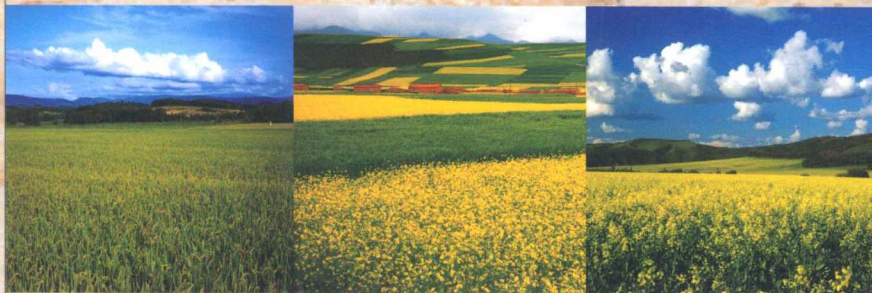


成都平原 土壤质量研究

CHENGDU PINGYUAN
TURANGZHILIANGYANJIU

王昌全 李 冰 等 编著



科学出版社

内 容 简 介

本书以成都平原核心区为研究重点,创新性地引入误差径向传播网络(BP)、基于径向基神经网络(RBF)、遗传算法优化RBF(GARBF)及蒙特卡罗随机模型等预测方法,利用多种空间分析新方法和程序运算新技术,对成都平原核心区土壤肥力演变特点、酸化趋势等多个问题进行了深入研究,在有效防止土壤退化和污染,保障粮食和食品安全,促进人民生活健康和土地可持续利用等方面具有重要的社会经济价值。

本书既可作为生态、地理信息系统、生物等专业的教材与参考书,也可供从事农林、生物、生态环境等相关领域的教学、科研和生产单位人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

成都平原土壤质量研究 / 王昌全等编著. —北京: 科学出版社, 2012.3

ISBN 978-7-03-033841-9

I. 成… II. ①王… III. ①平原-土壤-质量-研究-四川省 IV. ①S159.271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 043738 号

责任编辑: 杨 岭 韩 铭 / 封面设计: 陈思思

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012年3月第一次印刷 印张: 18.25

字数: 370千字

定价: 68.00元

《成都平原土壤质量研究》编委名单

主 编：王昌全 李 冰

副 主 编：杨 娟 李启权 代天飞 张隆伟

编 委（按姓氏笔画排序）：

王 垒 史 伟 刘 恒 向盼来 江连强

严 宽 何 鑫 吴 倩 李 枝 李 涛

杜 倩 杨 艳 周 娅 郭燕梅 高成凤

曾 敏 曾晰苑 董 敏 谢 勇 雷 波

廖 姣 谭海燕 谭 婷

序

成都平原因地势平坦，土壤肥沃并有都江堰灌溉之利和农耕历史悠久的特殊优势，历来是四川盆地粮、油和蔬菜等农产品的传统生产基地，也是我国现代化农业发展前途广阔的宝贵基地。然而随着工业化、城市化的快速发展和人口承载压力的加大，不可避免地导致了耕地面积的减少，同时由于工业、城市“三废”排放量的加大以及农药化肥的不合理使用等，也势必将造成耕地土壤质量的退化，从而制约着农产品的数量和品质，危及人民的食品安全，阻碍农业生产和社会经济的可持续发展。耕地数量控制主要靠政府的宏观调控，而耕地土壤质量的控制则主要依赖于复杂系统的科学技术，难度更大。

该书是以成都平原土壤质量为核心内容的专题研究，从土壤肥力质量和与重金属等污染相关的土壤健康质量两方面，全面系统地探讨成都平原土壤质量的现状、时空演变趋势和驱动因子等，并据此提出改善和优化土壤质量的应对之策，为促进成都平原农业和社会经济的可持续发展提供了依据。

该书的一个特点是研究地域覆盖面广，选点代表性强，测试项目齐全。在成都平原核心区的彭州、郫县、新都、温江、成都、双流、崇州、新津、广汉、都江堰、大邑、邛崃、蒲江、德阳、金堂、龙泉等 16 个区市县，采集研究 3000 多个样点(GPS 定位)的两层(0~20 cm 和 20~40 cm)土样进行研究；测试项目包括土壤肥力代表指标(土壤理化性质及养分)和八种污染元素(镉、铅、铬、铜、锌、砷、氟、汞)，同时进行如此多项的全面综合研究，在四川省尚属首次。

该书的另外一个特点，也是本书主要的特点，即分析数据的处理采用了多种先进方法，且有很好的针对性。例如，针对土壤质量的空间变异，采用 Kriging 插值法；针对土壤质量空间信息研究，引用人工神经网络及其改进模型(RBF, GARBF)；运用地统计学原理、MATLAB 等空间分析新方法和程序运算新技术，量化了土壤自然属性变化与社会经济因子间的关系，以及城市化发展对土壤污染元素的影响等。利用这些方法，对成都平原核心区土壤肥力演变特点、土壤酸化趋势及风险预测、土壤重金属污染及其生物有效性、城市化发展对土壤污染元素的影响、土壤自然属性变化与社会经济因子间关系的量化、土壤属性空间数据快速获取和高精度的插值预测、土壤资源持续利用措施与对策等均进行了全面研究，取得了多项宝贵的成果，为这些问题的进一步研究奠定了良好基础，具有重要的参考价值。



2012 年 1 月

前言

优质稳产和超高产作物品种遗传潜力的发挥以及粮食安全生产的保障，均依赖于良好的土壤环境条件，而土壤酸化、养分不平衡、重金属污染等已成为导致耕地土壤退化的主要原因。

成都平原位于四川盆地西部，素来享有“天府之国”的美誉，是我国著名的农业生产基地。区内优越的自然环境、自流灌溉系统和肥沃的土地使之承载了高密度的人口，是四川省经济最发达的地区。近年来，随着城市化进程和基础设施建设的不断加快，经济迅猛发展。与此同时，人为社会活动愈加频繁，耕地面积逐年减少，土壤酸化、土壤重金属污染等问题严重制约土壤资源的可持续利用。因此，要提高耕地对粮食生产的保障能力，必须依靠提高耕地质量来弥补耕地数量的不足。本书系统介绍了成都平原土壤质量演变及其驱动因子研究成果，提出了相应的利用和改良对策，对成都平原的土壤保护与持续利用具有十分重要的理论和现实意义。

本书共分八章，第一章总体介绍了成都平原自然环境条件、土壤状况和社会经济概况；第二章深入开展了成都平原土壤质量评价，重点对土壤肥力和土壤重(类)金属污染状况进行了系统评价和时空变化分析；第三章主要运用地统计学原理，借助 ArcGIS 系统，进行了土壤肥力要素和土壤重(类)金属的空间变异分析；第四章重点开展了先进数学方法在土壤质量研究方面的应用研究，分别探讨了基于径向基神经网络(RBF)、遗传算法优化 RBF(GARBF)在土壤属性空间信息提取、空间分析抽样技术、空间插值精度等方面的应用与效果检验；第五章主要探讨了城市化发展对土壤质量演变的影响，在社会经济指标量化与数理关系分析及其对土壤重金属演变的影响等方面做了深入的分析与探讨，运用 BP 神经网络对成都平原土壤重金属污染趋势进行了预测；第六章研究了成都平原土壤重金属的环境效应，主要分析了土壤重金属对农作物(水稻、小麦、油菜)的生物有效性及其影响因素，并以土壤重金属生物有效性分析为基础，初步拟定了成都平原土壤重金属形态安全指标；第七章对成都平原土壤酸化趋势开展了系统研究，主要对成都平原土壤酸度特征、土壤酸缓冲性能、土壤酸害容量、土壤酸化影响因素等进行深入分析，对土壤酸化速度及酸化趋势进行了计算与预测，进行了土壤酸化风险概率进行了空间变化分析；第八章在系统研究成都平原土壤质量演变的基础上，对成都平原土壤肥力水平提升、土壤重金属污染控制和农作物安全生产方面提出了切实可行的建议与措施。

本书的出版得到教育部重点项目和四川省教育厅配套项目“成都平原冲积水稻土壤重金属演变及驱动因子研究”(3110)、四川省科技支撑计划“低吸收或籽粒低积累重金属高产、优质水稻品种筛”(05NG020-023-2)、国家科技支撑计划“粮-(秸秆)-蔬菜还田模式技术集成、攻关与示范”(2007BAD89B15-2)、“四川稻米安全生产关键技术研究”

(2006BAD02A05-3)和农业部、财政部“四川省测土配方施肥补贴项目”等的资助，特此致谢！

由于我们的学识和水平有限、经验缺乏及受学科背景等的限制，书中难免存在观点和认识上的不足和不妥之处，恳请专家和读者批评指正！

目 录

序

前 言

第一章 研究区域概况	1
第一节 自然环境与土壤概况	1
第二节 社会经济环境	5
第二章 成都平原土壤质量评价	12
第一节 土壤肥力质量评价	12
第二节 成都平原土壤重(类)金属污染评价	24
第三章 成都平原土壤质量空间变异分析	44
第一节 土壤质量空间变异研究方法	44
第二节 成都平原土壤肥力空间变异分析	48
第三节 成都平原土壤重(类)金属空间变异分析	62
第四章 人工神经网络及其改进模型在土壤质量空间信息研究中的应用	100
第一节 土壤信息空间插值及其方法模型	100
第二节 RBF 神经网络在成都平原土壤属性空间插值中的应用	116
第三节 遗传算法优化神经网络在土壤属性空间插值中的应用	140
第五章 社会经济发展对成都平原土壤质量演变的影响	166
第一节 社会经济发展对土壤重金属演变影响研究概况	166
第二节 成都平原城市化发展对土壤重金属的影响	168
第六章 成都平原土壤重金属的环境效应分析	198
第一节 土壤重金属污染的环境效应研究概况	198
第二节 作物可食部分重金属累积及其影响因素分析	203
第三节 成都平原土壤重金属各形态安全指标初拟	219
第七章 成都平原土壤酸化特征及趋势预测	230
第一节 土壤酸化问题研究进展	230
第二节 成都平原土壤酸化特征及其影响因素分析	236
第三节 成都平原土壤酸化速率及酸化趋势预测	256

第八章 土壤质量调控措施与建议 262

 第一节 成都平原土壤肥力质量调控 262

 第二节 成都平原土壤重金属污染控制 265

 第三节 成都平原土壤重金属形态与粮油产品安全 270

参考文献 273

第一章 研究区域概况

第一节 自然环境与土壤概况^{*}

一、自然环境概况

(一) 地理位置和范围

成都平原位于四川盆地西部，又称盆西平原，介于龙泉山、龙门山和邛崃山之间，总面积约 23000 km²。本书研究的重点主要集中在狭义的成都平原范围内，即彭州、郫县、新都、温江、成都、双流、崇州、新津、广汉以及都江堰、大邑、邛崃、蒲江、德阳、金堂、龙泉等地的一部分，共 16 区县，面积约 7340 km²。该区域属成都平原核心区，经济发达，人口密度高，人类活动给土壤及其质量演变带来了深刻的影响。

(二) 气候概况

研究区域气候温和湿润，无霜期长，四季分明，属于亚热带湿润季风气候。夏季暖湿空气受邛崃山、龙门山所阻，逼迫抬升而成云致雨，形成高温、高湿、多雨同季；冬季，由于北有秦岭、大巴山的屏障作用，常阻止寒流入侵，偶有入侵也因下沉增温，造成相对干燥少雨，气温比长江中下游同纬度地区高 2~3℃。

成都平原多年平均气温 15.0~17.0℃，1 月最低温 4.5℃，7 月最高温 26.0℃；不低于 10℃ 的积温为 5500~4500℃；无霜期长，平均为 250~300 天。总体特征为冬春少雨，夏多暴雨，秋多绵雨，年降水量为 900~1300 mm，但分配不均，冬、春两季雨量小，夏季雨量集中，降水占全年的 50%~60%，秋季降水量虽不多，但阴雨日多，连续降水日数长。年均相对湿度 80%~85%，干燥度小于 1.0，年日照时数 1000~1500 小时，日照率 25%~30%，比同纬度的长江中下游地区年日照时数偏少 750~850 小时，日照率偏低 15%~20%，属低光照地区。

(三) 植被概况

四川地处北纬 26°02'~34°20'，属亚热带区域。成都平原原始植被属于亚热带常绿阔

^{*} 本节的自然环境与土壤条件主要参考成都市土壤普查成果资料编辑委员会编撰的《成都土壤》(1985)。

叶林,兼有常绿针叶混交林区。其代表性植被是以樟科、山毛榉科、山茶科为主的亚热带偏湿性常绿阔叶林,目前这种原始植被仅零星保留于盆周山地,取而代之的是马尾松、杉木、柏木为主的亚热带针叶林和多种大茎竹为主的竹林(成都平原现有大茎竹 570 多万株,杂竹 120 多万株)。目前,成都平原已初步形成以西部高山水源涵养林区为基础,盆周丘陵成片用材林、经济林为基地,江、河、沟、渠、道路防护林为骨干,平原农田防护林为网络,四旁绿化为配套的综合林业生态体系。

成都平原农业历史悠久,土地开发程度高,土地利用率高达 90%以上,土地垦殖指数达 60%,自然植被多被栽培植被取代。成都平原栽培植被主要为粮经作物,如粮油作物中的水稻、小麦、油菜、玉米等,分布范围广、面积大(表 1.1)。农作物中稻谷播种面积最大,占农作物总播种面积的 30%左右;其次为小麦,占 15%左右。最近几年,油菜籽、药材类、蔬菜等的播种面积及其比例均有较大幅度增加,其中蔬菜播种面积由 1978 年的 34357 hm² 增加到 2007 年的 160690 hm²,增加了近 5 倍,所占农作物播种面积比例也由 1978 年的 3%增加到 2007 年的 20%。

表 1.1 成都平原主要粮经作物播种面积构成比例(1978~2007)*

项 目	1978 年		1990 年		2000 年		2007 年	
	面积 /hm ²	占总面积 /%	面积 /hm ²	占总面积 /%	面积 /hm ²	占总面积 /%	面积 /hm ²	占总面积 /%
农作物播种总面积	997341	—	990944	—	988093	—	809274	—
稻谷	353555	35.4	332677	33.6	290118	29.4	223802	27.7
小麦	185990	18.6	203745	20.6	161237	16.3	99 529	12.3
玉米	77444	7.8	65201	6.6	54922	5.6	44041	5.4
豆类	36169	3.6	26116	2.6	25156	2.5	23573	2.9
薯类	74729	7.5	69063	7.0	83860	8.5	70310	8.7
油菜籽	64 408	6.5	103146	10.4	95430	9.7	88878	11.0
药材类	3028	0.3	3194	0.3	9148	0.9	9517	1.2
蔬菜	34357	3.4	78384	7.9	157824	16.0	160690	19.9

* 成都市统计局.成都统计年鉴—2008.中国统计出版社,2008。

(四) 地质地貌

1. 地质构造

成都平原发育于龙门山前缘的第四纪沉积盆地,属于龙门山与龙泉山两个隆起褶断间的一个拗陷,主要为白垩系地层上沉积的第四系沉积物为主,拗陷内部发育有北东—北北东向的褶皱和断裂,发源于川西北高原的岷江、沱江(绵远河、石亭江、湔江)及其支流的冲积作用形成了由冲积扇重叠联缀而成的复合冲积扇平原。

2. 地貌和水文

成都平原的主体部分为平原,介于龙泉山和龙门山之间,海拔 450~750 m,相对高度≤20 m,是一个复合的冲洪积扇平原。地势自西北向东南微倾,平均坡降 1.5‰~

2.0‰。平原周边分布有侵蚀堆积台地，总体构成以平原为腹心，向周边阶梯状升高的封闭式菱形盆地地貌景观。

平原内发育岷江、沱江两大水系，各水系从西北部山口进入平原后呈扇状分布。岷江发源于岷山南麓，至都江堰市出山口分流为内外两江及大小数十条河渠。沱江源于九顶山，上游为绵远河、石亭江、湔江，与岷江水系蒲阳河下段(青白江)、柏条河支流于金堂赵镇汇流。平原内河流密度达 2.5 条/km²，与江河配套的各级渠系每千米达 2~4 条，是典型的水网化平原。成都平原内的大小河流构成完善的灌溉体系，有效灌溉水量 15 万多立方米，灌溉农田 100 多万亩^①。

成都平原西北部的岷江上游山区是地下水的良好补给区，东南部的龙泉山是地下水的天然屏障，所处地形有利于地表、地下水向平原内汇集，含水层多为砂砾夹泥沙，地下水埋藏较浅，一般在 0.5~3 m，地下水水质好，水质类型为 HCO₃—Ca 或 HCO₃—Mg 型，pH 为 7.5~7.7，总硬度 8.0~11.8 mg/L，适于饮用和灌溉。

(五) 成土母质

成都平原主体部分由不同时期和不同成因类型的松散堆积物组成，属于第四系全新统的冲积物和更新统的沉积物。地层厚度变化大，从西北向东南厚度变薄，由 40 多米变为数米，为河相冲—洪积、冰水堆积成因。下面仅介绍研究区域主要成土母质类型。

1. 全新统冲洪积物

冲洪积物系近代河流发育，属第四系全新统松散堆积物，构成龙门山山前冲洪积扇群、沿河阶地及河漫滩，是成都平原主要的成土母质类型。

(1) 灰色冲积物

为岷江水系冲积物，组成河漫滩和一级阶地。上部为灰色壤土、壤质沙土，下部为砂、砾、卵石层。母质质地层次明显，渗透性较好，富含矿质养分，土层深厚，中性反应，集中分布于成都市区周边、青白江区及双流县的平原区。

(2) 灰棕冲积物

为沱江水系冲积物，水源来自石灰岩分布较多的地区，母质多有碳酸盐反应。上部为灰棕色沙土，轻壤—重壤，下部为砂、砾、卵石层。富含各种矿质养分，主要分布在金堂县和青白江区、沱江沿岸的一级阶地及河漫滩上。

(3) 紫色冲积物

系紫色岩层区中小河流短途搬运的沉积物，富含钙质及矿物养分。上部为灰紫、紫色砂土、砂壤土、黏质壤土，下部为砂卵石，松散、渗透较好，中性—微碱性反应。

2. 更新统沉积物

为流水冲积、冰水或冰碛成因，系古土壤遗留作为现代土壤发育的母质，广泛分布于成都平原各地。

^①1 亩≈666.7 m²。

(1) 上更新统上段

分布于成都平原二级阶地上, 有的零星出露为孤包或黄泥埂子, 有的埋藏于灰色冲积物底部。上部为褐黄色砂质黏土、黏质砂土、灰褐黄色砂砾卵石层; 中部为浅黄褐黄色成都黏土及砂质黏土含铁锰质结核; 下部为砂砾卵石层夹黏土层, 砾卵石成分多为花岗石、石英岩、变质岩类, 呈浑圆状, 粒径一般为 3~10 cm, 厚 5~40 m。

(2) 上更新统下段

分布于龙泉山西麓缓丘平坝区。上部为黄、棕黄、紫红色黏土, 含铁、锰质碎屑及结核。黏土裂隙发育, 吸水性强, 网纹状裂隙中常充填白色高岭土, 厚度 8~12 m; 下部为黏土泥砾层, 其顶部常夹黄砂透镜体, 砾石成分以花岗岩、石英岩为主, 次为深色变质岩类, 粒径多为 3~8 cm, 次圆状, 无明显粒序性和定向性。

(3) 中、下更新统

中、下更新统沉积物即雅安砾石层, 高出平原河床 50~60 m, 上部为褐红、橙黄、棕黄、黄褐色的砂质黏土, 有时夹杂大小不等的砾石, 或 2~3 层 1~3 cm 厚的铁锰质胶膜, 其下渐变为白色网纹条带状褐红色砂质黏土, 厚 1~8 m, 致密团结; 下部为强风化的褐红色黏土砂砾石层, 砂石为花岗岩、石英岩、石英砂岩、玄武岩等, 砾径 5~10 cm, 大者可达 50~60 cm, 略具分选和定向排列, 多呈半胶结状。

二、土壤及其形成特点

土壤是不同的成土母质在气候、地形、生物、时间以及人为因素的作用下, 经过复杂的过程而形成的非均匀混合体。成都平原区的农业土壤, 除受各种自然因素影响外, 人为耕作措施对土壤肥力的高低起着决定性的影响。

(一) 土壤形成特点

成都平原的地带性土壤为黄壤。同一气候带的较小范围内, 不同的地貌导致大气水分、热量的重新分配, 加上相应的植被及农业利用相同, 土壤的发生类型和分布规律均受到较大的影响。

1. 母质起着突出作用, 第四系冲积物发育的土壤占主导地位

成都平原成土母质主要是第四系堆积物, 包括第四系全新统冲积物、更新统沉积物。全新统沉积物以近代河流冲积物为主, 由于成土时间短, 其土壤颗粒, 矿物组成等属性仍保留着母质的鲜明烙印。高阶地(台地)沉积物形成的一些土壤, 虽然显示一定的富铝化特征而被称之为黄壤(老冲积黄壤), 但应视为古土壤作为现代土壤母质的遗留特征。

2. 平原地区农耕历史悠久, 耕地以人为水成土—水稻土占绝对优势

该区域内地势低平, 加之都江堰等的灌溉之利, 耕地土壤大多熟化成为人为水成土—水稻土, 并基本实现水旱轮作。同时, 成都平原由于地形(古河道、槽形洼地)及沉积物等因素, 局部地段出现渍水、滞水现象, 形成潜育化发展方向的低产水稻土。

(二) 土壤类型及其分布

成都平原是典型的冲积扇平原，受河流冲积作用的影响，平原内冲积扇、阶地土壤类型因母质不同而不同，但是总体上河流两岸的土壤呈现出垂直河流方向有规律的水平分布特征。成都平原共有 13 个土类，25 个亚类，56 个土属，174 个土种。研究区域内主要的土壤类型及其构成比例列于表 1.2。

表 1.2 成都平原核心经济区主要土壤类型及其构成比例^{*}

土类	亚类	面积 /万亩	占总土壤比例 /%	主要分布区域
水稻土		41.67	41.68	各地均有，尤以双流、崇州、彭州、邛崃、郫县、新都、都江堰、大邑等地分布面积最大
	潴育水稻土	11.37	11.37	双流、邛崃、龙泉、大邑、青白江、崇州、彭州、金堂等地面积较大
	淹育水稻土	1.26	1.26	彭州、双流、崇州、大邑青白江、都江堰、温江、金堂等地较多
	渗育水稻土	20.89	20.89	各地均有分布，尤以崇州、郫县、新都、彭州、都江堰、双流、温江、蒲江、大邑、邛崃、新津等地面积较大
	潜育水稻土	3.65	3.65	蒲江、金堂、邛崃、双流、大邑、郫县、新都、都江堰、彭州、崇州等地较多
	脱潜水稻土	0.90	0.90	零星分布于都江堰、温江、崇州、郫县、新津、彭州、新都等地
	漂洗水稻土	1.35	1.35	双流、彭州、邛崃、蒲江、新津等地面积较大
黄壤		12.75	12.75	邛崃、蒲江、都江堰、大邑、双流、彭州、新津、龙泉
	黄壤	12.21	12.21	邛崃、蒲江、都江堰、大邑、双流、彭州、新津、龙泉
	漂洗黄壤	0.17	0.17	都江堰、彭州、邛崃
潮土	灰潮土	2.67	2.68	各地均有分布，以崇州、彭州、金堂、邛崃、新津、都江堰、双流等地较多

^{*} 统计信息来源于成都市土壤普查成果资料编辑委员会编撰的《成都土壤》(1985)。

第二节 社会经济环境

一、社会经济发展概况

近年来，成都平原核心经济区的发展取得了显著的成绩，作为四川核心增长极的功能初步发挥，综合经济实力不断增强(表 1.3)，特别是在农民人均收入、城镇居民人均可支配收入，实际利用外资、进出口总额等方面，起到了明显的带动作用。但是，从全国经济发展的大背景来看，成都平原经济区发展还不充分，与社会期望差距较大。

表 1.3 2006 年成都市主要经济指标与全国、全省对比*

指 标	中国	四川省	成都市	占全国/%	占全省/%
年末总人口(万人)	131448	8773.4	1103.4	0.8	12.6
国内生产总值(亿元)	209407	8637.8	2750.5	1.3	31.8
全社会固定资产投资总额(亿元)	109870	4524.5	1899.6	1.7	42.0
社会消费品零售总额(亿元)	76410	3421.6	1155.3	1.5	33.8
进出口总额(亿美元)	17607	110.2	69.5	0.4	62.5
实际利用外资(亿美元)	695	12.1	7.6	1.1	62.9
城镇居民人均可支配收入(元)	11759	9350	12789	108.8	136.8
农民人均收入(元)	3587	3013	4905	136.7	162.8

* 成都市统计局. 成都市统计年鉴—2006. 中国统计出版社, 2006。

(一) 社会经济结构状况

成都平原地区不仅有较好的地形、地势和区位优势，而且交通便利，除拥有宝成、成昆、成渝、成达等铁路及成渝、成乐、成绵、成雅、成南等高速公路外，还拥有西南最大航空港双流国际机场。目前成都平原地区 GDP 占全省近一半，人均 GDP 高于全省近 1.5 倍，城市化、工业化、信息化和现代化水平较高。从不同年限的结构变化来看，近年来成都平原核心经济区发展较快，特别是 2002 年之后有了较大的发展，其主要社会经济指标是 2002 年的 1.5 倍左右(表 1.4)。

表 1.4 成都平原核心经济区社会经济结构状况*

项 目	2000 年	2002 年	2006 年
人口(万人)	1013.35	1028.48	1103.4
人口密度(人/km ²)	818	827	882
GDP(亿元)	1310.00	1663.22	2750.48
第一产业(亿元)	124.00	140.19	195.13
第二产业(亿元)	558.00	758.08	1211.61
第三产业(亿元)	598.00	764.95	1343.74
固定资产投资(亿元)	475.90	702.15	1899.58
财政收入(亿元)	120.77	181.98	489.07

* 成都市统计局. 成都市统计年鉴(2001~2007). 中国统计出版社, 2001~2007。

从 1996~2003 年土地利用结构变化的统计数据(表 1.5)来看，成都平原核心经济区以耕地面积最大，占 30%~40%；其次是林地，再次是居民点及独立工矿用地。近年来，成都平原核心经济区土地利用结构变化总体表现为耕地面积不断下降，居民点及独立工矿用地持续增加，且随着农业产业结构的调整，园地面积及其比例也是逐年上升。

表 1.5 成都平原核心经济区土地利用结构变化表*

土地类型	1996 年		2000 年		2003 年		2008 年	
	面积 /hm ²	占百分比 /%	面积 /hm ²	占百分比 /%	面积 /hm ²	占百分比 /%	面积 /hm ²	占百分比 /%
耕地	497634.5	40.85	470896.7	38.65	431144.2	35.39	6450002.2	35.47
园地	45283.2	3.72	57290.1	4.70	84737.3	6.96	1171031.6	6.44
林地	311895.6	25.60	315103.3	25.86	321572.9	26.39	5021208.3	27.62
牧草地	15769.9	1.29	15812.9	1.30	15694.7	1.29	84715.2	0.47
其他农用地	127132.9	10.44	122910.5	10.09	116077.8	9.53	538374.3	2.96
居民点及独立 工矿用地	143244.2	11.76	152438.8	12.51	165083.2	13.55	3339650.2	18.37
交通过地	9636.1	0.79	14358.8	1.18	15668.3	1.29	474864.3	2.61
水域用地	2492.4	0.20	2549.7	0.21	3398.7	0.28	554892.3	3.05
未利用地	69853.5	5.73	66954.7	5.52	64938.6	5.33	547187.1	3.01

* 黄中杰. 土地利用总体规划实施评价研究——以成都市为例. 四川师范大学硕士学位论文, 2005; 2008 年数据为成都市第二次土地调查数据。

随着社会经济的发展和城市化水平的提高, 建设用地面积持续增加, 不断侵占农田, 加上人口数量的增长, 成都平原人均耕地面积指标不断下降, 人地矛盾更加突出, 直接影响到四川省粮食安全。另一方面, 成都平原核心经济区内农用地中的园地面积不断增加, 所占比例也由 1996 年的 3.72% 上升到 2003 年的 6.96%, 说明农业产业结构不断调整, 农业种植的多样性持续增加, 农业生产方式转变, 同时也加大了不同区域农田肥料、农药等投入量及其产品品种的多样性, 这些必将对土壤环境产生较大影响。

2003~2008 年, 成都平原核心经济区加强了对耕地数量与质量的控制, 耕地所占比例变化不大, 居民地及工矿用地比例仍以较快速度增长。土地利用结构变化中, 最为明显的是其他农用地和水域用地所占比例之间的消长。水域用地, 主要是坑塘水面、沟渠、水工建筑等用地类型明显增加, 说明成都平原核心经济区对农业产业结构进一步调整, 增加了水产养殖用地的面积, 同时改善了农田水利设施。

(二) 人口发展状况

1978~2007 年的 30 年间成都市人口增加了 1.37 倍, 特别是从 1990 年后, 发展极为迅速(表 1.6)。其中, 尤以市区人口和非农业人口增加较快, 市区人口增加了 2 倍多, 非农业人口增长了 3 倍多。随着社会经济的发展, 人口向城市集中, 农业人口向非农业人口转化, 该地区生产总值也是成倍增长, 近 30 年来, 地区生产总值增长了近 10 倍, 全社会固定资产投资总额增长了近 1000 倍。由此可以看出, 城市的发展、固定资产投资的增加等为成都平原人口的增长、人口结构的转化等提供了重要的基础。同时, 成都市农业总产值和农民人均纯收入也有较大的增长, 特别是 1990~2000 年间增长较快, 其中农业总产值增长了 25 倍以上, 农民人均纯收入增长了 40 倍以上。

表 1.6 成都平原核心区(成都市)人口变化状况*

项 目	1978 年	1980 年	1990 年	2000 年	2006 年	2007 年
年末总人口(万人)	806.1	822.5	919.5	1013.4	1103.4	1112.3
其中：市区人口(万人)	228.8	238.3	280.8	335.9	497.2	502.7
非农业人口(万人)	179.5	192.0	251.0	345.9	571.5	595.6
地区生产总值(亿元)	35.9	46.3	194.1	1156.8	2750.5	3324.4
全社会固定资产投资总额(亿元)	2.9	5.6	40.1	454.1	1899.6	2394.7
农业总产值(亿元)	16.0	14.2	60.2	197.7	328.0	402.1
农民人均纯收入(元)	140	223	773	2961	4905	5642

* 成都市统计局. 成都市统计年鉴—2007. 中国统计出版社, 2007。

总体看来，随着改革开放的推进，成都平原，特别是成都市的社会经济有了长足的发展，人口增长较快，人口结构比例也发生了较大的变化。这为成都平原社会经济的整体推进，成都市的城市化的发展等提供了重要的经济基础，同时也不可避免地带来了一系列的生态环境问题，对土壤质量的影响也日渐加深。

(三) 产业发展状况

1. 产业发展总体状况

成都平原地区处于我国西北和西南地区的结合部，是长江流域经济带和新亚欧大陆桥横向经济带的连接点，成都平原核心经济区是长江流域上游成渝经济圈的重要一极，是国家“西部大开发”战略实施的重点区域之一。

成都平原核心区——成都市的各产业发展迅速，特别是 1990~2000 年，其发展速度较快(表 1.7)，各产业的构成比例也有较大变化，第一产业所占比例逐渐减小，第二产业趋于稳定，第三产业所占比例逐渐增大，其产业构成逐渐趋于合理。从发展速度来看，第一产业增长速度最小，第二产业增长速度最快，第三产业发展速度居中，成都市工业化发展、第三产业的兴起等为成都市的社会经济发展做出了重要的贡献，但随着工业化、城市化的发展，城市及其周边土地结构状况、土壤质量等问题逐渐显现，若不加以重视，必将对地区社会经济的稳步发展、生态环境的可持续发展等带来不利的影响。

表 1.7 成都平原核心区(成都市)产业发展变化状况*

项 目	单位	1949 年	1978 年	1980 年	1990 年	2000 年	2006 年	2007 年
绝对额								
地区生产总值	亿元	4.00	35.94	46.30	194.09	1156.79	2750.48	3324.35
第一产业	亿元	2.93	11.45	12.60	40.56	116.36	195.13	235.45
第二产业	亿元	0.39	16.97	22.98	77.07	422.13	1211.61	1504.02

(续 表)

项 目	单位	1949 年	1978 年	1980 年	1990 年	2000 年	2006 年	2007 年
第三产业	亿元	0.68	7.52	10.72	76.46	618.30	1343.74	1584.88
构 成								
地区生产总值	%	100	100	100	100	100	100	100
第一产业	%	73.4	31.9	27.2	20.9	10.1	7.1	7.1
第二产业	%	9.7	47.2	49.6	39.7	36.5	44.0	45.2
第三产业	%	16.9	20.9	23.2	39.4	53.4	48.9	47.7
发展速度								
地区生产总值	倍	1	5.4	6.9	16.5	54.6	115.4	133.1
第一产业	倍	1	2.2	2.3	3.7	5.4	7.3	7.7
第二产业	倍	1	41.3	55.4	145.2	523.6	1351.1	1606.5
第三产业	倍	1	9.6	12.7	36.8	146.5	284.3	323.0 倍

* 成都市统计局. 成都市统计年鉴—2007. 中国统计出版社, 2007。

2. 农业和农村经济发展状况^①

近 30 年来, 成都平原核心区——成都市的农村改革不断深化, 促进了农村经济和社会的协调发展, 农村经济增长规模不断提高, 2007 年已达 235.5 亿元, 比 1978 年增长了 2.7 倍。1978 年, 成都市农林牧渔业总产值仅 15.71 亿元, 到 2007 年已超过 400 亿元, 达 402.09 亿元。

农业产业结构不断调整和优化。1978 年, 成都平原核心经济区(成都市)农林牧渔业总产值中农业、林业、牧业、渔业产值分别占 78.12%、3.01%、18.69%、0.18%, 到 2007 年已调整为 46.2%、1.2%、48.2%、2.3%。随着农业内部结构调整的不断深化, 农产品市场结构不断优化, 特别是蔬菜、水果、畜禽等农产品的市场占有率不断增长。

农民生产生活条件不断改善。2007 年, 成都市农业有效灌溉面积为 33.23 万 hm^2 ; 农用化肥施用量稳定增加, 1978 年为 15.59 万 t, 2007 年增加到 19.93 万 t; 农村水利工程供水能力达 38.6 亿 m^3 , 农田有效灌溉率达 90% 以上。

近 30 年来, 成都市经济圈内乡镇企业和小城镇发展迅速, 给成都平原核心经济区的社会经济发展作出了重要的贡献, 但由于缺乏系统的生产生活环境保护与治理措施, 由此带来的生态环境问题日益明显。如岷江作为成都平原的主要水源, 其水体污染状况有逐渐加重的趋势, 如岷江上游段的非农业人口约 370 万人, 每年排放生活污水约 $2.16 \times 10^8 \text{ t}$, 除三瓦窑城市污水处理厂外(日处理 $10 \times 10^4 \text{ t}$), 其余城镇生活污水直接排入河中,

^①数据来源于四川经济信息网 <http://www.sc.cei.gov.cn>; 鲁晓阳. 岷江上游生态环境治理对策探讨. 四川环境, 1999, 18(1): 72-74。