

# 气雾栽培模式及其在不同领域的应用

徐伟忠 陈银华 曹鹏飞

(浙江省丽水市农业科学研究院,浙江丽水 323000)

**摘要** 气雾栽培是当前无土栽培技术中倍受人们关注与生产青睐的新技术,因具有对植物强大的生长促进性和生产上的工厂化可复制性,成为新时代新农业之新宠。各大科研院所及企业都纷纷开始投入研究与应用,以实现产业升级与科研转型。对产业来说,气雾栽培的高效化与工厂化是实现可控化与量化生产的重要技术手段;对科研者来说,气雾栽培是研究植物生理、生化、表观遗传、形态构建、生态适应性及矿质营养等最佳的精准化平台。本文详细介绍了科研及观光模式的气雾栽培、低成本模式的气雾栽培、高效化产业模式的气雾栽培、山地模式的气雾栽培和适合都市环境的气雾栽培等,以期为推进气雾栽培在不同领域的应用提供参考。

**关键词** 气雾栽培;梯架式;立柱式;沟槽式;桶式;钢构树式;仿雕树式;拱式;管道式

**中图分类号** S317 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)09-0129-05

气雾栽培的实用化研究已有十多年的历史,在我国表现出巨大的社会效应与商业效应,将成为当前蔬果及种植业转型升级与创新驱动;较常规与经典无土栽培更具实用性和高效性,更具普及推广性。栽培模式的应用研究虽然不是该技术的关键,但对产业的促进与推动作用较大,人们可以应用不同模式构建符合自身生产与科研需求的硬件设施,能为生产带来高效性及便利性。任何技术模式都是在生产实践与科研探索中发展,气雾栽培也不例外。从最早的蔬果雾培到现在涵盖几乎所有植物的雾培实践,从最初的温室设施雾培到现在的露天及都市环境的应用,从平原到山地,从沃土到贫瘠的荒地盐碱地,从气候宜人地区到环境恶劣的孤岛及沙漠,从生产性到观光科普综合功能的融入,这些环境气候、生产目的及投资成本等元素的改变演变出多类型与模式的创新适应。适合的模式可以降低成本,更利于植物生长、工作效率的提高及产业化、商业化的推广应用。因此,对应用模式的探索研究及灵活应用对于科研和生产意义重大。

## 1 气雾栽培

气雾栽培发明于20世纪40年代,由美国航天航空局为了解决和平号空间站上作物栽培而发明。用超声波雾技术可以在失重情况下为植物根系提供水肥,通过超声波高频(1.7~2.4 MHz)震荡,使水变成1~5 μm的超细颗粒,使肥水呈云雾状缭绕,令根系处于雾气中而获取水肥。这种方式有效解决了失重状态下植物的肥水供给问题,而且这种原理形成了气雾栽培的U形<sup>[1]</sup>。该模式没有营养液循环的管道系统,雾的发生与回收在同一根域环境空间内完成,构建简单,只需于塑料箱内安装一超声波雾化头即可,箱底盛营养液,通过高频震动直接产生雾气供给根系,目前也用于容器式的室内栽培。该模式因雾气为超细雾,而温室设施内蒸发量大,超声波雾常出现供水不足的现象,故适合在蒸发量少的室内种植。

## 2 气雾栽培的科研及观光模式

### 2.1 玻璃箱槽式气雾栽培

在科研上经常会遇到根系根构、根系形态及生理、根瘤菌、地下块茎、地下根茎等与根系相关的研究,为了方便观察记录及对比,构建一种以玻璃为材料的玻璃箱槽式气雾

培,可以在不挪动植株的情况下非常方便地进行根系的观察记录与拍摄,完成相关科研工作,获取更真实准确的观察结果<sup>[2]</sup>。根据所研究植物的根系发达程度构建与之相适应的玻璃槽或箱,再于箱或槽外安装方便拉动的窗帘式避光黑布,可以为根系营造黑暗的生长环境,也方便科研操作,具体见图1(a)。

### 2.2 分根式气雾栽培

在果树的需肥特性研究上,传统土壤栽培的果树很难进行精准化的研究分析,可以采用分根法气雾栽培,实现果树固定根与吸收根的分开管理。原生于土壤中的根系起到固定作用,从土壤中拔离分出部分根系,引入预埋的气雾桶中,通过一段时间的根系弥雾,诱导催生出大量气生根,形成的气生根根系将作为果树主要的肥水吸收渠道,通过对供液成分的精准化研究与分析,确定果树不同阶段的需肥特性及缺乏症机制,为肥水的科学管理提供依据。采用该方式可以对果树所需矿质元素的种类、比例、浓度进行精准化分析研究,解决了土壤中研究干扰因子多、无法获取准确数据的问题。

分根雾培的构建方式一般采用埋桶法,即在原果树树冠的下方,用打洞机开设1个能埋设塑料桶或铁桶等容器的孔洞,再于桶内安装弥雾,或在单树研究时可以用超声波雾化头震动供雾。操作时,先拨开贴近桶的土层,理出部分根系,并对理出的根系进行适当的短截处理,再把根系引入雾化的桶中,以催化形成大量气生根。当发达的气生根形成时,就完成了分根雾培研究系统的构建,具体见图1(b)。

分根雾培法除了用于果树等经济树种需肥特性的研究外,还可以用于实际生产,其在生产上的应用意义更大。对于山地果树缺乏灌溉的缺水地区,采用分根雾培可以实现省水灌溉,不会造成果园喷灌与漫灌导致的大量水资源浪费;对于果树或其他经济植物阶段性发育的不同需肥特性,可以通过精准的营养液配方调整得以实现;一些土层薄而贫瘠的荒坡或者盐碱地、荒岛、沙漠地区,可以通过分根雾培法解决肥水供应问题,克服不适环境导致的生长障碍。采用此种方式在任何土壤环境下都可以进行果树或经济植物的栽培;同时,通过分根雾培法的改造,原植株的土壤根系发挥固定根的功能,所有肥水都通过埋桶中的根系雾培吸收,省去了中耕除草、施肥灌溉等许多管理工作,是实现果园省力化管理的重要技术措施。

**基金项目** 浙江省科技计划项目(2017C02023)。

**作者简介** 徐伟忠(1971-),男,浙江丽水人,硕士,高级农艺师。研究方向:设施农业。

**收稿日期** 2019-01-25

### 2.3 钢构树气雾栽培

田园综合体提出了休闲农业、循环农业、创意农业三大理念,为现代农业园区建设提出了总要求,农业不仅具有生产功能,还具有科普观光与休闲功能。为了充分发挥上述功能,一种新型的果树栽培模式应运而生,即钢构树气雾栽培<sup>9</sup>。该模式具有以下几方面特点:采用钢结构作为果树生长的模型与支撑,可以达到果树冠层篱壁化的整形效果,有利于果树品质的改善提升;所有果树枝或蔓采用绑缚的方式固定于钢构树曲面上,可以起到强大的抗风雨效果,特别是南方多雨及强台风地区,常因风雨侵袭果园而导致树摇枝伤叶破、病害暴发,利用钢构树绑缚栽培,可提高抗风性、减少病害;果树冠层的曲面化、平面化生长,可改善通风与光照条件,没有传统栽培树冠的上层果与内膛果之分,果实生长发育均匀且糖度高,有利实现高糖、高品质栽培;大型的钢结构树起到了“占天不占地”的效果,地面空间可以发挥其他功能,让园地得以更充分的利用。

钢构树气雾栽培构建及栽培时,钢构树一般选形状为世博轴式的巨伞形,如朝天的大喇叭;采用钢管进行三角结构的曲面构建,充分发挥整体张拉力学特性;在生产上常用的冠径为6~8 m,高度为4.5 m,钢构树基座直径一般为1.2~2.4 m,基座采用水泥喷浆法构建根系生长的雾化空间;单株树覆绿面积为28~50 m<sup>2</sup>,钢构树栽植密度为180~300 座/hm<sup>2</sup>,占地面积减少,地面空间可全部用于其他用途或耕作,不与果树间产生肥水竞争,可实现土地的高效利用,见图1(c)。常规的果树采用钢构树栽培,需较长的时间覆盖整个钢构树曲面空间,采用气雾栽培后可以结合多树丛植的方式来实现树冠的快速覆绿与丰产,因气雾栽培从植与土壤从植不同,植株间不会产生肥水竞争,丛植的植株可以达到相同的生长效果。该模式可以用于当前观光园建设,也可以用于高品质果园建设,是生产与观光上兼可应用的新模式;可以减少果园管理用工,提升果园观光采摘的商业价值,是一道亮丽的田园景观。对于热带水果的种植,钢构树冬季还可以套覆塑

料膜保温,是一种多用途的果树栽培创新模式。

### 2.4 转盘移动式气雾栽培

气雾栽培是一种新型栽培模式,极具科普与观光价值,为了直观表现雾培技术的相关特性,一些观光科普园则采用转盘移动式气雾栽培模式,见图1(d)。它由环形的种植槽、转盘的转动装置和摇臂组成,栽培的植株固定悬吊于转动的臂上。环形的种植槽为非闭环设计,一部分全裸露,转动时方便观光者观察到发达的气生根及植株整体,起到直观全面了解的观光、科普效果。

### 2.5 雕塑树式气雾栽培

无需基质与水流动的气雾栽培,可以在任何条件与环境下耕作,是空间化农业的重要技术手段;应用于园林绿化美化及都市造景上,更能彰显其魅力。雕塑树式气雾栽培,是仿真雕塑树技术与气雾栽培有机结合的创新模式,见图1(e)。雕塑技术可以获得逼真的中空树干效果,可以在内空的雕塑树干内安装弥雾系统,让植株定植于树干与树枝上,实现快速覆绿的巨树效果;与传统的大树移栽相比,成本大大降低,而且达到同样的净化空气与城市绿荫效果。雕塑树可以灵活实现百年、千年老树的效果,而且结合气雾培技术后可以创造出真实的枝叶覆绿效果,是未来巨树绿化的重要替代技术。

### 2.6 厢房式气雾栽培

气雾栽培发达根系的展示除了上述几种模式外,还有体验性更强的模式,即观光者可以进入根系的空间环境中观光。这种模式的构建必须建设一个类似厢房的大空间以供根系生长,人们可以进入雾室体验与观光。而优化的根雾室还可以安装调控设备,如空调,为根系创造最佳的温度环境,发挥植物巨大的潜能。笔者采用该技术栽培出单株担挂百余果的甜瓜,见图1(f)。

### 2.7 克隆植物式气雾栽培

自然界生态群落中最为常见而高大的克隆植物要数南方毛竹,可以通过地下茎鞭无限克隆生长。毛竹通过地下茎



注:a为玻璃箱槽式雾培,b为分根式气雾栽培,c为钢构树气雾栽培,d为转盘移动式气雾栽培,e为雕塑树式气雾栽培,f为厢房式气雾栽培,g为克隆植物式气雾栽培。

图1 气雾栽培的科研及观光模式

实现单体毛竹间的整体生理协调,发挥生理整合的优势,当地下茎鞭遇到不适的土壤环境时,可以由地下茎鞭输送营养及水分,甚至在石头缝隙中都可以长出毛竹,这就是克隆植

物种群在生理整合后对于环境适应的体现。从理论上来说,克隆植物的寿命可达千年甚至更长。而普通树木类或瓜果的生长与克隆植物不同,其位置是固定、不可迁移的,不会如



毛竹根鞭一样不断延伸拓展;另外非克隆植物对环境的适应性会因局部资源的耗尽而淘汰(如连作障碍),不会如克隆植物可以跨越不适区块,实现种群扩张,面对自然选择时被淘汰几率增大。目前的水果与瓜果生产都是以独立的单株存在,每一植株的根系相对独立,没有形成生理整合,个体长势差异较大。

非克隆植物从起源来说也是由克隆植物进化而来,故从基因角度来说,每种非克隆植物都具有克隆繁殖与生长的本能,只要环境满足都可以重新被诱导。但从栽培角度来说,为了快速实现非克隆植物的克隆栽培,非克隆植物一旦采用不断高空压条诱根及雾喷供液后,其生长根量会不断扩大,而且枝端与根系的距离不会因树体扩大而增加,可以构建高效的肥水供应机制,而且每克隆单元之间整体性贯通,与自然克隆植物具有同样的生长机制与代谢模式,见图1(g)。笔者10年前曾在气雾栽培南瓜上进行了尝试,采用挂桶压蔓催根方式栽培,随着藤蔓生长不断挂桶催根供液,栽培出单株覆盖面积60 m<sup>2</sup>、单株产量250 kg的南瓜树<sup>[4]</sup>,目前该技术已在巨型番茄树、红薯树以及果树上开始生产及科研应用。

### 3 气雾栽培的低成本模式

#### 3.1 桶式气雾栽培

桶式雾培采用塑料桶或者自制的铁丝网围桶作为根系的根雾室<sup>[5]</sup>。桶式气雾栽培具较大的根系发育空间,适合一些株型较大的瓜果或者果树类的气雾栽培,如番茄树、黄瓜树、西瓜树等无限生长型瓜果的树式栽培。桶式气雾栽培具有建造简单及实用的优点,可以在生产或者都市阳台上应用,见图2(a)。自制雾培桶成本低且实用,用铁丝网围成圆桶式,内铺防水布外包覆黑白膜,再加圆形顶盖即成;如果选择塑料桶作气雾培,通常采用塑料化工桶改装而成,于桶底开设回流孔、桶盖开设定植孔即可,见图2(b)。

#### 3.2 拱形气雾栽培

该模式受水稻育秧的小拱棚启发,利用竹片或者PVC电工套管制作成拱形架,并于小拱架上覆盖能阻挡光线的黑白膜,植物就栽培在拱形的两侧,见图2(c)。拱形模式能创造较大的根系气雾空间,适合较大株型的瓜果番茄吊蔓栽培。拱形气雾栽培因具较大的根雾空间,拱内雾化效果好,而且使用的喷头数量也相对较少,具有建造成本低的优点。

#### 3.3 沟槽式气雾栽培

沟槽式气雾栽培分为沟式与槽式2种。沟式就是在田中开沟,按照所栽培植物的株型与根量大小确定沟的尺寸,一般宽为0.6 m、深为0.4 m,开沟后于沟内铺设防水布,再安装雾化系统并扣置定植板即成。开沟模式为地下式或半地下式,有利于根系生长环境温度的相对稳定,沟式气雾培适合果树、瓜果及茄果类等经济植物的气雾种植,见图2(d)。槽式则为地上式,可以建砖砌的水泥槽,较具永久性,内置安装弥雾即可;也可以用角钢建成槽框,并用挤塑板扣合而成,大多数用于瓜果与番茄类栽培,具有建造速度快成本低的优点,见图2(e)。

#### 3.4 箱床气雾栽培

箱床式气雾栽培分为箱与床2种模式。箱式可以用塑料箱、泡沫箱、木箱或者采用角钢与栽培板材料建成的大型箱体,于箱体表面开设定植孔种植各类植物,见图2(f)。床式即建成就地苗床式或者高位苗床式,就地苗床式一般用于气雾培育苗;高位床式则采用钢结构焊接成一定尺寸的高位种植床框架(通常宽1.2 m、长2.4 m),并用板材、塑料板、挤塑板等材料扣建而成,见图2(g),可以用于阳台菜园建设,也可以用于单株番茄树种植。虽然床内采用喷雾方式供雾,但大多数根系或者根垫浸泡于流动水中,为水气培模式,因而即使偶遇停电也不会对植株造成伤害,适合阳台及生产上应用。



注:a、b为桶式气雾栽培,c为拱形气雾栽培,d、e为沟槽式气雾栽培,f、g为箱床气雾栽培。

图2 气雾栽培的低成本模式

### 4 气雾栽培的高效化产业模式

#### 4.1 塔式气雾栽培

塔式气雾栽培是早期气雾栽培生产上应用较为广泛的模式,采用钢架制作成支撑架,再于钢架外扣合挤塑板而成,见图3(a)。一般生产上常用的塔架底宽为1.0~1.2 m,斜面

为1.5~1.8 m,利用率提高了3倍,通常用于叶菜、药草类等小株型植物的气雾栽培,也可以进行瓜果、叶菜套种栽培。该模式的缺点是塔尖处常会出现弥雾死角。

#### 4.2 梯架式气雾栽培

梯架式是塔架式气雾培的改良与发展,是当前蔬果气雾

培工厂建设的主导模式,同样采用管材制作梯形支撑架,架底宽1 m,斜面1.5 m,上梯面宽0.4 m,梯架上方可以用于瓜果套种。梯架雾培解决了三角塔架顶处易出现弥雾死角的问题,同时梯架的上梯面更便于瓜果类大株型作物的套种,是当前应用最广泛的模式,见图3(b)。

#### 4.3 立柱式气雾栽培

立柱式气雾栽培具有占地面积小、空间利用率大的优点,适合观光园或狭小的阳台空间使用。立柱雾培因建造材料的不同,又分为PVC管立柱培、波纹排水管立柱培、泡沫柱雾培、立柱钢架结合挤塑板扣合的六面柱体雾培。立柱式气雾栽培的雾培柱高低与直径可以根据用途场地及栽培的植物灵活运用,见图3(c)(d)(e)(f)。

#### 4.4 塔锥式气雾栽培

塔锥式气雾栽培采用三角多面体组成锥形,该模式光照充足,根系环境雾化充分无死角,适合草莓等喜阳小株型植物的栽培,其光照优于柱式、塔式、梯架式气雾栽培,见图3(g)。

#### 4.5 日光温室北墙的垂面式气雾栽培

北方日光温室的北墙光照充足,可改造成垂面雾培以提

高空间利用率,改造的方式有斜面墙与垂面墙2种。斜面墙建设即于后墙垂面的基础上扣建一直角塔架,直角边钢架紧贴后墙垂面,斜面用于扣板种植。简单来说,垂面墙式气雾培就是于垂面处创造一雾化的夹层空间,内置弥雾即成,见图3(h)。

#### 4.6 “X”架式“V”槽式气雾栽培

“X”架“V”槽雾培是一种新型空间利用模式,通过“X”钢架构建双层的耕作空间,上层“V”架底处用扣板扣建成“V”形雾培槽,见图3(i),支起的下方空间建成平床式苗床,用于平床栽培或者基质床育苗。在生产上,一般上层“V”槽用于果树或瓜果雾培,下层平床用于无土育苗;也可以于上层“V”架处架设管道,进行管道化雾培利用,见图3(j)。

#### 4.7 适合果树的“V”槽篱壁式气雾栽培

该模式是瓜果与果树“V”形篱壁架栽培与“V”形槽雾培的结合,“V”形架用于瓜果及果树枝蔓的绑缚,构建成壁式树体管理模式。这种树体整形管理模式通风良好、光照充足,有利于高品质栽培,再结合“V”形基部的雾培槽,形成种植与整形一体化的雾培架式,见图3(k)。如果在“V”架上再组



注:a为塔式气雾栽培,b为梯架式气雾栽培,c,d,e,f为立柱式气雾栽培,g为塔锥式气雾栽培,h为日光温室北墙的垂面式气雾栽培,i,j为“X”架式“V”槽式气雾栽培,k为适合果树的“V”槽篱壁式气雾栽培。

图3 气雾栽培的高效化产业模式

合避雨棚建设,则形成避雨雾培篱架一体化的设施新模式,是未来果业发展的重要方向。

### 5 气雾栽培的山地模式

#### 5.1 避雨防虫立柱雾培

该模式是立柱雾培的发展与变种,与设施温室内的立柱不同之处就是于立柱上增加伞式避雨罩及防虫网围网,每个立柱相当于一个相对独立的闭锁小环境,同样可以达到防雨淋及防止虫入侵的效果,见图4(a)。该模式适合无法建设温室的山地使用,其优点是适应性强,特别适用于荒坡地的开发利用,具投资省、实用的特点,见图4(b)。

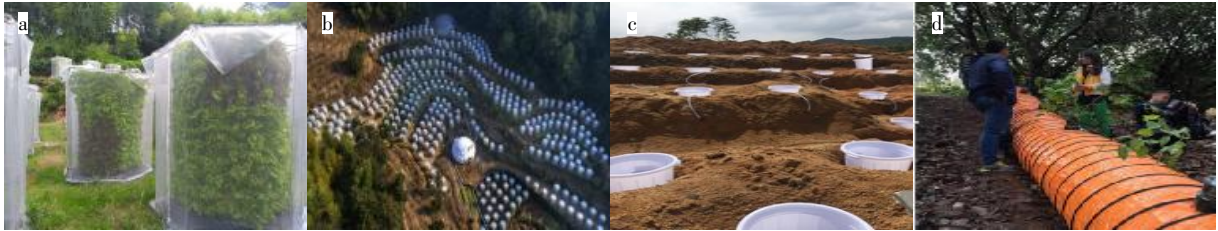
#### 5.2 洞桶式气雾栽培

该模式主要用于山地果园的开发利用,以解决山地果园管理(除草、施肥、灌溉)用工量大的问题,达到省肥、省水、省工的管理效果。洞桶式气雾培即于需种植处用打洞机开洞埋桶,见图4(c),并构建营养循环系统。采用该模式不受土壤因子局限,在任何荒坡及盐碱地上都可以建设果树生产基地,实现营养液配方的精准化管理,有利于果品品质的提高及树体长势的平衡调控。此外,采用该模式后可以实现生草栽培,果树与草之间形成相生相克的生态协同作用,可以减少病虫害危害。



### 5.3 伸缩管式气雾栽培

柔性的伸缩管对坡地地形变化具较好的适应性,而且方便施工与构建营养液循环系统,可以利用原生态的荒地 with 林地进行耕作系统构建,只需按照山坡走势纵向铺设伸缩管,见图 4(d),内置弥雾装置并于山脚建设营养液池构建循环系统。铺设安装伸缩管后,为了减少外界气温对根系环境的影响,可以采用培土或覆草的方式埋设伸缩管。该模式可以在不破坏原生态的条件下植入新的管道耕作系统,是一种山地雾培的创新模式,可用于林下药用植物栽培及坡地瓜果作物生产基地的建设。



注:a、b为避雨防虫立柱雾培,c为洞桶式气雾栽培,d为伸缩管式气雾栽培。

图4 气雾栽培的山地模式

物,可以起到良好的生态修复及多样性构建作用,创建出一片架设于林冠的空中果园,实现农林复合耕作协同共生。

## 6 适合都市环境的气雾栽培

### 6.1 倒挂式气雾栽培

对于狭小的阳台空间,可以利用倒挂雾培方式,即采用挂桶式或者管道高架式,或者建成类似可升降的晾衣系统,以充分利用阳台空间,见图 5(a)。

### 6.2 屋顶果园的 PVC 管气雾栽培

屋顶果园的传统构建都是采用盆栽法或者搬土耕作,存在搬土工作量大、屋面承重增加等问题,由于夏日屋顶蒸发量大、土层浅且无毛细管保墒效应,导致浇水管理用工大,消耗大量城市自来水资源,故当前国内屋顶森林或屋顶果园的建设较少。大多数屋顶用于种植耗水量少、土层需求薄的蔬菜与耐旱绿植。采用 PVC 管雾培系统,可以轻松构建屋顶果园,因为 PVC 管不存在承重问题,任何屋面都可利用;而且是封闭的养液循环系统,用水量只需传统屋顶果园的 5%~

### 5.4 树杈悬吊式气雾栽培

该模式是一种林地生态空间的新型利用方式,无需耕地,只需空间、阳光及水分,在任何林地生态环境条件下都可以构建耕作系统。一些退化的山坡林地采用树杈挂桶雾培方式,重新构建林地生态多样性,在起到生态优化与修复作用的同时,利用林冠顶层充足的阳光,实现藤蔓类经济植物的攀冠生长,如猕猴桃、三叶木通、山葡萄、五味子等特色水果。特别是南方早年发展的大面积松林,由于未进行针阔混种,导致生态多样性破坏与松毛线虫暴发,出现大面积死株。通过树杈挂桶雾培这种非破坏构建技术引入阔叶类植

10%<sup>[6]</sup>,当然也可以用于瓜果、茄果等经济植物的栽培,见图 5(b)。

### 6.3 层架式 LED 补光的植物工厂式气雾栽培

对于都市地下车库或者废弃厂房,可以采用室内人工 LED 补光技术,构建层架式气雾栽培系统;系统由超市货架、气雾种植床、弥雾系统、补光系统与控制系统组成。该模式与传统水培式植物工厂相比,适合栽培的品种更多,极大地丰富了都市室内农业的可耕作品种。室内系统的优点是没有任何病虫害,甚至生产出免清洗蔬菜,可以充分利用都市一些闲置的空间,生产出蔬、果、药、花等产品,以满足人们高品质与安全的需求,见图 5(c)。

### 6.4 室内绿植的墙面雾培

采用雾培系统可以将建筑物的内外墙作为耕作场所,采用垂面雾培方式进行都市建筑表面的绿化美化或者农业耕作;甚至在建筑设计时将计划种植的墙体构建成内夹层空间,作为根雾空间与建筑设计融为一体,这也将是未来第四



注:a为倒挂式气雾栽培,b为屋顶果园的 PVC 管气雾栽培,c为层架式 LED 补光的植物工厂式气雾栽培,d为室内绿植的墙面雾培。

图5 适合都市环境的气雾栽培

代生态建筑研究的重点与方向,见图 5(d)。

## 7 不同模式的综合应用为未来泛耕作提供技术支撑

所谓泛耕作就是指无处不在的耕作,这是气雾培最大的技术优势,未来不管是沙漠、荒岛、盐碱地、荒坡地、山地、平原、湖面、都市阳台、屋顶、庭院、广场、建筑物表面、室内墙面等任何场所及空间都可以构建雾培耕作系统。

通过多种雾培模式的综合利用,可有效解决城市发展 with 耕地减少之间的矛盾,达到失地不失耕的效果;利用雾耕承重的特点,构建水上漂浮农场,可使我国大量水域面积成为水上耕地;在生态环境恶劣、无法耕作的地域,也可利用雾耕技术解决极地、海岛、高山、沙漠、盐碱等非耕地环境下

(下转第 137 页)

单位的工作积极性降低。二是宣传教育工作不到位。部分工作人员对于补偿政策不了解,存在群众对自己的林地被纳入公益林范围不知情等情况。三是生态公益林的管护费用较高。由于部分生态公益林的区位界定不明显,导致管护工作分散、费用较高。四是执法部门力度不够。缺乏适用性和针对性较高的法律和法规,《森林法》中的处罚条例不适用于公益林,对于已经破坏的林地,执法力度较低、各地处罚标准不一等,导致执法力度不够。五是林分质量较差。生态公益林的功能因绿植种类的均衡性差而降低,商品林产权不够明确,滥发、砍柴、放牧等常见的人为活动破坏了生态公益林的质量。

#### 4 生态公益林的经营管理措施

##### 4.1 完善法律法规体系

完善相关法律法规体系,使生态公益林的建设步入法制化道路,确保在公平、公正、高效的原则下,利用法律手段,建立完善的生态公益林管理和奖励机制,对破坏生态公益林的个人或单位,要追究赔偿责任,加以严惩。

##### 4.2 加强生态公益林护林队伍建设

加强护林队伍的建设,目的在于加强对生态公益林的保护和管理。因此,要明确护林人员的工作和责任,建立出勤考核制度,实现量化式母包考核制;对于护林员的聘用、工资发放、考核绩效等,全面实施林业部门动态监管;建立完善的森林资源管护系统,加大人才引进力度,壮大专业护林队伍的建设。

##### 4.3 实现多样性的生态补偿形式

生态补偿形式的多样性建设,是以生态公益林的不同采伐年龄、采伐方式,按照融合极差补偿制度来实现的。补偿费用要与林业保护级别成正比,科学合理地进行林龄划分,

(上接第 133 页)

的生产生态问题;还可以使农耕技术进入室内,在居室内利用雾培技术进行墙面的覆绿装修或者构建层架式补光型雾培蔬菜工厂,足不出户就能收获安全、绿色、免农药的蔬果产品。人们在工作之余可以将其作为园艺体验,让雾培耕作成为人们生活中的休闲体验元素。雾培技术不需要高强度体力劳动,各年龄段的人都可以参与管理,是所有人都可以介入的生产、生活、生态元素。此外,雾培技术更是解决当前农业生产环境污染、生态危机及可持续发展问题的重要利器与替代技术,具有广阔的市场空间与发展前景。

(上接第 134 页)

##### 2.5 林业开发有利于我国社会主义新农村建设

林业作为国家重要的基础性产业,在维护粮食安全和国家木材安全方面有着重要作用。林业产业基地多在山区,随着林业改革的实施和推进,林业开发对于我国社会主义新农村建设的作用越来越重要<sup>9</sup>。山区有许多农民面临着就业问题和生活压力,发展林业产业能够解决当地农民的就业问题,让农民在发挥社会价值的同时提高经济效益。

#### 3 结语

综上所述,林业产业既是生态安全的有力保障,也是生态保护工作中的主体,是大自然与人类和谐相处、共同发展

为生态公益林的可持续健康发展提供科学依据。

##### 4.4 提高建设生态公益林的积极性

提高建设生态公益林的积极性,是对资金利用最大化的体现。以生态公益林的配套补偿金等形式发放给生态公益林所有者,加大建设阳光工程,鼓励人口迁出,并为其解决好后顾之忧。

##### 4.5 加强领导工作指标的考核

考核领导工作指标,充分发挥林业上级部门领导的职能作用,规范创新机制,推进生态林管理水平的提高,在保障质量的同时维持并提升生态公益林的数量,对领导任职期间的考核指标进行综合评估,加入森林覆盖率、生态公益林建设面积等指标<sup>5-6</sup>。

#### 5 结语

生态公益林的建设 and 稳定发展,是改善生态环境的重要环节,不仅关系着国土生态安全,而且对经济社会可持续发展、生态环境改善以及物种多样性保护有着极其深远的影响。而生态公益林是一项长期而艰巨的工作,需要各行业、各部门以及广大社会群众的共同努力,实现生态效益和经济效益的平衡共赢。

#### 6 参考文献

- [1] 李秀花.生态公益林管理中存在的问题及管理机制探讨[J].黑龙江科技信息,2014(26):267.
- [2] 叶新伟.我国生态公益林管理存在的问题及对策[J].南方农业,2016(11):55-56.
- [3] 陈琳.生态公益林管理建设现状和经营管理对策[J].林业科技情报,2018,50(2):22-25.
- [4] 李立初.生态公益林管理浅析[J].南方农业,2017,11(36):37-38.
- [5] 严会超.生态公益林质量评价与可持续经营研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [6] 栾奎志.浅谈木兰县国家重点生态公益林资源现状及经营建议[J].林业科技情报,2012(2):32-33.

#### 8 参考文献

- [1] 徐伟忠,杨连成,邓卫杰,等.现代耕作新技术:气雾栽培[M].北京:中国农业大学出版社,2016:2.
- [2] 徐伟忠,苏朝安.蔬菜工厂:芽苗菜智能化栽培技术[M].北京:台海出版社,2006:201.
- [3] 徐伟忠,陈银华,林伟洋,等.鸟巢温室开发与利用[M].北京:台海出版社,2014:91.
- [4] 徐伟忠,王利炳,章金栋,等.简易设施下巨型南瓜树的水气培研究[J].安徽农学通报,2006(12):57-59.
- [5] 徐伟忠,王利炳,詹喜法,等.一种新型栽培模式:气雾培的研究[J].广东农业科学,2006(7):30-33.
- [6] 徐伟忠,杨连成.蔬菜气雾栽培实用技术[M].北京:解放军出版社,2016:248-253.

的纽带,对于人类生存和国家经济发展有着重要意义。因此,在林业开发的同时做好生态保护工作,可为国家和人类的可持续发展提供必要的保障。

#### 4 参考文献

- [1] 王俊雁.浅析林业开发与生态保护之间的关系[J].中国农业信息,2014(12):138-138.
- [2] 陈升芳.探讨林业开发与生态保护的关系[J].花卉,2017(12):117-118.
- [3] 孙成明.论林业开发与生态保护的关系[J].大科技,2015(21):182-183.
- [4] 邓发真.论林业开发与生态保护的关系[J].现代园艺,2014(14):168
- [5] 兰仁斌.浅谈现代林业生产与林业保护的关系[J].农业与技术,2018(8):175.