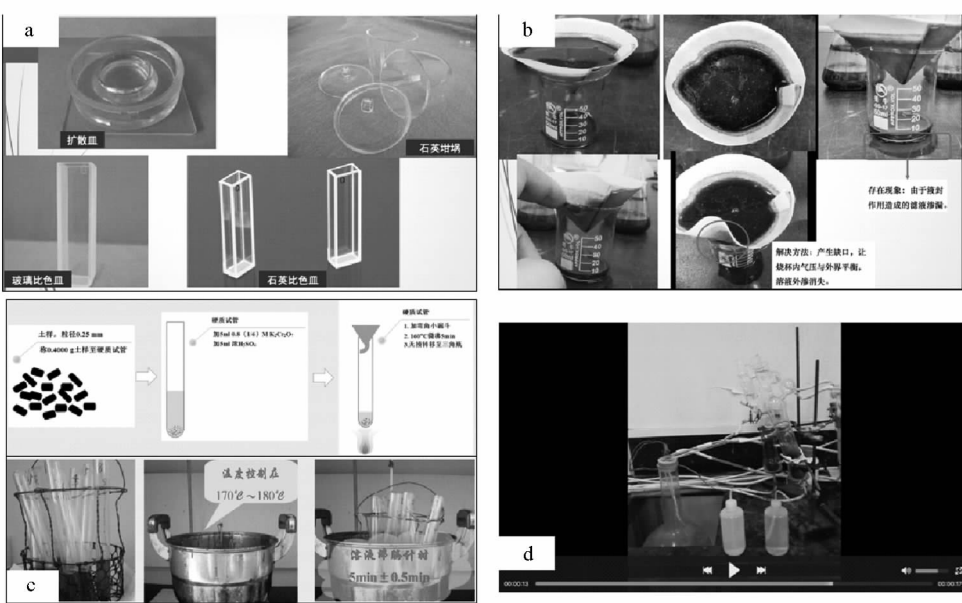


图 1 理论课程 PPT 课件中的图片展示(a: 部分玻璃器皿)、实验细节展示(b: 普通过滤操作细节)、利用绘图软件(c: 土壤有机质测定消煮步骤)和录制视频(d: 土壤全氮蒸馏测定视频)展示实验操作步骤。

2 实验教学内容改革

2.1 完善实验考核制度

由于“土壤农化分析”是一门强调实验操作技能的课程,因此增加实验操作部分的成绩比例能使学生对实验课程更加重视。目前,新的教学大纲中本门课程的成绩构成为:理论课程成绩占 40%+实验课程成绩占 40%+平时成绩占 20%,可见实验课程成绩已占有较大的比例。此外,以前实验课程成绩仅基于学生的实验报告成绩进行计算。现在实验课程的成绩由预习报告、回答问题、实验操作和实验报告 4 个部分构成。在实验前,要求学生对实验内容预习并撰写预习报告,以便提前掌握实验目的、原理和操作步骤。实验开始时进行提问,以检查学生的预习效果和引导学生深入思考。实验过程中要对学生实验操作的规范性和严谨程度进行考察。实验结束后,通过实验报告使学生对实验进行总结分析,有困惑或疑问的地方可在实验报告中提出,老师通过批阅实验报告进行讨论和解答,达到互动的效果^[6]。所以,目前的“土壤农化分析”实验课考察范围更为全面,考核方式更为合理。对学生来说,做到了认真预习、仔细思考、严谨操作和做好总结。

2.2 积极更新实验教学手段

1)增强基本实验操作技能的锻炼

尽管学生已学习了基础实验操作,但从以往学生在“土壤农化分析”实验中的表现来看,大部分学生的基础实验操作很不严谨,甚至是错误的。如分析天平调平、药匙握姿、容量瓶定容、移液管使用、滴定操作、溶液配制、器皿洗涤等。为增强学生的基本实验操作技能,在开展具体的土壤分析项目测定之前增加了“洗液的配制和器皿洗涤”和“标准酸/碱溶液的配制和标定”两次实验课。增加的两次实验均主要涉及基本实验操作,且实验结果的好坏与实验操作的严谨性和规范性密切相关。另外,教学大纲中规定每次实验课的时长为 3 学时,而完成这两个实验内容所需的时间其实较短。因此,学生可以在一次实验课进行多次重复实验,这样就能显著地提高学生基本实验操作的熟练程度。

2)实验准备的改革

一个标准的土壤农化分析实验室通常由主分析实验室、样品室、称样室、消化室、各类型仪器室构成。在开展具体教学实验时,必须保证各实验室均准备就绪。包括土壤样品的准备、实验试剂的准备、实验器皿器材的准备和分析仪器的准备。可以看出,“土壤农化分析”实验准备的工作内容较多。以往“土壤农化分

析”实验的准备工作均由实验老师完成,目前改为实验老师指导学生进行准备.改革方式是将教学班学生分组,各组学生轮流到实验室完成相应实验的准备工作.此外,该组学生除需进行实验准备工作外,还要负责实验结束后的整理工作.一般一组学生能够轮流两次左右.在实验准备工作中,学生需自己配制公用试剂,甚至进行一些测定实验和验证实验.如:酸性土壤的有效磷采用 $\text{HCl-NH}_4\text{F}$ 提取法,中性和碱性土壤的有效磷采用 NaHCO_3 提取法,这就要求准备实验的同学预先要对实验土样的 pH 值进行测定.这些均能对学生的实验操作能力有较大的提升作用.目前我校农资和水保两个专业均有两个班级.因此,“土壤农化分析”实验的每个测定项目会连续有 4 个班级进行实验.且大部分实验的测定条件要求极为严格,处理时间极长.如土壤碱解氮的测定需严格地在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 下的扩散 24 h.这又要求准备实验的同学要及时地对不同班级之间、不同实验阶段间的实验试剂、器皿和器材进行更换和补充,需要较强的工作协调能力.可见,“土壤农化分析”实验的准备工作量较大,参与实验准备工作的同学常会感叹每次实验的有序开展均来之不易,在实验过程会认真对待每个实验环节.所以,这样改革的效果除能大量减轻实验任课老师的工作量外,更重要的是增加了学生对实验的重视程度,锻炼了学生的工作协调能力和实验操作技能.

2.3 开展开放式和探索性的实验教学

为鼓励学生开展探索性的科学研究和充分利用已掌握的土壤农化分析实验技能,在学生学习掌握好常规的土壤农化分析分析技能之后,开展开放式和探索性的实验教学^[7].目前已在我校农资专业中进行有关的实验教学改革.即学生在学习完土壤常规分析项目(土壤全量和有效氮、磷、钾含量,土壤酸度和阳离子交换性能,土壤有效微量元素含量的测定)之后,将学生分组进行综合实验.综合实验要求学生结合已学习的“土壤农化分析”实验知识自主选题、查阅资料、设计方案、开展实验和论文撰写.此外还协助指导学生设计有关“土壤农化分析”的课题,申请我校的“光炯”“校创”和“国创”等学生科研项目.这就充分调动了学生应用土壤农化分析实验技能的积极性.如:近两年学生的自主选题内容涉及土壤肥力调查、植株养分分析、果蔬品质分析、溪河水体和底泥重金属含量分析等.这种探索性实验的开展在锻炼学生实验操作能力的同时,培养了学生的专业兴趣,加深了学生对专业知识的理解^[8].

2.4 学生参与实验室科研项目

由于我校土壤农化分析实验室除开展本科教学实验外,还对外开展土壤样品的分析测试服务和土壤农化分析技术人员的培训工作,实验室老师也在主持包括国家自然科学基金在内的科研项目.在各种平台和项目的支持下,实验室非常欢迎已完成“土壤农化分析”课程学习的同学到实验室继续学习,参与到实验室的科研项目中来.从近两年的情况来看,我校农资专业和水保专业 $10\%\sim 20\%$ 的学生在大三和大四期间会参与到土壤农化分析实验室的科研项目中来.这些学生主要涉及:

1) 家庭经济较困难学生.实验室会以半天为单位向学生发放科研补助,科研补助足够学生的生活开支.只要学生有半天以上的空余时间,均可以到实验室做实验.这为很多家庭经济较为困难的学生提供了帮助,不仅能学习专业技能,还能挣生活费.

2) 有志从事土壤农化分析工作的同学.通过该课程的学习,有部分同学对土壤农化分析工作兴趣较大,希望能从事相关的工作.但课堂上的学习远远不够,因此这部分学生希望继续到实验室学习,并且在土壤农化分析实验室进行毕业实习.实验室也会为学生提供实习证明,并对其实习表现进行评价.通过在实验室长期的锻炼,这部分学生已是非常优秀的土壤农化分析工作者,往往受到土壤农技部门的青睐.

3) 保研和考研的同学.大部分继续攻读硕士研究生的同学在读研期间会涉及到实验操作.另外,部分高校和研究生的研究生复试会考察学生的实验操作能力.因此,部分学生在保研或研究生入学考试结束后会到土壤农化分析实验室锻炼实验操作能力,对这部分学生会尤其加强其实验基本功的锻炼.

由于参与实验室科研项目的学生均是独立完成某一小课题或某一测定指标,这使他们能更系统性地学习土壤农化分析实验技能,动手能力和思考能力得到显著提高,所获得的收获是课堂上永远不可能得到的.

3 实验教学改革的效果

为明确所采取的教学改革与探索对学生土壤农化分析实验操作技能的提高效果,采用不记名方式对我

校已完成“土壤农化分析”课程学习的 2015 级农资专业和水保专业进行了问卷调查,共发出问卷表 84 份,收回 84 份有效问卷,问卷调查有效率 100%。调查问卷的统计结果如表 1 所示。从统计结果来看,90%以上的同学均同意教学改革地开展,且认为教学改革对提高学生土壤农化分析实验操作技能效果显著。在理论教学方面,基础知识和实验安全知识的补充对提高土壤农化分析实验操作技能的效果最佳。98.8%的同学认同了这两项教学改革内容,且 85.7%的同学认为基础知识补充效果显著,78.6%的同学认为实验安全内容补充效果显著。这两个教学内容的改革效果优于教学方法的改革效果。有 3 名同学认为采用多元化的教学手段没有效果或持无所谓的态度。可见学生可能更强调一些关键知识内容的丰富。在实验教学改革方面,97.6%的同学认为增加基本实验操作技能的锻炼是很有必要的。这也反映了学生缺乏一些基础的理论知识和操作技能,而通过教学改革达到了较好的弥补效果。值得注意的是,9.6%的同学对自主设计实验这一教学改革持反对和无所谓的态度,可能源于自主设计研究课题开展实验需花费大量的精力和时间,小部分对“土壤农化分析”课程不感兴趣的同学对这项改革持反对意见。因此,在后期的实验扩展方面的改革中应考虑到学生的兴趣问题。总体而言,为提高学生土壤农化分析实验操作技能所开展的一系列教学改革和探索是十分必要的。根据学生的反馈可以看出取得了较好的效果。

表 1 土壤农化分析实验教学改革效果调查表

%

开展的教学改革与探索内容			同意 效果显著	同意 效果一般	不同意 没效果	无所谓
理论教学	教学内容	基础知识补充	85.7	13.1	0	1.2
		实验安全内容补充	78.6	20.2	0	1.2
		仪器分析内容补充	73.8	22.6	2.4	1.2
	教学方法	教学手段多元化	71.4	25.0	1.2	2.4
实验教学	实验课程	增加实验成绩占总成绩的比重	65.5	27.4	4.8	2.4
		增加基本实验操作技能锻炼	75.0	22.6	1.2	1.2
	实验扩展	参与实验的准备工作	57.1	36.9	3.6	2.4
		可自主设计研究课题进行实验	52.4	38.1	3.6	6.0
		有偿参与实验室分析项目	70.2	23.8	0	6.0

4 结束语

通过一系列的改革和探索,目前我校自然保护与环境生态类学生的土壤农化分析实验操作技能已有较大的提高。教学改革成果得到绝大部分学生的认可和肯定。“土壤农化分析”实验已不仅仅是一门单独的实验课程,而是基于这门实验课程,建立起培养土壤农化分析专业人才的一个平台。在这个平台上提高学生的土壤农化分析实验操作技能,培养学生严谨认真的科学态度,培养学生的创新思维能力,给予学生展示自我的空间。为此,在后续的“土壤农化分析”实验教学改革中,还需进一步结合学生个体特点和感兴趣的研究方向细化和完善教学改革。

本实验教学改革对其他农林类专业学生的实验教学具有一定借鉴意义。实验教学的开展必须与农林类专业所特有的实验对象和目的相结合。为使学生更好地理解实验内容,必须采用多元化的理论教学手段和具有完善而系统的理论知识体系。要注重对学生的实验操作水平进行全面考核,尤其要注重对学生基础实验操作技能的锻炼,且尽可能地在实验教学中给予学生更多的动手机会。最重要的是要将实验教学与学生的学业发展进行更紧密的结合,以达到更好地培养人才的目的。

参考文献:

[1] 杨剑虹,王成秋,代亨林. 土壤农化分析与环境监测 [M]. 北京:中国大地出版社,2008.

[2] 白彦真,谢英荷,程红艳,等.《土壤农化分析》课程教学改革与新模式探索 [J]. 安徽农学通报,2012,18(7): 208—210.

[3] 严宁珍,李振轮,高明,等. 高校大类招生模式下实践教学体系的构建与实施——以西南大学资源环境学院为例 [J]. 中国地质教育,2012,21(4): 77—80.

[4] 杨秀虹,王诗忠,陈志雄,等. 环境土壤学实验课程的启发式教学探索——以土壤酸碱度测定实验为例 [J]. 实验科学

与技术, 2017, 15(3): 64—68.

[5] 舒 畅, 闵 兰, 王会芳. 基于翻转课堂教学模式下的大学数学微课教学 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(9): 196—200.

[6] 王倡宪, 王 艳, 张大鹏. 互动式教学模式在土壤—植物—肥料分析课程中的探索欲实践 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(13): 248—249.

[7] 唐 功, 任朝琴, 戴先芝, 等. 《生物化学实验》教学改革与探索 [J]. 实验科学与技术, 2014, 12(1): 73—75.

[8] 杨向晖, 何业华, 林顺权. 加强果树学实践性教学改革的探索 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(7): 193—195.

The Reform and Exploration on Teaching of Soil Agrochemistry Analysis Experiment

LI Zhong-yi, YANG Jian-hong,
CHENG Yong-yi, LI Zhen-lun, XIE De-ti

College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to improve the experimental skills of soil agrochemical analysis for students of nature protection and eco-environmental education, and to cultivate excellent technical talents in the field of soil agrochemical analysis, the reform and exploration of experimental teaching of soil agrochemical analysis has been carried out based on the actual situation of Southwest University. The main contents include expanding and supplementing the content of theoretical courses, enriching theoretical course teaching methods, perfecting experimental assessment systems, updating experimental teaching methods, conducting exploratory experimental teaching, and allowing students to participate in scientific research projects. Through these explorations and reforms, students' experimental skills in soil analysis have been improved, students' innovative thinking ability been cultivated, and good results been achieved. This has certain reference value for other agricultural and forestry professional education.

Key words: soil agrochemical analysis; experimental teaching; cultivation of talents

责任编辑 包 颖