

中国干旱区农业可持续发展的生态措施

邓建明¹, 王根轩^{1,2}

(1. 兰州大学干旱与草地农业生态教育部重点实验室, 兰州 730000; 2. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310029)

〔摘要〕 系统地分析了我国旱区的生态环境现状,根据这些环境现状针对性地提出了我国干旱区农业可持续发展之路,其中着重论述了对绿洲系统的研究,并阐述了运用生态场理论从整体和动态上判断与预测绿洲生态系统的稳定性的新思想。

〔关键词〕 生态农业, 自然资源, 绿洲系统, SPAC 生态场

〔中图分类号〕 S181

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)07-0051-05

Ecological Measures of Sustainable Development of Agriculture in the Arid Areas of China

DENG Jian-ming¹, WANG Gen-xuan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Arid and Grassland Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. School of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Systematically analyze the actualities of the entironment in the arid areas of China. According to these actualities of the environment, bring forward some measures that agriculture keep on developing in the arid areas. Namely, ① come true to transform the traditional agriculture to eco-agriculture; ② adjusting measures to local conditions, arrange areas exploitation with reasons and set up the areas eco-agriculture models; ③ friendly treating all natural systems, construct their characteristic cultures in areas; ④ strengthen the research on the oasis system, we discuss especially the new idea that is looked as the standard to judge whether the resources of the oasis are overly exploited or not with the theory of Ecology Field. In the word, regarding making full use of the all natural resources of the arid areas as target, regarding reasonably coordinating the relations among economic benefits, ecological benefits and social benefits as basic principles, so that we can realize sustainable development of the agriculture in the arid areas of China.

Key Words: eco-agriculture, natural resources, oasis system, SPAC ecology field

CLC Number: S181

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)07-0051-05

近 50 年来,我国干旱地区的水、土等资源的迅速开发,促进了地区经济的发展,开创了工农业生产的新局面。老绿洲的扩大和新绿洲的建立,给干旱区带来了生机,但在开发利用过程中也出现了绿洲向荒漠化发展的趋势。研究表明,我国干旱区的生态环境呈现“局部改善,总体恶化”的局面^[1]。现在,正值西部大开发之际,如何更合理、科学地利用干旱区自然资源,如何在生态系统本来就很脆弱的干旱区建立一个可持续发展的社会生态环境,这些都是值得我们重视与研究的问题。

1 我国干旱区生态环境现状

我国干旱地区约占全国国土面积的 1/4,主要分布在贺兰山以西和祁连山、昆仑山以北的广大区域,即《中国综合自然区划(初稿)》中所指干燥度 $k > 2.0$ 的地区,包括新疆全部(较湿润的山区除外)、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地、内蒙古和宁夏西部阿拉善高原等地,集中分布在我国西北地区,

属中亚纬向干旱地带^[2,3]。在我国干旱地区,占地面积不到 5% 的绿洲,哺育着该地区 95% 以上的人口^[4],以至人口密度严重超标,这是干旱地区生态退化的根本驱动力。

1.1 自然资源概况

我国干旱区主要在西北一带,而西北干旱区地形主要表现为四周高山环抱,山地与盆地相间分布、戈壁沙漠面积大、呈封闭型地形。因该地区深居内陆,为典型的大陆型气候特点,即阳光充足、温差较大、干燥少雨、蒸发量大,致使该地区水资源总体不足、分布不均。年平均降水量大多在 50~250 mm^[5],全区多年平均蒸发量一般为 1 500~3 000 mm 之间,盆地中心地带达到 4 000 mm,但蕴藏有丰富的固态水源,冰川和积雪的面积达 $3.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[2]。植被覆盖率很低,主要分布在绿洲及荒漠-绿洲过渡带^[6]。

1.2 大面积而不合理地开垦荒地,造成大量土地沙漠化、盐渍化

近几十年来,我国西北地区在水土资源开发利用方面

收稿日期: 2005-02-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(30170161、90102015)

作者简介: 邓建明,男;兰州市天水南路 222 号兰州大学干旱与草地农业生态实验室,博士生,主要从事植物生理生态和理论生态的学习与研究;E-mail: dengjm02@st.lzu.edu.cn

已取得了巨大的成就,使这一地区经济发展达到了一个新水平。但同时,由于大面积而不合理地开垦荒地,造成耕地因水量不足而弃耕和沙漠化,因洗盐排水改良措施跟不上而大量土地盐渍化。以新疆为例^[7],20 世纪 70 年代,新疆耕地猛增到近 $7\,000\times 10^4\text{ hm}^2$,目前实际耕种 $4\,700\times 10^4\text{ hm}^2$,弃耕地约 $2\,000\times 10^4\text{ hm}^2$,大量土地沙化。塔里木河上游 1973 年因盐渍化而弃耕地达 $5.5\times 10^4\text{ hm}^2$,近年来因盐渍化而弃耕地达 $28\times 10^4\text{ hm}^2$ 。河西走廊现有耕地中,受盐渍化威胁的面积达 10 万多 hm^2 ;民勤耕地面积由 1987 年的 $6.93\times 10^4\text{ hm}^2$ 迅速增长到 1998 年的 $11.43\times 10^4\text{ hm}^2$,然后又降到 2001 年的 $10.57\times 10^4\text{ hm}^2$ ^[8],大面积的弃耕造成土地沙化。内蒙古每年沙漠化土地的扩展面积为 $1\,200\times 10^4\text{ hm}^2$,导致连续多年的沙尘暴天气,危及北京、东南沿海等广大地区的生态环境^[9]。

1.3 不合理的灌溉和地下水的超采,造成河水断流、湖水减少或干涸、植被枯萎,使生态环境恶化

河西走廊平原地区由于引大量河水于灌溉,地下水开采与回补失调,造成地下水逐年下降。民勤绿洲自 20 世纪 70 年代以来,累计打井 1.3 万眼,累计超采 36.28 亿 m^3 ,地下水位累计下降 10~26 m ^[10]。据民勤县林业局统计^[11],仅红沙梁就有 0.32 万 hm^2 沙枣树和红柳退化, $0.58\times 10^4\text{ hm}^2$ 枯梢;生长在绿洲边缘地带的天然灌木林,已有 3.6 万 hm^2 死亡, $2.37\times 10^4\text{ hm}^2$ 因水位下降濒临死亡,以至民勤绿洲面临着绿洲萎缩、植被衰亡的残破景象。同样,石羊河流域由于泉水枯竭,导致年超采约 3 亿 m^3 以上,下游盆地地下水位下降 4~17 m ,形成面积达 1 000 km^2 的区域水位下降漏斗;黑河流域下游地区水位下降 1.2~5 m ,内蒙额济纳绿洲地下水位年均下降 0.75~3 m 不等^[12];乌鲁木齐河流域河谷地带、北部山前倾斜平原和细土平原,地下水位平均每年下降 0.44~1.2 m ^[2]。这些都直接导致原有的胡杨林、灌木林大面积的衰败。同时,草场载畜能力下降、面积缩小。在塔里木河的铁干里克以下已经完全断流,该河下游的阿拉干一带因河水断流,地下水在 20 年间(1959~1979)下降 4~8 m ,同一时期林区流沙面积增加了 48.4%,致使阿拉干林区 6.3 万 hm^2 的胡杨林约 1/3 死亡、2/3 枯萎,造成河道两岸植被死亡,以至这些地段沙化,绿色走廊处于崩溃的边缘。

2 干旱区农业可持续发展的生态措施

2.1 实现传统农业向生态农业的转型

从某种意义上说,生态农业是传统的有机农业和现代的无机农业相结合的综合体,是能量流动、物质循环不断扩大的良性循环农业^[13]。孙鸿良^[14]把生态经济理论与系统科学原理相结合作为生态农业评价的一般原则,坚持全面性与完整性、因地制宜、静态评价与动态评价相结合、传统方法与现代方法相结合等原则,应用系统论和生态学原理去指导农业的生产与发展。我国具有 7 000 多年的传统农业文明,我们在汇集传统农业精华的同时,应运用现代农业和生态学的科学原理与技术来发展生态农业,实现农业现代化。其技术体系要求其在更广阔的时空范围和各种相互关系中去理解、利用与保护农业资源,注重社会、经济、生态效益的最佳结合^[14, 15],以实现农业的可持续发展。

我国传统农业即传统生态农业,是在低技术、低效益、低规模、低循环的层面上徘徊。因此,我们必须合理调整农

业结构,加大人的智力和科技投入。我们现在正处于信息时代、知识时代,应从纯农业性的家庭联产承包责任制的小循环走向与工、农、商结合的产业大循环;从粗放耕作方式转向集约化生产经营方式,逐步实现我国农业的规模化、知识化、现代化和产业化,形成良性循环的生态型农业,从而促进区域经济发展、提高农民收入、增强我国农业的国际竞争力。

2.2 因地制宜,合理安排区域开发,构建区域生态农业模式

在幅员辽阔的西北地区,土地资源极其丰富,关键仍是水资源的数量、质量及其分布。应在搞好这些基本情况的基础之上,结合当地的地势(海拔、坡度、坡向)、热量(温度)、光照进行全面的分析,宜农则农、宜牧则牧、宜林则林、宜草则草;以小流域为单元,搞好流域规划;认真全面地分析开发中的利弊。比如:在进行小流域规划的同时也要顾及整个区域的持续性发展,上游的开发须考虑下游的持续性发展;水库、渠道等水利设施的建设须考虑其可行性、合理性及对整个区域生态环境是否造成严重的破坏(如是否导致下游河水断流、湖泊干涸、植被大量死亡、大量土地沙漠化等)。总之,应在不破坏生态平衡的基础上,充分、合理地开发利用水资源、土地资源、热量资源等,使该区域在发展国民经济的同时具有维护生态环境的最大承载力,使其自然资源得到最高效的利用。

由于西北干旱地区特殊的气候和地势,导致西北复杂的区域性小气候,如荒漠-绿洲型、风沙滩型、农牧结合型、能源型等模式,因此,不但要研究生态农业模式的结构、功能、效益^[16],还必须先分析清楚区域的各生态因子(降雨、光照、温度、土壤、地貌、植被等)特性,然后根据这些特性探索并构建相应的生态模式,最终使这些模式在类似区域得到推广。比如绿洲,它是西北干旱地区最主要的农业区,是西北干旱区农业的核心。从某种意义上说,西北干旱地区没有绿洲就没有农业,因而实现绿洲的可持续发展是非常必要的。而荒漠-绿洲型的基本结构是人、水和土,其核心是人对绿洲农业生态系统的优化。生态系统的优化首先应由治理农业环境入手,治水改土,实现水土资源的可持续利用,增加农田水利基本建设投入、改土培肥投入和先进农业科技投入,以防治土地退化和巩固与提高土壤肥力作为战略性任务^[17]。应合理调整农业结构(因地制宜地调整粮食、饲料、饲草和经济作物的比例),充分利用干旱地区丰富的光热资源,建成农、林、草、牧混合农业体系,推行草田轮作,建设饲料生产体系,扩大圈养规模,降低天然草场压力,更好地提高、控制包括初级生产、次级生产和第三生产在内的农业生产经营方式,实现绿洲的整合性、高效性和可控性。又如陕西定边县的风沙滩生态农业模式^[18],为风沙治理型生态农业模式,即“以造林种草、防风制沙为核心,合理开发土地资源,充分利用光热资源,建立以林护农、以草兴牧、以牧促农、农林牧协调发展的生态农业良性循环”。这种生态模式在干旱区也有类似的小区域。因此,应科学地分析地域条件,因地制宜构建区域生态模式,构建制度、技术、生态 3 类创新有机统一的我国生态农业可持续发展运行模式,切忌千篇一律、一哄而上。

2.3 善待一切自然生态系统,建设地区特色文化

我国干旱区的自然生态系统主要有绿洲、沙漠、戈壁及冰川雪山,它们都是地球上的自然生态系统,具有物种多样

性和景观多样性,形成了干旱区特有的山地-绿洲-荒漠耦合体系^[19]。其中绿洲与沙漠又始终是相互对立和统一的。近几十年来,因过度开垦荒地扩大绿洲,导致过渡带的缩减或消失,大量土地沙化^[8,20,21]。这说明如果一味地追求“改造沙漠”、“变沙漠戈壁为良田”,结果将不得不面对沙进人退的可悲现实。因此要寻求绿洲的可持续发展,就必须善待沙漠,而不是征服沙漠^[22]。绿洲和荒漠是相互统一的,荒漠和绿洲过渡带生态系统就是绿洲的保护层,好比地球的臭氧层一样。它们一旦遭到破坏,固定沙丘必将复活,进而残酷地蚕食绿洲。所以善待荒漠也就是善待绿洲。同样,我们也要顺应自然规律,把天然绿洲建成高效而可持续发展的人工绿洲,使荒漠和绿洲过渡带得到更好的保护,最终形成发达的绿洲文化。

2.4 强化绿洲系统的研究

2.4.1 绿洲系统水资源的研究

干旱区农业可持续发展的关键在于从宏观上研究绿洲系统的承载力。绿洲系统的承载力包括生态承载力、生产承载力和生活承载力,而绿洲生态承载力是绿洲系统承载力的基础。绿洲系统生态承载力是指绿洲生态系统的自我维持、自我调节能力,它可以通过绿洲资源承载力、环境承载力和绿洲生态系统的弹性力来反映^[23]。农业可持续发展可以用图1资本积累和利率间的关系来说明。

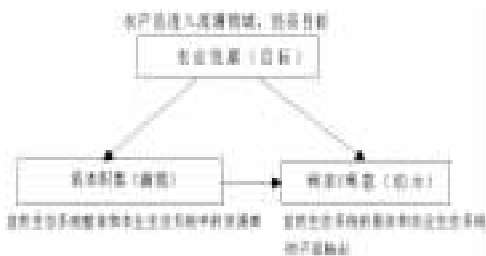


图1 农业可持续发展资本积累和利率间的关系

从图1可以看出,确保资本(资源总量)、增加利率(生产效率)是区域生态系统可持续发展的根本,而关键在于确保自然资源总量,即不超过绿洲系统的生态承载阈值。毫无疑问,在干旱区要研究好自然资源总量,最关键的还是研究水资源,主要包括水资源总量和水资源配置(生态需水、农牧用水和工业用水)两方面。

1) 加强生态需水计算的研究。谋求干旱区的可持续发展,就必须具备一个健康的生态环境,因此生态需水研究就显得尤为重要。广义上讲,维持全球生物地球化学平衡,诸如水热平衡、水沙平衡、水盐平衡等,所消耗的水分都是生态环境需水^[18]。也有学者认为,生态环境需水是指维系某生态系统正常功能或恢复稳定状态所需的水量^[24]。可以说在整个干旱区,挤占生态环境用水是生态环境退化的主要原因,所以生态需水的计算就成为生态环境建设中的重要环节。在我国,生态水文学的研究才刚起步,生态需水估算的理论和方法还在发展和完善中。目前大多数学者估算生态需水的基本思路是:依据不同气候带与水热等条件,进行自然生态系统分区,确定生态需水计算的不同类别的生态-水文参数;利用遥感数据提供地区土地利用信息,确定生态需水计算的不同类别的范围;通过不同植被类型的蒸散发计算、流域降水-径流计算,确定河道外生态需水以及河道

内生态需水;最后利用水资源分区的水量收支平衡控制,估算生态需水或生态耗水总量^[24]。

2) 提高农业用水效率。在整个西北地区,目前农业灌溉用水占总用水量的80%以上^[24]。为了既保证生态需水又不影响当前农业的发展,不但要控制灌溉面积的发展,更要提高农业用水效率。我国这方面的研究措施比较多,比如:改善灌区排水条件,喷灌、滴灌技术,覆盖地膜等;从生理、分子水平上进行研究来提高作物的抗旱、耐旱性。为了进行合理、高效的灌溉,对绿洲农业植被需水量与产量间的关系研究很有必要,可根据这一关系推算出作物的最经济灌溉量(即每单位供水量的最大产量)。

2.4.2 SPAC 系统的研究

物质和能量经由土壤到达植物根表皮、进入根系后,通过植物茎到达叶片,再由叶气孔扩散到空气层,最后参与大气的湍流交换,形成一个统一动态的相互反馈的连续系统,即土壤-植物-大气连续体(Soil-Plant-Atmosphere Continuum, SPAC)。目前国际上对根-土界面水分的再分配作了大量研究^[25-27];也有关于土壤-大气或植物-大气界面水分交换的研究^[28];在绿洲荒漠系统中也有类似的研究^[29-31],但是都局限于单个或两个界面的研究。绿洲荒漠系统的土-植-气界面连续体的研究正引起科学家们的重视,因为绿洲正如岛屿一样是一个相对独立的系统,所以研究绿洲SPAC系统中物质能量分布和循环规律对绿洲生态系统的建设和发展可持续农业有着极其重要的意义。

绿洲荒漠SPAC系统的物质能量研究主要包括水分和C、N、P等元素的研究,其中又以水分为研究重点。SPAC系统包括土壤层、作物或植被层(冠、茎、根)与近地大气层等子系统。按界面划分有:冠-气界面、土-气界面、根-土界面、土-潜(水)界面。SPAC研究垂直方向水分的运行,上述的地表/大气界面(冠-气、土-气界面)会有4种不同性质的水文流动过程:冠层-大气界面水分向上是冠层蒸腾,向下是大气降水,水分运动受作物生理生态制约;土壤-大气界面向上是土壤的蒸发,向下是大气降水向土壤的入渗,水分流通受土壤性质、前期土壤含水量、冠层内能量平衡以及作物冠层性质与形态等的制约;根系-土壤界面主要是根系从土壤吸收水分和向土壤释放水分,水分运动受作物生理生态和土壤水势制约。对这些循环过程机制或规律的研究对于绿洲稳定性的研究有着巨大的理论指导意义。

2.4.3 绿洲荒漠过渡带的研究

绿洲农业是否能够可持续发展,取决于绿洲生态系统是否具有稳定性^[17,23],也直接反映了绿洲及荒漠过渡带是否萎缩。而绿洲是处于相对稳定、衰退还是扩张状态,这将在绿洲荒漠过渡带得到充分的体现。虽然曾有过关于河西走廊在有限的水资源条件下适宜绿洲和农田面积的研究报道^[32],但直到现在仍没有完整的判断人类对绿洲、荒漠自然资源利用是否过度(即绿洲是稳定的还是衰退的)的理论体系。所以,研究绿洲动态变化过程及其理论依据是非常重要和迫切的。

有水为绿洲、无水为荒漠,水是荒漠绿洲区的主导因子,因此,研究绿洲、过渡带、荒漠水资源的动态变化过程就显得尤为重要。有关绿洲-荒漠与地下水关系的研究有很多报道^[8,32,33],但都没有统一的理论来说明。由于绿洲是一个相对独立的体系,所以我们可以把绿洲看作是一个单一的生命体。根据生态场理论^[34-36],绿洲周围的荒漠过渡带、戈壁的

深层地下水随相对立地距离而相对变化,有下列关系式:

$$E_{WX} = E_{W0} [1 + (x/h_r)^2]^{-3/2}$$

其中 E_{WX} 表示绿洲、过渡带、戈壁地下水的相对变化, E_{W0} 表示绿洲中央地下水的相对变化, x 为距离绿洲的距离, h_r 为绿洲中央地下水位离地面的深度, 其变化趋势如图 2 所示。在绿洲中央地下水位最低、下降最快, 随着离绿洲距离的增加, 地下水位下降的速度趋势逐渐变小, 到荒漠区地下水位基本不变, 形成地下水漏斗区。这一变化趋势与许多学者研究绿洲地下水的变化趋势基本一致^[8,37]。相反, 对于浅层土壤含水量来说, 绿洲浅层土壤水分作为一生态因子场源(因为绿洲主要是农业灌溉区)向四周扩散(见图 3), 其关系式同上。在荒漠过渡带由于深层地下水位的下降更减弱了浅层土壤的含水量, 相应的植被盖度或生产力沿绿洲-过渡带-荒漠有相应的递减趋势。在以水为限制因子的情况下, 作物的产量与供水量的关系近似为线性关系, 据此可以预测植被盖度或生产力的变化趋势和地下水位或浅层土壤含水量的变化趋势基本一致(见图 4)。

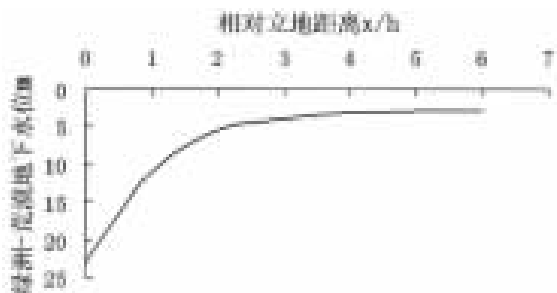


图 2 绿洲-荒漠地下水位随相对立地距离的相对变化图

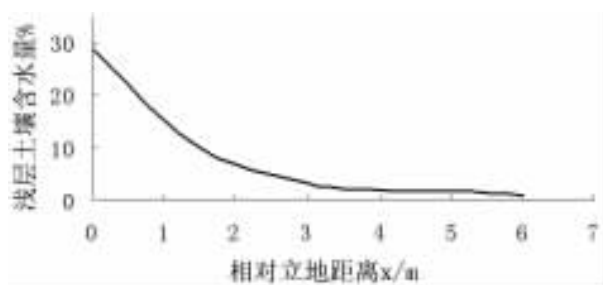


图 3 绿洲-荒漠浅层土壤含水量随相对立地距离的相对变化图



图 4 绿洲-过渡带植被的盖度或生产力的变化趋势

绿洲系统是否具有可持续性, 关键在于绿洲系统的保护层(绿洲-荒漠过渡带)是否遭到破坏。过渡带的植被往往是一些沙生植物, 如胡杨、圣柳、梭梭等, 而它们在地下水位超过一定阈值时就会衰退或死亡, 即植被衰退。胡杨生长的地下水位阈值为 6~10 m, 圣柳、梭梭为 3~5 m^[33]。所以, 利用生态场理论可以判断过渡带地下水位的高低和浅层土壤含

水量的大小, 并结合过渡带植被生长的地下水位阈值, 进而判断开发利用绿洲自然资源是否过度、绿洲的面积是否可以扩大; 同时, 也可以运用生态场理论来改善绿洲-荒漠生态系统, 构建一个高效而可持续发展的人工绿洲系统。运用生态场理论来预测绿洲的变化趋势有较高的准确性, 而且简单易行, 不需要复杂昂贵的实验器材和专业人员, 很适合广大科研人员直接运用。

3 结论

绿洲农业的可持续性发展研究已成为我国干旱区研究的重点和热点。本文着重阐述了针对绿洲可持续发展的一些生态措施, 这些措施主要强调了对绿洲系统整体上和理论上的研究, 因为判断一个生态系统是否稳定, 必须从整体上、动态上进行判断, 而这种宏观层次上的研究必须有相应的理论基础和更完善的理论指导。这样既简单易行又经济, 而且不会对生态环境造成较大的破坏。不过, 要提高作物的水分利用效率、作物的干旱性和耐旱性以及作物的产量, 都需要从微观上研究植物与水环境的关系, 包括作物对低水多变环境的适应机理、旱后复水补偿效应、作物有限灌溉的生理生态依据、旱地作物逆境成苗机理、无机营养提高作物抗旱性和水分利用的作用与机理、气孔调控, 等等^[38-41]。

参考文献(References)

- [1] 王让会. 西部干旱区退化生态模式研究 [J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(3): 8~11
- [2] 王根绪, 程国栋, 徐中民. 中国西北干旱地区水资源利用及其生态环境问题[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 109~116
- [3] 罗先香, 杨建强. 中国西北干旱区水资源可持续利用对策研究 [J]. 地域研究与开发, 2003, 22(1): 73~76
- [4] 张强, 胡隐樵. 干旱区的绿洲效应[J]. 综合考察, 2001, 23(4): 234~236
- [5] 汪久文. 论绿洲、绿洲化过程与绿洲建设[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3): 1~12
- [6] 马明国, 董立新, 王雪梅. 过去 21a 中国西北植被覆盖动态监测与模拟[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 232~236
- [7] 王树基. 干旱地区地理学集刊[M]. 北京: 科学出版社, 1989
- [8] 马兴旺, 李保国, 吴春容, 等. 民勤绿洲现状土地利用模式地下水位时空变化的预测[J]. 水科学进展, 2003, 14(1): 85~90
- [9] 闫德仁. 内蒙古沙漠化成因与防治[J]. 内蒙古环境保护, 2001, 13(1): 35~38
- [10] 施炯林. 地下水与绿洲可持续发展 [J]. 地下水, 2000, 22(1): 25~28
- [11] 丁宏伟, 王贵玲, 黄晓辉. 红崖山水库径流量减少与民勤绿洲水资源危机分析[J]. 中国沙漠, 2003, 2(1): 84~89
- [12] 张惠昌. 内蒙额济纳绿洲环境恶化的思考[J]. 水文地质工程地质, 1994, 6: 48~51
- [13] 卞有生. 生态农业 180 问 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995
- [14] 孙鸿良. 生态农业的理论与方法[M]. 济南: 山东科技出版社, 1993
- [15] 陈飞星, 张增杰. 生态农业评介综述[J]. 中国生态农业学报, 2001, 12(4): 104~106
- [16] 李新平, 黄进勇, 等. 生态农业模式研究及模式建设建议[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(3): 83~85
- [17] 侯平, 李虎, 潘存德. 试论绿洲的可持续发展[J]. 干旱区资源

与环境, 1995, 9(4):272~279

- [18] 刘昌明, 等. 中国 21 世纪水问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 1996
- [19] 刘学录, 任继周. 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统耦合的景观生态学系统机制 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (8):979~984
- [20] 宋冬梅, 肖笃宁, 曹宇, 等. 甘肃民勤的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态报, 2003, 14 (4):535~539
- [21] 张国平, 刘纪远, 张增祥, 等. 1995-2000 年中国沙地空间格局变化的遥感研究[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1 500~1 506
- [22] 伍光合, 张英. 善待沙漠[J]. 大自然探索, 2000, 6:44~46
- [23] 张传国. 干旱区绿洲系统生态-生产-生活承载力评价指标体系构建思路[J]. 干旱区研究, 2001, 18(3):7~12
- [24] 钱正英, 等. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [25] 陈亚明, 傅华, 张荣, 等. 根-土界面水分分配研究现状与展望 [J]. 生态学报, 2004, 24(5):1 040~1 047
- [26] Caldwell M M, Richards J H. Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots [J]. *Oecologia*, 1989, 79: 1~5
- [27] Gebauer R L E, Schwinning S, Ehleringer J R. Interspecific competition and resource pulse utilization in a cold desert community[J]. *Ecology*, 2002, 83(9): 2 602~2 616
- [28] 刘昌明, 王会肖, 等. 土壤-大气系统水分运行的界面水分过程与节水调控[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [29] Aguiar M R, Sala O E. Patch structure, dynamics and implica-

tions for the functioning of arid ecosystems [J]. *TREE*, 14: 273~277

- [30] Hardenberg J Von, Meron E, Shachak M, Zarmi Y. Diversity of Vegetation Patterns and Desertification [J]. *Physical review Letters*, 2001, 87: 198 101~198 104
- [31] Klausmeier C A. Regular and irregular patterns in semiarid vegetation[J]. *Science* 1999, 284(5421): 1 826~1 828
- [32] 陈昌毓. 河西走廊实际水资源及其确定的适宜绿洲和农田面积[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3):122~128
- [33] 张文武, 史生胜. 额济纳绿洲地下水动态与植被退化关系的研究[J]. 冰川冻土, 2002, 24(4):421~425
- [34] 王根轩, 赵松龄. 半干旱生态条件下植物个体的综合生态效应的空间距离分布规律[J]. 生态学报, 1993, 13(1):58~66
- [35] 王根轩. 生态场论[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1993
- [36] 王根轩. 探索生物间相互作用规律的生态场理论[J]. 大自然探索, 1992, 11(41): 52~56
- [37] 罗先香, 杨建强. 中国西北干旱区水资源可持续利用对策研究[J]. 地域研究与开发, 2003, 22(1):73~76
- [38] 郑荣梁, 黄中洋. 自由基医学与农学基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [39] Mann C C. Future food; Crop scientist seek a new revolution[J]. *Science*, 1999, 283:310
- [40] Webb A A R, Baker A J. Stomatal biology; new techniques, new challenges[J]. *New Scientist* 2002, 153: 365~369
- [41] Willmer C, Fricker M, Chapman, Hall. Stomata [M]. Second edition. London, 1996

(责任编辑 肖庆山)

·科技动态·

新媒体艺术: 艺术与科学的巧妙结合

2005 年 6 月 21 日, 以“飞越之线”为主题、“世纪对话”为命题的第二届北京国际新媒体艺术展暨论坛在北京中华世纪坛数字艺术馆揭幕。来自中国、德国、荷兰、加拿大、墨西哥、日本、韩国、奥地利、澳大利亚、美国、匈牙利、英国等国家的 200 余名新媒体艺术家、学者聚集一堂, 在古老的北京展示各自的艺术作品, 共同探讨新媒体艺术教育模式, 谋求东西方世界艺术新思想的碰撞激荡和共鸣升华。

新媒体艺术是一种以数字多媒体及互联网技术为支撑, 在创作、承载与传播等艺术行为方式上全面出新, 进而在艺术审美的感觉、体验和思维等方面产生深刻变革的新型艺术形态。随着经济的高速增长, 在当代的都市生活中, 移动通讯、影视广播、互联网、DV 等媒介不仅建构着平民的日常生活体验, 而且极大地影响着文化、经济和政治等上层建筑。这种社会生活变革既孕育着兴奋与希冀, 也包含着焦虑与困惑, 更有着热情与渴望。世界各地的艺术家们为此在这一新型艺术领域进行了广泛的艺术探索和创新尝试, 运用全新的艺术表现形式和艺术策略不断挖掘高新技术时代新媒体的特质与潜能, 对媒体技术主导下的当代城市现状和社会形态进行了深入的评析和思考。

此次展览邀请了众多国际知名艺术组织和艺术家参加, 囊括了各种具有代表性的新媒体艺术形式——远程信息处理艺术 (Telematic Art)、虚拟现实艺术、网络艺术、机器人艺术、交互影视艺术、软件艺术、毫微艺术 (Nano Art)、数码印刷艺术、游戏艺术等, 重在展示新时代背景下的审美感知, 见证都市兴起的文化

本土回归和艺术多元分化, 就当代全球都市的生存状态提供一个全新的艺术诠释视野。据本次活动的组织者之一、清华大学美术学院鲁晓波教授介绍, 这是截至目前我国最高等级的新媒体艺术展示活动。鲁教授同时认为, 新媒体艺术作品是艺术与科技的巧妙结合, 艺术家借助高新技术丰富了艺术的表现形式, 展示了高新技术美的内涵; 反过来, 相信科学家也能从新媒体艺术作品中得到更多的发明、创造灵感。

本次展览开幕式的剪彩也颇富创新: 当主持人宣布展览开幕时, 我国教育部副部长吴启迪教授等 8 位贵宾走上主席台, 同时将手掌按住会场背景数字投影大屏幕上 8 个闪闪发光的圆环, 屏幕上马上推出“第二届北京国际新媒体艺术展暨论坛正式开幕”字样, 并依次变换出各位艺术家的代表作品影视。开幕式剪彩的创新也体现了艺术与科技的巧妙结合。

“新媒体艺术教育研讨”是这次学术活动的第二部分, 来自世界各地的新媒体艺术学者以中国为背景, 就新媒体艺术的教育模式等问题展开了热烈讨论。会议旨在创建一个艺术教育的高层次、前沿性的国际交流平台, 并为全球各大艺术高等院校的师生创造对话的机会, 以提高新媒体艺术的创作水平, 促进新媒体艺术教育的发展, 继而开拓并推动信息文化产业的高速、可持续发展。

本次活动由我国清华大学、德国艺术与媒体中心 ZKM、荷兰 V2 艺术中心主办, 新媒体艺术展览将持续到 7 月 11 日。

(本刊记者 苏 青)