

# 宁夏水土流失的成因分析与防治措施的探讨

杨 蓉, 米文宝, 陈 丽  
(宁夏大学资源与环境学院, 银川 750021)

摘 要: 宁夏是一个干旱、风沙、盐碱、荒漠化都比较严重的省区, 水土流失较为严重, 生态环境脆弱, 严重制约了地区经济建设和社会发展。根据实际调查和有关资料查证, 分析了宁夏水土流失的原因, 探讨了该区水土流失的防治与保护措施。

关键词: 水土流失; 成因; 防治措施

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2004) 03-0293-03

## Analysis of Reasons of Soil Erosion and Its Prevention and Control Measures in Ningxia

YANG Rong, MI Wen-bao, CHEN Li  
( Department of Resource and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** Ningxia is a serious arid region with drift-sand, saline soil and desertification and soil erosion. The feeble environment seriously restricted the social and economic development. Based on the spot investigation and material concerned, the reasons of soil erosion are analyzed and prevention and control measures are discussed.

**Key words:** soil erosion; reasons; prevention and control measures

宁夏回族自治区位于黄河上游下段, 黄土高原西北部, 全区总面积 5. 18 万 km<sup>2</sup>, 辖 4 市共 20 个县( 区、市)。历史上, 宁夏曾是林草广布、谷稼殷积、牛羊成群的富庶之地。然而, 在漫长的封建社会, 由于战乱兵燹、乱砍滥伐以及人口骤增等原因, 使大片林地和草原变成了农田和荒山。现今, 宁夏是一个缺林少绿的省区, 生态环境极为脆弱。宁夏全区水土流失面积有 3. 89 万 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 75%, 每年流失土壤约 1 亿 t。

### 1 宁夏水土流失现状

宁夏大部分地区处于干旱半干旱地区, 南部是黄土丘陵沟壑区, 西、北、东三面受腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和毛乌素沙地包围, 气候地理条件恶劣。宁夏是全国水资源最少的省( 区), 平均年降水量仅为 305 mm, 平均年径流深为 173 mm, 耕地占有水量为 990 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 均居全国末位; 人均水资源量为 228 m<sup>3</sup>/人, 居全国倒数第二, 不及全国平均数的 1/10。全区地表水资源 8. 89 亿 m<sup>3</sup>, 每平方公里年产水量 1. 72 万 m<sup>3</sup>, 仅为全国平均值的 6%。河流年输沙量约 1 亿 t。干旱、半干旱地区总面积 4. 1 万 km<sup>2</sup>, 占全区总面积 80%, 而水资源量仅占全区 31%。年降水量为 300 ~ 500 mm 的中部地区, 年土壤侵蚀模数在 3 000 ~ 8 000 t/km<sup>2</sup>, 水土流失相当严重。

宁夏绝大部分荒地和草原的植被覆盖率在 50% 以下,

全区的森林覆盖率只有 8. 3%, 仅为全国均值的一半, 尤其是干旱山区, 植被稀疏, 森林覆盖率很低, 而同心、海原、盐池、香山地区等干旱带森林覆盖率则更低。由于森林植被稀少, 治理难度大, 速度慢, 生态环境建设的投入不足以及生态环境保护意识薄弱等原因, 水土流失更加严重, 沙漠化加剧。全区水土流失总面积达 3. 89 万 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 75%。其中, 水力侵蚀面积 2. 29 万 km<sup>2</sup>, 主要分布在黄土丘陵沟壑区及六盘山土石山区, 年土壤侵蚀模数 1 000 ~ 10 000 t/km<sup>2</sup>。强度以上侵蚀面积占 36%, 分布在黄土丘陵沟壑区的安家川、折死沟、苋麻河、滥泥河、盐池南部东西川等支流; 风力侵蚀面积 0. 6 万 km<sup>2</sup>, 主要分布在中北部的干旱草原区, 强度以上沙化面积占 15. 5%, 位于毛乌素和腾格里沙漠边缘。由于侵蚀导致沟台迅速扩展和表土强烈流失, 使耕地面积减少, 土壤愈渐贫瘠, 恶劣的自然条件和严峻的生态环境, 严重制约了宁夏的经济建设和社会发展。

表 1 宁夏主要水土流失区主要指标

区域	土地面积 / km <sup>2</sup>	水土流失面 积/km <sup>2</sup>	植 被 覆 盖 率/ %	年径流深 /mm	年侵蚀模 数/( t · km <sup>-2</sup> )	水土流失 特点
黄地丘陵沟壑区	16734	15317	5. 2 ~ 18. 6	20 ~ 100	1000 ~ 10000	强、中度流失
六盘山区	3692. 5	2180	26. 8	50 ~ 300	200 ~ 2000	轻度流失
贺兰山区	2802. 1	2079	26. 8	5 ~ 25	5000 ~ 2000	中度流失

注: 本表资料引自宁夏大学农学院小麦研究室 2001 年资料。

① 收稿日期: 2004-05-20

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目( 03140)

作者简介: 杨蓉( 1979- ), 女, 硕士研究生, 主要研究区域可持续发展; 通讯作者: 米文宝( 1962- ), 男, 教授, 从事资源环境管理与区域地理研究。

## 2 水土流失造成的严重危害

### 2.1 加剧了自然灾害的发生

脆弱的生态环境导致自然灾害频繁,干旱,霜冻,冰雹,大风,沙暴等气象灾害频繁,影响范围及危害程度均在不断增长。

### 2.2 河流径流量逐年减少,淤沙加剧

由于水土流失和降雨量减少等原因,造成河流径流量的逐年减少,增加了对黄河干流的输沙量。黄河干流的泥沙主要来自黄土高原各支流,宁夏地区多年平均输入黄河的泥沙达 1 亿 t 左右,约为黄河多年平均输沙量的 1/16,使黄河下游的河床抬高,增加了对防汛的压力。

### 2.3 破坏土地资源,使耕地面积不断减少

水土流失造成沟头延伸,沟底下切,沟坡滑塌,沟沿上升,使一些沟掌、沟坡、沟沿的较好耕地遭到冲刷损坏、减少,还使不少土地丧失利用价值。

### 2.4 严重影响土壤肥力及农作物产量的提高

干旱是宁夏地区最严重的自然灾害,水土流失又进一步加剧了干旱。每次暴雨,坡耕地跑水、跑土、跑肥(三跑田),大量肥土流失,土地质量日渐下降,土壤日益瘠薄,农作物产量很低,危害农业生产。

### 2.5 加速侵蚀泥沙灾害和破坏水利设施,水利效益不断下降

宁夏地区水库淤积泥沙每年在 3 000 万 m<sup>3</sup> 以上。在 193 座中、小型水库中,年均淤积泥沙 2 375 万 t,相当于每年报废一座水库。由于有效库容淤积,年减少蓄水约 1 200 万 m<sup>3</sup>,减少灌溉面积 0.13 万 hm<sup>2</sup> 以上,同时使水库防洪标准也在逐年下降。

## 3 宁夏水土流失的成因分析

造成宁夏水土流失严重,生态环境脆弱是自然因素和不合理的人类活动共同作用的综合结果。

### 3.1 自然因素

自然因素主要是由于气候干旱,降水量小,蒸发量大,水资源短缺。宁夏绝大部分地区年降水量在 400 mm 以下,引黄灌区仅 192 mm,而蒸发量却是降水量的 5~8 倍。人均占有水资源量是黄河流域的 1/4,全国的 1/12;单位面积占有水资源量是黄河流域均值的 1/7,全国均值的 1/24。加上国家分配可利用的黄河水,占有量也只能达到黄河流域的平均水平。在山区,人均水资源量仅为全国均值的 1/23,有限的水资源只能解决部分地区的饮水和极少量的工农业用水,而绝大部分地区的生态用水难以解决,部分地区人畜饮水也十分困难。此外,宁夏等西部地区大风频繁,成为水土流失不断扩展的重要动力。

### 3.2 人为因素

人为因素一方面是快速增长的人口加大了对自然环境的压力,使人口超过了土地承载力;另一方面就是人们对林草、水资源、土地的不合理开发利用,使生态环境恶化。虽然长期以来一直在强调治理水土流失,但滥挖、乱砍、乱垦、超载放牧从未消失,山区林草资源得不到休养生息,甚至遭到严重破坏。植被的破坏,使水土得不到涵养,气候更加恶化,降水更少,形成恶性循环。可以说,造成水土流失严重的根本

原因是一边治理、一边破坏,抵消了建设成果。

#### 3.2.1 不合理开垦

随着人口增长,人均占有粮食不断下降,农牧民为了增加粮食产量而盲目开荒,此外也由于政策的失误造成了有组织的大面积开荒,大量新垦草地,因为没有防护林和灌溉等辅助措施,地表土受风蚀或沙埋,土地日益沙化,一度使农牧民无草、无粮,生态环境极度恶化。到 80 年代末,为追求地方经济增长和农民增收,这种开垦又重新抬头。由于地方经济贫困,集体经济薄弱,开垦的农田往往水利设施不配套,也不建保护林网,随着产量下降,便撂荒沦为沙漠化土地。据全国农业区划办公室遥感调查,1986~1996 年 10 年全国新垦地 194 万 hm<sup>2</sup> 中竟有 98.6 万 hm<sup>2</sup> 撂荒;近代形成的沙漠化土地中,因农垦所致占 25.4%。这种过量开垦,滥挖甘草、发菜等对土地掠夺式的开发,地面植被遭破坏,也是导致宁夏大面积水土流失及荒漠化(南部山区)、土地沙化(卫宁平原中部)和盐渍化(卫宁平原北部)的主要原因。

#### 3.2.2 超载过牧

长期以来,主要都是以牲畜存栏数作为衡量牧业生产的指标,加之宁夏地区产业十分单调,特别是南部山区的地方经济严重依赖于畜牧业,致使盲目增加牲畜数量,几乎成为一种政府行为。这些地区长期习惯于靠天养畜,四处游牧,加上经济上的困难,草场建设严重滞后,而天然草场生产力低下,草原围栏率仅占 1.8%(美国等牧业发达国家达 95%),对草场进行科学经营的比例更低,而盲目开垦又严重地挤占草场。由于围栏率低,仍然是草场无主、放牧无界、使用无度、破坏无责,竞相增加牲畜头数,更加剧了草场超载,超载率高达 50%~120%,增加了草场压力,草地面积急剧退化。

#### 3.2.3 为解决生活能源,过度樵采

由于经济贫困,加之交通不便,宁夏特别是宁南山区的农村生活能源严重依赖当地植物资源,在樵采时经常是大片的连根挖掘,使地表植被和土壤遭到严重破坏,为了生存农牧民还不得不砍伐幸存很少的天然林。目前农村生活用能形势一是短缺,二是浪费。全区每年烧木柴 92 万 t,作物秸秆 191 万 t,但仍不能满足基本生活用能的需求。能源浪费主要表现在热效率不高,只有 12.8%。特别是南部山区,由于缺柴,农民砍伐林木,铲草刮地,搜集秸秆畜粪来补充,造成林木过伐,植被毁坏,有机质还田少,农业生态环境陷入恶性循环。一些机关单位和驻军也以林木为生活能源,从而形成西北沙漠化地区绿洲小环境显著改善,大环境不断恶化的局面。现代形成的沙漠化土地中,过度樵采引起的占 31.8%。

#### 3.2.4 土地重用轻养

南部山区由于农民生活贫困,土地投入肥料不足,结构不合理,加之秸秆大部分被用作燃料,有机质还田少,使土地生产力下降。很多地区实际上仍处在传统农业阶段,投肥主要依赖农家肥。据资料显示,所投肥料能中有机肥能所占比重达 93% 以上。相反卫宁平原区无机肥投入量大,有机肥投入偏少,有机肥能占总肥料能的 47%,土壤有机质含量逐年下降,无机肥效益不能充分发挥,同时还造成了一定程度的土壤污染和水体富营养化。

#### 3.2.5 不合理的利用水资源

宁夏地区非常缺乏水资源,且还缺少水资源综合管理制度和机制,导致不同地区水资源开发、利用上的矛盾。用水浪

费和灌溉方式不合理,也形成了相当严重的土壤次生盐碱化。同时,过度开采地下水,导致干旱区绿洲地下水水位下降,造成了地表植被大批死亡,加速水土流失速度。

#### 4 宁夏水土流失的防治对策

西方发达国家在走工业化的道路时,先搞开发建设,不注意环境保护,在造成生态环境极度恶化,受到历史的惩罚和大自然的报复后,再回过头来搞生态环境建设。据有关资料,这样做的代价费用比为 1 70,也就是说及时防治治理只用 1 元钱,造成损失后再治理就得 70 元。历史的经验教训值得我们深刻反思和借鉴,我国的国情,特别是宁夏的现实状况不允许我们走先破坏后治理的路子,不能以牺牲环境为代价,换取暂时的经济发展。因此,我们在建设时,必须把防治水土流失及改善生态环境放在首位。

##### 4.1 政府要加强对水土流失治理的重视程度,加大资金投入

水土流失已不仅仅是一个环境问题,随着人类活动的逐渐深入,水土流失已成为了一个牵动全局的社会问题。政府部门一方面要改变传统的思想观念,对我区的水土流失问题有一个全面的足够认识。资金投入不足是长期困扰生态环境保护的一个重要原因。有的造林工程对建设投入大量资金,而对后序管理保护投入较少甚至没有投入,这既有规划上的问题,也有投资机制上的原因。因此对防治水土继续流失政府要加大资金投入:一要加强水土流失研究的投入,提高我区水土流失研究的理论指导水平。二要加强政府职能的引导,在农牧区推广标准农田、分区轮牧等措施。三要加大对水土流失严重地区的投入,增加脱离土地的就业机会,以缓解和转移人口对土地的压力。

##### 4.2 要认真贯彻落实好“退耕还林(草),封山绿化,以粮代赈,个体承包”的政策措施

大力开展封山育林、育草,退耕还林、还草,种树种草,努力提高林草覆盖率,这是改变山区生态环境的根本所在。退耕还林,一直是黄土高原治理水土流失的难点问题,朱总理提出“退耕还林(草),封山绿化,以粮代赈,个体承包”的战略措施是解决这一难点的根本保证。为了贯彻落实这项战略措施,我们首先要采取有力措施保护好现有的天然次生林和草原。其次,为了加快退耕还林的步伐,当前不应去征收这些地区农民的公粮,农民种地只需解决自身吃粮问题,用这种政策宏观调控,促使农民退耕还林。并且要引导农民以基本农田为基础,建设高产稳产基本农田,走少而精的路子,实现稳产高产,由重数量转到重质量、重效益;由广种薄收、靠天吃饭转到精耕细作、集约经营;由以粮为主,调整到以经济效益为主,大力发展经济作物和经济林草。此外,宁夏地区干旱少雨,这是制约退耕还林还草,生态环境建设最大的不利因素,因此在生态建设中,要乔、灌、草结合,以灌草为主,适度发展经济林,解决好群众花钱的问题,在植树种草时,不能用一种模式,而一定要适地适树(草),保证质量,科学种植,保证成活率。

##### 4.3 大力实施封山(沙)育林和飞播造林,加快恢复林草植被的步伐

封山育林具有投资少、见效快、效果好的优点,在适宜地区大力进行封山育林,不仅可以节省大量的人力、物力、财力,

而且能在短时间内发挥效益,起到事半功倍的效果。许多成功的事例也说明了这一点。1978 年以来,山西省岢岚县封育面积达到 2.3 万 hm<sup>2</sup>,造林面积 1.4 万 hm<sup>2</sup>,全县天然次生林由原来的 7.2% 增加到 22.5%,封育成林面积是同期人工造林成林面积的 3 倍多。河北省秦皇岛市 1986 年到 1997 年全市累计封山育林 10.3 万 hm<sup>2</sup>,现已封育成林面积 5 万 hm<sup>2</sup>。因此,在有条件的地方要把封育摆在首位。在封山育林中,一是要因地制宜、科学合理的制定封育规划;二是要制定严格的封育管理办法和措施;三是要确定封育标准,把封育和人工造林、抚育管理结合起来,封育、造林、抚育并举,保证封育成效。飞播造林是一种造林面积广、速度快、成本低的现代高科技造林技术。随着飞播技术的日趋成熟,应加大飞播造林的力度,还要加强飞播林地的后序管理,推行封飞造结合,巩固成果。

##### 4.4 调整林分结构,加大灌木造林比重和管理,加强灌木资源的培育、开发和利用

在宁夏地区分布着大量既有生态防护效益,又有巨大经济价值的灌木资源。大部分灌木具有适应性强,抗旱耐脊薄,营造成本低,易成活,防护效益好,经济效益显著等特点。因此,对灌木资源的培育、保护、加工和利用,不仅符合生态工程乔灌木、多林种、多树种的建设原则,而且也是建设生态经济型防护林体系的重要体现。如沙棘、沙柳、柠条、枸杞等灌木,都能发挥出良好的生态防护和经济效益。大力营造灌木,进行资源培育,一是要转变观念,改变过去营造灌木不是造林的认识误区;二是要根据实际,科学合理制定灌木的营造规划,将其纳入到整个森林资源的培育计划当中,选择生态防护效益好,经济价值高的品种,建设一批灌木资源基地;三是合理确定培育与开发,保护与利用的关系,避免重开发轻保护或重营造轻利用。要把培育、保护、开发和利用贯穿于整个建设过程中。

##### 4.5 要因地制宜、分类指导,统筹规划、重点突破,综合治理

在建设开发荒漠化土地、综合治理水土流失过程中,坚持因地制宜、合理规划、科学施治的原则,治理中努力做到“高标准、高质量、高效益、高速度”和“水不下山、土不下坡、泥不出沟”,注重治坡与治沟相结合,工程措施与生物措施、耕作措施相结合,当前利益与长远利益相结合,经济效益与生态效益、社会效益相结合,充分发挥整体效益功能。同时对人多地少、生存环境差的乡村进行异地开发、移民搬迁,减缓人地矛盾。通过综合治理,实现了坡地梯田化、沟岔坝系化、防护林(草)网化,农、林、牧协调发展。

在南部山区,要以恢复植被、保持水土、涵养水源为目的,以彭阳县为榜样,坚持封山绿化和退田还林还草,重点营造水源涵养林、水土保持林和生态经济林。要坚决实行坡耕地退田还林,停止新的毁林毁草开荒,做到树上山,粮下川;在沙区要从恢复生态平衡的起点出发,把目前农牧交错的生态系统,改造为“草—灌—粮”结合的林农牧复合型生态系统,采取以“植治为主,植治水治相结合”的方针,按照“先易后难,由近及远”的步骤,进行规划治理;在引黄灌区要以实现高标准平原绿化为目标,建成稳定的平原绿化防护林体系,特别是要加快城镇和村庄绿化进程,实施城市大环境绿化和生态园林工程,改善城市生态环境。

3.5.3 树根生物量估测模式的选取

树根生物量用 5 种模式估测, 并进行优劣比较, 见表 10。  
在相关系数相近的情况下, 以拟合率的均方差、离散度小、拟合贴近度好的为优, 因此模拟 最优, 即  $W_{\text{根}} = 0.5258D^{2.3078} \cdot H^{0.5989}$  模式最优。

表 10 树根生物量 5 种模式优劣比较

特征值 Eigenvalue					
	$W_{\text{根}} = a$	$W_{\text{根}} =$	$W_{\text{根}} = a$	$W_{\text{根}} = a$	$W_{\text{根}} =$
	$bD = cH$	$aD^b \cdot H^c$	$bD = cD^2 \cdot H$	$bD^2 \cdot H$	$a(D^2 \cdot H)^b$
	a= - 39.6144	a= 0.5258	a= - 8.4389	a= 7.486	a= 0.2246
系数	b= 8.4988	b= 2.3078	b= 2.0628	b= 0.0208	b= 0.6947
	c= 1.9236	c= 0.5990	c= 0.0154		
R	0.8705	0.8698	0.8779	0.8763	0.8120
Se	11.6959	0.2604	11.3800	11.2908	0.9451
P	104.31	102.50	105.14	105.65	103.80
δ	0.2444	0.2159	0.2697	0.2713	0.2885
Vδ	0.2343	0.2106	0.2548	0.2568	0.2779

4 结 论

(1) 杨树采伐周期 5 a 的, 4 种造林密度以  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  为  
参考文献:

[ 1 ] 房用. 杨树生物量结构与模型研究[ J ]. 辽宁林业科技, 2002, ( 5 ): 5– 7.  
[ 2 ] 房用. 杨树薪炭林研究[ J ]. 辽宁林业科技, 2000, ( 5 ): 8– 9.  
[ 3 ] 高尚武, 等. 全国薪炭林区区别和技术政策和研究报告[ J ]. 林业科学研究, 1993, 3( 增刊 ): 51– 72.  
[ 4 ] 房用. 山东省薪炭林的现状、地位及发展对策[ J ]. 新能源, 1996, ( 4 ): 42– 45.  
[ 5 ] 房用. 刺槐薪炭林密度与采柴周期试验报告[ J ]. 安徽林业科技, 1999, ( 1 ): 4– 6.

( 上接第 295 页 )

4.6 以效益为中心, 因地制宜, 分类指导, 大力推行小流域  
综合治理

小流域不仅是一个治理单元, 而且随着生产力的发展, 环境的改善, 也是一个经济单元。由小流域治理向小流域经济、小流域产业化发展, 逐步形成小流域联体的区域济是发展的必然。因此, 在继续大力进行小流域治理的同时, 以市场为导向, 发挥当地资源优势, 以林果、畜牧为突破口, 大力发展拳头产品, 通过规模经营, 形成支柱产业。在发展小流域经济时一要解放思想, 二要有好的带头人, 三要建立规章制度, 四要与稳定脱贫、产业结构调整、产业结构开发结合起来。一定要将小流域综合治理作为我区生态环境建设和农业建设的战略性、根本性措施, 有计划、有步骤地大力推行。

4.7 加大管护力度, 防止边建设边破坏

边建设边破坏, 治理速度赶不上破坏速度是我国生态环境不断恶化, 水土流失日益严重的根结所在。生态环境建设、水土流失防治需要两手抓, 建设与保护并重。要将管护放在突出位置, 严抓严管。一是加强法制建设, 依法治林, 依法治

参考文献:

[ 1 ] 孙长春, 等. 关于加快宁夏生态环境建设的思考[ J ]. 中国林业, 1999, ( 11 ): 20– 23.  
[ 2 ] 马文林, 等. 宁南山区水土流失综合治理的实践[ J ]. 人民黄河, 2000, 22( 2 ): 30– 31.  
[ 3 ] 赵平, 荆振民, 等. 西部地区水土保持生态环境建设刍议[ J ]. 中国水土保持, 2000, ( 7 ): 12– 13.  
[ 4 ] 张晨曲, 等. 发展宁夏生态环境建设, 获得多元化投资回报[ J ]. 市场经济研究, 2002, ( 1 ): 51– 54.  
[ 5 ] 汪一鸣, 宁夏生态环境建设的基本思路及对策[ J ]. 宁夏大学学报, 1999, 20( 2 ): 113– 116.  
[ 6 ] 米文宝, 等. 宁夏西海固贫困少数民族地区可持续发展研究[ M ]. 西安: 西安地图出版社, 2001.  
[ 7 ] 延军平, 黄春长, 等. 跨世纪全球环境问题及行为对策[ M ]. 北京: 科学出版社, 1999.  
[ 8 ] 辛鹏科, 李晓玲, 等. 宁夏固原市生态环境现状及建设措施[ J ]. 市场经济研究, 2003, ( 3 ): 78– 80.  
[ 9 ] 彭珂珊, 等. 中国水土流失问题的初探[ J ]. 四川草原, 2004, ( 1 ): 6– 12.

最佳, 其单位面积年生物量最高。  
(2) 杨树以采伐周期 5 a 优于 3 a , 其单位面积年生物量最高, 且易管理、成本低。  
(3) 杨树、紫穗槐混交林优于杨树纯林; 混交林以杨树密度为  $2\text{ m} \times 6\text{ m}$  的最佳, 生物量最高。  
(4) 杨树生物量结构树头占 23% ~ 26%, 树干占 50% ~ 52%, 树根占 22% ~ 26%, 树头和树根生物量基本相等。树根生物量约有 80% ~ 90% 分布在 0 ~ 40cm 土层内, 仅有 7% ~ 15% 分布在 40 ~ 60 cm 土层间。  
(5) 试验结果表明, 杨树不同密度单株生物量排序为:  $4\text{ m} \times 6\text{ m} > 4\text{ m} \times 4\text{ m} > 2\text{ m} \times 6\text{ m} > 2\text{ m} \times 4\text{ m} > 2\text{ m} \times 2\text{ m}$ ; 不同密度单位面积生物量排序为:  $2\text{ m} \times 2\text{ m} > 2\text{ m} \times 4\text{ m} > 2\text{ m} \times 6\text{ m} > 4\text{ m} \times 4\text{ m} > 4\text{ m} \times 6\text{ m}$ 。  
( 6 ) 5 年生杨树不同部位生物量估测模式为:  $W_{\text{头}} = 0.2633D^{1.6821} \cdot H^{0.3336}$ ;  $W_{\text{干}} = 0.1324D^{1.7707} \cdot H^{0.8338}$ ;  $W_{\text{根}} = 0.5258D^{2.3078} \cdot H^{0.5990}$ 。