

目 录

前言

- 国外农田防护林营造动向.....森 农(1) •
- 国外防护林研究动态.....李 霆(7) •
- 干旱地区植被的生态学.....(17)
- 水量平衡是营造防护林的基础.....〔苏〕A.Φ.波尔强科(32) •
- 森林和林带的防风功能.....〔西德〕H.迈尔(44) •
- 防护林带对小气候、能量平衡和生长在大平原的
 作物水分利用效率的影响.....〔美〕N.J.罗森贝尔格(48)
- 防护林带的作用和设计原则.....〔印〕C.P.Bhimaya(58) •
- 最佳控制风蚀的防护林带设计.....〔美〕L.J.海根(64)
- 干旱区防护林的营造和设计.....(72)
- 国外干旱区容器育苗概况.....(86)
- 防护林容器育苗经验.....〔美〕R.W.泰纳斯(106)
- 林带,应是什么样的?.....(109)
- 防护林营造经验.....〔西德〕H.迈尔(112)
- ✓ 采用改变小气候或浇水的方法在半干旱地区营造防风林
 〔美〕J.D.迪肯森, N.P.伍德勃夫(115)
- 多行林带的土壤水分排出作用与林带的生长.....
 〔美〕W.O.Willis, A.B.Frank, E.J.George, H.J.Hass(121)
- ✓ 苏联人造防护林及其效用.....〔苏〕Γ.И.伏罗勃耶夫(124)
- 风障小气候及其对冬小麦的生长和产量的影响
 〔美〕E.L.斯基得摩尔(138)

- 林带与干旱年的收成
 [苏]H. M. 米洛谢尔多夫, B. Г. 安托纽克(147)
- 林带是提高农产品质量的手段..... [苏]M. E. 瓦西里耶夫(157)
- 林带防护下作物的质量与产量..... [苏]E. B. 拉巴兹尼科夫(165)
- 提高乌克兰干旱草原农田防护林的稳定性
 [苏]A. Ф. 帕拉迪楚克(180)
- 乌克兰土壤改良林的护田作用..... [苏]B. A. 鲍德罗夫(188)
- 加拿大草原上防护林的研究..... W. L. Pelton(200)
- 干旱草原和半荒漠防护林状况的研究..... [苏] Г. Г. 维别(206)
- 绿伞对里海沿岸小气候及羊产量的影响
 [苏]C. M. 库利金(215)
- 防护林发展的远景..... [苏]Г. И. 奥佐林, A. A. 先克维奇(221)

国外农田防护林营造动向

林 农

人们从生产实践中日益认识到，防护林是人类改造不利气候的有力手段。它可以减轻或消除风沙、干旱灾害，是农牧业高产稳产的重要保障。各种防护林体系不仅是环境的一部分，而且是能源控制的重要生物积聚者。据最近报道，美国新英格兰州森林储蓄的能量相当于 30 亿桶石油，约等于中东的阿曼苏丹国的全部石油储藏量，由此可见一斑。

近年来各国对发挥森林的多种效益和防护林的营造工作都越来越重视。丹麦是营造防护林最早的国家之一，它的农田面积并不多，但截止六十年代末已营造防护林带 8 万余公里，其中有 5 万公里林带是 1938 年以来营造的，约占耕地总面积的 2.5%。

苏联也是营造防护林最早的国家之一。截止 1978 年苏联防护林的面积共有 420 余万公顷，其中农田防护林的面积约 150 万公顷，国家防护林带 120 条，面积 13 万公顷。在防护林的科学研究工作方面也取得较大成就，并积累了不少经验。目前苏联有 100 多个研究所和高等院校开展农田防护林科学研究工作，正在为建立一个新的农林结合的地理环境，以提高农业产量，增加自然资源和改善人类环境而奋斗。

美国在三十年代中期才开始大规模地营造农田防护林。1934 年大平原发生了“黑风暴”，连续刮了 3 天，越过美国三分之二的大陆，刮走了 3 亿吨地表沃土，使当年小麦减产了 102 亿斤。此后开始重视防护林的营造工作，在研究其他国家经验的基础上，

制订了联邦“防护林带计划”。当时美国林务局曾给6个大平原州的3万户农牧场主以资助，鼓励在其农牧用地上营造防护林带。于1935年至1942年间营造了由北达科他州至得克萨斯州长达18,600英里（合29,760公里）的防护林带。美国现有防护林面积为65万公顷，其中护田林带的总长约为16万公里。据报道，近年来美国中北部的风蚀十分严重，其原因之一就是因一些农民没有对三十年代及以后营造起来的林带进行抚育管理。对此，美国政府不得不采取有关鼓励农民很好管护林带的措施。目前在美国，特别是大平原地区，已经把进一步发展防护林的营造事业，作为未来农业生产总体制中的一个重要环节。

从国外防护林营造技术和科研工作的进展来看，目前，国外营造的农田防护林有以下几个特点和趋势：

1. 营造透风—稀疏结构林带

据瑞士观测，均匀、适度透风的林带，背风面30倍林带高度以内平均降低风速28%。丹麦经多年研究得出，疏透度为40%的林带结构最好。美国也认为疏透度约40%的林带，其背风面的风速降低和风蚀减弱都最大。国外一般认为理想的林带疏透度应为35—50%。

农田防护林带既可提高农作物的产量，也能提高作物质量。但不同结构的林带对作物产量及质量的影响是不一样的。据苏联库班地区不同结构林带的对比试验表明，稀疏结构的林带对农作物产量和质量的影响最好。在稀疏结构的林带防护下，谷物产量比透风结构林带防护下高1.5—2倍。与开阔农田相比，每公顷谷物蛋白质和面筋的相对增产量为20.7—31.2%，在透风结构林带防护下相对增产量则为10.7—19.3%。每公顷玉米蛋白质的增产量，在稀疏林带防护下为394公斤，透风林带防护下为238公斤，即分别比开阔农田增产2.2倍和1.7倍，即林带防护下一公顷玉米产量相当于开阔农田两公顷的产量。稀疏结构林带对甜菜产量

也有很好的影响，在林带防护下甜菜根平均含糖量为12%，对照区则为11.27%，每公顷产糖量分别为57.5公担和38.9公担，即增长47.8%。据苏联科研人员估算，若全国甜菜的含糖量增长1%，则在不增加栽培、运输、储存和加工费用的情况下，每年可以多产70万吨糖。而生产70万吨糖，则需要20万公顷土地用于种植甜菜。库班地区的经验说明，农田防护林带，特别是稀疏结构的林带可以大大地提高作物的产量和质量。然而，这仅对冬季少雪、气温较高的地区而言，在冬季多暴风雪、严寒的地区，则林带对农作物的质量影响不大。

从林带的横断面来看，对于疏透结构林带说来最好的断面形式是矩形。

2. 由宽林带向窄林带发展的趋势日益明显

林带的宽度对降低风速没有直接作用。但在一般情况下，很宽的林带防风效果不及窄林带。林带超过一定宽度后，防风距离减小，而且占地太多。一些国家，尤其是温带国家，过去林带宽度大，有5—15行或更多的行数。如苏联曾提倡20行以上的宽林带，并有灌木。这种林带往往形成紧密结构，占农田多，防护效果又差。而且多行林带中间行的树木，因营养面积不足，常易发生枯死等现象。据苏联营造农田防护林带和科学实验证明，行数少的林带具有较稳定的生物学特性和防风效果。1972年苏联防护林会议认为，在乌克兰3—5行的窄林带较有前途。现苏联主张3—5行7.5—15米宽的林带，不用灌木，主要树种及伴生树种形成透风结构或稀疏结构。美国农业部研究表明，3—5行窄林带的防风效果同于8—21行的宽林带。于三十年代美国大平原各州也多半营造宽林带。现计划把原来的宽林带改造成3—5行窄林带。加拿大普遍营造3行式林带。丹麦也为全国各地设计了3—5行阔叶林带，林带间距为250—400米。国外营造防护林带的经验表明，在一般情况下，林带间距应小于带高的20倍，在条件差且易

发生土壤侵蚀的地方带间距离不应大于树高的10倍。苏联各地区农耕地上林带的最大间距是：森林和森林草原地带为600米，草原地带为500米或400米，干旱草原地带为300米。

在农田防护林带设计中应以牺牲最小的农田达到最大的防护目的为原则。窄林带，只要树种选择适当，防护效果好，占地少。如苏联透风—稀疏结构的林带只占耕地2.5—2.8%。西德3行4—6米宽的林带，防护效果最好。整个林带的疏透度较大，在夏季仍保持在50%，而林带系统仅占防护农田的2%。美国农田防护林带占耕地的面积通常不超过1—5%。据报道，国外农田防护林带占地比率一般为被防护地区的1.5—3.5%。

3. 建造林网体系

防护林要造成林网体系才有显著效果。有林网防护的农田，由于减小了风速，土温和气温一般可降低1.5—2℃，而在刮旱风的天气，空气相对湿度比开阔农田高2—9%。苏联许多集体农庄、国营农场和科研机关的试验区都在各自的农耕地上营造了农田防护林网。林网配置：在黑钙土地带为500—600×1800—2000米，栗钙土地带为300—400×1500米。试验区上的农田在林网防护下没有发生水蚀，也未遭受“黑风暴”的危害。在六十年代和七十年代初苏联伏尔加河下游等地曾发生数次较大的“黑风暴”，开阔农田的耕作层曾被吹失4—7厘米，而有林网防护的耕地上只是在林带间隙处的土地上有局部风蚀现象。1969年1月初旬的“黑风暴”尤为凶猛，开阔农田每公顷被吹失的细粘土达650吨，只有单条林带防护的农田吹失约100吨，而有林网防护的农田仅吹走了30吨。这个实例说明林网对防止土壤风蚀的效果是十分显著的。林网对作物的产量也有明显的影响。在苏联有林网防护的农田每公顷谷物产量比开阔地高3—4公担，而在灌溉地区水稻产量比开阔农田高12—15公担，棉花增产5—6公担。

4. 果树、牧场防护林增产效果显著

林带对果树产量有明显影响,尤其对柑桔和葡萄类更为突出。在极干旱条件下,果树若没有林带保护将难以生长。在林带保护下,果树花芽形成和开花情况均较好。林带使风力减弱,防止落果,这是最主要的。根据国外观测,风速达到7—9米/秒时,水果易碰伤,14—18米/秒时,大部分果实将落地。在荷兰林带防护区内苹果产量可提高160%。在美国加利福尼亚南部,有林带防护的果园,与无林带防护的果园相比,柑桔产量几乎增产1倍。在墨西哥用桤柳和柏树林带保护果园使阿月浑子果仁增产两倍。

林带或“绿伞”保护牲畜不受强风和酷暑的伤害,对畜牧业生产有良好影响。在林带保护下绵羊产羔率约提高30%,羊的重量和产毛量可增加20%左右。苏联重视牧场防护林和“绿伞”的营造工作。据测定,在“绿伞”林冠下太阳辐射减弱,地表气层的白天温度比开阔草原低1—3℃。夏季羊在“绿伞”遮荫下,产毛量可增加10—11%,羊羔保存率提高4—5%,重量增加13—15%。“绿伞”是采用3—5年生的白榆等大苗栽植的,造林后的第三年即可发挥作用,而造林费用则在“绿伞”发挥作用的第一年末全部收回。

5. 开展了关于林带能量平衡的研究

目前国内外一般农田对太阳光能的利用率很低,最好的农作方法也不过是把照到地球上的太阳光能的1%转化到植物体内,而从理论上讲却有可能转化8—10%。如能提高太阳光能的利用率,将会大幅度地增产粮食。从1976年美国大平原防护林会议上发表的有关论文中可以看出,美国已开展了关于林带能量平衡等问题的研究工作,并取得了一定进展。研究证实了在防护区内蒸发散(消耗能量的过程)是降低的。在林带防护区内,由于白天温度较高,作物的光合作用增强,而夜间温度较低,使作物呼吸作用降低,因而使被防护的作物更有效地蓄积碳水化合物。另外,

林带可改善作物水分利用效率，明显影响空气中水汽含量，并对二氧化碳浓度几乎无甚影响等为作物生长创造极为有利条件。为了搞清防护林带影响光合作用和蒸发散的机制，美国还进行微气象观测研究工作。

国外防护林研究动态

李 竟

防护林是以发挥森林的各种防护效益为目的而营造的人工林。它的种类很多，包括水源涵养林、水土保持林、防风固沙林、农田防护林、环境保护林、四旁绿化林等。近年来，国外对防护林的营造和研究越来越重视，有关防护林的规划设计、林种配置、树种选择与混交、防护效益等各方面的学术论著、试验报告、调查报告、消息报道、专业会议文集等越来越多。其中某些研究动态值得我们予以注意和参考。

一、从森林生态系统的结构、功能 研究森林对环境的保护作用

伴随工业的发展，世界上一些公害严重的资本主义国家，面临着环境污染所造成的不良后果，为了解决这个问题，七十年代以来开始广泛注意森林对环境的保护作用，把生物防治作为综合性防治公害措施的重要一环。

生物和环境（包括土地、水、气候等）在地球上同时存在，密切联系，相互作用，相互制约，进行物质的交换和能量的流动，构成一种相对稳定的统一体，叫做生态系统。研究生物与其生存环境之间相互关系的科学就是生态学，是生物科学基础理论学科之一。国外近年来的研究重点是围绕着生态系统的结构和功能而开展的。对生态系统的研究即在于阐明各类生态系统的结构、功

能及其如何调节控制，是人类认识自然、利用自然和改造自然的有力武器。生物防治就是根据生态系统中各种因素的相互影响、相互制约的客观规律，通过人的主观能动作用，充分发挥其净化大气、污水，调节不良气候，改善不利条件的自然功能，使环境保持动态的平衡。据日本调查，不超过百万人口的中小城市，如果自然环境保护得好，森林能净化大气，河流能净化污水，公害防治的任务就不重。而一个国家环境状况的好坏，正是检验其国民经济各个部门科学技术水平的重要标志。联合国1972年开始的“人与生物圈”的研究计划，目的在于合理使用和保护生物圈资源，改善人和环境的关系，预测人类活动对今后世界的后果，从而增进人类高效率地支配生物圈的自然资源的能力，已有近百个国家参加这一项协作。

森林具有面积辽阔、内容丰富、产量高、寿命长、能不断更新等特点，是陆地生态系统中分布最广，结构、功能最复杂最发达的一种植被类型。地球大陆表面近1/4为森林所覆盖。在整个陆地生态系统中，森林每年生产的有机物约占70%，而森林生物总量则占90%。每公顷森林生物总量达100—400吨（干重），约为农田或草本植物群落的20—100倍。林内生物种类十分丰富，森林的结构、功能极其复杂，林木的寿命长达数十以至数百年，因此，它对周围环境能持续地发生较大较深入的影响。总之，森林具有调节气候，保护环境，改善人类生产生活的显著功能，它在整个生物圈的物质循环和能量交换过程以及维持自然界的动态平衡中占有极其重要的地位。同森林生态系统密切相关的环境林业学，就是研究森林与环境保护之间相互关系的科学，是新兴学科——环境科学的一个重要分支，也是近年来兴起的林业科学中的一个新领域。它是林业科学特别是防护林业学（即森林改良土壤学）的理论基础，是在1972年第七届世界林业会议上的一个重点议题。

国外早就以树种为对象，对其个体和群体生态进行了系统的研究，积累了大量资料，对指导林业生产起了重要作用。近年来对森林生态系统方面的科学研究越来越多，对各个树种的生态学特性和各类森林生态系统的结构、功能及其调节控制的理论与途径正在进行深入细致的研究，但是总的仍处于积极探索阶段。如美国有些州设立了环境科学与林学院，全国 54 所林业院校中的近半数增添充实了环境保护科学的内容。近年来又在各地开始研究各个不同树种对有害化学物质的抵抗和吸收作用。1970 年林业局系统的科研项目，属于森林生态系统方面课题的占 15%。日本于 1971 年设立环境厅，划定了占全国森林面积 29%、面积达 682 万公顷的防护林（包括自然保护区和森林疗养区在内，则占森林面积的 $\frac{1}{3}$ ），按平均每人 25 平方米的标准在城市周围营造环境保护林，并对森林防护效能进行了计量调查，对保护环境所用的树木作了多方面的研究。国立林业试验场着重研究树木对大气污染等各种公害的抵抗性，1974 年 17 项重点研究项目中，有 5 项属于森林生态系统方面的课题。都道府县各级的 45 个林业试验指导机构进行绿化树木的一般性研究。美、日等国自六十年代开始，选出了一批对各种有毒气体的抗性树种，目前正向抗大气污染的树木育种方面发展。西德农林部设有自然景观局和专业研究所，在全国划定了 950 个自然保护区和 6,178 个景观保护区，其面积分别占国土面积的 1.5% 和 13%，既是环境科学的野外实验基地，又是旅游、疗养和卫生保健胜地。

森林对环境有哪些保护功能？赫·梅约 1976 年著书提出，森林对环境的影响和保护作用主要包括：森林和水源涵养，森林和防风，森林和大气污染，森林防噪音，森林和疗养等几方面。1977 年在苏联列宁格勒举行的“森林的防护作用及其它有益作用”问题会议上，提出的研究课题有：森林的水文作用，森林的游览作用，森林的防护作用，林带改善农田小气候、防止土壤风蚀与水蚀的

作用，森林对工业废气的防护作用及乔木对废气的抵抗力等。概括起来，森林保护环境的作用主要有：净化大气和环境污染物质（消耗二氧化碳与制造氧气、吸毒、吸尘、杀菌等），调节气候，涵养水源和保持水土，防风固沙，保护农田，消除噪声，保护、繁殖野生动物，适宜旅游、疗养与卫生保健等。

1978 年格·埃·伏罗勃耶夫在《苏联人造防护林及其效用》一文中指出：人工防护林是某一地区生态和生物群落转化的一个重要因素。营造了防护林的农业环境可以提高土地肥力，补充空气中的氧气，并能丰富生物圈的内容。人工林有利于恢复被扰乱破坏的生物动态平衡，并且在环境的各组成之间形成生物生态的结合。包括各种防护林体系的林木植被不仅是环境的一个组成部分，而且是能源控制的重要生物量积聚者。人类利用防护林对环境的保护功能，能够控制物质的交换和能量的自然循环，调节生物圈中的许多变化进程，使之很好地为现代社会服务。

二、多林种配合，建立综合防护林体系， 提高森林覆盖率

一个国家或一个地区的森林覆盖率，在维持整个自然界的物质循环和动态平衡中占有重要位置，在涵养水源，调节气候，保护环境方面具有重要作用。据研究，一国、一地的森林覆盖率如在 30% 左右，并且均匀分布，就能风调雨顺，气候正常。全世界的森林覆盖率是 22%，欧洲 30%，苏联 34%，加拿大 35%，美国 33%，瑞典 57%，芬兰 61%，日本 66.8%，苏联经研究，近来有人提出几个主要产粮区防护林占有面积的标准是：森林和森林草原区为 2.6%，黑钙土草原区为 3.2—3.7%，干旱草原区为 4.8—5%。莫·莫·米洛谢多夫认为：在乌克兰南部栗钙土地区，护田林覆盖率不到 1.5% 时，林带的防护作用不大；当增大到 2—3%

时，农作物还不能完全免于风害。要保证农作物完全不受风害，农田防护林覆盖率应不小于4—5%。阿·阿·莫尔察诺夫建议计算适宜的森林覆盖率，即充分和全面满足国民经济在涵养水源，保护土壤，调节气候等方面需要的森林面积的比率。为此提出苏联中部黑钙土地地区的合理森林覆盖率：护田林为5—10%，水土保持林为12—35%，水源涵养林和水分调节林为25—30%。

苏联阿·勃·阿勒宾斯基、佛·克·泊得查洛夫、佛·衣·柯布捷夫、格·埃·伏罗勃耶夫等近年来研究指出：广泛配置在各地的各种防护林构成自然景观的整体，是自然景观和防止风沙干旱与水土流失措施的重要组成部分。防护林体系比单一林带有更大的防护效能。因此，防护林必须精心规划设置，同道路、渠道、工程措施等相互结合，建立起相互联系、相互作用的人工林带网，形成一个统一的综合体系和新的生物地理群落，构成农林结合的农业景观的骨架，以改善干旱和水土流失地区的自然面貌，调节农田牧场的小气候，保障农牧业增产，保护人类环境条件。1977年日本水上达三在《根本改变国民绿化运动的方向》一文中进一步提出：以往的绿化运动是以农村为中心，而今环境绿化已是包括城市、工厂在内的整个国土综合绿化。随着时代的发展，人民对环境绿化的要求是多种多样的。1972年第七届世界林业会议的有关资料更加明确地指出：一个国家或一个地区，特别是发展着的城市郊区，应在国家整体土地利用规划内，认真考虑森林分布状况，按照不同土地类型分别配置不同林种，制订提高森林覆盖率和森林分布规划，使能保持和发挥多种防护效益，供人类充分享用。

目前，日本正在进行森林防护效益的计量调查研究，试用一些经济指标来对这些防护效益进行客观评价。据初步研究，全国森林覆盖率为68%，每年贮存水量2,300亿吨，阻止泥沙流失57亿立方米，栖息鸟类8,100万只，供氧5,200万吨，总值达128

万亿日元，相当于1972年全国经费预算。但是，这一方面的课题研究目前还处于开始探索阶段，仍有待于今后继续深入开展。

三、认真选择树种，实行多树种适当混交， 充分发挥森林的防护效益

防护林应按不同立地条件，慎重细致地选择抗性大、适应性强、寿命长、防护效益和经济价值高的适宜树种。一般以速生乡土树种为主，适当搭配经过试验的外来优良树种，采用针阔叶树、乔灌木适当配置的办法进行混交。第七届世界林业会议资料《干旱地区造林树种选择趋势》一文里，特别强调立地、树种选择。树种选择应当通过查考文献记录、生态生理试验、野外栽培试验、必要的种源试验、建立试验性人工林等步骤，慎重进行。该文介绍选择树种的大致方法是：通过查考文献记录，划分类似大气候的地区，提出供试乡土树种和栽培树种名录，作为引种和进行其他试验的依据。使用人工气候室以造成造林所需要的环境条件，进行生态生理试验，为造林树种选择提供有用数据。但是，这只能补充或修正有关树种选择的知識，不能代替引种试验。野外栽培试验是审查文献记录的结果。第一步通常在树木园（一定的大气候内需设一个树木园，一个国家按照大气候的差别，设立若干个树木园）里进行，每个树种栽3—7株。第二步是将在树木园里表现出有希望的树种在野外进行栽培试验，试验树种一般几十个，每种重复3—4次，每次栽4株（淘汰试验）或20株以上（生长试验）。在树木园里和野外试验中，每个树种通常用单一种源为代表。当一个树种有两个以上的种源时，就需要进行种源试验。最后阶段是营造试验人工林，即在进行大规模造林之前，在各种有代表性的生境上培育最有希望的树种或种源，每个树种或生态型分别栽在面积1—10公顷的几个地方，定期观测其

生长状况。一到预计轮伐期的一半或 2/3 期间内，就能得出选用是否可靠的结论来。

由于混交林比纯林具有更多的优点，如能充分利用空间和地力，对外界不良环境因素的抵抗力较强，防护效能和稳定性较大，单位面积上的木材生长量较高等，因而，近年来国外在防护林的营造和研究中都比较重视混交林。当然，在盐碱地、干旱瘠薄地造林或造速生丰产林，以造纯林为主。截止 1978 年在苏联营造的 420 万公顷防护林（其中农田防护林 150 万公顷，水土保持林 130 万公顷，固沙造林 100 万公顷）中，多数为 2—3 层的乔灌木混交林，树种上分为以橡树为主，搭配槭树、白蜡和以杨、桦、落叶松为主两大类。罗斯托夫地区黑钙土上营造的大型国营防护林带中，以欧洲栎（占 70—93%）为主，其次是狄叶榆、欧洲赤松、刺槐等和灌木。乌克兰草原地带黑钙土上防护林的主要树种是美加红白蜡、桤叶槭、欧洲栎，伴生树种是刺槐、狭叶榆、皂荚。西伯利亚西南栗钙土干旱草原区的防护林带采用的主要树种是大叶钻天杨、狭叶榆、疣皮桦、桤叶槭等。美国在西部干旱地区大面积造林中，主要采用西部黄松以及沙枣、美国皂荚、沙漠蕨、白榆、白蜡等耐碱树种。保加利亚近几年在松、橡树林冠下，配植云杉、冷杉、水青冈、椴树等耐荫树种。荷兰在日德兰半岛中部的三层防护林里采用了七个树种，包括山榆、椴、山楂和四种灌木。

一般针叶树的落叶分解比阔叶树叶困难。针叶树中混栽阔叶树，不仅可以促使落叶分解，防止粗腐殖质堆积过厚，还能改变由于营造针叶树纯林而引起的土壤养分不均衡的现象。波兰一些林学家认为，在沙质土壤的松林中引进阔叶树种，对松林的复壮具有重要意义。从环境保护和经济价值考虑，针阔混交林也比较理想。如较冷地区可造二层林（桦木下面栽云杉或冷杉）或异龄林。1977 年勒·勒·莫勒琴科著文指出：在苏联西部森林草原

区,伴生树种和灌木占初植点数一半的复层混交林防护作用最好。实践证明,在同样的立地条件下,复层混交林的总生长量比纯林大30%以上。

各国防护林采用的混交方式不完全一致,较为常用的有带状、行状、团块状混交等。株间混交(或一些不适当的行间混交)容易造成压抑现象,一般采用较少。东德、瑞士采用团状混交,每块团地的面积由几十平方米到几百公顷不等。奥地利、瑞士一些人认为,团地直径以10—15米为宜。苏联防护林过去采用行状混交的较多,依·西·马秋克1977年在《混交林》一文中提出:混交类型应按具体环境条件确定。在丘陵、沟壑、水土流失地区以及城市、工矿、农场周围尽量采用团一片状混交,每团面积0.05公顷,每片面积0.05—0.5公顷。平地最好采用带状混交。勒·勒·莫勒琴科认为,在苏联西部森林草原区,以针叶树为主的人工林可采用带状混交,行间混植1/4的灌木。阔叶人工林可采用主要树种与伴生树种或灌木进行行间混交。

四、综合科研成果,搞好设计施工,

提高林带林网的防护作用

在农田防护林设计上,过去各国常用多行、宽带和大网格,以为能发挥更大的防护作用。苏联护田林带的宽度一般为10—20米,乌克兰的护田林带多达21行。美国的农田防护林一般宽8—16行,10行的占一半以上,大平原防护林多达20—30行。加拿大也多栽10行林带。以后通过实践和试验研究证明,行少的窄林带防护作用并不小,而且占地较少,省工省料。因此,近年来不少国家趋向于营造窄带、小网格的护田林。如美国减到5—7行,甚至1—2行,苏联有的地方减到5—8行,加拿大有些地方只栽1—2行。在欧洲温带,杨树单行林带到处可见。

美国于1959—1968年期间在大平原地区作了许多研究工作，测定带距100—200米的稀疏结构林带防护效果较好。在西部大平原10个州，带距200—400米的1—5行防护林带，比无林保护的农田每公顷增产44—106公斤。其改良土壤的效益和10—15行林带相同（但是，5—10行林带的生物学稳定性较好）。因此，近年来有不少地方营造1—3行林带。在加拿大大草原各省的南部地区也开始营造窄而紧密的林带保护农田。苏联1972年防护林会议资料指出：在乌克兰，3—5行窄林带较有前途，便于抚育机械化。乌克兰林业研究所认为2—3行速生树种的行道树也有良好的防风效果。阿·衣·皮里频科1977年著文指出：在乌克兰黑钙土草原地区，带宽6—10.5米的窄林带结构具有最大的防护效能和生物学稳定性。在0—30倍树高的地区内，每公顷12米高的窄林带增产150公担，每公顷林带增产100—120公担。格·埃·伏罗勃耶夫1978年撰文主张：灌区防护林一般1—3行，农场防护林和水土保持林3—4行。沙地、草原防护林带宽1—3米，恶劣条件下4—4.5米，水土保持林带宽15米。早年营造的15—20米或更宽的宽林带效果不好。莫·莫·米洛谢多夫建议采用4—5行较宽林带同1—2行窄林带交替结合的林网体系，防护效益较高。

农田防护林的带间距离主要是按树高和林带的防护有效范围而设计的。关于林带的防护有效范围各国测定的大小略有不同：欧洲一些国家的材料说有效范围是树高的10—12倍；美国滨湖林业试验站观测大平原林带的结果是树高的13—15倍，苏联的是树高的25倍。据实地观测，林带背风面的防风有效范围为树高的30倍，但实际上很少超过15—20倍。林带迎风面的防风有效范围为树高的10倍，而实际影响仅限于2—5倍。根据过去的经验，格·埃·伏罗勃耶夫主张：在苏联的半荒漠沙质土地地区护田林主林带的带间距离是200米，淡栗钙土地区为250米，草原沙质土