

地中海地区节水高效设施农业及其对我国干旱半干旱地区农业发展的借鉴

赵尊练, 严小良

(西北农林科技大学)

摘要: 近几十年来,地中海地区由于气候、市场、能源、交通等自然、社会、经济因素的共同作用,形成了规模较大、分布较为集中、生产技术水平较高的节水高效设施农业,已经和正在为这一地区的社会、经济发展产生巨大的推动作用。我国广大干旱半干旱地区在自然、气候等方面与地中海地区有若干相似之处,如淡水短缺、光照充足、能源丰富等。借鉴地中海地区的成功经验,引进、消化、吸收该地区的先进、实用技术(如设施温度和光照控制技术、设施气体调控技术、节水灌溉及定量施肥技术、低毒、高效及无公害植保技术等),将对我国西部干旱半干旱地区农业的快速、持续发展有一定的促进作用。

关键词: 地中海地区; 节水灌溉; 设施农业; 干旱农业; 中国

中图分类号: S316; S274.3; S62

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)02-0012-06

1 引言

地中海地区受副热带高压带和西风带季节性交替控制,形成了典型的地中海气候,即夏季炎热干燥、冬季温和多雨,决定了该地区光热资源丰富、淡水资源缺乏。加上欧洲等地市场的拉动,以及能源、交通等社会经济因素的推动,20世纪60年代以来,该地区形成了规模较大、相对集中、特色明显的节水高效设施农业群体,这一群体在规模、技术水平、经济效益等方面均处于世界领先或先进水平。

1999年,笔者应以色列农业部邀请赴以进行高效设施农业方面的合作研究,对以色列节水高效设施农业的科研、生产进行了全面考察,并参观了其邻国约旦的部分设施生产;另外,在以色列期间,查阅了大量的关于地中海地区节水高效设施农业的相关资料,对整个地中海地区的节水高效设施农业的发展有了基本的了解。笔者认为,地中海气候决定了地中海地区干旱、半干旱的基本特征,这一地区在自然条件、气候因素等方面与我国广大干旱半干旱地区有许多类似之处。他们在发展节水、高效、设施农业方面的许多成功经验可以为我国干旱、半干旱地区农业及农业产业结构调整提供有益的借鉴^[1-8]。

2 地中海地区节水、高效设施农业发展的自然和社会经济基础

大约从20世纪60年代初开始,地中海地区的高效设施农业以每年2000hm²左右的速度递增,到20世纪90年代中期,仅温室和中棚的面积已达80000多hm²^[9-16],形成了一个巨大的产业,这一产业的形成在很大程度上依赖于其自然和社会经济基础。

2.1 自然基础

2.1.1 光热资源丰富

光热资源丰富是地中海地区发展高效设施农业并获取利润的重要因素。在地中海地区,绝大部分区域年日照时数在3000h以上(我国的格尔木为3070h,乌鲁木齐为3100h,成都为1228h)^[17,18],除此之外,太阳辐射强度也显著高于其它地区(表1)。

表1 地中海地区不同地点的太阳辐射^[14,17,18]

Table 1 Solar radiation in different parts of Mediterranean
W · (m² · d)⁻¹

观测点及纬度	12月	3月	6月	9月
Casablanca(摩洛哥) 34°N	2320	4350	6400	5225
Ierapetra(希腊) 35°N	2380	4450	7950	6050
Monastir(突尼斯) 36°N	2205	4000	6600	4750
Ameria(西班牙) 37°N	2320	4400	7375	5275
Gela(意大利) 37°N	2145	4300	7200	5400
Toulon(法国) 43°N	1625	4050	7250	4875
Brussels(比利时) 51°N	405	2375	5350	2500
对 西 宁(中国) 37°N	2778	4839	6481	4815
银 川(中国) 38°N	2509	4570	6759	4907
照 张 掖(中国) 39°N	2599	4749	6759	5093
吐 鲁 番(中国) 43°N	1703	4211	6481	4907
若 羌(中国) 39°N	2330	4391	6759	5370

2.1.2 淡水资源短缺

地中海气候决定了这一地区淡水资源的极度短缺,地中海南岸地区年降雨量为100~250mm,而大部分地区年农田蒸发量在1000mm以上;地中海北岸的广大地区年降雨量在500~700mm之间,但日平均气温15℃,期间的降雨也仅有100~250mm,而年农田蒸发量在1000mm左右^[15,17],以色列境内死海(Dead Sea)的形成就是这一地区降水与蒸发严重失衡的作用。也正是淡水资源的短缺促使了这一地区节水设施农业的发展。通过节水设施栽培,一方面可以在冬季进行生产以便对冬季的降雨进行有效的利用,因为地中海地区的降雨主要集中在冬季,而冬季的外界温度不适合大部分喜温作物的生产,通过设施栽培可以有效地解决这一

收稿日期: 2002-08-28 修订日期: 2003-01-20

基金项目: 农业部“948”项目(2001-218); 杨凌示范区科技专项(99KG03)

作者简介: 赵尊练(1960-),男,硕士,副研究员,园艺学院副院长,陕西省园艺学会秘书长。陕西杨凌 西北农林科技大学园艺学院,712100



问题,同时,许多温室都配备有大型的雨水收集设施,可以对冬季的降雨进行收集以供旱季使用;另一方面,高温季节,设施内的植物蒸腾会显著减少(耐寒作物在设施内的蒸腾量相当于露地的70%,番茄在设施内的蒸腾相当于露地的50%^[14]),从而大大提高淡水资源的利用效率。

2.2 社会经济条件

2.2.1 市场巨大、交通方便

一方面,欧洲及周边地区的巨大市场是这一产业生存和发展的基础之一,尽管欧洲的一些地区(如荷兰等)在高效设施农业方面也有较大的规模和很高的水平^[2,3,16],但由于地中海地区在气候方面的明显优势(表1),使得地中海地区的产品在欧洲具有较强的竞争力并占有较大的份额(特别在冬春季);另一方面,地中海地区四通八达的海上运输也是这一产业发展的重要支撑。

2.2.2 能源廉价、易得

地中海地区紧靠中东,中东地区廉价、易得的石油为高效设施农业的发展提供了能源上的保证。在地中海地区,大部分冬季生产的温室通过燃烧重油加温,同时,石油工业为这一产业的发展提供了材料上的保证。

3 地中海地区节水高效设施农业的类型、分布及生产水平

3.1 类型

3.1.1 设施类型

在这一地区,设施类型主要有温室、中棚、小棚及一些简易临时覆盖设施。温室和中棚面积较大,约占总设施面积的60%~70%,且目前温室呈发展趋势,无论哪种设施其覆盖材料几乎全部采用塑料,这是地中海地区设施结构的一大特色^[5,6,14,16]。除温室、部分中棚采用金属骨架外,其它设施的骨架以木、竹等简易材料居多,临时性设施(如意大利南部桃树、葡萄树覆盖)的骨架和覆盖物均较为简易。在上述设施类型中,温室投资相对较高,硬件设施较好,大部分温室能在一定范围内对温度、光照、气体等因素进行调控,生产的产品质量较高,其产品主要用于出口以进入欧洲等发达地区的市场,目前总体经济效益较好;中棚、小棚及一些简易设施生产的产品主要用于国内消费,也有一部分出口到周边发展中国家或地区,总体经济效益与温室持平或略低一点。另外,在大部分地区,生产花卉的设施一般较好,主要因为市场对花卉质量要求较高,如果硬件、软件设施投资、管理到位,其总体效益略高于其他作物。

3.1.2 作物类型

地中海地区高效设施农业种植的作物有番茄、草莓、辣椒、西葫芦、茄子、黄瓜、莴苣、甜瓜、西瓜、石刁柏、康乃馨、玫瑰等20余种园艺作物,但面积较大的只有几种。以设施面积较大的西班牙和意大利为例,在意大利有24种作物,但五种主要作物的产量占总产量的80%以上,它们分别是番茄(29.5%)、草莓(18.5%)、甜瓜(17.7%)、西葫芦(8.5%)、茄子(7.6%);西班牙的几种主要作物则包括甜瓜、西瓜、番茄、辣椒等。番茄不仅

在意大利占有较大的比重,而且在希腊、突尼斯、摩洛哥等也是如此^[5,6,10,14]。

就整个地中海地区的高效设施农业而言,番茄所占比重最大,约占35%~40%,其次为辣椒,约占15%,瓜类作物(黄瓜、西瓜、甜瓜等)位居第三,草莓位居第四^[5,11,14,15]。

3.2 分布

地中海地区的节水高效设施农业在各国发展和分布并不平衡。总体分布情况见表2。

从表2可以看出,冬季温度的高低是影响地中海地区高效设施农业分布的首要因素,法国的普罗旺斯(Provence)、希腊的克里特(Crete)、意大利的西西里(Sicily)及以色列的集中分布区均位于各自国家的南部,冬季温度较高,这一点也间接地证明了地中海地区设施农业在冬季生产的重要性及其比较优势^[9,14];交通条件是影响地中海地区高效设施农业分布的又一个重要因素,地中海地区的高效设施农业大都分布在交通(特别是水上交通)便利的海岛或沿海地区^[5,6,10,14,16,19],以充分利用这里的自然运输优势。

表2 地中海地区高效设施农业分布情况^[5,6,10-16,19]

Table 2 Distribution of protected cultivation in the Mediterranean area

国家	集中分布地区*	温室及中棚总面积/hm ²	主要作物**
阿尔及利亚		4700	
塞浦路斯		200	番茄、黄瓜、草莓
埃及	670		
法国	Provence	10700	豆类、芦笋、甜瓜、草莓
希腊	Crete	4100	甜瓜、西瓜
以色列	South part	2300	甜椒、番茄
意大利	Sicily	21000	西瓜、甜瓜、草莓
约旦		800	
黎巴嫩	Ameria	100	
葡萄牙		2050	
西班牙		21100	甜瓜、番茄、辣椒
叙利亚		100	
突尼斯		1170	番茄、辣椒
土耳其		12800	番茄、辣椒、茄子

* 表中未列“集中分布地区”的即目前尚未形成公认的集中分布地区;

** 表中未列“主要作物”的即目前尚未形成主导作物。

3.3 生产水平

在地中海地区,节水、高效设施农业生产水平因国家或地区的经济发展程度等因素而有所不同,在同一国家或地区也存在着不同的设施结构(如温室、中棚、小棚等)。本文重点对这一地区的温室生产水平予以论述以供我国发展高效农业之借鉴。

3.3.1 环境控制技术和水平

1) 温度控制 目前,地中海地区的温室大都配备有冬季加温设施,加温能源以重油为主,加温方式为气暖(鼓热风)或水暖。除冬季加温外,夏季降温也是这一地区长期探索的难题。早在20世纪60年代这一地区大量发展设施生产时,许多业内人士就断言,夏季(6、7、8月份)为这一地区设施生产的死亡季节(Dead

Season)^[14]。但目前已经可以有效地将夏季高温控制在一定范围之内,主要采用水帘降温系统及遮阳网。

2) 光照控制 光照资源充足是地中海地区的一大优势,但在夏季过强的光照会影响某些作物的正常生产。目前,在地中海地区的温室中,夏季使用遮阳网减弱光强(同时可以降温)已经十分普遍,适于不同季节、不同作物的各种规格的遮阳网比较齐全,且使用十分科学。另外,夏季在温室覆盖物上喷适量的专用涂料也作为降低光强的简易方法而予以采用(因为这一地区夏季无雨或几乎无雨,水溶性涂料不会被雨水冲掉)。

3) 气体控制 目前对气体的控制主要集中在CO₂浓度及空气相对湿度的控制上。利用CO₂钢瓶定量供给气体,同时通过强制空气流动设备促使室内空气流通,通过这两项技术的结合可以比较精确地控制温室内CO₂的浓度。

在冬季,提高温室内温度及尽量减少室内水分蒸发面积是降低温室内空气相对湿度(特别是夜间空气相对湿度)的有效办法;在夏季,水帘系统在降温的同时也会有效地增加设施内空气相对湿度(因为这一地区夏季温室内空气相对湿度偏低是一个主要问题),以满足作物生长的需要。

3.3.2 水、肥供给及控制技术

节水灌溉技术在地中海地区的高效设施农业领域被广泛采用^[20-23],以滴灌技术应用最为普遍,喷灌次之。在某些自动化程度较高的温室内,灌水的时间、频率及流量与温度、空气相对湿度、蒸腾、蒸发量以及作物类型、品种、生长时期等因素通过电脑有机地连在一起,以实现灌水时间、频率及流水量的准确定量和自动控制;在大部分生产性设施内,灌水时间、频率、流量也由电脑控制,但有关其它因素的参数是根据研究结果人为输入的。矿质营养,包括N、P、K、Ca、Fe、B、Mg等多种元素,在绝大多数高效设施内通过灌溉系统供给^[5,10,15,25]。针对不同的作物、不同的品种、不同生长时期以及不同的生长季节及外界温、光、水等因素提供不同的矿质元素浓度和施用量、施用频率。

3.3.3 植保技术

地中海地区冬季温和多雨^[17],所以许多病虫害均能在此安全越冬,这对高效设施农业的发展是一个挑战。目前,这一地区的许多国家正在努力探索和应用害虫的综合防治技术,以便有效地解决害虫化学防治与环境污染之间的矛盾。在以色列、意大利、西班牙等高效设施农业生产水平较高的国家,主要措施有以下几个方面:第一为防虫网,这一措施既可以有效地将害虫拒之于设施之外,又对防治害虫传播的某些疾病十分有效;第二为生物防治,多种害虫的天敌被广泛采用,天敌或天敌卵的生产、销售和应用已经实现了产业化,并在生产上发挥着很大的作用;第三是专用膜的利用,某些专用膜(如选择性透光膜UVA film及针对特定作物的专用膜IR Rose film等)可以有效地限制白粉虱(White fly)等害虫的繁殖。另外,黄板、黄膜诱虫也被广泛应用。上述技术的综合应用大大降低了化学农药的施用

量,使得许多地中海地区的农产品在对质量和残留要求十分严格的欧洲市场上畅通无阻。

在病害的防治方面,许多国家和地区将“防”放在十分重要的位置,严密的防病措施和精细的栽培管理,使得许多设施内发病的机率很低,病毒病以切断传播媒体(如昆虫等)为主要手段^[23]。真菌性病害通过合理调节设施内温度、湿度以及使用硫磺雾化杯等措施进行预防;土传病害的预防措施则是土壤、基质消毒或者对无土栽培的基质及时更换,同时,工作人员进出实行严格消毒。

4 对我国干旱、半干旱地区农业发展的借鉴作用

4.1 我国干旱半干旱地区的自然资源、社会经济基础及其与地中海地区的比较

4.1.1 自然资源

与农业发展有关的自然资源较丰富,主要有土地资源、光热资源、淡水资源、能源等。

就土地资源而言,我国干旱、半干旱地区具有一定的比较优势。地中海地区许多国家土地资源十分有限(以以色列为典型代表),这也是这一地区发展高投入、高产出的高效农业的原因之一。

关于光照资源,我国干旱、半干旱地区与大部分地中海地区基本相当(表1),完全可以满足高效设施农业发展之需要。

在热资源方面,双方有一定的差距。在冬季,地中海地区具有明显的比较优势,大部分地区最低温度在0以上;在春、秋季,地中海地区的温度与我国干旱半干旱地区基本相当或者略高。

大部分地中海地区淡水资源的短缺程度与我国干旱、半干旱地区基本类似。有些国家(如以色列等)淡水资源的短缺程度远远大于我国西部干旱地区^[5]。

中东地区丰富、廉价的能源为地中海地区节水、高效、设施农业的发展提供了重要的支撑,在这一点上,我们有一定的比较劣势^[26]。但我国干旱、半干旱地区能源潜力巨大,随着我国政府西部大开发战略的实施及多种能源的不断开发,这一地区的能源不仅在数量上完全可以满足节水高效设施农业发展的需要,而且其使用成本会逐步下降。

4.1.2 社会经济基础

在市场经济条件下,市场、交通、通信等因素是高效设施农业发展的重要因素。欧洲市场及地中海地区发达的海、陆、空运输是这一地区高效、设施农业得以发展的重要基础,与之相比,我国广大干旱、半干旱地区具有一定的比较劣势。但是,随着中国的西部开发,交通运输等将作为优先发展领域予以改善,再加上我国广大干旱半干旱地区大都与欧、亚等其它国家接壤,边境贸易将为这一产业提供市场。同时,中国十几亿人口本身就是一个巨大的市场。所以,这一劣势将随着西部开发和交通、通信等方面的发展而逐步消失。

4.2 借鉴地中海地区的先进技术,充分利用和开发自

身优势,提高我国干旱、半干旱农业参与国际竞争的能力

中国已经加入WTO,有关农业方面的国际竞争将日趋激烈,这是我国农业必须面对的现实。地中海地区节水高效设施农业的发展告诉我们,在我国干旱、半干旱地区蕴藏着巨大的农业发展潜势,如果这些潜势得到很好地发掘和利用,中国农业有望跻身世界农业强国行列。

4.2.1 引进和借鉴地中海地区先进的节水高效设施技术,改造我国传统的干旱、半干旱农业

1) 设施总体结构及材料的借鉴和应用

地中海地区设施的总体结构以塑料设施为主,考虑采光、通风、防风、降温因素多,考虑保温因素少,总体上不宜在我国干旱半干旱地区直接引进应用。许多已经引进的温室均因冬季能耗过大而无法营利。但是,此类温室的某些系统和材料可为我国西部地区温室设计、建造提供参考或直接应用,如自动通风控温系统及防风结构系统可在多风地区应用;针对特定作物开发的专用塑料覆盖物可直接引进并应用于我国的有关设施生产。

2) 设施环境控制技术的借鉴和应用

温度控制技术:地中海地区基本属于亚热带,在北纬35度以南的广大区域,冬季不加温也能进行喜温蔬菜等作物的生产^[5],但为了保证产品质量和产量,在温室中广泛应用加温技术。考虑到我国目前能源结构及价格,以重油作为燃料的加温系统在我国相对成本较高,不宜大面积推广应用,可针对我国国情改用其他廉价能源。但温室内热风供热系统投资少,温度易升、易降(但运行成本较高),宜在仅需短期、短时加热地区或空间不大的温室内引进和推广。关于降温技术,地中海地区许多温室中广泛采用水帘降温,此技术降温效果较好,这一系统的应用效果与温室外空气相对湿度呈负相关,即相对湿度愈低,使用效果愈好。这一技术可以直接引进推广,并且应该能够在我国广大干旱、半干旱地区收到良好的效果。另外,遮阳网作为一个更廉价的降温手段也可直接引进并推广应用。

光照控制技术:在地中海地区,夏季光照太强,影响许多设施内作物的正常生长发育。针对不同作物类型、品种、地区等因素设计的遮阳网应用十分普遍,我国干旱、半干旱地区根据自身的光照等气候因素有选择地引进和推广这一技术将会收到良好的效果。另外,在夏季几乎不降雨的地区引进和使用喷涂料遮阳技术简便易行、廉价实用,建议予以推广。

气体控制技术:目前,我国部分温室内CO₂浓度也可进行人为的调节和控制,但在控制的精度及设施内分布的均匀程度方面仍十分有限,从而影响了使用效果,其主要原因是相关设备的质量、稳定性及操作技术水平跟不上。在这方面,地中海地区的许多相关设备和技术(如前面提到的CO₂钢瓶定量供给技术、强制空气流动设备等)可供借鉴和利用,这一技术的应用可以大幅度地提高设施内作物的产量和质量^[14]。设施内空气相对湿度的控制也是气体控制的一个重要方面,在我国,许

多设施生产为了降低能耗而减少通风(冬季尤为如此),从而造成空气湿度偏高,影响透光并引发病害。采用适宜的节水灌溉及地面全覆盖技术可以有效地解决这一问题。

3) 节水灌溉及定量施肥技术的引进与应用

节水灌溉技术在地中海地区的设施生产中应用十分普遍,滴灌应用最广,某些设施内为了降温或增加空气湿度也采用微喷灌或其他方式。目前,我国某些地区和设施内也引进并应用了一些以色列等国的节水灌溉设备和技术,但还远远不够。我国广大干旱、半干旱地区均可引进或借鉴以色列等国针对不同作物、品种、生长期、气候因素等开发的硬件、软件及应用参数(如节水灌溉及温室自动控制硬件和软件、灌溉强度参数、灌溉频率参数、专用营养液配方及施用参数等)。另外,在淡水资源奇缺的地区,也可引进和利用以色列等国的灌溉用水回收、测定、处理及再利用技术,这一技术一方面可以提高水、肥资源利用率,另一方面也可以减少环境污染。

定量施肥通常与节水灌溉配合使用。针对不同作物、不同品种、不同生育时期、不同生长季节及外界温、光、水、气等因素采用不同矿质营养浓度、施用量及施用频率,是地中海地区高效设施农业成功的重要技术支撑,也是这些国家有关专家正在探索的重要领域之一,许多营养液配方及施用参数作为保密技术或以专利形式予以保护。虽然由于技术持有国的限制为这些技术的直接引进设置了障碍,但通过合作研究、专家、技术资料交流等途径可以达到我们的目的。

4) 植保技术的借鉴与应用

病、虫害防治与某些有害农药残留超标已成为一对尖锐的矛盾,处理不好既影响食品安全,又影响对外贸易。以以色列为代表的地中海地区在这一方面做得较好,其产品才得以大量进入西欧市场。

在防虫方面,防虫网、专用膜、黄板、黄膜诱虫等可直接引进应用。有些技术虽然并非其首创,但他们在具体的技术细节、实施的到位程度等方面值得我们学习和借鉴。关于害虫天敌的应用,应该针对不同地区的害虫种类有选择地引进。至于天敌的繁殖和应用应该不存地问题,因为天敌的生产(无论以成虫还是以卵为产品)都是在人工控制条件下进行的,而应用场所(温室等)的环境也处于人工控制之下。

在病害防治方面,将“防”放在十分重要的位置是地中海地区的成功经验。他们的设施内消毒技术(如太阳能消毒技术、蒸汽消毒技术及有关化学药剂消毒技术等)、土壤消毒技术(如蒸汽消毒法、溴甲烷熏蒸法等)、栽培基质消毒技术以及进出人员的严格控制及消毒技术(如在缓冲间放置消毒液对进入温室人员进行鞋底消毒)等值得我们学习和借鉴。同时,防虫网的应用可以有效地控制某些通过昆虫传播的病害,这些技术均可以直接引进应用。

4.2.2 充分利用和开发自身优势,提高国际竞争力

我国广大干旱、半干旱地区在土地资源、光资源、能

源等方面具有发展节水、高效、设施农业得天独厚的比较优势。除此之外,节水高效设施农业属劳动力密集型产业,地中海地区这一产业的发展在很大程度上依赖亚洲、非洲等发展中国家的廉价劳动力。而我国在这一方面的优势是几乎所有地中海国家都无法比较的。当然,在我国广大干旱、半干旱地区多数劳动力的受教育程度和劳动技能还不能完全适应节水、高效、设施农业发展的需求,所以,在这一地区加强对劳动者的培养、教育及科技普及工作将是我国干旱、半干旱农业快速发展并参与国际竞争的根本保证。

5 结 语

地中海地区节水、高效、设施农业的成功经验告诉我们,通过节水、设施技术实现有限水资源的高效利用,可大大缓解农业发展与水资源短缺的矛盾,其成功经验无论在发展思路、发展模式还是具体技术方面对我国干旱、半干旱地区农业发展都具有很好的借鉴作用。学习他们的先进经验,引进他们的先进技术并将其与我国的具体社会、经济条件及自身优势相结合,进行消化、吸收、改进、开发、应用,将会大大推动我国干旱、半干旱农业的发展并从根本上解决我国干旱、半干旱地区农业可持续发展的问题。

[参 考 文 献]

- [1] 张 桩 漫话地中海[N] 中国科学报,2000年3月17日。
- [2] 张志斌 荷兰温室产业及发展我国设施园艺的建议(上)[J] 农村实用工程技术,1999,(8): 14
- [3] 张志斌 荷兰温室产业及发展我国设施园艺的建议(下)[J] 农村实用工程技术,1999,(9): 12~ 13
- [4] 温祥珍 从国外设施园艺状况看我国设施园艺的发展[J] 中国蔬菜,1999,(4): 1~ 5
- [5] 赵尊练 以色列节水设施农业及其对我国西部农业大开发的借鉴作用[J] 水土保持学报,2000,14(2): 6~ 10
- [6] 汪懋华 实现现代集约持续农业的工程科学技术: 以色列,荷兰科技考察观感[J] 农业工程学报,1998,14(3): 1~ 9
- [7] 邹志荣 西部地区设施园艺产业发展前景[J] 西北园艺,2001,(6): 3~ 4
- [8] 张福墁 设施园艺与我国农村经济结构调整[J] 农村实用工程技术,2001,(011): 2~ 3
- [9] ARO of Israel Agricultural Ministry. Institute of Field and Garden Crops-Scientific Activities 1990 ~ 1995 [M] Jerusalem: Department of Scientific Publications, Israel, 1996
- [10] 朱世东 20世纪国内外设施园艺的进展[J] 生产率系统,2001,(1): 21~ 23
- [11] 苏 臣,金树德 国外现代化园艺设施的发展动向[J] 江苏理工大学学报,1995,16(2): 6~ 11
- [12] 郑光华,李树德 法国的设施园艺与无土栽培(上)[J] 长江蔬菜 1989,(5): 39
- [13] 郑光华,李树德 法国的设施园艺与无土栽培(下)[J] 长江蔬菜 1989,(6): 38~ 39
- [14] FAO of United Nations Protected Cultivation in the Mediterranean Climate[M] Rome, 1990
- [15] 张毅功 以色列设施园艺概况[J] 农村科技开发,2000,(8): 36
- [16] 王云琴 欧洲国家温室农业的发展现状[J] 河南科技,2000,(9): 11~ 12
- [17] Cui Duchang World Agroclimate and Crop Climate[M] Beijing: Agriculture Press, 1997.
- [18] 侯光良,李继由,张谊光 中国农业气候资源[M] 北京: 中国人民大学出版社,1993
- [19] 唐俊昌,邹志荣,程智慧 高效设施园艺生产技术大全[M] 西安: 地图出版社,2001.
- [20] Kerkides P, Protopoyraki E, Poulouvassilis A (Greece). Water and salt balances in greenhouse cultivation in Crete[A] International conference on land and water resources management in the Mediterranean Region, Valenzano, Bari, Italy 4- 8 September, 1984
- [21] Nerson H, Edelstein M, Berdugo R, et al (Israel). Monopotassium phosphate as a phosphorus and potassium source for greenhouse-winter grown cucumber and muskmelon[J] Journal of Plant Nutrition 1997, 20: 2~ 3, 335~ 344
- [22] Chartzoulakis K, Michalakos N (Greece). Effects of different irrigation systems on root growth and yield of greenhouse cucumber[J] Acta Horticulturae 1990, No. 278, 237~ 243
- [23] Pivot D, Reist A, Gillioz J M (Switzerland). Mineral disorders in greenhouse cucumber (Cucumis sativus L.) grown in recycled solution [J] Revue Suisse De Viticulture, -d' Arboriculture-et-d' Horticulture 1995, 27: 3, 177~ 180
- [24] Celix A, Luis Arteaga M, Rodriguez Cerezo E (Spain). First report of cucumber green mottle mosaic tobamovirus infecting greenhouse grown cucumber in Spain [J] Plant Disease, 1996, 80: 11~ 12
- [25] Salama G M, Mohammedien S A (Egypt). A study on the effect of soil and soilless culture on greenhouse cucumber production [J] Egyptian Journal of Horticulture, 1996, 23(1): 11~ 24
- [26] 国家统计局国际信息统计中心 出国人员国际信息概览[M] 北京: 中国统计出版社,1996

Water-saving and protected agriculture in the Mediterranean area and its reference to arid and semi-arid agriculture of China

Zhao Zunlian, Yan Xiaoliang

(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

Abstract: Recent years, water-saving and protected agriculture on great scale, centralized distribution and high productivity was formed in the Mediterranean area because of Mediterranean climatic condition, European market, Middle East energy, and convenient transportation, etc. In arid and semi-arid area of China, some natural conditions, such as shortage of fresh water, richness of solar radiation and energy, are similar to those of the Mediterranean area. Based on the natural, social, and economic conditions of arid and semi-arid area in China, the production techniques (i.e. control techniques of temperature, solar radiation, and gas, fertigation techniques, plant protection techniques, etc.) from the Mediterranean area were introduced. Taking its measures as references to develop water-saving and protected cultivation will be an important way for arid and semi-arid agriculture of China.

Key words: water-saving irrigation; protected agriculture; arid and semi-arid agriculture; China