

目 录

序言

绪论	1
第一节 飞播治沙的概念、内容、特点	1
第二节 飞播治沙的意义及发展概况	4
第三节 我国飞播治沙的成就及国外飞播治沙简况	8
第四节 飞播治沙的前景展望	11
第一章 我国沙漠分布特征及飞播区类型划分	12
第一节 我国沙漠的分布及特征	12
第二节 飞播区类型的划分	19
第三节 飞播区选择	27
第二章 飞播植物种选择及混播	38
第一节 飞播植物种选用概况	38
第二节 飞播树种选择的原则	39
第三节 主要飞播树(草)种	40
第四节 混播	54
第三章 播种期	62
第一节 确定播种期的意义	62
第二节 确定飞播期的主要因素	62
第三节 干旱年份播种期的确定	68
第四节 各沙区适宜的飞播期	69
第四章 播种量	76
第一节 确定播种量的原则	76
第二节 影响播种量的因素	79
第三节 播种量的计算	82
第五章 播区规划设计	85
第一节 踏查	85
第二节 规划设计	86
第三节 航标线测量	91
第四节 规划设计资料编制	93
第六章 种子处理	95
第一节 种子的采集、筛选与检验	95
第二节 种子处理	97
第七章 播前准备	101
第一节 计划的申报与审批	101

第二节	飞播组织和人员培训	102
第三节	物资、设备准备	104
第四节	签订合同	105
第五节	机型、机场的选择与临时机场修建	107
第八章	飞播治沙作业	113
第一节	试航	113
第二节	飞行方式	113
第三节	飞行作业的天气条件	115
第四节	播种作业	116
第五节	提高飞播质量、降低成本的技术措施	123
第九章	播区鼠、虫、兔、病四害的防治	125
第一节	“四害”危害情况调查	125
第二节	“四害”防治方法	128
第十章	飞播成效调查与管护	134
第一节	成苗调查与成效调查	134
第二节	封育管护	137
第十一章	典型飞播区介绍	140
第十二章	飞播治沙效益与飞播林地的开发利用	147
第一节	飞播植被对流动沙地的逆转作用	147
第二节	飞播治沙与防治沙尘暴	161
第三节	飞播林地的利用	163
第四节	飞播灌丛林地放牧效益分析	164
第五节	飞播灌丛林的复壮更新	172
附录一	飞机播种治沙技术要求	177
附录二	毛乌素沙地东南缘飞播治沙	185
附录三	汉拉植物名称对照	187
主要参考文献		200
英文摘要		201
图版		

CONTENTS

Preface

Introduction		(1)
Section One	Concept, Content and Characteristics of ASSC	(1)
I.	Concept. of ASSC	(1)
II.	Content of ASSC	(2)
III.	Characteristics of ASSC	(3)
Section Two	Significance of ASSC and Overview of Its Development	(4)
I.	Significance of ASSC	(4)
II.	Development of ASSC	(4)
Section Three	Achievements of ASSC in China and a Brief Account of ASSC in Foreign Countries	(8)
I.	Achievements of ASSC in China	(8)
II.	A Brief Account of ASSC in Foreign Countries	(10)
Section Four	Prospects of ASSC	(11)
Chapter One	Distribution Features of Deserts in China and Division of Types of Aerial Sowing Areas	(12)
Section One	Distribution and Features of Deserts in China	(12)
I.	Distribution Features of Deserts and Desertified Land	(12)
II.	Regularity of Wind and Drift Sand Movement	(13)
III.	Harmfulness of Wind-blown Sand	(17)
Section Two	Division of Types of Aerial Sowing Areas	(19)
I.	Purpose of Division of the Types	(19)
II.	Principles of Division of the Types	(19)
III.	Division of the Types of Aerial Sowing Area	(20)
Section Three	Selection of Aerial Sowing Areas	(27)
I.	Natural Conditions Suited for Aerial Sowing	(28)
II.	Socio-economic Conditions Suited for Aerial Sowing	(37)
Chapter Two	Selection of Tree (Herbaceous) species of Aerial Sowing and Mixed Sowing	(38)
Section One	Brief Account of Selection of Plant Species for Aerial Sowing	(38)
Section Two	Principles for Selection of Tree Species for Aerial Sowing	(39)
I.	Principles of Tree Species Selection	(39)
II.	Principles of Herbaceous Species Selection	(40)
Section Three	Major Tree (Herbaceous) Species for Aerial Sowing	(40)
I.	<i>Hedysarum mongolicum</i>	(40)

I.	<i>Hedysarum scoparium</i>	(42)
II.	<i>Artemisia sphaerocephala</i>	(43)
IV.	<i>Calligonum mongolicum</i>	(44)
V.	<i>Caragana microphylla</i>	(45)
VI.	<i>Hippophaë rhamnoides</i>	(46)
VII.	<i>Lespedeza bicolor</i>	(47)
VIII.	<i>Haloxydon ammodendron</i>	(48)
IX.	<i>Sophora alopecuroides</i>	(49)
X.	<i>Astragalus adsurgens</i>	(51)
XI.	<i>Melilotus albus</i>	(52)
XII.	<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	(53)
Section Four	Mixed Sowing	(54)
I.	Advantages of Mixed Sowing	(54)
II.	Principles, Tree Species and Types of Mixed Sowing	(56)
III.	Methods of Mixed Sowing	(59)
IV.	Composition and Proportion of Tree Species for Mixed Sowing	(59)
Chapter Three	Sowing Season	(62)
Section One	Significance of the Determination of Sowing Season	(62)
Section Two	Primary Factors Affecting the Determination of Aerial Sowing	(62)
I.	Temperature	(63)
II.	Water	(63)
III.	Wind	(64)
IV.	Growing period	(67)
V.	Weather	(67)
Section Three	Determination of Sowing Season in Drought Years	(68)
I.	Master the Law of Climatic Fluctuation	(68)
II.	Selecting the Local Tree Species	(68)
Section Four	Suitable Aerial Sowing Season in Varied Desert Areas	(69)
I.	Maowusu Desert and Kubuqi Desert	(70)
II.	Tenggeli Desert and Wulanbuhe Desert	(72)
III.	Horqin Sand Land and Hunshandake Sand Land	(72)
IV.	Hulunbeier Sand Land	(73)
V.	Guerbantonggute Desert	(73)
VI.	Experiences and Lessons in Selecting the Sowing Season	(73)
Chapter Four	Seed Sowing Quantity	(76)
Section One	Principles of the Determination of Sowing Quantity	(76)
I.	Making Sure of the Relationship Between Seed sowing Quantity and Plant Density	(76)
II.	Making Sure of the Relationship Between the Seed sowing Quantity	

	and the Aim of Utilization	(79)
Section Two	Factors Affecting the Determination for Seed Sowing Quantity ...	(79)
I.	Seed Quality	(79)
I.	Unexpected Seed and Seedling Loss Ratio	(82)
II.	Even Ratio of the Falling Seed	(82)
Section Three	Calculation of the Seed Sowing Quantity	(82)
Chapter Five	Planning and Designing of Sowing Area	(85)
Section One	Field Survey	(85)
Section Two	Planning and Designing	(86)
I.	Collection of Basic Information	(86)
I.	Determination of Sowing Area, Course of Flight and Position of Navigation Mark Line	(88)
II.	Technical Designing	(89)
IV.	Technical Calculation	(90)
Section Three	Navigation Mark Line Survey	(91)
I.	Methods of Survey	(91)
I.	Distance Calculation Between Navigation Marks	(92)
Section Four	Preparation of Data of Planning and Designing	(93)
I.	Specifications of Planning and Designing	(93)
II.	Mapping of Sowing Area	(93)
II.	Operational Maps	(93)
Chapter Six	Seeds Treatment	(95)
Section One	Collecting, Selection and Checking of Seeds	(95)
I.	Collecting	(95)
I.	Selection	(96)
II.	Test	(97)
Section Two	Treatment of Seeds	(97)
I.	Treatment of <i>Hedysarum scoparium</i> Seeds	(97)
I.	Shelling, Deawn and Dewaxing Treatment	(99)
Chapter Seven	Preparation Before Sowing	(101)
Section One	Plans Reporting to Higher Authority For Examination and Approval	(101)
I.	Plans Reporting	(101)
I.	Plans Approving	(102)
Section Two	Creation of Organization of Aerial Sowing and Development of Personnel Training Programmes	(102)
I.	Creation of Organization of Aerial Sowing	(102)
I.	Development of Personnel Training Programmes	(104)
Section Three	Preparation of Materials and Equipments	(104)

I.	Airfield	(104)
I.	Sowing Area	(105)
Section Four	Signing Contracts	(105)
I.	Contracts with Airline Departments	(106)
I.	Contracts of Management and Protection of Plantations	(107)
Section Five	Selection of Aircrafts ,Airfields and Building of Provisional Airfields	(107)
I.	Selection of Types of Aircrafts	(107)
I.	Selection of Airfields	(108)
II.	Building of Provisional Airfields	(108)
IV.	Checking and Accepting of the Provisional Airfields	(112)
V.	Management and Repair of the Provisional Airfields	(112)
Chapter Eight	Technology of ASSC Operation	(113)
Section One	Trial Flight	(113)
Section Two	Choice of Flying Systems	(113)
I.	Repeated Spraying Operations System	(114)
I.	Single Flying	(114)
II.	Return Flying	(114)
IV.	Shuttle-type Flying	(115)
V.	Free Flying	(115)
Section Three	Climatic Conditions for Flight	(115)
I.	Criteria of Climatic Conditions for Flight	(115)
I.	Better Service of Weather Forecast	(116)
Section Four	Sowing Operations	(116)
I.	Keeping Flying Direction of Navigation and Determination of Navi- gation Height and Width of Sowing	(116)
I.	Correcting Off-course and Shift	(117)
II.	Regulating the Mouth of Sowing Machine	(118)
IV.	Loading Operations and Management of Airfields	(120)
V.	Navigation Systems and Radio Communications	(121)
VI.	Sowing Quality Control	(122)
Section Five	Technical Measures for Improving Sowing Quality and Reducing Cost	(123)
I.	Technical Measures for Improving Quality of Operations	(123)
I.	Technical Measures for Reducing Cost	(124)
Chapter Nine	Prevention and Control of Rats,Pests,Diseases and Hares in the Aerial Sowing Area	(125)
Section One	Investigation of Rats,Pests,Hares and Diseases	(125)
I.	Harmfulness of Rats	(125)

I.	Harmfulness of Pests	(125)
II.	Harmfulness of Hares	(127)
IV.	Harmfulness of Diseases	(127)
Section Two	Methods of Prevention and Control of Rats, Pests, Hares and Diseases	(128)
I.	Prevention and Control of Rats	(129)
II.	Prevention and Control of Pests	(129)
III.	Prevention and Control of Diseases	(132)
IV.	Prevention and Control of Hares	(132)
Chapter ten	Investigation and Management of Aerial Sowing Land	(134)
Section One	Investigation of Grown-up and Establishment of Seedlings and Effects	(134)
I.	Aims	(134)
II.	Methods	(134)
III.	Calculation Formula of Aerial Sowing Effects	(135)
IV.	Evaluation of Aerial Sowing Effects	(136)
Section Two	Management of Closing Sand	(137)
I.	Importance of Management of Closing Sand	(137)
II.	Effects of Closing Protection	(138)
III.	Measurements of Closing Protection	(139)
Chapter Eleven	Introductions to the Typical Sowing Areas	(140)
I.	Hong Shixia Sowing Area	(140)
II.	Tai Gemiao Sowing Area	(142)
III.	Toudao Shazi Sowing Area	(142)
IV.	Qianxie Rihua Sowing Area	(143)
V.	South Gobi Sowing Area	(144)
VI.	Namu Sowing Area	(145)
Chapter Twelve	ASSC Benefits and Utilization of Aerial Sowing Forest Land	(147)
Section One	Reverse Affection of the Aerial Sowing Vegetation to the Sand drift Land	(147)
I.	Rules and Features of Wind Speed Distribution	(151)
II.	Wind-preventing Effect of <i>Hedysarum scoparium</i> and <i>Hedysarum mongolicum</i>	(153)
III.	Wind-preventing Effect of Forest Land of <i>Hedysarum scoparium</i> and <i>Hedysarum mongolicum</i> of Different Agea	(156)
IV.	Rules of Wind Speed Distribution of Earth Surface of Isolet Green Islands with <i>Hedysarum scoparium</i> and <i>Hedysarum mongolicum</i>	(157)

Section Two	ASSC and Control of Sand-dust Storm	(161)
1.	Sand-dust Storm	(161)
I.	Cause of Sand-dust Storm	(161)
II.	Harmfulness of Sand-dust Storm	(162)
IV.	Control the Sand-dust Storm by Enlarging the Sowing Area	(163)
Section Three	Usage of the Aerial Sowing Forest Land	(163)
1.	Seed Collecting Base	(163)
I.	Grass Reserve Base	(164)
II.	Calamity-proof Base of Animal Husbandry	(164)
Section Four	Grazing Effect Analyses of the Aerial Sowing Shrub	(164)
1.	Grazing in Winter and Spring	(164)
I.	Influence of Grazing on the Biological Quality of the Vegetation	(165)
II.	Influence on the Biological Quality of Vegetation After Grazing	(166)
IV.	Influence on the Vegetation in Different Period	(167)
V.	Biological Quality Change of the Main Plants by Grazing	(168)
VI.	Grazing Value	(169)
VII.	Influence on the Sheep Growing by Grazing in the Aerial Sowing Forest	(170)
VIII.	Water Change in the Sand Land and Recovery of the Vegetation after Grazing	(171)
Section Five	Rejuvenation and Regeneration of the Aerial Sowing Shrub	(172)
I.	Keeping the Sand Land in a Sewri-stabilized State	(172)
I.	Rejuvenation and Regeneration by Grazing	(173)
II.	Planting Tree in Aerial Sowing Bush and Forming a Mixed Forest	(174)
Appendix I	Technical Requirement of ASSC in China	(177)
Appendix I	ASSC in Southeast Edge of Maowusu Sand Land	(185)
Appendix II	Names of Plants	(197)
Main References		(200)
Abstract		(201)
Plates		

绪 论

我国是世界上沙漠面积较大、分布较广、沙漠化危害严重的国家之一。在我国西北、华北北部和东北西部，广泛分布着大面积的沙漠、戈壁和沙地，面积约 1.28 亿公顷，占国土总面积的 13.3%，其中干旱区沙漠和戈壁面积 1.16 亿公顷，半干旱沙地 1000 万公顷。

在干旱、半干旱区内，一个突出的问题是生产性土地丧失，生态环境和经济遭到破坏，生产力逐渐下降。因此，治沙必须植树造林、种草，加速国土绿化，改善生态环境，控制土地沙漠化和恢复土地生产力。从 1958 年开始，我国在沙漠地区用飞机播种造林、种草治沙（以下简称飞播治沙）。飞播治沙是一项现代化的治沙技术，我国将这项技术已从流沙地扩展到盖沙黄土地，从林业发展到畜牧业，截至 1992 年累计飞播治沙面积达 80 万公顷，保存面积 53.34 万公顷。通过飞播我国有大片沙地郁闭成林成草，发挥着防风固沙、保持水土、涵养水源、调节气候、改善生态环境和促进农牧业生产发展的多种功能，经济效益和社会效益十分显著。“八五”期间，飞播治沙已纳入我国治沙工程计划，作为完成治沙工程的重要技术措施。这标志着我国飞播治沙开始向深度和广度发展，也标志着飞播治沙进入了一个新的发展阶段，这对推动“三北”防护林体系建设，进一步扩大飞播治沙区域，加速沙漠地区草原及植被建设，有着极其重要的作用，是一项带有战略性的重大举措。

第一节 飞播治沙的概念、内容、特点

一、飞播治沙概念

飞播治沙，就是在沙漠戈壁和沙地上模拟天然下树（草）种更新的一种机械化造林方法，即在适宜的沙地上空，在适当时期，使用飞机撒播适宜的植物种子进行造林种草，以起到固定流沙的作用。也就是用飞机装载树木、草类种子，到规划设计好的播区上空，按预定的航向航带，实施播种作业，把种子均匀地撒播在沙地上，依靠风力自然覆沙和大气有效降水，在适宜的温度条件下，使树（草）种子生根、发芽、成苗，经过封禁管护，达到成林成草，扩大沙地植被覆盖率，使流沙迅速逆转，恢复生态环境达到良性循环。

二、飞播治沙工作的内容

飞播治沙作业程序可划分为播前准备、飞播作业和播后管护三个阶段。各个阶段工作内容主要包括确定树(草)种、选择播区、勘测设计、确定播期、精选处理种子、落实机场、联系飞机、建立飞播组织、人员培训、飞播作业和管护利用等(见图 0-1)。

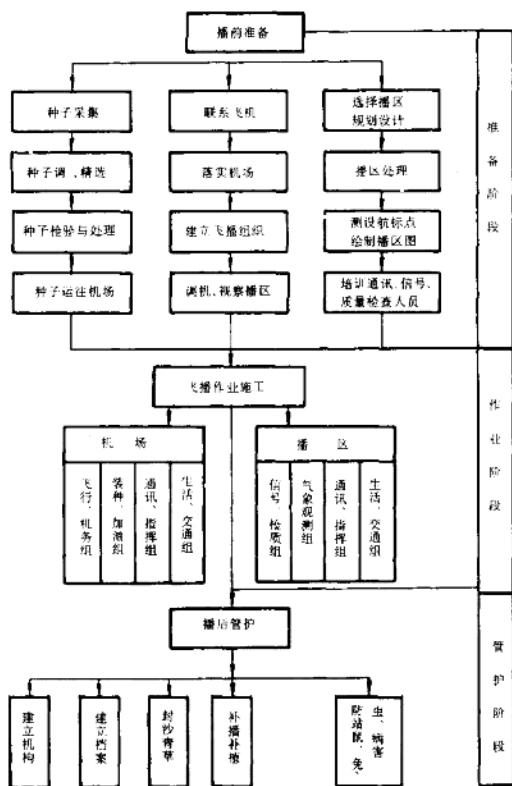


图 0-1 飞播作业程序

三、飞播治沙的特点

(1) 速度快,省劳力。飞机播种可大幅度提高劳动生产率。目前,我国沙区用于飞播治沙的机型主要为运-5 型飞机。一架运-5 型飞机每次可装种子 800 公斤,踏郎种子每公顷播 3.75 公斤,每架次飞播 213.3 公顷,日播 6 架次,一天可播踏郎种子 1279.8 公顷,花棒种子 742.8 公顷,白沙蒿种子 1599.5 公顷,相当于 3 000—4 000 个劳力一天的工作量,能在短期内完成大面积飞播治沙任务。

(2) 飞机活动范围广,能深入边远沙区作业。我国沙漠和沙地多处在交通不便、人烟稀少的边远地区,人工治理非常困难。飞机能深入沙区腹地和人力难以达到的大沙、远沙地带播种,适合我国国情和当前生产力发展水平。

(3) 成本低,投资少。飞播治沙成本的高低与种子价格、播种量以及机场距离播区远近有密切关系。在飞播投资中,种子费约占 70%,飞行费、地面作业费及其它费用约占 30%。如 1981 年采用踏郎与花棒、白沙蒿、沙打旺和草木樨等植物种混播,每公顷飞播成本 48.6 元(以当年价计),按成林面积计算,每公顷造林费 90—120 元,与当时人工造林每公顷 180 元相比,飞播可减少投资 43%—50%,并能在短期内成林成草控制流沙。

(4) 飞播治沙面积大,成效高。飞播治沙有严格的规划设计和科学的作业方式,治理一片,成林一片,防风固沙效果好。而人工造林插花重造比例大,防风固沙效果差。从榆林地区造林治沙成效实地检查结果看,飞播治沙保存率比人工治沙保存率提高 9.4%—11.1%。

(5) 季节性强,受天气影响大。我国沙漠地区自然条件恶劣,地形变化大,飞机播种如同种植农作物一样,要求不违农时。飞机播种过早,风、水和温度条件不够,种子难以完成自然覆沙和发芽,易遭鼠、鸟危害;播种过晚,苗木生长期短,幼嫩的小苗难以度过播后第一个冬春季,幼苗易遭冻害。因此,飞机播种必须在起沙风的风向变换频繁的 5 月中旬至 6 月中旬,或雨季到来之前的有限时间内进行。雪地飞播在积雪融化前的 1—2 月进行。

飞机播种是空中作业,极受天气条件的限制,因此只有在侧风风速不超过 5.0 米/秒、侧风角度不超过 40°、以及其它因子达到飞行标准时,飞机才能出航进行播种。

(6) 涉及的部门多,协作性强。飞机播种治沙是一项由多部门参与、多学科组成的综合性绿化工程,除林业、飞行部门外,还必须与气象、通讯、运输等部门的密切配合,协同工作。特别是播后的管护工作,需要各有关部门发动群众来共同完成。

(7) 难以充分利用局部立地条件。飞机播种面积大,不能严格按沙地地形和沙丘部位等局部立地条件分别选用植物种,只能根据播种范围的条件,做到植物种的特性与播区环境条件基本相适应。同时,沙区中的非宜播面积往往占有一定比例,会造成部分种子浪费。

我国 40 年来的飞播实践证明,在沙漠地区造林种草,无论采用哪一种造林种草方法,都有它的局限性,而飞播造林种草的局限性比其它造林方法的局限性更大一些。尽管如

此，飞播对于地广人稀、交通不便的大面积沙漠地区来说，仍不失为一种多快好省的治理沙漠、固定流沙和防止草场退化的有效方法。

第二节 飞播治沙的意义及发展概况

一、飞播治沙的意义

我国的沙漠和沙漠化土地是在严酷的自然条件和人为因素影响下长期演变而形成的。由于对沙漠地区不合理的利用，致使沙漠化面积逐年扩大，沙化速度也随之加快。据统计，50~70年代全国沙漠化土地平均每年扩大1560平方公里，进入80年代则平均每年扩大2100平方公里。从全国范围看，沙漠推进和沙漠化土地扩大仍呈加剧发展的严重趋势。我国的治沙工作与沙漠化土地不断扩大的局面极不适应。国内外专家认为，沙漠化是大地的癌症，沙漠化过程是一个自我加速的过程，时间越长，生产方面的损失和恢复的费用就越大，任其发展下去，沙漠化的生态恶果及经济损失将不堪设想。

我国政府十分重视治理沙漠和防止土地沙漠化扩大的问题。强调“搞好防沙治沙，已成为我国改善生态环境，保障农牧业生产，促进‘三北’地区经济发展的一个重要的组成部分”。国务院对全国绿化委员会、林业部提出的〔国函（1991）65号〕《1991-2000年全国治沙工程规划要点》的批复，明确了治沙工程的总体布局是：治沙工作从我国的国情出发，因地制宜，量力而行，分类指导。今后以西北、华北、东北西部万里风沙带为主线，以保护、扩大林草植被和沙生植物为中心，建设防、治、用有机结合的治沙工程体系。当前，要以治理沙漠化土地为重点，围绕恢复土地资源和合理开发利用进行综合治理，逐步缩小沙漠化土地面积。今后十年治沙工程规划的总任务是：在切实保护好现有植被的基础上，共治理（包括开发）面积666.7万公顷，其中飞播治沙66.7万公顷。飞播治沙作为一种新的重要造林措施在我国采用，对于绿化国土，治理沙漠、沙地和沙化土地有着十分重要的现实意义和深远影响。

二、飞播治沙的发展概况

我国飞播治沙，经历了从失败到成功，从小面积试验到中试，再到大面积推广投入生产等几个阶段。1958年7月至8月，在陕西、甘肃、内蒙古等6个省区的风沙区，首次用飞机播种沙蒿、沙米、锦蓬等11个植物种，面积约66700公顷。虽然这次试验未能成功，但是它揭开了我国沙区飞播的历史。为以后飞播治沙获得成功提供了经验。

（一）飞播治沙尝试阶段（1958—1966年）

1958年，我国在大力广泛开展水土保持造林种草的形势下，先后在陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆、内蒙古等6个省区的风沙地带进行了飞播。为了摸清飞播效果，在1960

年4月,由中国林业科学研究院林业研究所牵头,组成有中国科学院南京土壤研究所、植物研究所和北京林学院及有关省区的有关单位参加的飞机播种考察队,对往年的飞播效果做了调查研究。到1962年,基本查清了不同沙地类型区各重点播区的飞播效果。现将调查结果分述如下。

甘肃省于1958—1959年的两年内,在河西走廊风沙区飞播1.73万公顷。飞播植物种有梭梭、花棒、白沙蒿、沙拐枣、黑沙蒿、野麻、苦豆子等。从植物成活的情况来看,在丘间地及沙海子附近等水分条件较好的地段,植物生长较为良好,平均每平方米有苗24株。但是,在流动沙丘上,几乎无苗。

内蒙古自治区于1959年7月,首次在乌兰布和沙漠的巴彦高勒,以及库布齐沙漠的杭锦旗飞播,播种面积为4933.3公顷。1960—1961年,又在达拉特旗、杭锦旗、巴彦高勒、林格县及呼和浩特市郊区,飞播11.06万公顷。飞播的植物种有白沙蒿、黑沙蒿、沙米、锦蓬,播量为每公顷2.25—5.25公斤。乌兰布和沙漠还播种了少量的梭梭。据调查,飞播的白沙蒿,经过1—2个冬春风季,在半固定沙地的保存率为28.1%,而在流沙地保存率很低,仅为1%—2%。梭梭在沙海子周围保存率为3%,流沙地未发现幼苗。

青海省于1960年在共和县沙株玉沙漠地区,用白沙蒿、黑沙蒿、骆驼刺、白刺、锦蓬等植物种进行试播,飞播面积10000公顷。1961年又用白沙蒿、黑沙蒿、锦鸡儿和白刺等进行了重复播种;当年除沙丘低地和迎风坡脚保存部分白沙蒿苗外,其它沙丘各部位均无苗,特别是在流动沙地上的飞播,出苗效果远未达到计划要求。

陕西省榆林地区于1958年、1960年和1961年,先后在毛乌素沙地流动沙丘上飞播658.00公顷,飞播用种量44.4万公斤,所采用的植物种有白沙蒿、黑沙蒿、草木樨、苜蓿、锦鸡儿、达乌里胡枝子和扫钱子等。当年成苗面积率为74%—92%,播后第4年保存面积率为4.3%,极不稳定。

新疆维吾尔自治区于1959年春季(3月11—16日)和冬季(12月20—25日),分别两次在精河县进行了飞播,播区设在天山及玛尔山下陷地带艾比湖流域的沙泉子。沙丘类型多以砾质戈壁、流动沙丘和沙垅为主。飞播选用的植物种有梭梭、沙米、盐爪爪和白沙蒿等四种。飞播面积约7200公顷,当年飞播梭梭成苗面积率为51%。1961年调查时,飞播梭梭保存面积率为33.3%,成为这一阶段飞播成效较好的播区。

根据1962年前对上述飞播地区的调查结果,可以看出:在我国西北干旱、半干旱地区飞播黑沙蒿、白沙蒿和锦鸡儿等植物种的效果不好。因此,北方沙区飞播也就暂时停止。

在我国北方各省区飞播相继停止以后,陕西省榆林地区仍然继续坚持在毛乌素沙地的流动沙丘上进行小面积飞播试验,飞播面积共5666.7公顷。其中,在1964年和1965年播种的花棒植物,经2—3个风季后,保存面积率为10.6%—14.96%。这两个飞播区,到80年代已形成一条高3—4米、植被覆盖达31.7%的绿色林带,并已成为我国北方重要的花棒采种基地,也是全国流沙区飞播花棒最早、保护最完整的飞播实验林。

(二) 飞播治沙试验和示范推广阶段 (1973—1987 年)

70 年代以来,我国科技工作者在总结以往飞播治沙经验的基础上,严格按照科学试验的程序,坚持不懈地开展飞播治沙科学试验,深入探索飞播治沙的科学规律,飞播治沙科学试验取得了突破性进展。

(1) 根据 1973 年水电部和农林部的指示精神,陕西省农林局于当年 11 月 15—16 日,在西安召开了关于继续开展榆林沙区飞机播种试验座谈会,并邀请有关省区的领导和专家参加,在会上总结了以往飞播治沙经验,讨论了飞播治沙的可行性。会议决定飞播试验期限暂定三年,从而开始我国风沙区第二次飞机播种治沙试验。会议决定试验工作由黄河水利委员会和陕西省农林局主持,由中国林业科学研究院、中国科学院西北水土保持研究所、北京林学院、中国民航总局科学研究所、西北农学院、陕西省林业勘察设计院、榆林地区林业局、黄河水利委员会绥德水土保持试验站、榆林地区治沙所和榆林县林业局等 10 个单位的科技人员组成榆林沙区飞播试验协作组。

协作组从 1974 年开展工作。至 1981 年连续进行了 8 年飞播试验。8 年中,先后开展了 12 个专题研究,飞播试验面积达 4533.3 公顷,在参试的 14 种植物中,首先筛选出适宜流动沙地区飞播的植物种有踏郎、花棒、白沙蒿和沙打旺等。在种子的处理上提出花棒种子“大粒化”的理论与方法,可有效地克服种子位移问题,这在飞播治沙技术上是重大突破和创新。8 年飞播试验所取得的成效是:飞播 4—8 年后的保存率按播种面积计算为 24.4%—34.4% (24.4% 为单播下限)。同时对风沙区飞播技术中的疑难问题,进行了多学科专题的系统研究。在树(草)种的选择、播期的确定、种子处理技术和鼠、虫、病、兔害防治等诸方面取得了突破性的进展。这一成果的取得,为我国飞播治沙由试验示范转为大面积生产提供了科学依据。

1983 年开始在毛乌素沙区所属各县的各种沙地类型上进行了 4 年扩大试验,共示范推广飞播面积 19 466.7 公顷,飞播 3 年后的保存率为 54.4%—83.6%,用种量与试验阶段相比,降低了 43.3%。同时还成功地开展了盖沙黄土地的飞播试验,取得成效高达 87.6%。扩大试验不仅验证了 8 年飞播试验所采用的各项技术措施的可行性,同时在植物种的选择、播种期、播种量、种子处理技术和飞播作业技术等方面获得许多成功的经验,有些方面还有突破和创新,如在植物种的选择上,筛选出盖沙黄土地和半固定沙地飞播植物种沙打旺、锦鸡儿和沙棘。

(2) 内蒙古伊克昭盟在林业部、中国林业科学研究院和内蒙古林业局的大力支持下,以及榆林沙区飞播试验协作组的全力帮助下,于 1978 年开展了毛乌素沙地伊盟沙区飞播试验。截至 1982 年,该区飞播面积为 1600 公顷,3—5 年后的幼苗保存面积率为 36.2%—41.7%,创国内同期飞播保存率的最好成绩,并在适宜飞播的沙地类型、植物种、飞播期及播种量等方面获得了有价值的科研资料。

为进一步验证飞播治沙试验提供的技术指标的可靠性,并为全盟大面积开展飞播治沙提供科学依据,1983 年内蒙古林业局批准立项,开展为期 5 年的飞播治沙中间试验,试验范围从年均降水量 300—400 毫米的沙区,扩展到年降水量 270 毫米的毛乌素沙地西部,以及立地条件较差的库布齐沙漠东段。到 1987 年,累计飞播治沙 27066.7 公顷,3—

5年后幼苗保存面积率为52.8%—59.9%。

(3) 阿拉善左旗的飞播治沙。1984年,内蒙古阿拉善左旗林业局在腾格里沙漠东南缘和乌兰布和沙漠边缘进行飞播治沙试验,截至1991年累计飞播治沙18666.7公顷,播后成苗面积率达18.6%—83.3%,植被覆盖度由播前的0.1%—0.5%提高到12.8%—25.4%。由于大面积飞播治沙,使大片裸露的流动沙丘趋于固定或半固定,取得了明显的生态效益、经济效益和社会效益。特别是在降水量仅100—200毫米的干旱荒漠地区,飞播治沙获得成功,成为我国飞播治沙史上的又一个重大突破。

(4) 内蒙古哲里木盟飞播治沙。哲里木盟于1963年在科尔沁沙地库伦旗进行飞播试验,1976年又在扎鲁特旗进行飞播,但由于防护措施不力,飞播技术欠佳等原因,成效甚微,没有取得预期效果。在吸取教训和借鉴外地成功经验的基础上,1983年又在奈曼旗进行飞播治沙,播种面积3700公顷,成效面积2200公顷,为播种面积的58%。1985年开始,又在科左后旗和科左中旗飞播获得成功。1988年在库伦旗飞播3000公顷,成苗面积率为66%。

(5) 赤峰市飞播治沙。1975年,赤峰市在浑善达克沙地、科尔沁沙地开始飞播治沙,至1991年累计飞播治沙面积18000公顷,保存面积率达68.8%。凡经过飞播的沙地,植被覆盖度大幅度地提高。

(6) 呼伦贝尔盟飞播治沙。从1983年开始,呼伦贝尔盟在呼伦贝尔沙地的海拉尔沙带进行飞播治沙,至1991年共飞播5334公顷。据调查,小叶锦鸡儿发芽较好,保存率较高,而榆树虽能发芽成苗,但后来全部受风沙危害而死亡。1988年秋,在固定和半固定沙地开展樟子松泥丸人工模拟试验,取得一定效果。

(7) 宁夏盐池沙地飞播治沙。1986年,宁夏盐池县进行飞播治沙试验,双井子播区花棒保存率达到80%,白沙蒿保存率更高;沙拐枣发芽率虽高,但保存面积率低,三年后调查仅5%。成功的植物种有花棒、骆驼刺、白沙蒿。

(8) 新疆精河县飞播治沙。1984年2月,精河县治沙试验站在精河县南戈壁沙荒地飞播7500公顷,飞播植物为梭梭。当年成苗面积率为76%。1990年调查时,砾质戈壁有苗面积率为62.5%,缓起伏沙地为26.3%,风蚀平沙地为58.3%,各地类平均有苗面积率为42.8%,其生长发育良好。在年降水量100毫米左右的沙漠、戈壁地区,春季飞播梭梭成功,为类似地区大面积飞播治沙提供了科学依据和宝贵经验。

(9) 甘肃省古浪县飞播治沙。1958年,在腾格里沙漠西缘的黄花滩飞播花棒、白沙蒿、苦豆子等植物种总共累积飞播面积2666.7公顷,幼苗生长发育良好。1988—1990年又在腾格里沙漠和祁连山交汇地带的流动沙丘、半固定沙地和比较平缓的覆沙地飞播2767公顷,飞播植物种有白沙蒿、沙米和花棒。播种量为每公顷3—5.4公斤,播种期7月下旬。当年白沙蒿成苗面积率为34.0%,沙米为47.0%,花棒为62.0%。三年后保存面积2340公顷,保存面积率为84.5%。

(10) 吉林省双辽县飞播治沙。1983年,吉林省双辽县在科尔沁沙地东缘的耶木乡实施飞播治沙。飞播面积585公顷。飞播植物为胡枝子、刺槐、沙棘、锦鸡儿和草木樨五种。当年飞播成苗面积率为90%。其中胡枝子成苗率80%,刺槐成苗率90%,草木樨成苗率95%,锦鸡儿和沙棘出苗很少。1984年调查时,保存有苗面积率为65%。1987年调查,播区保存面积率为45.5%。

综观上述,可见飞播治沙试验已在我国四大沙漠和四大沙地获得成功。

(三) 飞播试验成果应用于生产阶段

我国飞播治沙,经过尝试、试验和示范推广后,取得显著成果。从1988年开始,在毛乌素沙地的榆林沙区和伊盟沙区进行大面积投产,到1993年总投产面积已达90 866.7公顷,保存面积率为36.2%~75.1%。成林区已成条带式或团块状相互交错分布在沙地腹部,起着防风固沙林体系的防护作用,固定了流沙。

(1) 毛乌素沙地榆林沙区。1988年至1993年,总共飞播治沙68 000公顷,保存面积率51.8%~75.1%。使飞播地区的地形、植被种类均发生了很大的变化,昔日的流沙趋于固定和半固定,成为经济价值较高的有用之地,显示了良好的生态效益和经济效益。飞播投产,仍采取边试验边生产的研究方法,把试验成果运用于难度最大的沙地类型,以及大沙、远沙,并获得了成功。同时,在飞播治沙的植物种选择上和提高飞播成效上又取得新的成绩,为推动我国的飞播治沙事业的发展作出了贡献。

(2) 毛乌素沙地伊克盟沙区。从1988年开始飞播治沙进入了推广应用阶段,到1991年,累计推广飞播治沙面积22 866.7公顷。目前,各播区的植被景观发生了巨大的变化,昔日的流沙已趋于固定和半固定,成为采种基地和优质灌丛草场,产生了良好的生态效益和明显的社会、经济效益。

综上所述,自1983年飞播由试验成功进入示范推广到大面积生产阶段,十几年来,飞播治沙在技术上取得突破性进展,如飞播的地域范围不断扩大,由我国四大沙地扩展到腾格里沙漠东南缘、库布齐沙漠东段、古尔班通古特沙漠边缘、乌兰布和沙漠南缘等大沙漠;在植物种上,又筛选出胡枝子、梭梭和苦豆子等优良固沙植物;飞播成效也逐年提高。飞播治沙所取得的新成绩,新进展,标志着我国飞播治沙工作又迈上了新的台阶。随着综合国力日益增强和科学技术的进步,到2000年前后我国飞播治理沙漠(沙地)必将得到更大的发展,出现新的面貌。

第三节 我国飞播治沙的成就及国外飞播治沙简况

一、我国飞播治沙的成就

我国飞播治沙取得了重要成就,其主要表现在下述几个方面。

(一) 飞播加快了治沙速度

我国飞播治沙是1983年以后才大面积开展的,截至1992年,飞播治沙面积80万公顷,飞播成效面积占实播面积的86%。

以陕西榆林沙区为例,该区10年内在榆林、神木等县飞播90 000公顷,其稳定保存

率54.4%—83.6%，流动沙地得到了治理，沙荒地得到绿化。又如内蒙古阿拉善左旗，在年降水量100—200毫米沙区，8年内飞播19 000公顷，保存面积率在18.6%—83.3%，其它沙区的飞播治沙都获得成功，每年以26 000公顷的面积逐年扩大。如果按50年代每年人工造林13 000公顷速度计，那么现已飞播治沙的80万公顷，需60年才能完成。

（二）飞播建成了灌草相结合的防风固沙林体系

我国飞播治沙近期每年以66 000公顷的速度进行。1983—1992年飞播形成的防风固沙林228片，其中666.6公顷以上的有142片，333.3公顷以上的有86片，70%的飞播区成效达到省区颁布的飞播治沙的一、二级标准，30%的达到三级标准。这些飞播林草连乡跨县，集中成片，长势喜人，现已在沙漠腹地，从东到西形成条带式或团块状相互交错的防风固沙林体系，发挥着强大的防风固沙作用。据调查，当飞播林草总覆盖度恢复到15%时，近地面风速降低15.3%—19.4%；飞播林草总覆盖度为60%时，近地面风速降低64.8%—72.1%，温度降低6.4%，蒸发量减少64.2%，相对湿度增加4.3%—6.8%，土壤细沙增加11.1%，有机质含量也从0.13%提高到0.5%。但沙丘前移速度，比飞播前减少3—5倍，年风蚀量减少65.6%—78.4%。

1993年5月5日在我国西北荒漠地区及其东缘发生特大沙尘暴时，在没有飞播林保护地段，沙面风蚀深度46—51厘米，最深处达75—91厘米，对农业生产造成严重的危害，但在飞播林地段，林间空地的沙面没有风蚀现象，而林内还沉积1.2—1.9厘米的粉沙。这说明飞播林草在3—5年内即能形成灌草相结合的防风固沙林体系，它不仅使播区的流沙固定，而且对周围生态环境起保护和改善作用。

（三）飞播建成了大片灌丛草场

我国飞播治沙的植物种以灌木为主，有踏郎、花棒、沙拐枣、锦鸡儿、梭梭、胡枝子、白沙蒿等；草本植物有沙打旺、草木樨、苜蓿等。这些植物均为干旱、半干旱地区草场建设的建群种，在牧草饲用价值分级中，多数为“优”或“良”级。飞播灌丛林地产草量：榆林地区经测定，每公顷鲜草产量由192.6—1 200公斤增加到5 745—17 190公斤，产草量提高14—30倍。飞播治沙被越来越多的群众所认识，内蒙古阿盟、伊盟、呼盟、哲盟、赤峰市等地群众纷纷自筹资金，购置围栏物资围封沙地主动要求飞播，这充分说明飞播治沙受到群众的欢迎。

（四）飞播治沙取得了良好的社会效益

据阿拉善左旗草原局、草原站调查，在播区内放牧的牲畜，大羊存活率达95.1%，羔羊保育率为92.4%，而在播区外大羊的存活率为90.7%，羔羊为86.2%。广大牧民亲自体验了飞播治沙的成效。

飞播后建成的大面积采种基地，又为今后扩大飞播提供了种源，增加了群众收入。如