

博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

松嫩平原杨树防护林与农田 土壤特性差异研究

王文杰 王慧梅 王 琼 武 燕 仲召亮 裴忠雪 著



科学出版社



博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

松嫩平原杨树防护林与农田 土壤特性差异研究

王文杰 王慧梅 王 琼 武 燕 仲召亮 裴忠雪 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以东北松嫩平原地区为研究对象,于2012年分别采集了兰陵、肇东、杜蒙、肇州、富裕、明水6个地点的杨树防护林带及其相邻农田土壤样品,并对每个样地的基础数据进行了调查。主要从土壤有机碳截获、土壤肥力、土壤物理性质与化学性质、丛枝真菌特征产物球囊霉素相关土壤蛋白含量及组成、土壤物理化学组分及养分碳截获、土壤矿物X射线衍射特征、土壤傅里叶红外线官能团组成、杨树和农田土壤同位素丰度变化及碳周转、土壤孔隙特征及调节效率差异等方面分别探索了杨树防护林与农田的差异。本书共分为11章,研究内容将为我国东北地区实行退耕还林政策、“三北”防护林土壤维持功能评价提供科学合理的数据支撑。

本书适合从事植物学、生态学、林学、土壤学等领域的科研工作者和研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

松嫩平原杨树防护林与农田土壤特性差异研究/王文杰等著.

—北京:科学出版社,2017.1

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-050037-3

I. ①松… II. ①王… III. ①松嫩平原—杨树—防护林带—研究
②松嫩平原—农田—土壤—特性—研究 IV. ①S727.24 ②S15

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第231860号

责任编辑:张会格 夏 梁 / 责任校对:赵桂芬

责任印制:张 伟 / 封面设计:刘新新

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第 一 版 开本:720×1000 B5

2017年1月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:251 000

定价:88.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《博士后文库》编委会名单

主 任 陈宜瑜

副主任 詹文龙 李 扬

秘书长 邱春雷

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

付小兵 傅伯杰 郭坤宇 胡 滨 贾国柱 刘 伟

卢秉恒 毛大立 权良柱 任南琪 万国华 王光谦

吴硕贤 杨宝峰 印遇龙 喻树迅 张文栋 赵 路

赵晓哲 钟登华 周宪梁

《博士后文库》序言

博士后制度已有一百多年的历史。世界上普遍认为，博士后研究经历不仅是博士们在取得博士学位后找到理想工作前的过渡阶段，而且也被看成是未来科学家职业生涯中必要的准备阶段。中国的博士后制度虽然起步晚，但已形成独具特色和相对独立、完善的人才培养和使用机制，成为造就高水平人才的重要途径，它已经并将继续为推进中国的科技教育事业和经济发展发挥越来越重要的作用。

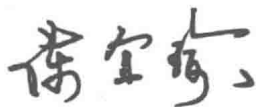
中国博士后制度实施之初，国家就设立了博士后科学基金，专门资助博士后研究人员开展创新探索。与其他基金主要资助“项目”不同，博士后科学基金的资助目标是“人”，也就是通过评价博士后研究人员的创新能力给予基金资助。博士后科学基金针对博士后研究人员处于科研创新“黄金时期”的成长特点，通过竞争申请、独立使用基金，使博士后研究人员树立科研自信心，塑造独立科研人格。经过30年的发展，截至2015年年底，博士后科学基金资助总额约26.5亿元人民币，资助博士后研究人员五万三千余人，约占博士后招收人数的1/3。截至2014年年底，在我国具有博士后经历的院士中，博士后科学基金资助获得者占72.5%。博士后科学基金已成为激发博士后研究人员成才的一颗“金种子”。

在博士后科学基金的资助下，博士后研究人员取得了众多前沿的科研成果。将这些科研成果出版成书，既是对博士后研究人员创新能力的肯定，也可以激发在站博士后研究人员开展创新研究的热情，同时也可以使博士后科研成果在更广范围内传播，更好地为社会所利用，进一步提高博士后科学基金的资助效益。

中国博士后科学基金会从2013年起实施博士后优秀学术专著出版资助工作。经专家评审，评选出博士后优秀学术著作，中国博士后

科学基金会资助出版费用。专著由科学出版社出版，统一命名为《博士后文库》。

资助出版工作是中国博士后科学基金会“十二五”期间进行基金资助改革的一项重要举措，虽然刚刚起步，但是我们对它寄予厚望。希望通过这项工作，使博士后研究人员的创新成果能够更好地服务于国家创新驱动发展战略，服务于创新型国家的建设，也希望更多的博士后研究人员借助这颗“金种子”迅速成长为国家需要的创新型、复合型、战略型人才。



中国博士后科学基金会理事长

前 言

东北地区不仅是重要的国有林区，也是国家重要的商品粮基地，作为世界三大黑土区之一的土壤是其重要基础。有别于西部严重干旱问题、西南地区山坡陡峭易引发水土流失问题，我国东北地区地势较为平坦，最重要的问题是土壤质量退化较为严重——土壤有机质锐减、土壤肥力下降及土壤物理性质恶化。这一过程严重影响作物产量，而且导致大量土壤碳排放，加速全球变暖。

中国作为世界上最大的人工造林国家，目前正在实施的重大生态工程包括退耕还林工程和“三北”防护林工程等。退耕还林工程在国家投资 2300 亿元的基础上，“十二五”期间继续投入 2000 亿元，巩固现有的成果。2000 年至今，东北三省共完成退耕还林面积 5400 万亩（1 亩 $\approx$ 667m²，下同），其中黑龙江省 1500 万亩，辽宁省 2700 万亩，吉林省 1200 万亩（三省林业厅网站公布）。“三北”防护林工程自 1978 年开始实施，总实施面积达 406.9 万 km²，作为重要组成部分的东北地区，已经营建了大量以杨树人工林为主的农田防护林，其在防御自然灾害、保持农田生产量、改善生态环境和维持生态平衡等方面发挥了重大作用。东北地区的大部分农田，特别是松嫩平原区域土壤由于连年耕种，退化严重，杨树防护林建设如何影响土壤性质，是评价我国重大生态工程效益需要考虑的内容。土壤碳库是地上生物量碳、大气碳库的 3~4 倍，东北黑土区土壤有机碳更为丰富，杨树防护林营建对土壤碳截获和碳汇持久性的影响需要进行系统的对比研究和计算。选择典型地区，进行深入系统的研究，预期成果不仅对于松嫩平原黑土地力生态恢复具有重要的科学意义，而且对于完善我国人工林碳汇监测方法、实现增汇减排、履行国际气候变化公约等具有现实意义。

本书共包括 11 章。

第 1 章：在简单介绍东北地区杨树林分现状、价值评估、防护林研究进展及面临的主要威胁的基础上，提出开展本研究的背景、意义及基本学术思路。

第 2 章：通过对松嫩平原 6 个地区 72 对杨树防护林和农田 0~20cm、20~40cm、40~60cm、60~80cm、80~100cm 土壤样品理化性质（pH、电导率、容重、比重、孔隙度、含水量）、土壤碳（含量与储量）、土壤肥力（N、P、K、碱解 N、速效 P、速效 K）进行测定，确定杨树防护林建设影响土壤哪些性质，发生在哪些土壤层次，不同地点间一致的规律和不一致的规律各是什么，并重点通过相关分析和回归分析探讨不同地点间土壤碳截获产生差异的原因。

第3~5章:重点探讨丛枝真菌特征产物——球囊霉素相关土壤蛋白(GRSP)的功能和作用。第3章以松嫩平原农田土壤为研究对象,第4章以防护林土壤为研究对象,第5章以森林自然保护区为对照,对比研究农田、杨树林球囊霉素相关土壤蛋白。球囊霉素相关土壤蛋白是从枝菌根真菌菌丝分泌的附着有金属离子的糖蛋白,可以有效地调节土壤物理性质的变化及维持土壤有机碳、氮平衡等。通过含量与种类差异、化学组成(官能团、荧光物质、元素组成)的差异研究,确定不同土地利用的影响模式及GRSP在调控土壤物理性质、肥力、碳库方面的可能功能,相关结果将为东北地区退化土壤的生态恢复与丛枝真菌作用提供支持。

第6~9章:依托土壤物理化学分级组分(颗粒态、易分解、可溶性、沙和团聚体和酸不溶),从碳、氮、磷、钾分布规律(第6章)、土壤主要矿物X射线衍射特征与功能(第7章)、红外官能团农田-杨树差异及功能(第8章)、 ^{13}C 同位素特征及碳周转规律差异(第9章)等多角度,阐明杨树防护林营建如何影响土壤碳汇功能、肥力供应及其持久性,探究防护林建设导致土壤性质变化(第2章)的深层次原因。

第10章:鉴于土壤孔隙特征相关物理性质的重要性,以土壤容重、孔隙度、比表面积和含水量等物理指标为重点,探讨杨树防护林建设的影响程度与方式,并通过协方差分析,确定产生这种变化的土壤有机物(有机碳)、GRSP和调控效率变化,从物理性质恶化角度提出通过生物恢复提升土壤物理性质的建议与措施。

第11章:结论。通过上述十章的研究内容,确定松嫩平原地区杨树防护林与农田土壤特性的具体差异大小与方式,提出针对性建议。

本研究是在作者主持的黑龙江省杰出青年基金(JC201401)、国家自然科学基金(31170575, 41373075)及中国博士后科学基金特别资助(201003406)项目的资助下完成的,特致殷切谢意。本书内容部分来自于作者指导的博士、硕士研究生王琼、武燕、仲召亮、裴忠雪的学位论文。特别感谢中国博士后科学基金对本书出版的资助。此外,限于作者的水平,本书尚存在不足之处,恳请读者批评指正。

王文杰

2016年3月30日

目 录

第 1 章 杨树防护林研究进展及开展土壤特性研究的必要性	1
1.1 我国与农业相关的重大森林生态保护工程	1
1.1.1 “三北”防护林工程	1
1.1.2 退耕还林工程	3
1.2 东北地区杨树林现状、价值及研究进展	5
1.2.1 东北地区杨树面积、蓄积量与生态价值	5
1.2.2 东北防护林对土壤影响及功能研究进展	7
1.3 松嫩平原概况与土壤功能重要性	10
1.3.1 松嫩平原基本概况与土壤退化	10
1.3.2 退化土壤造林改良土壤的重要性	11
1.4 本书的基本思路与技术路线	14
第 2 章 杨树防护林和农田土壤碳截获、土壤肥力和土壤理化性质差异	15
2.1 材料与方法	15
2.1.1 研究地点自然状况概述	15
2.1.2 研究地点的选择和土壤样品的采集	15
2.1.3 实验方法	17
2.1.4 数据分析	17
2.2 结果与分析	18
2.2.1 多因素方差分析结果	18
2.2.2 对土壤整体存在影响的 5 个指标及差异大小	19
2.2.3 存在显著类型 × 地点交互作用的 13 个指标及差异大小	19
2.2.4 存在显著类型 × 土壤深度交互作用的 14 个指标及差异大小	21
2.2.5 存在显著类型 × 树高、类型 × 胸径交互作用的 5 个指标及差异大小	23
2.2.6 杨树防护林和农田碳截获差异与其他土壤指标的相关关系分析	23
2.3 讨论	26
2.3.1 防护林建设后有机碳的复杂变化	26
2.3.2 造林改善土壤物理性质、提高土壤肥力，但更耗水	27
2.3.3 氮素的供应差异决定土壤碳截获能力	28

2.4 小结	28
第3章 农田真菌代谢产物球囊霉素相关土壤蛋白与土壤功能关系	30
3.1 材料与方法	30
3.1.1 研究区概况及土样采集	30
3.1.2 GRSP 的测定	31
3.1.3 GRSP 提纯, 红外官能团、紫外光谱与 3D 荧光光谱分析及激光共聚焦显微镜观察	31
3.1.4 土壤碳、氮、磷、钾与理化性质的测定	32
3.1.5 数据处理	32
3.2 结果与分析	32
3.2.1 不同地点、土壤深度 GRSP 含量差异分析	32
3.2.2 不同地点 GRSP 组成特征差异分析	33
3.2.3 土壤的理化性质、肥力指标空间差异	36
3.2.4 土壤理化性质、肥力指标与 GRSP 含量的相关性	38
3.2.5 土壤理化性质、肥力指标与 GRSP 组成特征的相关性	41
3.3 讨论	42
3.3.1 GRSP 含量及组成特征的差异	42
3.3.2 GRSP 对碳截获的影响	43
3.3.3 GRSP 与肥力指标的关系	44
3.3.4 GRSP 与土壤物理性质及土壤酸碱度的关系	44
3.4 小结	45
第4章 杨树防护林真菌代谢产物球囊霉素相关土壤蛋白特征	46
4.1 材料与方法	46
4.1.1 研究样地概况和土壤样品的采集	46
4.1.2 土壤相关理化指标测定、GRSP 含量测定、提取纯化及组成特征研究方法	46
4.1.3 数据处理	49
4.2 结果与分析	49
4.2.1 不同土层、地点土壤理化性质指标的差异	49
4.2.2 不同土层、地点的 GRSP 含量的差异	50
4.2.3 不同地点 TG 组成成分上的差异	51
4.2.4 GRSP 含量和组成成分与土壤相关指标的关系	52
4.3 讨论	55
4.3.1 杨树防护林 GRSP 含量空间分布的差异	55
4.3.2 纯化 GRSP 组成特征的鉴定及空间差异	55

4.3.3 GRSP 含量和组成特征与土壤理化性质的相关关系	56
4.4 小结	57
第 5 章 农田、杨树防护林与原始林球囊霉素相关土壤蛋白差异及启示	58
5.1 材料与方法	58
5.1.1 研究样地概况和样品采集	58
5.1.2 研究方法	59
5.1.3 数据分析	60
5.2 结果与分析	60
5.2.1 GRSP 含量和组成成分的相关关系	60
5.2.2 GRSP 含量和组成成分与特征对土壤肥力性质的影响	61
5.2.3 GRSP 含量和组成成分与特征对土壤理化性质的影响	61
5.2.4 GRSP 含量和组成成分及特征与土壤性质的逐步回归分析	63
5.2.5 不同土地利用方式下土壤肥力、理化性质的差异	66
5.2.6 不同土地利用方式下 GRSP 含量和组成成分、特征差异	67
5.3 讨论	71
5.3.1 GRSP 组成成分与特征的复杂性	71
5.3.2 GRSP 在改善土壤质量方面发挥的重要作用	72
5.3.3 造林对土壤质量、GRSP 含量和组成成分与特征的影响	76
5.3.4 退化土壤的可能复原措施	79
5.4 小结	79
第 6 章 防护林与农田土壤物理化学组分分级与碳、氮、磷、钾差异	80
6.1 材料与方法	80
6.1.1 研究样地概况和土壤样品的采集	80
6.1.2 研究材料与方法	80
6.1.3 数据处理	81
6.2 结果与分析	82
6.2.1 造林后土壤组分占比变化的差异分析	82
6.2.2 造林后土壤及组分 SOC 变化的差异分析	83
6.2.3 造林后土壤及组分肥力(氮、磷、钾)变化的差异分析	84
6.2.4 土壤及组分间碳、氮、磷、钾含量及储量的相关关系分析	88
6.2.5 土壤理化性质与土壤及组分占比、碳、氮、磷、钾的相关关系 分析	90
6.3 讨论	94
6.3.1 造林降低酸不溶组分, 而增加可溶性组分、颗粒态、易氧化组分 和团聚体的碳截获	94

6.3.2	造林后 P 上升源于可溶性和颗粒态组分, 而 N、K 不同组分变化的抵消作用明显	94
6.3.3	土壤容重、含水量与原土 SOC、N 呈显著相关关系, 团聚体和酸不溶组分是关键	95
6.4	小结	95
第 7 章	防护林与农田土壤及组分矿物 X 射线衍射特征差异	96
7.1	材料与方法	96
7.1.1	样品采集与土壤性质测定方法	96
7.1.2	X 射线衍射测定	96
7.1.3	数据处理	96
7.2	结果与分析	97
7.2.1	主要矿物衍射峰检出个数、衍射角、晶粒间隔差异	97
7.2.2	主要矿物衍射峰峰高、面积、半高宽和晶粒尺寸差异	100
7.2.3	衍射峰特征与土壤指标相关性	103
7.2.4	衍射峰特征与土壤碳、氮、磷、钾相关性	105
7.2.5	衍射峰特征与土壤同位素 ^{13}C 丰度相关性	108
7.3	讨论	109
7.3.1	杨树种植改变土壤矿物结晶状态	109
7.3.2	矿物 XRD 特征状态影响土壤养分, 甚至同位素分馏作用	110
7.4	小结	110
第 8 章	杨树防护林与农田土壤及组分红外官能团差异	112
8.1	材料与方法	112
8.1.1	研究样地概况和样品采集	112
8.1.2	研究方法	112
8.1.3	数据分析	113
8.2	结果与分析	113
8.2.1	杨树与农田土壤及不同组分官能团相对含量的差异比较分析	113
8.2.2	土壤肥力指标与官能团相对含量的相关性分析	117
8.3	讨论	119
8.3.1	杨树防护林与农田土壤及组分不同官能团存在差异, 但不同地点趋势不一致	119
8.3.2	土壤肥力指标 (碳、氮、磷、钾) 显著影响红外官能团的相对含量	120
8.4	小结	120

第 9 章 杨树防护林与农田土壤及组分稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 差异	122
9.1 材料与方法	122
9.1.1 研究地点、材料收集与土壤物理化学分级	122
9.1.2 土壤相关指标测定	122
9.1.3 土壤同位素测定	123
9.1.4 数据分析	123
9.1.5 数据处理	123
9.2 结果与分析	123
9.2.1 原土及不同土壤组分 ^{13}C 差异	123
9.2.2 原土和不同组分中土壤碳来源量分析	126
9.2.3 林分和农田 ^{13}C 差异与土壤不同指标的相关性分析	128
9.2.4 林分 SOC 周转比例与土壤不同指标的相关性分析	131
9.2.5 林分 SOC 周转比例、同位素丰度与土壤红外官能团的相关性分析	131
9.3 讨论	135
9.3.1 杨树和农田 ^{13}C 同位素分馏、碳周转与组分差异	135
9.3.2 决定杨树林土壤 SOC 周转的因素分析	136
9.4 小结	137
第 10 章 土壤孔隙相关物理性质重要性及其受杨树造林的影响	139
10.1 材料与方法	140
10.1.1 研究地概况及采样方法	140
10.1.2 土壤各指标的测定	140
10.1.3 杨树与玉米生物生产力、根分布、有机碳含量测定与数据收集	140
10.1.4 数据处理	141
10.2 结果与分析	141
10.2.1 土壤孔隙指标与土壤各指标相关性	141
10.2.2 杨树人工林建设对各指标及孔隙指标与各指标相关关系影响	146
10.3 讨论	153
10.3.1 3 种孔隙指标对土壤性质的指示作用	153
10.3.2 杨树造林导致土壤孔隙度增加容重降低的原因: 有机物和 GRSP 调节效率提升	155
10.3.3 土壤碳、养分及理化性质变化原因: 生物吸收有机物质量与化肥	155
10.4 小结	157

第 11 章 结论与建议	158
11.1 结论	158
11.1.1 与农田比较, 杨树防护林建设影响土壤性质变化	158
11.1.2 与农田比较, 杨树防护林建设引起土壤及其组分发生变化	158
11.1.3 以 GRSP 为代表的土壤真菌特征代谢产物产生差异	160
11.1.4 杨树防护林土壤孔隙相关物理性质发生变化	160
11.2 建议	161
11.2.1 林分和土壤管理	161
11.2.2 潜在的问题	161
参考文献	163
附录	177
附录 1 松嫩平原研究区样地地理位置信息	177
附录 2 松嫩平原研究区配对样地及土壤剖面图片信息	180
编后记	199

第1章 杨树防护林研究进展及开展土壤特性研究的必要性

1.1 我国与农业相关的重大森林生态保护工程

1.1.1 “三北”防护林工程

“三北”防护林工程是指在中国三北地区（西北、华北和东北）建设的大型人工林业生态工程。“三北”防护林体系东起黑龙江宾县，西至新疆的乌孜别里山口，北抵北部边境，南沿海河、永定河、汾河、渭河、洮河下游、喀喇昆仑山脉，包括新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河北、辽宁、吉林、黑龙江、北京、天津等13个省（自治区、直辖市）的559个县（旗、区、市），总面积406.9万 km^2 ，约占我国陆地面积的42.4%。从1979~2050年，分三个阶段、七期工程进行，规划造林5.35亿亩。到2050年，“三北”地区的森林覆盖率将由1977年的5.05%提高到15.95%。工程规划期限为70年，目前正式启动第五期工程建设。

“三北”防护林总体规划要求：在保护好现有森林草原植被的基础上，采取人工造林、飞机播种造林、封山封沙育林育草等方法，营造防风固沙林、水土保持林、农田防护林、牧场防护林及薪炭林和经济林等，形成乔、灌、草植物相结合，林带、林网、片林相结合，多种林、树合理配置，农、林、牧协调发展的防护林体系。“三北”防护林体系工程，其规模和速度超过美国的“罗斯福大草原林业工程”、前苏联的“斯大林改造大自然计划”和北非五国的“绿色坝工程”，在国际上被誉为“中国的绿色长城”、“生态工程世界之最”，1987年被联合国环境规划署评为“全球环境保护先进单位”。

“三北”工程建设之初是为了从根本上改变“三北”地区的生态面貌，改善人们的生存条件，促进农牧业稳产高产，维护粮食安全，把农田防护林作为工程建设的首要任务，集中力量建设平原农区的防护林体系，已经取得了显著的生态与社会效益。在风沙治理方面：从新疆到黑龙江的风沙危害区营造防风固沙林1亿多亩，使20%的沙漠化土地得到有效治理，沙漠化土地扩展速度由20世纪80年代的2100 km^2 下降到1700 km^2 。辽宁、吉林、黑龙江、北京、天津、山西、宁夏7个省（自治区、直辖市）结束了沙进人退的历史，拓宽了沙区广大人民的生存区域。重点治理的科尔沁、毛乌

素两大沙地使其森林覆盖率分别达到 20.4% 和 29.1%，不仅实现了土地沙漠化逆转，而且进入综合治理、综合开发的新阶段。赤峰市治理开发沙地 2100 万亩，占沙化土地的 58%；榆林沙区森林覆盖率已由 1977 年的 18.1% 上升到 38.9%，沙化土地治理度达 68.4% (<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。在水土流失治理方面：在黄土高原和华北山地等重点水土流失区，坚持山、水、田、林、路统一规划，生物措施与工程措施相结合，按山系、分流域综合治理，营造水保林和水源涵养林 723 万 hm^2 ，水土流失治理面积由工程建设前的 5.4 万 km^2 增加到现在的 38.6 万 km^2 ，局部地区的水土流失得到有效治理。重点治理的黄土高原造林 779.1 万 hm^2 ，新增水土流失治理面积 15 万 km^2 ，使黄土高原水土流失治理面积达到 23 万 km^2 以上，近 50% 的水土流失面积得到不同程度的治理，水土流失面积减少 2 万 km^2 以上，土壤侵蚀模数大幅度下降，每年入黄泥沙量减少 3 亿 t 以上 (<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。在农区防护林方面：农田防护林作为改善农业生产条件的一项基础设施，人们始终将其放在“三北”防护林体系优先发展的地位，共营造农田防护林 3600 多万亩，有 3.23 亿亩农田实现林网化，占“三北”地区农田总面积的 65%。平原农区实现了农田林网化，一些低产低质农田变成了稳产高产田。“三北”地区的粮食单产量由 1977 年的 118kg/亩，提高到 2007 年的 311kg/亩，总产量由 0.6 亿 t 提高到 1.53 亿 t (<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。在森林资源培育方面：“三北”防护林体系建设使“三北”地区的森林资源快速增长，木材及林产品产量不断增加，改变过去缺林少木的状况。截至 2012 年，“三北”地区活立木蓄积量达 10.4 亿 m^3 ，年产木材 655.6 万 m^3 ，不仅使民用材自给有余，而且带动了木材加工业和乡镇企业、多种经济的发展。“四料”（燃料、肥料、饲料、木料）俱缺的状况已有很大改变，特别是已建成了 1870 万亩薪炭林，加上林木抚育修枝，解决了 600 万户农民的燃料问题。营造的牧防林保护了大面积草场，营造的 7500 万亩灌木林和上亿亩杨、柳、榆、槐树的枝叶为畜牧业提供了丰富的饲料资源，“三北”地区牲畜存栏数和畜牧业产值成倍增长 (<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。在经济与社会发展方面：林业的发展不仅改善了生态环境，也促进了农村经济的发展，“三北”地区将资源优势转变为经济优势，已发展经济林 5670 万亩，建设了一批名、特、优、新果品基地，年产干鲜果品 1228 万 t，比 1978 年前增长了 10 倍，总产值达 200 多亿元。甘肃省林果业已发展成为全省农村经济的重要支柱之一，1997 年全省农民人均林果业收入达 300 元，占收入的 25%，有 41 个县的林果特产税收入超过 100 万元。河北省张家口市大力发展经济林，林业产值由 9000 万元增加到 3 亿元，有 240 个村、15 万户农民靠林果业实现了脱贫致富 (<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。

目前存在的主要问题包括：投入相对较少问题，“三北”工程东西横跨近 9000 里（1 里=500m），担负着北拒八大沙漠、四大沙地，内保黄土高原、华北平原，南护北京、天津等地的重要任务，尽管国家投资数百亿元，但是仍然不及京沪高铁总投入的 1/20。后续管护问题，部分工程区生态环境恶化得到控制后，人们对于防护林的保护意识变

得淡薄,甚至出现故意毁坏的行为。例如,2013年2月底,内蒙古赤峰敖汉旗牛古吐乡所辖村镇有人举报,称该地近几年陆续出租、卖了几万亩用于防沙固沙林的柠条。该地所属的大五家村于2011年4月与山西王姓商人签订合同,将村里的9000多亩柠条地转给其承包,每亩200元,时间70年,每年转让价格2.84元/亩(<http://baike.baidu.com/view/695089.htm>)。更新换代问题,“三北”防护林是我国北方重要的绿色生态屏障,但是部分林木已经进入过熟期阶段,防护林的生态功能和防护效益明显下降,需要根据以往的失败和成功经验,并针对现在的生态环境问题,提出更新换代的造林树种、造林方式和方法等。

自1978年开始,东北地区主要以杨树人工林作为农田防护林来防御自然灾害、维护基础设施、保护生产、改善环境和维持生态平衡等,发挥其最大的防风、固沙、保持水土和调节径流的作用,起到维持东北地区国家粮仓的作用。截至2007年,我国杨树人工林总面积已达700万 hm^2 (方升佐,2008),杨树人工林在防风固沙、保持水土、降低噪声、植物修复、废水再利用、碳固定及减轻全球温室效应等方面发挥了非常重要的作用。

1.1.2 退耕还林工程

退耕还林工程始于1999年,是迄今为止我国政策性最强、投资量最大、涉及面最广、群众参与程度最高的一项生态建设工程,也是最大的强农惠农项目,仅中央投入的工程资金就超过4300多亿元,是迄今为止世界上最大的生态建设工程。工程建设范围包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆等25个省(自治区、直辖市)和新疆生产建设兵团,共1897个县(含市、区、旗)。根据因害设防的原则,按水土流失和风蚀沙化危害程度、水热条件和地形地貌特征,将工程区划分为10个类型区,即西南高山峡谷区、川渝鄂湘山地丘陵区、长江中下游低山丘陵区、云贵高原区、琼桂丘陵山地区、长江黄河源头高寒草原草甸区、新疆干旱荒漠区、黄土丘陵沟壑区、华北干旱半干旱区、东北山地及沙地区。同时,根据突出重点、先急后缓、注重实效的原则,将长江上游地区、黄河上中游地区、京津风沙源区及重要湖库集水区、红水河流域、黑河流域、塔里木河流域等地区的856个县作为工程建设重点县(<http://baike.baidu.com/view/2886872.htm>)。

退耕还林的现行政策规定主要有:①国家无偿向退耕农户提供粮食、生活费补助。粮食和生活费补助标准为:长江流域及南方地区每公顷退耕地每年补助粮食(原粮)2250kg;黄河流域及北方地区每公顷退耕地每年补助粮食(原粮)1500kg。从2004年起,原则上将向退耕户补助的粮食改为现金补助。中央按每千克粮食(原粮)1.40元计算,包干给各省(自治区、直辖市)。具体补助标准和兑现办法,由各地政府根