

全国高等农业院校教材

仪 器 分 析

北京农业大学 主编

农 业 出 版 社

主 编 严国光 (北京农业大学)
编写者 孙长青 (东北农学院)
刘锡禄 (山东农业大学)
庞贵冬 (北京农业大学)
严衍禄 (北京农业大学)
蒋以操 (北京农业大学)

全国高等农业院校教材
仪 器 分 析
北京农业大学 主编
* * *
责任编辑 徐蒲生

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 北京潮白印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 22.5印张 485千字
1987年5月第1版 1987年5月北京第1次印刷
印数 1—4,000册

统一书号 15144·706 定价 3.75元

前 言

随着我国农业现代化的进展，仪器分析在我国农业上已广泛应用，发展很快。为了适应农业现代化的要求，满足高等农业院校仪器分析课程的教学需要，农牧渔业部教育司委托北京农业大学主编，组织有关的教师共同编写仪器分析课教材。

本课程是门专业基础课，应着重讲授（包括实验部分）仪器分析的基本原理、仪器结构与性能、定性定量分析。对农业上常用的仪器分析方法应较详细地讲授，并适当地联系农业上的应用。

在教学中，须正确处理讲课与实验课的关系。本课程是技术性较强的课程，讲课与实验课的比例为1:1左右。由于仪器设备的限制，实验课内容请各院校酌情安排，但应强调实验技能的训练，培养学生实际工作的能力。

在教学中应尽可能地避免与普通物理、普通化学、分析化学不必要的重复，应注意它们之间的衔接性。

根据部分院校教师参加审定的教学大纲（初稿），本课程的学时数（包括实验部分）为100学时。由于各院校仪器设备及其它方面的差异，在学时数上目前尚难统一，各院校在使用本教材时，请酌情增减，或有所侧重。

参加本教材审稿会的人员有：计维农（南京农业大学）、任维藩（西南农学院）、李文海（沈阳农学院）、吴海宝（浙江农业大学）、王增盛（湖南农学院）、郑元维（上海水产学院）、吴谋成（华中农学院）、徐瑞林（四川农学院）、余碧钰（江苏农学院）、王金岭（吉林农业大学）、陈雨生（华南农业大学）等同志，还有编写组全体成员，他们对教材提出很多宝贵的意见，在此表示深切的感谢。

这门课程近几年才在农业院校开设，教学实践经验还不够，且是农业院校第一次编写仪器分析教材，其中的不妥、不足及错误之处请多指正，以便我们在今后再版时修改完善。

严国光

1984年9月于北京农业大学

11/1 59/03

0657
5.80

内 容 简 介

本书为全国高等农业院校仪器分析课的试用教材，着重讲授（包括实验部分）仪器分析的基本原理、仪器结构与性能、定性定量分析。对农业上常用的仪器分析方法作了较详细的讲述，并适当地联系农业上的应用。

全书共分十章，其内容大体分为三类：光学分析法、色谱分析法、电化学分析法。

本教材也可供科技工作者参阅。

144-706

元

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第二章 紫外可见光吸收光谱法	9
第一节 光谱分析概述	9
一、光学分析法与光谱分析法	9
二、原子和分子能级	9
三、光的性质	10
四、光与物质的相互作用	12
五、光谱与光谱分析	13
第二节 紫外可见光吸收光谱法	15
一、紫外可见光吸收光谱	15
二、紫外可见光吸收光谱与分子结构	16
三、物质对光的吸收定律	19
第三节 紫外可见分光光度计	21
一、紫外可见分光光度计的结构	21
二、分光光度计的信号输出及其对分析测定的影响	30
三、分光光度计的种类	32
第四节 紫外可见吸收光谱定性定量分析方法	36
一、分光光度计的性能及其对分析测量的影响	36
二、定性分析	39
三、定量分析	40
习题	48
第三章 红外吸收光谱法	51
第一节 概述	51
第二节 基本原理	51
一、气体双原子分子的转动光谱	51
二、双原子分子的振动光谱	54
第三节 红外吸收光谱图谱解析	56
一、多原子有机分子的振动	57
二、多原子有机分子的振动光谱	58
三、有机物红外吸收光谱与分子结构的关系	59
四、影响基团频率的因素	63
五、定性分析	63
第四节 红外光谱定量分析	65

第五节 红外吸收分光光度计	68
一、红外分光光度计的基本部件	68
二、色散型红外分光光度计	70
三、傅立叶变换红外分光光度计	71
第六节 红外吸收光谱测定技术	72
一、红外吸收光谱法样品的制备	72
二、红外吸收光谱图的扫描技术	73
三、差异光谱与导数光谱的应用	75
习题	77
第四章 发射光谱法	79
第一节 发射光谱	79
第二节 原子发射光谱法	79
一、原子发射光谱分析的基本原理	79
二、发射光谱仪	83
三、定性定量分析	90
第三节 火焰发射光谱法	100
一、原理与仪器	100
二、干扰及其消除问题	101
三、定量分析	103
第四节 荧光光谱法	103
一、分子能级及跃迁	103
二、荧光光谱法的基本原理	106
三、荧光分光光度计	108
四、荧光分析的方法及影响荧光分析的因素	111
五、原子荧光分析法	112
习题	114
第五章 原子吸收光谱法	115
第一节 概述	115
第二节 原子吸收光谱法的基本原理	116
一、共振线与吸收线	116
二、基态与激发态原子的分配关系	117
三、定量分析的公式	119
四、谱线轮廓	120
五、谱线变宽	121
六、积分吸收与峰值吸收	123
第三节 原子吸收分光光度计	126
一、辐射源	127
二、原子化系统	128
三、分光系统	130
四、检测系统	131
第四节 原子吸收光谱法中的干扰及其抑制	131

一、光谱干扰	132
二、电离干扰	133
三、化学干扰	133
四、物理干扰	134
第五节 定量分析方法	134
一、分析方法	134
二、测定条件的选择	137
三、灵敏度与检出限	139
习题	140
第六章 气相色谱分析法	142
第一节 色谱法概述	142
第二节 气相色谱仪及其分析过程	143
一、载气及其流速控制系统	144
二、进样系统	145
三、色谱柱	146
四、柱恒温箱和检测器恒温箱	146
五、色谱记录仪	147
六、程序升温气相色谱	147
第三节 气相色谱的检测器	149
一、热导检测器	149
二、火焰离子化检测器(氢火焰电离检测器)	151
三、电子捕获检测器	152
四、火焰光度检测器	153
五、火焰热离子检测器	154
六、检测器的主要技术指标	154
第四节 气相色谱理论	157
一、色谱保留值	157
二、分配平衡, 分配系数与保留值的关系	158
三、塔板理论	161
四、速率理论	165
五、分辨率及操作条件的选择	169
第五节 气相色谱的固定相	170
一、固体固定相	170
二、液体固定相	170
第六节 定性定量分析	176
一、样品的前处理	176
二、定性分析	177
三、定量分析	179
习题	185
第七章 现代液相色谱与薄层色谱	187
第一节 概述	187

第二节 液相色谱的种类	188
一、分配色谱法	188
二、吸附色谱法	189
三、离子交换色谱法	189
四、凝胶色谱法	190
第三节 液相色谱的分离过程	192
一、色谱柱对组分的保留性能	192
二、色谱峰的展宽	193
第四节 现代液相色谱仪	196
一、输液系统	196
二、色谱柱	197
三、流动相	198
四、样品池与检测器	199
第五节 分离条件的选择	199
一、分离度方程	199
二、分离度与 k' 值的关系	201
三、分离度与柱效的关系	204
四、分离度与 α 值的关系	205
第六节 薄层色谱	206
一、薄层色谱的原理与特点	206
二、吸附剂与展开剂	207
三、薄层色谱法的操作技术	208
四、薄层色谱的定性定量分析	210
五、薄层色谱仪	213
习题	215
第八章 电导与电位分析	217
第一节 电化学分析法	217
第二节 电化学分析的基础知识	217
一、化学电池	217
二、电解质溶液导电的性质	219
三、原电池	224
四、极化与过电位	230
第三节 电导分析	233
一、电导仪	234
二、电导电极与电导池	236
三、影响电导测定的因素	237
四、用电导法鉴定水的纯度	237
五、电导滴定	238
第四节 电位分析法	239
一、概述	239
二、电位法测定溶液 pH 值	240

三、离子选择电极概述	242
四、离子选择电极的结构与分类	242
五、离子选择电极的性能	243
六、各类离子选择电极膜的结构	247
七、盐桥与参比电极	252
八、测试仪器	254
九、离子活度(或浓度)的测定方法	255
习题	259
第九章 极谱分析法与库仑分析法	262
第一节 极谱分析法概述	262
一、极谱分析法	262
二、极谱分析的仪器装置与极谱图	262
三、极谱过程的特殊性	264
第二节 极谱定量分析的原理	265
一、极谱电流与浓度的关系	265
二、尤考维奇(Ilkovič)方程	266
三、扩散电流的影响因素	267
第三节 极谱定性分析的原理	263
一、极谱波方程与半波电势	268
二、金属络离子的极谱波方程	269
三、半波电势的影响因素	271
第四节 不可逆极谱过程	272
一、电流方程	272
二、极谱波方程	273
第五节 极谱分析的实验技术	274
一、残余电流及扣除方法	274
二、迁移电流及消除方法	275
三、“极大”现象及消除方法	276
四、氧波干扰及消除方法	276
五、底液的选择	277
六、定量分析方法	277
第六节 直流极谱仪	279
第七节 极谱分析的新技术	280
一、极谱催化波	280
二、溶出伏安法	282
三、单扫描示波极谱	284
四、方波极谱与脉冲极谱	287
第八节 库仑分析法	291
一、库仑分析的基本原理	291
二、控制电势库仑分析	291
三、恒电流库仑分析——库仑滴定	293

习题	217
第十章 其他方法	219
第一节 质谱法	299
一、质谱法发展概况	299
二、质谱法的基本原理	299
三、单聚焦(方向聚焦和球差)和双聚焦质谱仪	301
四、质谱仪器	303
五、质谱分析	305
六、质谱仪的主要技术参数	307
七、几种质谱仪的简介	308
第二节 核磁共振法	311
一、核磁共振的基本原理	311
二、核磁共振波谱仪	314
三、核磁共振谱的分析	315
实验	318
实验一 分光光度计的结构、光学性能及使用	318
实验二 测量条件对分光光度法定性定量分析的影响	319
实验三 叶片中叶绿素 a、b 的定性定量分析	320
实验四 用染料结合法测定谷物样品中的蛋白质含量	321
实验五 红外光谱定性分析	322
实验六 红外吸收光谱扫描条件的选择	322
实验七 土壤样品的发射光谱定性分析	323
实验八 用火焰光度计测定土壤中的钾	325
实验九 微量铜的测定	328
实验十 植物中 Ca、Mg 含量的测定	329
实验十一 填料的制备及柱的填充	331
实验十二 气相色谱的有关参数及灵敏度的测试	332
实验十三 苯、甲苯、邻二甲苯和对二甲苯混合物的分析	334
实验十四 用高压液相色谱仪分离苯、萘和联苯	336
实验十五 薄层色谱法对污水中西维因含量的测定	337
实验十六 电导测定	338
实验十七 氯离子选择电极性能的测试与应用	340
实验十八 电位滴定——用铅离子选择电极间接测定水样中 SO_4^{2-}	341
实验十九 极谱分析基本原理实验	342
实验二十 汞膜电极溶出伏安法测定水中的镉	344
实验二十一 库仑滴定法测定溶液中的铵态氮	346
主要参考书	349

第一章 绪 论

一、仪器分析的内容与分类

在五十年代后期，由于生产与科学研究的需要，新方法与新技术的采用，特别是电子技术及计算机技术的迅速发展，使得仪器分析的发展极快。在基础研究和技術方法研究的推动下，各种分析仪器正在日新月异地蓬勃发展。近年来，仪器分析在我国国民经济和国防、科技各部门的应用极为广泛，并发挥着重要的作用。

仪器分析一般系指对样品中含有哪些成分、它们的含量多少进行分析测定。广义来说，仪器分析还应包括物质的状态、结构、反应过程等的分析测定；仪器分析既包括成分分析（定性、定量分析），也包括结构分析；既包括物质的静态分析，也包括物质的动态分析。仪器分析是以物质的物理和物理化学性质为基础并利用仪器进行分析测定的方法，由于这类方法都需要特殊的仪器，故常称为仪器分析。

仪器分析的方法具有准确度和灵敏度较高、分析速度快、样品用量少、操作简便等优点，但还不能完全取代化学分析法（主要是重量分析法和容量分析法）；化学分析法仍然是使用最广泛的方法之一，特别是在作为基准方法中起着重要的作用。另外，有些样品在仪器分析测定前仍需对样品进行化学的预处理。总的来说，在分析测定中更加日益广泛地采用各种仪器分析方法，而经典的重量和容量等分析方法也朝着仪器化、自动化方向发展。一般说来，经典方法适用常量分析，而仪器分析适合低含量和微量分析。

仪器分析通常按其分析原理进行分类，大致可分为四个方面的类型：

1. 光学分析法。这类方法是利用物质的光学性质进行测定分析的方法。它们的理论基础是物理光学、几何光学和量子力学。光学分析法主要有紫外可见吸收光谱法、红外光谱法、原子吸收光谱法、荧光光谱法、原子发射光谱法、火焰激发发射光谱法、拉曼散射光谱法、旋光偏振法、X射线分析法、散射比浊法等方法。

2. 色谱分析法。这类分析方法是利用待分析样品在两相中的分配、吸附、离子交换、排斥渗透等性质的不同而进行分离的方法，然后顺序检测各组分的分离分析方法。色谱法是一种物理化学分离分析方法，它的特点是将层析分离与各种检测器结合起来进行分析。色谱法主要有气相色谱法、液相色谱法、薄层色谱法、纸色谱法等。

3. 电化学分析法。这类分析法是利用物质的电化学性质进行分析测定的方法，它们的理论基础是电化学与热力学理论。电化学分析法主要有电位分析法、电导分析法、伏安分析法等方法。

4. 其他分析法。除了上述三类分析方法外，还有利用磁学、热学、声学、力学、放射

性等性质的仪器分析法。我们常将核磁共振法及电子自旋共振法（顺磁共振法）称为波谱法，由于此法基于微波射频波段电磁波的吸收，如果将属于电磁波范畴的方法称为光学分析法，则此法也可属于光学分析方法。分析式超速离心法是利用惯性的差异进行离心分离，然后再由光学式检测器进行检测。质谱法是利用带电粒子荷质比的不同而进行分离并检测的方法。电泳法是利用混悬在液体中的带电颗粒在外加电场作用下具有不同的迁移速率，从而进行分析的方法。广义说来，电子显微镜技术、电子能谱分析、放射性技术等也属于仪器分析法。

上述分类法不是绝对的，还可以用其他方法来分类。

二、仪器分析的发展趋势和特点

近年来，仪器分析发展极快，从目前进展情况来看，有下列发展趋势与特点：

1. 新原理与新技术的采用。仪器分析不断地采用物理、化学、数学、电子学的新原理、新成果、新技术，从而使得仪器分析一方面获得新的方法，另一方面使原有的方法得到发展。新原理和新技术的不断采用，推动促进了新型产品不断的出现，并使原有的分析仪器性能指标显著地改善提高，还扩展了分析仪器的应用领域。例如，激光技术的采用，使发射光谱分析得到新型光源，也使拉曼光谱法得到迅速发展，数学上的傅立叶变换的引用，促进了新型分析仪器傅立叶变换红外光谱仪，傅立叶变换质谱仪等的出现。又如，快原子轰击法这种新型电离技术自 1981 年采用后，使得有机质谱法取得极大的进展；等离子体技术的采用后，在 1982 年出现了等离子体原子荧光光谱仪这样的新型仪器。总之，这方面的例子很多，不一一列举了。

2. 电子计算机技术的应用。微处理机和计算机在分析仪器中的应用已发展到普及化与日趋完善的阶段。它们可做下述的一系列工作：整个操作自动化的控制、样品标定、数据处理、谱图识别、给出实验报告、仪器故障诊断。微处理机的快速计算功能、数据贮存功能以及逻辑判断功能使分析仪器达到一个崭新的水平。前些年，电子计算机只是外加的附属装置，还不能算做分析仪器本身的一部分。近年来，微处理机已作为分析仪器的一个组成部分直接装配在仪器内部，它的作用有点象仪器的“大脑”，使仪器具有某些“智能”，有人称这样的分析仪器为第二代分析仪器。

微处理机与计算机的应用大大提高了仪器分析的准确度和灵敏度，提高了分析速度，并使操作更简便，自动化程度更高。

3. 自动化程度的提高。自动化程度的提高不仅可减轻劳动强度和节省人力，而且可提高分析速度，减少操作差错，从而提高可靠性。许多分析仪器都采用自动取样、自动进样、自动完成一系列的操作、自动记录、自动清洗……等。电子计算机的应用使得仪器自动化程度更高。

4. 不同的分析方法的联用。在有些分析课题中，单独使用一种分析方法不能得到确切的结论，这就需要将几种分析方法联合起来测定分析。不同分析方法的联用可充分发挥不

同分析方法的优点, 弥补其缺点, 彼此取长补短。例如, 色谱—质谱联用就综合了色谱法的高分离能力及质谱法的高鉴别能力的优点; 色谱—傅立叶变换红外光谱仪也是这种类型的仪器。联用为仪器分析的发展开辟了另一条途径。

5. 应用范围不断地扩大。为了解决新的分析课题和充分发挥仪器分析的作用, 应用领域研究十分活跃, 并不断地取得新成果, 从而扩大了应用范围。

另外, 分析仪器常采用一机多用的单元组合式结构, 使仪器能够有多种不同的用途。分析仪器正在逐步朝标准化、通用化、系列化、组件化方向发展。近年来, 分析仪器改型及研制生产周期时间缩短, 不少仪器在两、三年内就可以实现更新换代。

三、仪器分析的一般过程

待测样品用仪器分析进行分析测定的一般过程是: 样品预处理、分离、样品信号的产生、信号的检测、信号的加工处理、测定的显示、结果的分析计算。我们举两个例子来说明分析过程。例一, 用气相色谱法分析氨基酸, 首先要求将氨基酸混合物样品转化为挥发性的氨基酸衍生物, 这是预处理步骤; 然后把氨基酸衍生物引入到气相色谱柱内, 在一定的色谱条件下, 各种氨基酸得到分离, 这是分离步骤; 已分离的氨基酸按先后顺序到达氢火焰电离检测器中, 检测器给出的电流信号大小与样品中该氨基酸的含量成正比, 这是样品信号产生步骤, 检测器将样品中待测组分的待测量转换为一个便于检测的电流信号, 这种转换器称为换能器或探头, 亦称传感器; 电流信号经过放大后输入到自动记录仪并给出色谱图, 这是信号加工处理和结果显示步骤; 最后, 根据色谱图进行定性定量分析计算, 得出分析结论。例二, 用分光光度法测定叶片的叶绿素含量, 首先将叶片中的叶绿素用丙酮溶液提取, 完成预处理步骤; 然后将提取液在叶绿素 a、b 的等吸收点波长 652 毫微米处进行分光光度法测定, 在这个步骤中总叶绿素含量与吸光度成正比, 总叶绿素含量转换为便于检测的光信号; 光信号被光电倍增管检测后输出电信号, 电信号经放大后被记录显示; 最后, 根据波长 652 毫微米处的吸光度值计算出总叶绿素含量, 除预处理及计算外其他几个步骤由分光光度计完成。

从上述例子中可明显看出, 换能器是分析仪器的关键性部件, 它与分析原理、部件的性质密切相关。首先, 样品中的待测量与转换的信号需有确定的转换关系, 这样才能保证测定分析的准确性。其次, 待测量的转换信号效率要高, 这关系到分析仪器的灵敏度和检测限。再其次, 其他干扰组分对转换的影响小, 这样才能得到较高的精确性。换能器的性能是整个仪器分析的基础, 如果换能器所转换的信号不准确可靠, 即使以后的检测、放大、显示记录的性能再好, 也得不到正确的分析结果。

我们将用于分析目的物理化学性质及分析方法列成表 1-1。

值得一提的是生物传感器近年来发展较快, 是很有发展前途的新型传感器。

分析方法的选择是十分重要的, 方法如果选择得恰当, 可得到满意的分析结果。在选择方法时应考虑样品的复杂程度、样品量、被测组分的含量; 所要求的准确度、精密度、

表 1—1 用于分析目的的物理化学性质

被测的物理性质	相 应 的 分 析 方 法
质量 容积	重量法 容量法
辐射的吸收	分光光度法 (X射线、紫外、可见光、红外)
辐射的发射	原子吸收法 核磁共振法、电子自旋共振法 原子发射光谱法 荧光光谱法 火焰光度法 放射化学法
辐射的散射	拉曼光谱法 浊度法、散射浊度法
辐射的折射	折射法、干涉法
辐射的衍射	X射线衍射法、电子衍射法
辐射的旋转	偏振法、旋光色散、圆二色性法
电位	电位法、电位滴定、离子选择性电极
电导	电导法
电流	极谱法、溶出伏安法、电流滴定
电量	库伦法 (恒电位、恒电流)
两相间分配	气相色谱法、液相色谱法、薄层色谱法、纸色谱法
质量电荷比	质谱法
核性质	中子活化法、同位素质量法
热学性质	热导法、热焓法

分析测定速度等。一个分析仪器最好具有准确度高、灵敏度高、分析速度快、操作简便等优点。这些要求是相互联系的，有时还是矛盾的，不可能兼顾，顾此失彼，全部达到上述要求是不易做到的。根据分析的目的不同，不一定要求达到上述全部指标，只要满足分析要求就可以了。只有掌握有关分析方法的基本原理，适用范围和局限性后才能正确选择分析方法。

四、仪器分析在农业上的应用

仪器分析是自然科学和工农业生产的技术应用科学，在工农业生产及各个学科的研究中已广泛应用。为了实现农业现代化，用包括仪器分析在内的现代科学技术来装备农业是极为重要的。各级农业科研单位、测试分析中心、中心实验室、农业工程、农业教育以及科学种田等都需要仪器分析。农业部门不仅需要大量的各种仪器，而且对仪器提出进一步的要求。下面我们讲述一些仪器分析方法在农业上的应用：

1. 紫外可见光吸收光谱法 (包括比色法)。此法在农业上应用广泛，用途也较多。紫外

可见光分光光度法是一种灵敏、方便、快速、准确的分析方法；其仪器类型有比色计、单波长单双光束分光光度计、双波长分光光度计。这方面的仪器型号很多，我国也有多种型号的商品仪器。

提高谷物及其它作物的产量是农业科研中的重大课题，但改进谷物产品的质量日益受到重视。蛋白质是一切生命的物质基础，在人和动物的营养方面占有极重要的地位。开展谷物蛋白质品质育种工作及测定粮食作物、饲料等的蛋白质含量都需要使用仪器。测定蛋白质含量的方法很多，如一些化学、生物化学、微生物学等方法，但近代物理技术如吸收（或反射）光谱及其他光学方法、中子活化分析法、核磁共振法等也应用于这方面。

蛋白质的测定可利用在 238nm 及 280nm 波长的吸收峰来进行。测定蛋白质的双缩脲法与染料结合法都需使用比色法。利用蛋白质化学改性已广泛用来测定样品中的蛋白质含量，如利用三硝基苯磺酸（TNBS）与蛋白质分子的氨基反应，其反应产物呈黄色，可在 345nm 波长处测其光密度（消光度）得到蛋白质含量；又如利用对氯汞苯甲酸与蛋白质分子中的巯基作用，反应最适合在 pH4.5—5.0 之间进行，测定 250—255nm 波长下光吸收的变化可定量测出巯基数目，从而也可换算出蛋白质的总量。

谷物中的赖氨酸、色氨酸、微量氮的测定可利用比色法，高粱中丹宁的测定也可利用比色法。果蔬中的葡萄糖、果糖、蔗糖、淀粉可用蒽酮分光光度法测定。

植物体内微量元素起着重要生理作用。微量元素多属于酶、辅酶或维生素的成分，是正常生长及生存不可缺少的，量虽少但作用大。有的元素是有益微量元素，有的则是有害元素；即使是有益元素，如过量施用植物也会中毒。这些元素的测定有重要的实际意义，用紫外可见光吸收法（包括比色法）可对植株中硼、钼、锌、钴、铜、铁、铝、铬、汞、砷、锰等进行测定。

在土壤肥料分析中用比色法可对土壤中铵态氮、硝态氮、全磷、速效磷、全铁量、钛、腐殖酸等进行测定。

叶绿素的测定可用吸收光谱法进行。

二氧化碳的测定可用 Zeller 比色法。

农药的测定分析可用比色法。

2. 红外光谱法。利用红外反射光谱法可对谷物中的蛋白质、脂肪、水分含量进行同时测定，且不需进行预处理（只需粉碎），国外已有这方面的商品仪器。谷物油料作物的脂肪量，肉类的脂肪含量可用红外吸收或反射光谱法进行测定。土壤表面水分含量，农药的测定也可用红外光谱法。在田间研究光合作用需要测定二氧化碳的含量，红外吸收光谱法就是较好的测定方法。

3. 原子吸收光谱法。由于原子吸收光谱法具有光谱干扰少、测定元素多、温度效应小、化学干扰较少、测量误差较小等优点，因此在农业上得到广泛应用。测定土壤、农作物、水的营养元素及有害元素常用原子吸收光谱法。例如锌与植物生长素、氮代谢、有机酸代谢酶促反应有着密切关系，玉米缺锌会出现白苗代叶病。钼是固氮酶的组成成分，钼参于氮

的代谢，还可促进固氮作用。硼也是固氮所必须的元素，硼还能增强光合作用。在农业中进行适量的微量元素施肥逐渐受到重视。

4. 荧光法。荧光分析法的灵敏度比分光光度法一般说来要高二、三个数量级，能检测 10^{-11} — 10^{-12} g的微量物质，是各种分析方法中灵敏度较高的一种。荧光分析还具有选择性强、待测样品用量少等优点，但影响荧光测定的因素较多，测定时应注意。荧光分析法也是农业上常用的分析方法之一。

蛋白质的测定可用荧光发射或荧光染料法（也称荧光探针法）。氨基酸、维生素、农药、致癌毒物3、4苯并芘、黄曲霉，金属元素（微量）如锌、锰、铜、铁、镁、钼、硼、硒等的测定也可用荧光法。

5. 发射光谱法。发射光谱法可对土壤及植物中的多种微量元素进行测定。火焰光度计可对土壤中的全钾、缓效性钾速效性钾、交换性钠，植株中的钾、钠进行测定分析。研究生物界氮素代谢、循环、平衡等可用同位素（稳定） ^{15}N 示踪法进行，测定 ^{15}N 可用质谱法及发射光谱法。

6. 其它光学方法。利用水分对微波的吸收可制成微波水分测定仪。旋光仪可测定谷物中的淀粉含量。X射线荧光法可对钾、钙、镁、磷、硫、铁、锌、镉、钼等进行测定分析。质子X荧光分析已用于生物的微量元素分析。

激光在农业上的应用也是多方面的，并取得一些成果。

遥测遥感技术是一种综合性探测分析技术，它主要是利用光学方法。为了作出合理的经济资源利用规划，有必要对农业资源的分布及利用情况进行较精确的、综合的调查和分析。应用紫外光、可见光、红外光与微波等遥测遥感技术，可以测得植物土壤与水分的反射率、放射能力、介电常数与表面几何形状等数据，可进行土壤调查、作物产量预测自然灾害、病虫害探测及天气预报等。此外，还可以在地球资源卫星上安装摄影机、电视机及各种光学仪器（如各种光谱分析仪、红外线接受器、多波段遥测方法等）对农业资源进行分析。

7. 气相色谱法。色谱（亦称层析）分离分析法具有选择性高、效能高、灵敏度高、分析速度快、应用范围广等优点。色谱分离分析法在农业中已广泛应用。色谱方面的仪器增长得很快，特别是高速液相色谱仪的增长率与其他分析仪器相比是最高的。研制与发展高效能、高选择性的固定相，高灵敏度的通用型及选择性型的定性定量检测器；扩大应用范围（如反应色谱、元素色谱的发展）等是色谱法的发展方向。色谱与其他分析方法的联用也是色谱发展的重要方向。

气相色谱所用的流动相为气体，只能分离分析在操作温度下能成为气态的，但又不分解的物质，因此，对沸点过高或不能气化的物质都不能用气相色谱来进行分析；另外，对热稳定性差的，加热后易裂解变质的物质也不能分析。采用反应色谱（用化学转化法，生成易挥发的稳定的衍生物）可部分地弥补此缺陷。液相色谱可应用于不挥发性与热不稳定物质的分离分析，正好弥补气相色谱的不足之处。

气相色谱可对农药残留量、氨基酸、维生素、激素、无机元素、金属离子、糖类、脂类、核酸等进行分离分析测定。

8.液相色谱法。液相色谱（主要是高速液相色谱）可对氨基酸农药、维生素、生物碱、激素、无机元素、金属元素、脂类、核酸、香豆素、黄曲霉等进行分离分析测定。

9.薄层色谱法。薄层色谱可对农药残留量、氨基酸、激素、黄曲霉、生物碱、色素、脂类、有机酸等进行分离及进行定性定量分析测定。纸色谱在农业分析中也是一种常用的分离分析方法。电泳在农业科研中也有应用。

10.电化学方法。电位分析法、电导法、极谱分析法、电位滴定法等是电化学分析法中的主要方法。

离子活度计及离子选择性电极在农业上已广泛应用，它具有结构简单、响应速度快，测量范围较宽、仪表袖珍便于现场操作等优点。微型电极可插入动、植物组织或细胞内，而不使组织（细胞）的生命活动发生显著变化，也可直接插入土壤中的特定部位测定pH值及土壤的氧化还原电位。这种可直接测定自然条件下的生物活体或土壤中的情况是有重大意义的。用 NO_3^- 及 K^+ 电极可测定土壤与植株直硝态氮及水溶性钾；用铂电极可测土壤氧化还原电位，从而估计土壤通风状况、氮磷养分转化情况等； Cl^- 、 Na^+ 电极可测定生物样品中的 Cl^- 、 Na^+ 含量； NH_3 电极可直接测定 NH_3 的含量，可测定蛋白质含量，避免了蒸馏、滴定过程。氧电极可测定光合作用中的放氧情况， CO_2 电极可测定作物群体中的 CO_2 情况。

电导分析法可测定土壤中可溶性盐分总量；用电导法还可测量土壤与农产品中的含水量；用电导法预选矮砧木，对果树生产有实际意义；空气中的成分如 CO_2 、 SO_2 可用电导法测定。

用极谱分析法可测定某些生物所必需的微量元素及有害元素，如用逆向溶出伏安法可测定动、植物生长所必需的锌、铜等元素。

11.其他方法。同位素示踪法，中子活化法，中子测水法等已在农业上广泛应用或正在应用。

电子显微镜（包括扫描电子显微镜）在农业科研上的作用日渐明显。

电子自旋共振及核磁共振法在农业科研中也有不少应用。电子自旋共振在植物的光合作用，生物氧化和酶的催化作用原理，蛋白质和核酸的结构与功能等中得到广泛应用。核磁共振可在不破坏种子的条件下测定含油量、水分、蛋白质含量，给选种工作带来很大的方便。

其他的方法也应用到生物和农业上，如穆斯保尔谱学方法、电子光谱方法、光声波谱方法、拉曼光谱方法等。

生物所生活的环境是由多种生态因子所组成的，它包括光、温度、土壤、水、空气等。生物与环境构成一个紧密联系、相互制约和影响的有机统一体。环境中有些物质对生物（包括人体、动植物）是有益的，有的物质则是有害的。对环境中的物质（包括微量物