

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2011.00051

黄河干流河岸带植物群落特征及其影响因子分析

沈亚强^{1,2} 张晓可^{1,2} 赵伟华^{1,2} 王海军¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 作为河岸带生态系统的关键组成部分, 河岸带植被为许多动植物提供了栖息地以及迁徙或扩散的廊道, 并对非点源污染物有着缓冲和过滤作用。黄河是我国湿地的重要组成部分, 也是生物多样性分布的关键地带。但是, 目前黄河水资源的过度利用如农业灌溉和干流拦河水利工程的兴建在很大程度上改变了原有的水文情势, 对河岸带植被发育带来了不利影响。另外, 黄河两岸的加固硬化进一步破坏了河岸带植物的生存环境。然而, 过去对于黄河河岸带植被仅有对个别河段的调查。为了解目前黄河河岸带植被现状, 于2008年4—6月及2008年9—10月对黄河干流河岸带植被进行了两次系统调查, 以期对黄河河岸带植被多样性的保护、河岸带的开发管理提供理论支持。对群落的物种组成、多样性进行了分析, 并采用双向指示种分析法对黄河干流河岸带植被进行了数量分类。共采集到木本和草本植物169种, 隶属于37科124属。区系分析表明黄河干流河岸带植被区系地理成分多样。空间分布方面, 中游河段草本植物无论在种类数、密度、生物量上都较上游和下游河段丰富。TWINSpan将植被划分为17个群落, 论述了各群落的特征。环境分析表明, 影响黄河干流河岸带植被空间分布的主要生态因子是海拔、年均气温、年均降雨量、年均径流量和平均最大流速。

关键词: 黄河; 河岸带植物; TWINSpan; 影响因子

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2011)01-0051-16

河岸带(Riparian zone)是陆地生态系统和水生生态系统的交互界面, 是控制陆地和水域的关键系统^[1]。河岸带植被作为河岸景观中的核心组成部分, 对水陆生态系统间的物流、能流、信息流和生物流起到廊道、过滤器和屏障的作用^[2], 对维持河岸带的稳定及保持整个河流生态系统的生态功能的连续性具有重要的意义^[3]。河岸植被带也是受干扰最重的景观类型之一^[4]。随着人口增长和工农业发展, 大量河岸带生态系统由于受人类活动的干扰而发生了不同程度的退化, 过去200年来, 北美和欧洲80%以上的河岸带廊道已经消失^[5]。黄河是我国湿地的重要组成部分, 也是生物多样性最为丰富的关键地带^[6]。

黄河是我国第二大河, 也是中华民族的母亲河, 以其占全国河川径流2%的有限水资源, 承担着本流域和下游占全国15%耕地面积引黄灌溉、12%人口及50多座大中城市的供水任务。水资源的过度利用如农业灌溉和干流拦河水利工程的兴建在很大程度上改变了黄河原有的水文情势, 对河岸带植被发

育带来了不利影响。另外, 黄河两岸的加固硬化进一步破坏了河岸带植物的生存环境。然而, 目前关于黄河河岸带植被的研究较少, 只有中下游部分河段有报道^[7-9]。本研究的目的在于通过对黄河干流河岸带植物开展全面调查, 了解其基本群落特征及其与环境的相互关系, 为整个黄河干流河岸带植被多样性的保护、河道管理及河流生态环境评价等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

于2008年4—6月及2008年9—10月对黄河干流河岸带植被进行了两次系统调查。调查范围从下游黄河口至上游的刘家峡水库(图1), 跨度全长约3800 km。两次合计调查了18个干流河段(包括4个水库): 第一次调查的有刘家峡水库、兰州、青铜峡水库、石嘴山、蹬口、三湖河口、头道拐、吴堡、三门峡水库、花园口、高村和利津等12个河段(包

收稿日期: 2009-11-05; 修订日期: 2010-10-12

基金项目: 水利部公益性行业科研专项基金项目(2007SHZ1-19)资助

作者简介: 沈亚强(1984—), 男, 浙江海宁人; 硕士研究生; 主要研究方向为水生植物生态学。E-mail: shenyaqiang@163.com

通讯作者: 王海军, E-mail: wanghj@ihb.ac.cn

括 3 个水库)。秋季在春季调查的基础上又增加了下河沿、府谷、龙门、小浪底水库、艾山和黄河口等 6 个河段(包括 1 个水库)。其中刘家峡—头道拐间 8 个河段(包括 2 个水库)隶属于黄河上游;府谷—小浪底间 5 个河段(包括 2 个水库)隶属于中游河段;花

园口以下 5 个河段为下游。本研究所选河段包括峡谷、冲积平原等,涵盖林地、滩涂、沙丘、河心沙洲、水域、支流河口、沼泽等各种生境类型,同时对水电站坝上和坝下均进行了调查,这些河段的污染程度、受干扰程度也不一样,因此比较具有代表性。

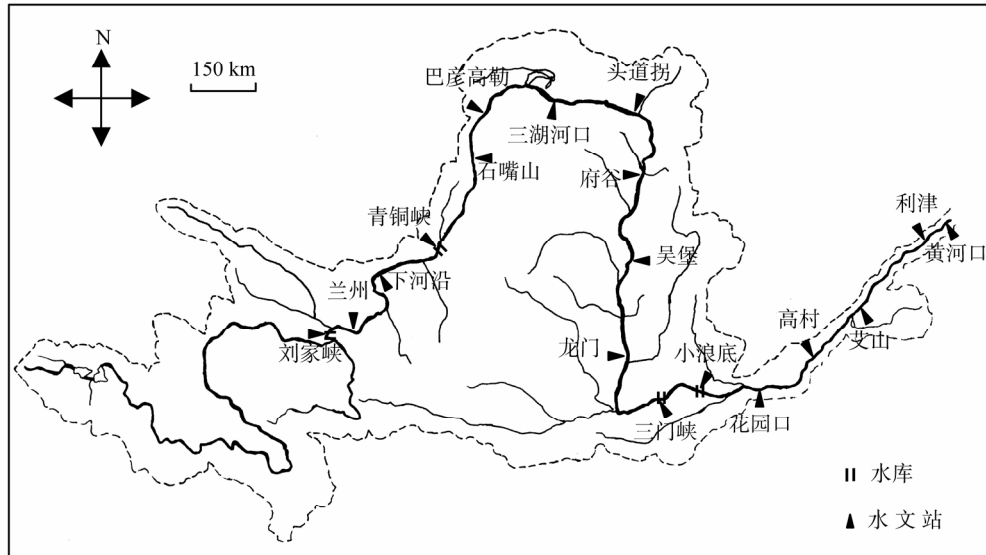


图 1 黄河干流样站分布

Fig. 1 Distribution of the sampling stations on the mainstream of the Yellow River

1.2 研究方法

取样方法 采用样方法对各河段河岸带植被进行调查,每个河段视植被分布情况,分别设置 1—5 个样地,每个样地间间隔约 500 m,共设置 56 个样地。每个样地设置 3—9 个样方,其中草本样方面积为 1 m × 1 m,灌木样方面积为 5 m × 5 m 或 10 m × 10 m,分别记录植物种的名称、高度、株数等指标及各样方的地理位置、土壤特征、海拔等。采用收割法收割植株地上部分,称量其鲜重计算生物量。对于大型木本植物,只记录其种类。

水文、气象资料 分析所用水文资料来自各河段水文站的测量资料,数据由黄河水利科学研究院水资源研究所提供。用于分析的因子包括年均径流量、最大流速。气象资料主要来自气象年鉴。

数据分析 以每个种的重要值[其计算公式为:重要值 = (相对生物量 + 相对密度 + 相对频度)/3]为数量指标,采用双向指示种分析(Two way indicator species analysis, TWINSpan)对黄河干流河岸带植被进行数量分类,分类通过软件 WinTWINS 2.3^[10]实现。用 Statistica 6.0 进行斯皮尔曼等级相关(Spearman rank correlation)、皮尔逊相关(Pearson correlation)分析和简单回归分析。

2 结果

2.1 植物区系的基本组成

共采集到木本和草本植物 169 种,隶属于 37 科 124 属。其中蕨类植物 1 科,1 属,2 种;被子植物 36 科,123 属,167 种。植物中草本植物占明显优势,木本植物多为人工种植的防护林或生产林以及野生的小灌木,如怪柳(*Tamarix chinensis*)等。

菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、莎草科(Cyperaceae)为种数最多的三个科,分别为 29 种、24 种和 15 种,优势明显。植物区系中单属科、单种科、单种属所占比例较大,所以黄河河岸带植物总体上呈现出少数科属多样性突出,但整体寡种性强的特点。

2.2 植物区系的地理成分分析

科的分布类型 根据相关资料^[11,12],对黄河河岸带高等植物 37 科进行归类(表 1)。可以看出,黄河干流河岸带植物科的分布类型比较集中,主要为世界分布。但泛热带分布类型也占有较高的比例,表明该区植物区系具有一定的热带渊源。

属的分布类型 根据相关资料^[12,13],可将黄河干流河岸带植物 124 个属划分为 12 个分布区类型和 3 个变型(表 2)。

从表 2 可以看出,黄河河岸带植物北温带分布的属共计 34 属, 占本区系总属数的 27.4%, 居所有类型首位。世界分布属 32 个, 占本区系植物总属数的 25.8%, 仅次于北温带分布。各类温带性质的属(8—11, 14)共有 56 属, 占黄河河岸带种子植物总属数的 45.2%, 由此可见, 黄河河岸带植物区系温带成分优势明显。泛热带分布属 28 个, 占本区系总属数的 22.6%, 位居第三位。泛热带分布这一类型中许多属的分布都并非是严格地局限于南北半球的热带地区, 而是主产于从热带至温带的广大地区, 如狗尾草(*Setaria*)、菟丝子(*Cuscuta*)等属^[14]。各类热带性质的属(2、4、6、7)共 32 个, 占该区系总属数的 25.8%, 表明该植物区系泛热带成分丰富, 与热带植物区系有一定的联系。在木本植物中, 杨柳科杨柳属(*Populus*)及桑科桑属(*Morus*)是起源古老的属, 表明黄河干流河岸带植物区系起源古老。

2.3 草本植物数量特征

从种类数的统计上看(图 2), 中(府谷-小浪底)、下游(花园口-黄河口)各河段河岸带草本植物种类均比较丰富, 黄河中游各河段共采集到草本植物 114 种, 下游共采集到 99 种, 而上游(刘家峡-头道拐)各河段河岸带草本植物种类则相对较少, 共采集到 87 种。从草本植物密度和生物量上看(图 2), 中游河段都较上游和下游河段高, 下游河段草本植物密度、生物量最低。其中兰州、府谷、吴堡和小浪底段的草本植物密度明显高于其他河段, 刘家峡、三湖河口和利津段的草本植物密度明显较低。兰州、龙门、三门峡段的草本植物生物量明显较高, 而刘家峡、三湖河口、艾山和利津段的草本植物生物量明显较低。因此, 综合来说, 黄河中游河段河岸带植被发展最好。

表 1 黄河河岸带植物科的分布区类型

Tab. 1 The areal-types of the families of riparian plants in the mainstream of the Yellow River

分布区类型 Areal-types	科数 Number of family	所占比例 Percentage (%)	所属科 Family name
世界分布 Cosmopolitan	26	70.3	木贼科(Equisetaceae)、桑科(Moraceae)、蓼科(Polygonaceae)、藜科(Chenopodiaceae)、苋科(Amaranthaceae)、马齿苋科(Portulacaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、十字花科(Cruciferae)、蔷薇科(Rosaceae)、小二仙草科(Haloragidaceae)、豆科(Leguminosae)、伞形科(Umbelliferae)、旋花科(Convolvulaceae)、紫草科(Boraginaceae)、唇形科(Labiatae)、茄科(Solanaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、车前科(Plantaginaceae)、菊科(Compositae)、眼子菜科(Potamogetonaceae)、茨藻科(Najadaceae)、泽泻科(Alismataceae)、香蒲科(Typhaceae)、莎草科(Cyperaceae)、禾本科(Gramineae)
泛热带分布 Pantropic	6	16.2	蒺藜科(Zygophyllaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、锦葵科(Malvaceae)、萝 科(Asclepiadaceae)、夹竹桃科(Apocynaceae)、楝科(Meliaceae)
东亚(热带、亚热带)及热带南美 间断分布 Trop. & Subtr. E. Asia & (S.) Trop. Amer. disjuncted	1	2.7	马鞭草科(Verbenaceae)
北温带分布 N. Temp.	3	8.1	罂粟科(Papaveraceae)、杨柳科(Salicaceae)、百合科(Liliaceae)
旧世界温带分布 Temp. Eurasia	1	2.7	桤柳科(Tamaricaceae)

表 2 黄河河岸带植物属的分布区类型

Tab. 2 The areal-types of the genera of riparian plants in the mainstream of the Yellow River

分布区类型 Areal-types	属数 No. of genera	所占比例 % of total genera
1.世界分布 Cosmopolitan	32	25.8
2.泛热带分布 Pantropic	28	22.6
4.旧世界热带分布 Old World Tropics	1	0.8
6.热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	2	1.6
7.热带亚洲(印度—马来西亚)分布 Trop. Asia(Indo-Malesia)	1	0.8

8.北温带分布 North Temperate	34	27.4
8-4.北温带和南温带间断分布“全温带” N. Temp.& S. Temp. disjuncted.(“Pan-temperate”)	(9)	
8-5.欧亚和南美温带间断分布 Eurasia & Temp.S.Amer.disjuncted.	(1)	
9.东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer.disjuncted	3	2.4
10.旧世界温带分布 Old World Temperate	11	8.9
10-3.欧亚和南部非洲(有时也在大洋洲) 间断分布 Eurasia & S.Africa (Sometimes also Australasia) disjuncted.	(1)	
11.温带亚洲分布 Temp. Asia	5	4.1
12.地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	2	1.6
14.东亚分布 E. Asia	3	2.4
15.中国特有分布 Endemic to China	2	1.6
合计 Total	124	100

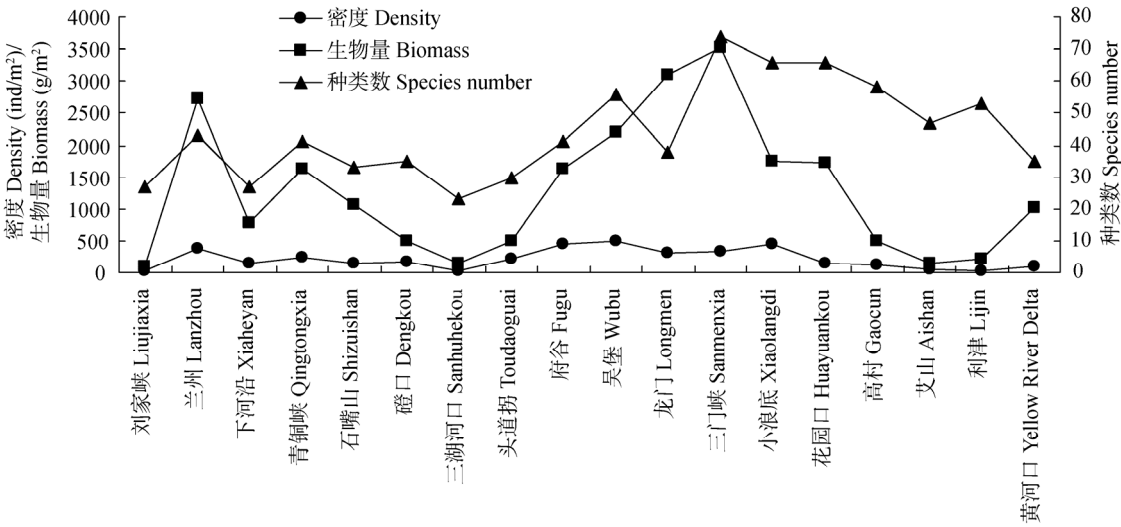


图 2 各河段草本植物数量特征
Fig. 2 Quantitative characteristics of herbaceous plants in the riparian zone of the mainstream of the Yellow River

2.4 黄河干流河岸带灌草植物群落的 TWINSpan 数量分析

TWINSpan 将 56 个灌草样地分为 16 组(图 3), 依据《中国植被》的分类系统^[15], 并结合野外实际调查结果和群落特征, 将黄河干流河岸带植被划分为 17 个群落类型(表 3)。

2.5 河岸带草本植物影响因子分析

表 4 给出了黄河干流河岸带草本植被数量特征与各种环境因子之间的简单相关关系。可以看出河岸带植物种类数与海拔之间存在显著的负相关关系, 随海拔升高, 河岸带植物种类数降低。河岸带草本植物种类数与年均气温、年均降雨量、年均径流量

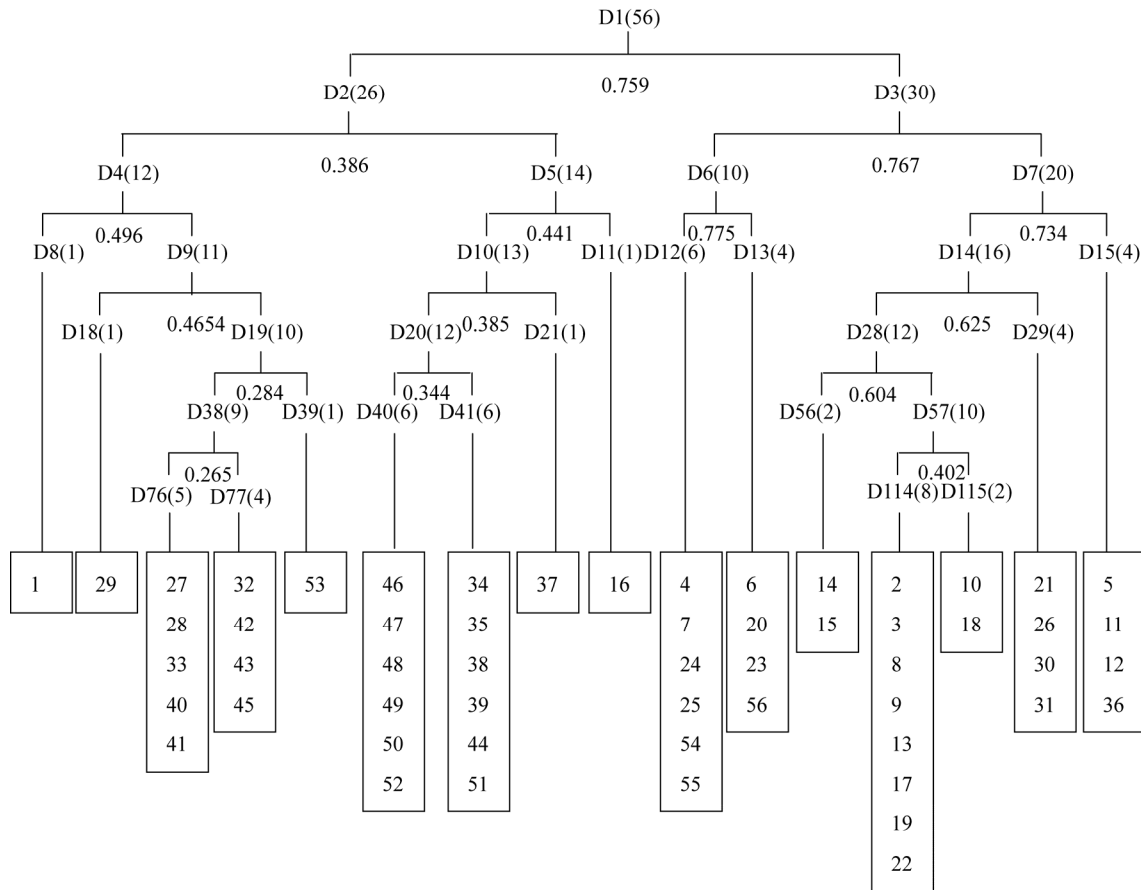


图3 黄河河岸带植被的TWINSpan分类树状图

Fig. 3 Dendrogram of TWINSpan Classification of the riparian vegetation in the riparian zone of the mainstream of the Yellow River
D代表分类次; 括号内数字表示该类包含的样地数; 方框内数字代表样地编号

D: Division number; Arabic numerals in brackets: number of plots; Arabic numerals in panes: Sampling plot number

之间均存在极显著的正相关关系($P < 0.001$)。显著的正相关关系还存在于草本植物生物量与平均最大流速之间。河岸带植被数量特征与各种环境因子之间的回归关系(图 4)。

3 讨论

黄河干流河岸带共采集到植物 169 种, 其中草本植物占绝对优势, 菊科、禾本科、莎草科为种数最多的三个科, 优势明显。河岸带植物的这种优势类群组成很好地反映了黄河河岸带的生境特征。黄河干流建有大量水利枢纽, 这些水利枢纽运营后, 由于丰枯水位的变化会在水库外围(坝下)形成大范围的消落区。本次调查的黄河河岸带植物多数喜湿或水生, 且这些植物多为一年生或者二年生, 生长快, 在短期内可形成小群聚或优势种群, 可以很好地适应坝下这种流量节律变化。

从草本植物数量特征上看, 黄河中游河段河岸带植物发展较好。这种植物群落特征也很好地反映了黄河干流生境的空间格局。黄河中游河岸带生境类型多样, 有林地、滩涂、沙丘、河心沙洲、水域、支流河口、湖泊、温泉、沼泽、盐碱地等, 河漫滩生态环境条件优越, 水生、湿生植被分布广; 黄河上游地区生态失衡严重, 而黄河下游河段多修建堤防, 生境类型单一, 植被类型以中生、旱生类型为主。

对黄河干流河岸带植被的影响因子进行了分析, 结果显示河岸带植被的分布受海拔、年均气温、年均降雨量、年均径流量、平均最大流速等因素影响。这些因子之间本身存在一定相关关系, 它们对河岸带植被的影响本质上即是水分和热量对植物生长的影响。

河岸带由于受人类活动干扰, 生态功能较脆弱, 保护河岸带的生物多样性是河流保护和生态恢复的

表3 黄河干流河岸带主要植物群落特征

Tab. 3 Characteristics of the dominant communities in the riparian zone of the mainstream of the Yellow River

群丛名称 Community name	样地 Sampling plot number	分布河段 River section	生境特征 Habitat characteristics	优势种类 Dominant species	优势种平均重要值 Mean importance value (%)
车前群落 <i>Plantago asiatica</i>	1	三门峡	距离水流 26 m 左右区域, 坡度平缓, 土壤湿润	车前	92.1
苍耳群落 <i>Xanthium sibiricum</i>	29	三门峡	距离水流 3 m 左右区域, 土壤多砂石	苍耳	88.1
砖子苗群落 <i>Mariscus umbellatus</i>	27、28、33、40、41	三门峡、花园口	距离水流平均 14 m 左右区域, 坡度十分平缓, 土壤湿度大	砖子苗	63.4
砖子苗 + 朝天委陵菜 + 鳢肠群落 <i>Mariscus umbellatus</i> + <i>Potentilla supina</i> + <i>Eclipta prostrata</i>	32、42、43、45	花园口、艾山	距离水流平均 22 m 左右区域	砖子苗、朝天委陵菜、鳢肠	55.5、51.4、43.8
砖子苗 + 狭叶香蒲群落 <i>Mariscus umbellatus</i> + <i>Typha angustifolia</i>	53	黄河口	距离水流 9 m 左右区域	砖子苗、狭叶香蒲	71.9、51.2
齿果酸模 + 砖子苗 + 柽柳群落 <i>Rumex dentatus</i> + <i>Mariscus umbellatus</i> + <i>Tamarix chinensis</i>	46、47、48、49、50、52	艾山、利津	距离水流 1—16 m 区域, 平均 8 m, 坡度平缓	齿果酸模、砖子苗、柽柳	39.9、39.5、33.7
朝天委陵菜 + 砖子苗 + 齿果酸模群落 <i>Potentilla supina</i> + <i>Mariscus umbellatus</i> + <i>Rumex dentatus</i>	34、35、38、39、44、51	花园口、艾山、利津	距离水流 1—11 m 区域, 平均 6 m, 坡度相对较大	朝天委陵菜、砖子苗、齿果酸模	30.0、26.7、24.8
碱蓬群落 <i>Suaeda glauca</i>	37	花园口	距离水流 10 m, 坡度平缓, 土壤轻度盐渍化	碱蓬	99.4
柽柳群落 <i>Tamarix chinensis</i>	16	三湖河口	距离水流 11.5 m 左右区域	柽柳	97.4
狭叶香蒲群落 <i>Typha angustifolia</i>	4、7、24、25、54、55	下河沿、青铜峡、龙门、黄河口	分布于水边或近水处	狭叶香蒲	84.1
荻群落 <i>Triarrhena sacchariflora</i>	6、20、23、56	青铜峡、府谷、吴堡、黄河口	距离水流 9.5—17.5 m 的区域, 坡度小	荻	79.1
盐地碱蓬群落 <i>Suaeda salsa</i>	14、15	三湖河口	距离水流 5—16.5 m, 土壤盐渍化严重	盐地碱蓬	81.9
芦苇群落 <i>Phragmites australis</i>	2、3、8、9、13、17、19、22	兰州、下河沿、青铜峡、石嘴山、巴彦高勒、头道拐、吴堡	距离水流 0.5—8.5 m 区域, 平均 4 m, 土壤湿度大	芦苇	91.8
芦苇 + 水蓼群落 <i>Phragmites australis</i> + <i>Polygonum hydropiper</i>	10、18	石嘴山、头道拐	距离水流 3—10 m 区域, 土壤含水量大	芦苇、水蓼	54.3、52.6
苍耳 + 芦苇群落 <i>Xanthium sibiricum</i> + <i>Phragmites australis</i>	21、26、30、31	吴堡、龙门、小浪底	距离水流平均 4 m 左右区域	苍耳、芦苇	47.0、43.8
扁杆草群落 <i>Scirpus planiculmis</i>	5、11、36	青铜峡、巴彦高勒、花园口	距离水流 4.5—4 m 区域, 坡度十分平缓、土壤湿度大	扁杆草	90.3
萤蔺群落 <i>Scirpus juncooides</i>	12	巴彦高勒	距离水边 6 m 左右区域, 土壤湿润	萤蔺	81.6

表 4 河岸带植被数量特征与各种环境因子之间的皮尔逊简单相关系数(上三角)和斯皮尔曼等级相关系数(下三角)[达到显著水平的以粗体显示(* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$)]

Tab. 4 Pearson correlation coefficients (upper triangle) and Spearman rank correlation coefficients (lower triangle) between quantitative characteristics of riparian vegetation and the environments [Significant correlations in bold (* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$)]

	Alt	Temp _{AM}	Rainfall _{AM}	Runoff _{AM}	V _{Max}	SN	D _{HP}	B _{HP}
Alt		-0.75***	-0.88***	-0.60**	-0.35	-0.68**	-0.04	-0.16
Temp _{AM}	-0.68**		-0.88***	0.72***	0.54*	0.74***	0.16	0.44
Rainfall _{AM}	-0.79***	0.87***		0.66**	0.51	0.81***	0.31	0.47
Runoff _{AM}	-0.33	0.69**	0.59**		0.33	0.82***	0.02	0.25
V _{Max}	-0.25	0.50	0.45	0.36		0.65*	0.48	0.81***
SN	-0.59***	0.79***	0.81***	0.75***	0.57*		0.39	0.50*
D _{HP}	0.09	0.14	0.27	0.10	0.45	0.46		0.74***
B _{HP}	-0.12	0.43	0.51*	0.33	0.85***	0.60*	0.81***	

注: Alt, 海拔 altitude, m; Temp_{AM}, 年均气温 annual mean temperature, °C; Rainfall_{AM}, 年均降雨量 annual mean rainfall, mm; Runoff_{AM}, 年均径流量 annual mean runoff, m³/s; V_{Max}, 平均最大流速 mean maximum velocity, m/s; SN_{RP}, 河岸带植物种类数 species number of riparian vegetation; D_{HP}, 河岸带草本植物密度 density of herbaceous plants, ind/m²; B_{HP}, 河岸带草本植物生物量 biomass of herbaceous plants, g/m²

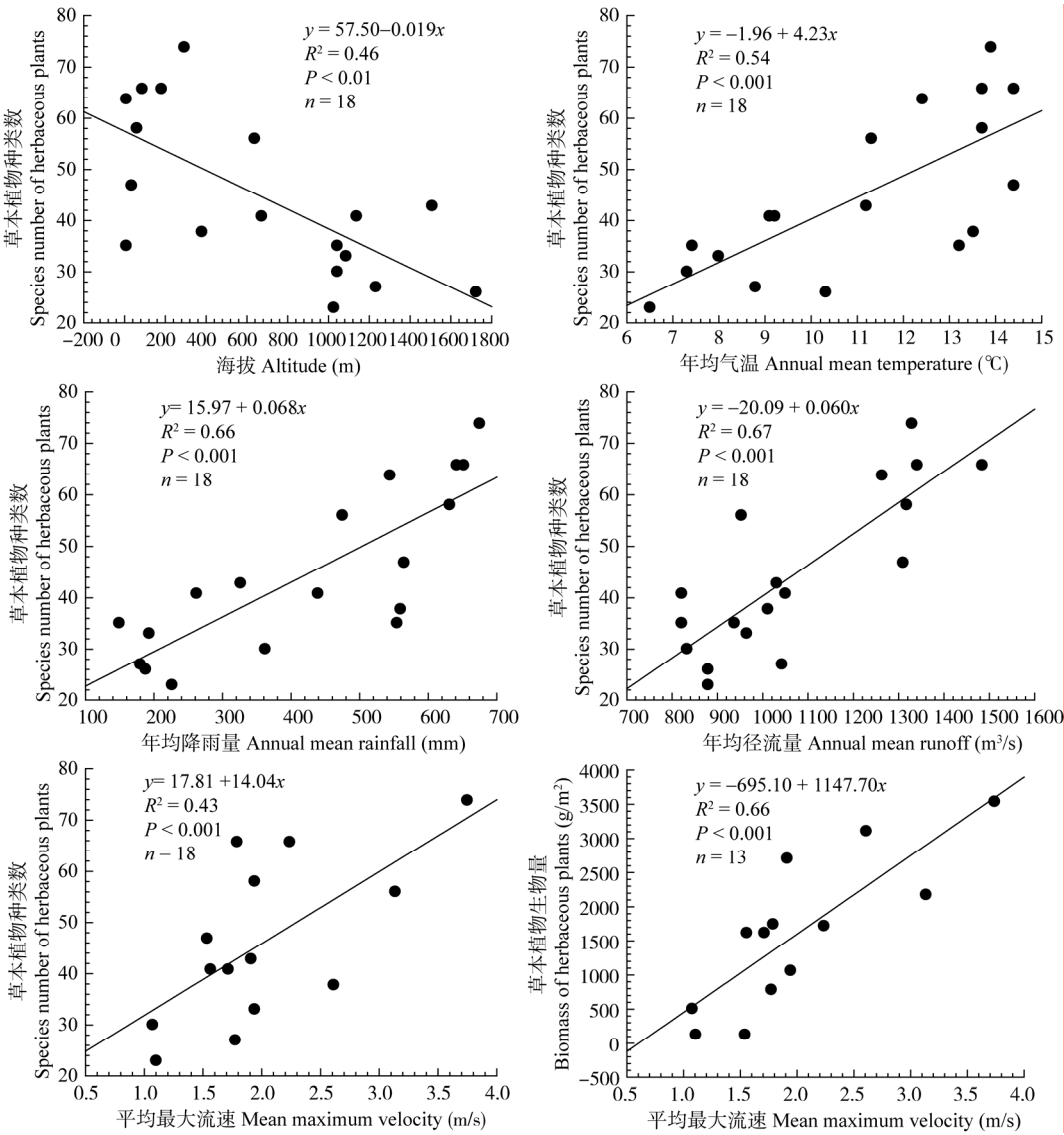


图 4 海拔、年均气温、年均降雨量、年均径流量及平均最大流速与河岸带植物种类数和植物生物量的关系

Fig. 4 Relationships of altitude, annual mean temperature, annual mean rainfall, annual mean runoff and mean maximum velocity with species numbers and biomass of herbaceous plants

重要内容。目前,对于黄河干流河岸带植被研究较少,已有研究也只集中于部分河段,因此我们建议应加大对黄河干流河岸带植被的调查研究力度,同时做好河岸带植被的保护和恢复工作。尤其对于黄河上游和中游河段,由于其植被类型多样,资源丰富,更应加强保护,保护植被多样性免受破坏。对于部分河岸带植被稀少、退化严重的河段,可以通过水文、水质、水生生态工程、环境工程和河岸带植被建设等多学科技术相结合的途径,促进生物多样性恢复和重建过程。

致谢:

调查中得到黄河水利科学研究院水资源研究所蒋晓辉总工、付新峰工程师、花园口水文站吴岩站长、王军科长以及中国科学院水生生物研究所王勇、茹辉军等的大力协助,在此表示感谢。感谢湖北大学生命科学院王万贤教授帮忙鉴定部分植物种类。

参考文献:

- [1] Jiang M X, Cai Q H. Preliminary studies on the riparian plant communities of main channel in the Three Gorges area, the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(5): 458—463 [江明喜, 蔡庆华. 长江三峡地区干流河岸植物群落的初步研究. 水生生物学报, 2000, **24**(5): 458—463]
- [2] Shang Z B, Gao Q. Watershed ecology-A new research area of ecology [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(3): 468—473 [尚宗波, 高琼. 流域生态学—生态学研究的一个新领域. 生态学报, 2001, **21**(3): 468—473]
- [3] Malanson G P. Riparian landscapes [M]. New York: Cambridge University Press. 1993, 1—296
- [4] Buijse A D, Coops H, Staras M, *et al.* Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe [J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 889—907
- [5] Naiman R J, Decamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity [J]. *Ecology*, 1993, **3**: 209—212
- [6] Shangguan T L, Song B W, Zhu J, *et al.* A study on the wetland resources of the Mid-Yellow River and their sustainable utilization [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2005, **19**(1): 7—13 [上官铁梁, 宋伯为, 朱军, 等. 黄河中游湿地资源及可持续利用研究. 干旱区资源与环境, 2005, **19**(1): 7—13]
- [7] Song X Z. Characteristics and functions of vegetation on down-reach floodplain of Yellow River in He'nan [D]. Doctoral Dissertation, Chinese Academy of Forestry, Beijing. 2005 [宋绪忠. 黄河下游河南段滩地植被特征与功能研究. 博士学位论文, 中国林业科学研究院, 北京. 2005]
- [8] Guo H Z. Flora, structure and biodiversity characteristics of riparian vegetation on down-reach floodplain of Yellow River in He'nan [D]. Thesis for Master of Science, He'nan Agricultural University, Zhengzhou. 2006 [郭会哲. 黄河下游河南段河岸带植物区系、群落结构及多样性特征研究. 河南农业大学, 郑州. 2006]
- [9] Fan J, Shangguan T L, Song B W. A study on floristic geographic of seed plant in the flood Plain of Mid-Yellow River [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2003, **21**(4): 332—338 [樊杰, 上官铁梁, 宋伯为. 黄河中游(禹门口-桃花峪)河漫滩种子植物区系地理研究. 武汉植物学研究, 2003, **21**(4): 332—338]
- [10] Hill M O, Smilauer P. TWINSpan for Windows Version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology and University of South Bohemia, Huntingdon and Ceske Budejovice, 2005
- [11] Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, **25**(3): 245—257 [吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统. 云南植物研究, 2003, **25**(3): 245—257]
- [12] Wu Z H, Qin R C. Fern Families and Genera of China [M]. Beijing: Science Press. 1991, 120—124 [吴兆洪, 秦仁昌. 中国蕨类植物科属志. 北京: 科学出版社. 1991, 120—124]
- [13] Wu Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, Suppl. IV: 1—139 [吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 增刊IV: 1—139]
- [14] Wu Y H, Wu R H. The seed plant flora of valley in upper reaches of Yellow River in East Qinghai, China [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2006, **28**(1): 1—12 [吴玉虎, 吴瑞华. 青海东部黄河上游谷地种子植物区系. 云南植物研究, 2006, **28**(1): 1—12]
- [15] Editorial Committee of Vegetation of China. Vegetation of China [M]. Beijing: Science Press. 1983, 1—1375 [中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社. 1983, 1—1375]

RIPARIAN PLANTS IN THE MAINSTREAM OF THE YELLOW RIVER: ASSEMBLAGE CHARACTERISTICS AND ITS INFLUENCING FACTORS

SHEN Ya-Qiang^{1, 2}, ZHANG Xiao-Ke^{1, 2}, ZHAO Wei-Hua^{1, 2} and WANG Hai-Jun¹

(1. *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

Abstract: Riparian vegetation, as a key component of riparian ecosystem, offers suitable habitat and migrating or diffusing corridor for animals and plants, and has an important function in buffering and filtrating non-point pollution. The Yellow River is an important wetland in China, and also an essential zone supporting biodiversity. However, the development of riparian vegetation along the Yellow River is threatened by flow regime alteration caused by the overexploitation of water resources such as agricultural irrigation and hydraulic engineering construction. Embankment along the lower river is also destroying the habitats of the riparian vegetation. However, previous researches on the riparian vegetation along the Yellow River focused on only some specific area. To ensure a deep understanding of the present status of the riparian vegetation and provide support for the protection of riparian vegetation diversity and the riparian management of the Yellow River, two systematic surveys were carried out in April to June and September to October, 2008, respectively. The species composition and species diversity of riparian plant communities were analyzed. Classifications of the vegetation by two way indicator species analysis (TWINSpan) were also carried out. Altogether 169 species belonging to 37 families and 124 genera were recorded. Floristic analysis showed that the flora had diverse geographical origins. With regard to the spatial distribution, the herbaceous plants in the middle river sections were more abundant than those in the upper and lower river sections both in biomass and density. TWINSpan classification divided the vegetation into 17 communities. The characteristics of the communities were described. The correlative analyses indicated that altitude, annual mean temperature, annual mean rainfall, annual mean runoff, mean maximum velocity were the main factors influencing the structure and distribution of the assemblages.

Key words: The Yellow River; Riparian plants; TWINSpan; Influencing factors

续附表 1

种类 Species	刘家峡	兰州	下河沿	青铜峡	石嘴山	巴彦高勒	三湖河口	头道拐	府谷	吴堡	龙门	三门峡	小浪底	花园口	高村	艾山	利津	黄河口
马齿苋科 Portulacaceae																		
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>									+	+		+	+	+		+		
石竹科 Caryophyllaceae																		
无心菜 <i>Arenaria serpyllifolia</i>											+							
毛茛科 Ranunculaceae																		
石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>		+	+	+	+						+	+	+	+	+	+		
茴茴蒜 <i>R. chinensis</i>													+	+				
罂粟莲花											+							
<i>Anemone glaucifolium</i>												+						
叠裂银莲花 <i>Anemone imbricata</i>		+																
罂粟科 Papaveraceae																		
紫堇 <i>Corydalis edulis</i>											+							
十字花科 Cruciferae																		
播娘蒿 <i>Descurainia sophia</i>														+				
荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>											+	+	+	+	+	+		
风花菜 <i>Rorippa globosa</i>				+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+
蔊菜 <i>Thlaspi arvense</i>															+			
独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>									+	+		+		+		+		
拟南芥 <i>Arabidopsis thaliana</i>													+					
圆锥南芥 <i>Arabis paniculata</i>											+							
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>														+				
锥果芥																		
<i>Berteroella maximowiczii</i>				+														
蔷薇科 Rosaceae																		
朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
小二仙草科 Haloragidaceae																		
穗状狐尾藻					+		+								+			
<i>Myriophyllum spicatum</i>																		
豆科 Leguminosae																		
广布野豌豆 <i>Vicia eracca</i>											+		+	+	+			
紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>			+															
草木犀 <i>Melilotus officinalis</i>		+						+	+	+		+	+					

续附表 1

[illegible]

续附表 1

种类 Species	刘家峡	兰州	下河沿	青铜峡	石嘴山	巴彦高勒	三湖河口	头道拐	府谷	吴堡	龙门	三门峡	小浪底	花园口	高村	艾山	利津	黄河口
菟丝子 <i>Cuscuta chinensis</i>														+				
圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	+	+							+	+	+		+					+
紫草科 Boraginaceae																		
狼紫草 <i>Lycopsis orientalis</i>										+								
鹤虱 <i>Lappula myosotis</i>								+	+	+								
狭果鹤虱 <i>L. semiglabra</i>										+								
附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>					+	+											+	
马鞭草科 Verbenaceae																		
荆条 <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i>										+		+						
唇形科 Labiatae																		
夏至草 <i>Lagopsis supina</i>		+										+	+		+	+		
雪见草 <i>Salvia plebeia</i>												+	+	+	+	+		
薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i>		+								+								
鼬瓣花 <i>Galeopsis bifida</i>															+			
水棘针 <i>Amethystea caerulea</i>												+						
茄科 Solanaceae																		
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	+	+	+						+	+					+	+		
曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	+	+							+	+								
玄参科 Scrophulariaceae														+				
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>																		
北水苦苣 <i>V. anagallis-aquatica</i>													+					
车前科 Plantaginaceae																		
车前 <i>Plantago asiatica</i>	+	+	+		+	+		+	+	+		+		+	+	+		+
平车前 <i>P. depressa</i>									+		+		+		+			
菊科 Compositae																		
刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i>	+							+	+		+	+	+		+	+		+
大刺儿菜 <i>C. setosum</i>	+	+	+						+	+				+		+		
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	+				+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		
鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>												+	+	+	+	+	+	+
小飞蓬 <i>Conyza Canadensis</i>		+								+		+	+	+	+	+	+	+

续附表 1

种类 Species	刘家峡	兰州	下河沿	青铜峡	石嘴山	巴彦高勒	三湖河口	头道拐	府谷	吴堡	龙门	三门峡	小浪底	花园口	高村	艾山	利津	黄河口
桤柳 <i>Tamarix chinensis</i>		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
杨柳科 Salicaceae																		
小叶杨 <i>Populus simonii</i>						+		+		+								
椅杨 <i>P. wilsonii</i>									+									
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
单子叶植物纲 Monocotyledoneae																		
眼子菜科 Potamogetonaceae																		
匍匐眼子菜	+			+			+				+				+			
<i>Potamogeton pectinatus</i>																		
菹草 <i>P. crispus</i>	+			+		+	+			+			+					
穿叶眼子菜 <i>P. perfoliatus</i>				+														
眼子菜 <i>P. distinctus</i>	+			+														
茨藻科 Najadaceae																		
大茨藻 <i>Najas marina</i>				+														
泽泻科 Alismataceae																		
慈菇																		
<i>Sagittaria trifolia</i> var. <i>sinensis</i>				+														
香蒲科 Typhaceae																		
水烛 <i>Typha angustifolia</i>				+	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+
小香蒲 <i>T. minima</i>		+	+	+	+							+						
百合科 Liliaceae																		
硬皮葱												+						
<i>Allium ledebourianum</i>																		
萱草 <i>Heimerocallis fulva</i>																		
莎草科 Cyperaceae																		
香附子 <i>Cyperus rotundus</i>												+	+					
异型莎草 <i>C. difformis</i>			+						+		+			+	+	+	+	
聚穗莎草 <i>C. glomeratus</i>								+		+	+		+	+	+	+	+	
窄穗莎草 <i>C. tenuispica</i>																		
水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>		+		+	+	+								+				
球穗扁莎 <i>Pycurus globosus</i>														+	+	+	+	+
砖子苗 <i>Mariscus umbellatus</i>									+			+	+	+	+	+	+	
扁杆 草 <i>Scirpus planiculmis</i>	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
萤蔺 <i>S. juncoides</i>																		
具刚毛荸荠																		
<i>Heleocharis valliculosa</i> f. <i>setosa</i>													+					

续附表 1

种类 Species	刘家峡	兰州	下河沿	青铜峡	石嘴山	巴彦高勒	三湖河口	头道拐	府谷	吴堡	龙门	三门峡	小浪底	花园口	高村	艾山	利津	黄河口
牛毛毡 <i>H. yokoscensis</i>														+				
复序飘拂草 <i>Fimbristylis bisumbellata</i>									+									
畦畔飘拂草 <i>F. squarrosa</i>														+		+		
短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i>												+		+				
红棕囊草 <i>Carex przewalskii</i>													+					
禾本科 Gramineae																		
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>												+			+			
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>									+			+			+			
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	+	+	+	+		+		+	+	+			+	+	+		+	
金色狗尾草 <i>S. glauca</i>			+						+	+	+		+		+		+	
虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+		+	
棒头草 <i>Polypogon fugax</i>		+											+	+	+			
长芒棒头草 <i>P. monspeliensis</i>						+							+	+				
草 <i>Beckmannia syzigachne</i>		+											+	+				
旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i>												+						
无芒稗 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>mitis</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+			+		+			+
双穗雀稗 <i>Paspalum paspaloides</i>													+					
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>									+	+	+			+				
虬子草 <i>L. panicea</i>						+												
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>		+						+						+				
大画眉草 <i>E. cilianensis</i>																		
耿氏硬草 <i>Sclerochloa kengiana</i>													+					
野燕麦 <i>Avena fatua</i>													+					
雀麦 <i>Bromus japonicus</i>													+		+			
纤毛鹅观草 <i>Roegneria ciliaris</i>													+	+	+			
狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	+			+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+
白茅 <i>Imperata cylindrica</i>							+				+	+	+	+			+	+
芦苇 <i>Phragmites australis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
荻 <i>Triarrhena sacchariflora</i>		+		+	+				+	+	+			+				+
赖草 <i>Leymus secalinus</i>		+		+	+				+		+							
合计	26	43	27	41	33	35	23	30	41	56	38	74	66	66	58	47	53	35