

土壤中不同形态铝与贵州红山茶叶片铝含量关系的研究

陈志萍, 李从瑞 (贵州省林业科学研究院, 贵州贵阳 550011)

摘要 [目的]为了研究不同形态铝与贵州红山茶叶片铝含量的关系。[方法]对贵州特有植物贵州红山茶分布地九龙山土样进行测定分析,对该地土壤理化性质和不同铝形态含量以及贵州红山茶叶片铝含量的相关性进行了研究。[结果]贵州红山茶叶片铝含量与土壤 pH 呈 0.05 水平显著负相关,与 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量呈 0.01 水平显著正相关关系,而其他所测指标相关性不大。[结论]贵州红山茶主要吸收土壤游离态铝离子。

关键词 贵州红山茶;特有植物;铝

中图分类号 S571 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)28-09740-03

Study on Relationship between Different Aluminum Forms in Soil and Aluminum in the Leaves of *Camellia kweichowensis*

CHEN Zhi-ping, LI Cong-rui (Guizhou Academy of Forestry, Guiyang, Guizhou 550011)

Abstract [Objective] The research aimed to study the relationship between different aluminum forms and aluminum in the leaves of *C. kweichowensis*. [Method] Soil samples was collected from Jiulong mountain, where an endemic plant of Guizhou *Camellia kweichowensis* was planted. Physicochemical properties of soil, five forms of Al and the correlation were studied. [Result] There were significant negative correlation ($P < 0.05$) between the content of Al in *C. kweichowensis* leaves and soil pH. The content of Al in *C. kweichowensis* leaves and 0.02 mol/L CaCl₂ extractable Al had significant correlation ($P < 0.01$). But the correlations weren't significant between the content of Al in *C. kweichowensis* leaves and other indicators in study. [Conclusion] *C. kweichowensis* absorbed aluminium ion found free in soil.

Key words *Camellia kweichowensis*; Endemic plant; Al

铝是土壤中含有最丰富的金属元素,一般植物的生长都会受到它的抑制,如根系生长明显受阻,根短小,出现畸形卷曲,脆弱易断;在植株地上部往往表现出缺钙和缺铁的症状;过量铝会抑制根对磷、钙、镁、铁等营养元素的吸收^[1]。然而,贵州特有植物^[2-3]贵州红山茶(*Camellia kweichowensis*)能在铝含量很高的土壤上生长良好,还能较好地适应这个铝含量很高的酸性土壤。

铝在土壤中是以不同的形态而存在的。不同形态的铝对植物的影响程度是不一样的^[4]。笔者通过九龙山土壤中各形态铝与贵州红山茶叶片铝含量的关系,分析了土壤不同形态铝对贵州红山茶生长的影响。

1 材料与与方法

1.1 样品采集 测试样品在贵州红山茶分布地清镇市九龙山采集。该地是贵州红山茶集中分布地,也是唯一的分布地。采集时,综合考虑植被类型、海拔和地形因子条件,在贵州红山茶的海拔分布范围内,从最低海拔到最高海拔分3个层次,布设9个样地,采集9个从土壤表层采集的混合土壤样品,干燥后制样,测定土壤部分理化性质和土壤中 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝、交换态铝、有机结合态铝、酸溶铝氧化物、腐殖酸螯合态铝含量,同时在样地对对应点采集贵州红山茶一年叶片若干,干燥后测定叶片铝的含量。

1.2 测定方法 土壤理化性质测定按照南京土壤学中的测定方法^[5]。土壤不同形态铝的提取方法采用连续浸提法-诱导藕合等离子体原子发射光谱法^[6]。贵州红山茶叶片铝含量采用硝酸和高氯酸混酸消解法-诱导藕合等离子体原子发射光谱法。

2 结果与分析

2.1 九龙山表层土壤理化性质 从表1可以看出,九龙山样地表层土壤的机械组成含量为 20.96% ~ 34.96%,平均为 29.52%;有机质含量为 72.62 ~ 179.16 g/kg,平均为 125.89 g/kg;阳离子交换量含量为 16.51 ~ 29.66 cmol/kg,平均为 23.92 cmol/kg;土壤 pH 为 4.08 ~ 4.79,平均为 4.40。根据我国土壤分级标准,九龙山表层土壤有机质含量较高。这些因素对土壤阳离子交换作用有一定影响,表现为九龙山阳离子交换量的不同。从表1还可以看出,该地土壤 pH 在 4.08 ~ 4.79 之间,说明该地土壤酸化较严重。

表1 九龙山土壤理化性质

样地号	叶机械组成//%	有机质含量//g/kg	阳离子交换量 cmol/kg	土壤 pH
1	25.96	130.69	29.62	4.32
2	34.96	72.62	19.45	4.26
3	20.96	156.95	16.51	4.08
4	25.96	179.16	20.06	4.27
5	33.96	153.12	29.66	4.79
6	30.96	92.17	29.52	4.43
7	34.96	102.48	27.12	4.62
8	26.96	126.43	24.62	4.43
9	30.96	119.41	18.69	4.38

2.2 贵州红山茶叶片铝含量 从表2可以看出,贵州红山茶叶片铝含量为 3 043 ~ 4 757 mg/kg。可见,贵州红山茶叶片中的铝含量非常高,其含量超过普通植物的 1 000 倍,甚至 10 000 倍。

2.3 土壤不同形态铝含量 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝指用 0.02 mol/L CaCl₂ 溶液提取土壤溶液中游离的铝离子以及部分提取以较弱静电引力被吸附在胶体扩散层中的铝离子。九龙山土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝的含量在 92.2 ~ 173.2 mg/kg 之间。Hoyt 等^[7]曾测定了 40 个酸性土壤 0.01 mol/L CaCl₂ 可提取铝,发现其含量范围在 0.18 ~ 17.6 mg/kg 之间。Dong 等^[8]测得盆栽大豆的土壤中 0.02 mol/L CaCl₂

基金项目 贵州省林木标本数据库及网络共享平台建设(黔科平台[2002]4002)。

作者简介 陈志萍(1977-),女,四川成都人,工程师,硕士,从事植物学、林木资源和植物区系方面的研究。

收稿日期 2014-08-27

可提取铝在 0.19 ~ 29.8 mg/kg 之间。该地土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量在 0.05 水平显著高于文献中所记载土壤的 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝的含量。

表 2 贵州红山茶茶叶片铝含量及九龙山表层土壤不同形态铝含量 mg/kg

样地号	叶片铝含量	0.02 mol/L CaCl ₂ 可提取铝				
		交换态铝	有机结合态铝	酸溶铝氧化物	腐殖酸螯合态铝	
1	3 998	111.7	742.4	640.2	3 104.0	918.4
2	4 294	127.3	832.8	417.4	2 048.0	1114.9
3	4 468	173.2	528.4	491.4	3 444.0	897.2
4	4 757	161.9	836.4	657.2	2 926.8	721.6
5	3 043	104.8	859.8	583.8	3 617.0	752.6
6	3 616	92.2	553.8	534.0	2 700.0	929.2
7	3 472	115.3	910.2	473.8	4 072.0	2 032.0
8	3 896	132.9	837.4	557.4	3 589.3	873.4
9	3 972	120.1	508.3	598.4	3 358.3	899.4

交换态铝是指土壤胶体表面以静电引力吸附而能被中性盐提取的铝。研究表明,一般土壤的交换态铝都有不同程度的羟基化,特别是在常见的酸性土壤中有一定数量的交换态铝以羟基化形态被土壤胶体吸附,其中还有一部分是羟基铝聚合离子^[9]。九龙山土壤中交换态铝含量在 108.8 ~ 910.2 mg/kg 之间,在 0.05 水平显著高于文献[10-11]中土壤的交换态铝含量。

土壤中有机结合态铝是指铝离子和土壤中有有机物质结合成络合物或螯合物等大分子的形式。九龙山土壤有机结合态铝含量为 417.4 ~ 657.2 mg/kg。该含量其他相关文献土壤中有有机结合态铝含量差别不大。这和土壤中有有机质含量有关。

土壤酸溶铝氧化物主要指用 1 mol/L HCl 提取的酸溶无机铝。九龙山各样地土壤酸溶铝氧化物含量为 2 048.0 ~ 4 072.0 mg/kg。黄衍初等^[11]用 1 mol/L HCl 提取我国 8 种土壤中酸溶铝氧化物,其提取量较高,均在 1 000 mg/kg 以上,最高达 7 438 mg/kg。这种形态的铝稳定性较强,和该地的母质有直接关系。

九龙山土壤中腐殖酸螯合态铝含量在 721.6 ~ 2 032.0 mg/kg 之间。黄衍初等^[11]测得我国南方 8 种土壤腐殖酸螯合态铝含量情况为:砖红壤和黄色红壤含量在 6 000 mg/kg 以上,黄红壤和石灰岩土壤超过 4 000 mg/kg,暗棕壤含量超过 1 000 mg/kg,黄壤、黄棕壤和栗钙地都低于 1 000 mg/kg。与之相比,九龙山土壤腐殖酸螯合态铝含量不高。

2.4 土壤不同形态铝与土壤理化性质的关系 对九龙山 9 块调查样地表层(0 ~ 20 cm)土壤 5 种不同形态铝含量与土壤理化性质的相关关系进行分析。

从表 3 可以看出,在九龙山表层土壤 5 种可提取铝中,0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝与土壤机械组成、阳离子交换量和壤 pH 呈在 0.05 水平显著负相关,其相关系数分别为 -0.709、-0.778、-0.802,与土壤有机质含量相关性不大。而土壤理化性质与土壤交换态铝、有机结合态铝、酸溶铝氧化物、腐殖酸螯合态铝相关性不显著。

2.5 贵州红山茶茶叶片铝含量与土壤不同形态铝的关系

2.5.1 贵州红山茶茶叶片铝含量与 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含

量的关系。从图 1~5 可以看出,贵州红山茶茶叶片铝含量与土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量的相关性最大,相关系数(*r*)为 0.810,显著性 *P* = 0.01,而与其他 4 种形态铝的相关性不大。

表 3 九龙山土壤不同形态铝含量与土壤理化性质的相关关系

项目	机械组成	有机质含量	阳离子交换量	土壤 pH
	0.02 mol/L CaCl ₂ 可提取铝	-0.709	0.222	-0.778
土壤交换态铝	0.314	0.017	0.344	0.481
有机结合态铝	0.377	0.669	0.209	-0.349
酸溶铝氧化物	-0.143	0.379	0.239	0.663
腐殖酸螯合态铝	0.443	0.379	0.239	0.478

由于 0.02 mol/L CaCl₂ 溶液中钙离子的浓度很低,且二价钙离子在土壤胶体表面的静电引力小于三价铝离子,因此 0.02 mol/L CaCl₂ 溶液对铝的提取能力与连续提取法所用的几种浸提剂相比是最弱的,而它从土壤中所浸提出的铝的活动性应该是最大的。从文献报道看,0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝与某些其他植物如大豆^[8]吸收铝有很好的相关性。Hume 等^[12]发现,白三叶草的产量与 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝具有很好的负相关关系。这种关系很可能与白三叶草吸收 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝有关。而贵州红山茶茶叶片铝含量与土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝呈 0.05 水平显著正相关,由此可进一步说明贵州红山茶茶叶片中的铝来源于土壤中游离态的 Al³⁺ 离子。

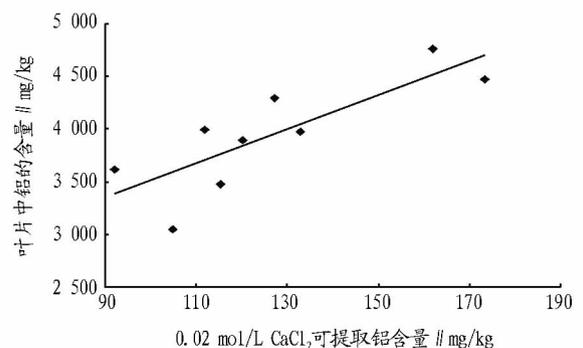


图 1 贵州红山茶茶叶片中铝含量与 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量的关系

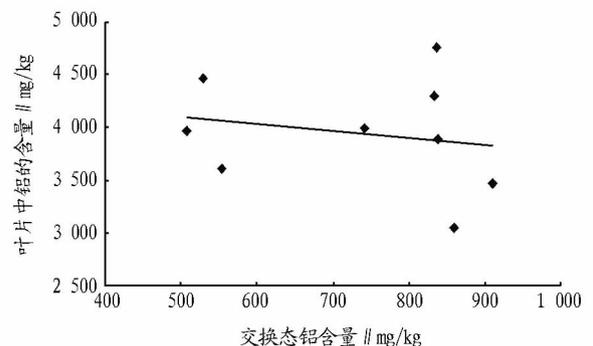


图 2 贵州红山茶茶叶片中铝含量与交换态铝含量的关系

2.5.2 贵州红山茶茶叶片铝含量与交换态铝含量的关系。从图 2 可以看出,贵州红山茶茶叶片铝含量与土壤交换态铝的相关性并不大,相关系数(*r*)为 -0.206。

交换态铝的主体还是靠静电引力被吸附在土壤胶体表

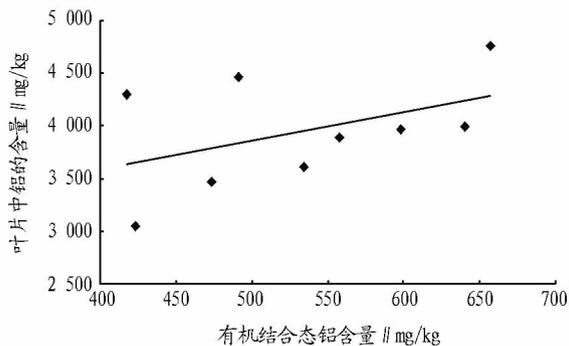


图3 贵州红山茶叶片中铝含量与有机结合态铝含量的关系

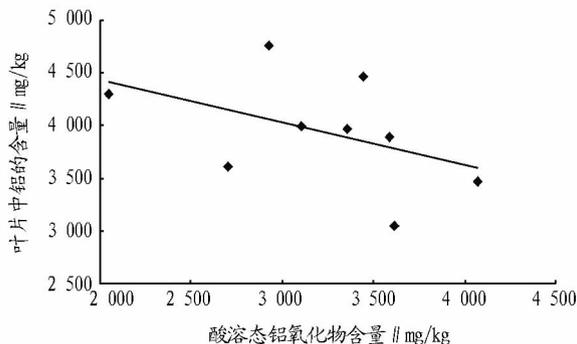


图4 贵州红山茶叶片中铝含量与酸溶铝氧化物含量的关系

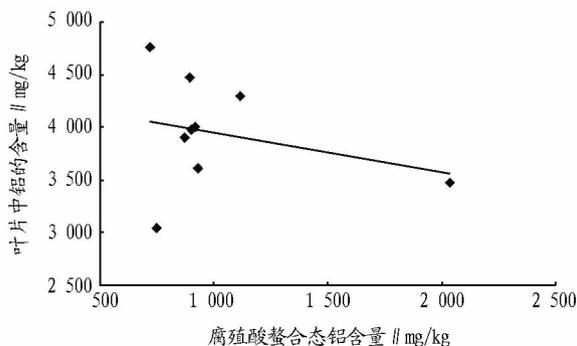


图5 贵州红山茶叶片中铝含量与腐殖酸螯合态铝含量的关系

面的铝。土壤胶体上吸附的交换性铝离子能否被贵州红山茶吸收利用,即对其是否有效,除与植株根系本身的吸收能力有关外,更主要的是取决于铝离子与土壤胶体的吸附强度,而三价铝离子在土壤胶体上的结合能较大。由于交换态铝大部分不能被 0.02 mol/L CaCl₂ 所提取,可推断交换态铝的活性小于 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝,因此贵州红山茶吸收的铝与该形态的铝关系不大。

2.5.3 贵州红山茶叶片铝含量与有机结合态铝的关系。图3也表示贵州红山茶叶片铝含量与土壤有机结合态铝的关系。随着土壤有机质结合态铝含量的增加,贵州红山茶叶片铝含量有增加趋势,但增加趋势不明显,其相关系数(r)为 0.462。

土壤有机结合态铝对贵州红山茶吸收利用铝的有效性应与有机结合态铝释放 Al³⁺ 离子的速率和能力有关。土壤中简单有机质官能团通过化学键与铝结合。虽然这种键合作用可以增加矿物中铝的溶解度和铝的移动性^[13],但由于土壤有机结合态是大分子络合物,本身不易被贵州红山茶吸

收,而 Al³⁺ 离子的解离很缓慢而又有限,所以贵州红山茶叶片中铝含量与壤有机结合态铝相关性不大。

2.5.4 贵州红山茶叶片铝含量与酸溶铝氧化物的关系。从图4可以看出,贵州红山茶叶片铝含量随着土壤酸溶铝氧化物的增加没有明显的变化。相关分析结果也表明,叶片中铝含量与酸溶铝氧化物没有明显的相关关系($r = -0.356$)。

土壤酸溶铝氧化物是土壤中氢氧化铝的沉积物。它主要是以 Al(OH)₃⁰ 的形态存在,含量主要与土壤母质或土壤类型有关。这些形态的铝氧化物有不同的溶解度,但相差不大。由于植物不能直接吸收土壤酸溶铝氧化物,它们释放 Al³⁺ 离子的能力不大。它的增加或减少可能对土壤中游离的 Al³⁺ 离子的存在影响不大。这是酸溶铝氧化物与贵州红山茶叶片铝含量相关显著性不高的主要原因。

2.5.5 贵州红山茶叶片铝含量与腐殖酸螯合态铝的关系。从图5可以看出,贵州红山茶叶片铝含量随腐殖酸螯合态铝的增加没有明显的变化规律。它们的相关性不高($r = -0.289$)。这说明土壤腐殖酸螯合态铝对贵州红山茶叶片铝含量的影响不大。

从贵州红山茶叶片中铝含量与土壤中不同形态铝的关系可以看出,对贵州红山茶生长具有有效性的铝是 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝。该形态的铝与土壤的结合力最弱,在土壤 pH 小于 5 的情况下释放铝离子的能力很强,因此易溶于土壤溶液中且能被贵州红山茶根系所吸收。

3 小结

(1) 贵州红山茶叶片铝含量明显高于其他植物,而且从其生长状况上来看,铝并未影响贵州红山茶的正常生长。

(2) 九龙山土壤 5 种可提取铝含量关系为:酸溶铝氧化物 > 腐殖质螯合态铝总量 > 有机结合态铝 > 交换态铝 > 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝。0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量仅占可提取铝的 2% ~ 3%; 九龙山土壤中 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝含量在 0.05 水平显著高于九龙山其他酸性土壤和文献所记载的含量。

(3) 贵州红山茶叶片铝含量与土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝具有 0.01 水平显著的正相关关系。0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝可作为土壤中贵州红山茶能直接吸收利用的有效态铝。用土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 可提取铝能很好地预测贵州红山茶叶片中的铝含量及其生长情况。这进一步表明贵州红山茶可直接吸收利用的土壤中的铝是游离态 Al³⁺ 离子。

参考文献

- [1] 沈宏,严小龙. 铝对植物的毒害和植物抗铝毒机理及其影响因素[J]. 土壤通报,2001,32(6): 281-285.
- [2] 张华海,班平原. 贵州山茶属植物地理分布及开发利用[J]. 贵州科学,2007,25(1):68-72.
- [3] 张华海. 贵州野生珍贵植物资源[M]. 北京:中国林业出版社,2000:25-30.
- [4] 王维君. 我国南方一些酸性土壤铝存在形态的初步研究[J]. 热带亚热带土壤科学,1995,4(1):1-8.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978:31-149.
- [6] 谢忠雷. 茶园土壤环境地球化学因素与茶叶从土壤中吸收铝的关系研究[D]. 长春:吉林大学,1998.
- [7] HOYT P B, NYBORG M. Toxic metals in acid soil estimation of plant-available aluminum[J]. Soil Sci Soc Am Proc,1971,35:236-240.

产地交易市场等配套设施,打造黔北休闲与精品水果产业园区。

3 遵久县现代农业示范园进一步发展的保障措施

3.1 组织保障 成立园区建设领导管理委员会,县主要领导或分管副县长担任主任,县农牧局局长担任常务副主任,县财政局、建设局、国土局、科技局、发改局等主要负责同志担任成员,管理委员会负责政策制定、项目管理、资金投放、基础设施建设、组织协调与监督管理等。各乡镇根据规划定位,结合承担的项目,实行专人负责,层层落实,确保园区建设顺利进行。

3.2 资金保障 逐步建立以政府支持为导向、社会投入为主体、园区自我积累为基础的多元化、多层次投入机制^[3]。县财政每年安排 5 000 万元园区建设专项资金,对科技水平高、产业化经营机制好、辐射带动作用强的农业园区给予贷款贴息,并在促进主导产业发展、带动农民致富方面成绩突出的实行“以奖代补”。创造条件,积极争取各类项目资金对园区建设的支持。县发展改革、财政、科技、农业、水利、林业、扶贫等涉农资金及项目都要向园区倾斜;鼓励和引导农户的土地、劳动力与资金等生产要素,科技人员的技术或专利以入股等形式投资园区建设,效益与股份挂钩;积极招商引资,吸引社会资本参与园区创建,鼓励国内外企事业单位、商户到园区独资、合资或合作开发。

3.3 技术保障 建立以科研部门为基础、企业为主体、政府农技推广部门为支撑的技术创新与推广机制。实行产学研结合,吸纳国内外科研院所入驻,吸纳科技人才创业,联合科研机构和高校的技术力量,聚集项目、引进成果,强化集成创新、成果转化和产业化,提高园区科技研发与应用推广能力。

围绕各乡镇主导产业开发,加强同贵州省内外科研部门联系,聘请高校、科研部门科技人员为技术顾问,实行产学研结合,扎实推进科技特派员、科技人员参与产业发展工作。可以建立贵州省农科院、遵义市农科所与遵义县科技园区主导产业发展互动机制,实行院县共建,科研部门为主导产业培育提供技术支持和研发服务,县级政府部门为科研成果转化与技术示范推广提供便利。技术依托单位(个人)可以采取合同、股份制等各类形式为产业发展提供技术支撑^[4]。

为企业创新提供良好的社会服务环境,加强对企业创新成果保护,在税收、财政补贴等政策提供优惠;鼓励企业建立技术研发中心,加大科技投入,对企业研发创新成果给予扶持,对企业获得专利等增大奖励力度;支持企业承担政府下达的科技计划任务。

依托现有的县-乡镇农技推广体系,培训新型农民和农村技术能手,调动企业、农技合作社(协会)和农民技术推广的积极性,及时把企业创新成果和园区先进适用技术推广到更大范围,提高遵义县农业科技贡献率,以现代农业科技推动全县现代农业产业化建设。

3.4 机制保障

3.4.1 建立政府引导扶持、企业为主体的市场化运行机制。 政府制定园区产业发展规划相关政策,以配套资金、奖励基金等方式对建设重点和方向进行引导和扶持。制定园区发展政策扶持细则,为各主体参与园区建设给以明确的规范与收益预期。政府主要是提供基础设施建设,优化投资环境,做好协调服务,监督管理项目实施,不干涉企业具体经营行为。引入竞争机制,鼓励企业以竞争方式参与园区各项建设。围绕各个具体园区主导方向,依靠企业集群,围绕产业链建立主体企业。园区建设初期以政府投资引导为主,后期可以由县农业局或县投资机构作为园区建设股东代表,参与对园区的建设管理。

3.4.2 建立园区专家咨询队伍。 选聘园区专家咨询队伍,主要由科研、生产、销售、组织管理等方面专家组成,引进高校、科研等部门参与决策咨询,为园区建设提供发展计划、技术指导等相关咨询服务等,提高园区建设管理水平。

3.4.3 探索有效的园区管理模式。 现在园区管理模式主要有管委会制、公司制、承包制。管委会制由农业企业、农业科研院所和地方政府联合组建的管委会或开发公司对园区的建设和发展进行管理。公司制是成立股份制或股份合作制公司来开发和管理园区。承包制是政府建设好园区基础设施后,把园区生产经营设施和项目承包或租赁给企业或个人来经营管理。实践中上述 3 类模式各有优缺点,要综合考虑园区投资主体、经营主体、主导产业、园区目标等多方因素,根据各具体园区的发展定位、建设内容与发展重点,选择较适宜的模式。一般初期以管委会制居多,后期以公司制为主,目标是建立产权明晰、权责明确、政企分开、管理规范、运营高效、充满活力的管理体制机制。

参考文献

- [1] 曾军丽,程鹏. 现代农业园区的发展策略[J]. 安徽农业科学,2011,39(27):17033-17035.
 - [2] 管叔琪,王光宇. 积极推进土地流转,促进农业经营主体创业成长[J]. 农业科技管理,2014(3):64-66.
 - [3] 吴仲珍,杨燕. 铜仁市现代农业园区建设现状及对策[J]. 现代农业科技,2013(9):301-302.
 - [4] 徐胜,周建涛. 现代农业园区科技服务的特点与形式[J]. 安徽农业科学,2013,41(30):12207-12208,12236.
- (上接第 9742 页)
- [8] DONG D, RAMSEY M H, THORNTON I. Effect of soil pH on Al availability in soils and its uptake by the soybean plant [J]. Geochemical Exploration, 1995, 55: 223-230.
 - [9] 王维君,陈家坊,何群. 酸性土壤交换性铝形态的研究[J]. 科学通报, 1991, 36(6): 460-463.
 - [10] JARVIS S C. Forms of aluminum in some acid permanent grassland soils [J]. J of Soil Sci, 1986, 37: 211-222.
 - [11] 黄衍初,曲长菱. 土壤中铝的溶出及形态研究[J]. 环境科学, 1996, 17(1): 57-59.
 - [12] HUME L J, OFSOSKI N T, REYNOLDS J. Influence of pH, exchangeable aluminum and 0.02 mol/L CaCl₂ extractable aluminum on the growth and nitrogen fixing activity of white clover in some New Zealand soils [J]. Plant and Soil, 1988, 111: 111-119.
 - [13] WESSELINK G, BREEMAN N V, MINDER J, et al. A simple model of soil organic matter complexation to predict the solubility of aluminum in acid forest soils [J]. European J of Soil Sci, 1996, 47: 373-384.