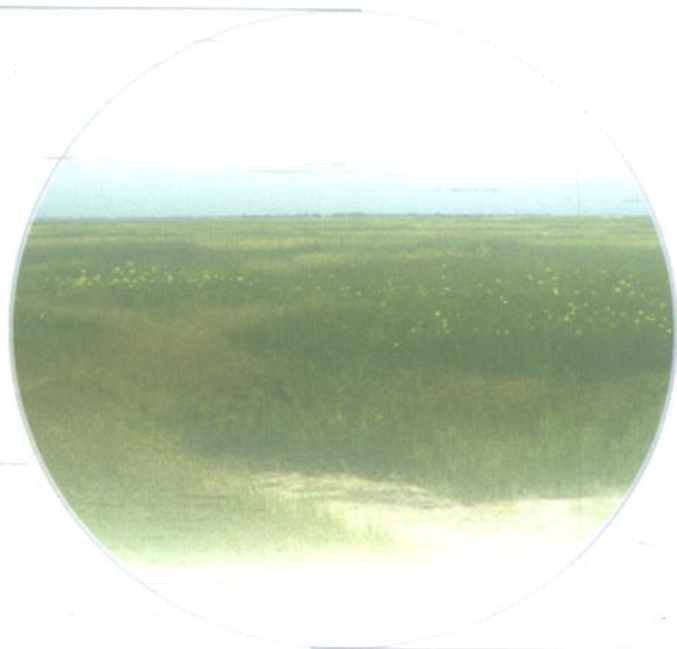


● 阎秀峰 孙国荣 著

星星草生理生态学研究



科学出版社

星星草生理生态学研究

阎秀峰 孙国荣 著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书是作者依据多年对星星草的生理生态学研究结果撰写而成的。通过野外自然条件下对星星草的定位观测和室内控制条件下对培养幼苗的实验分析,阐述了松嫩盐碱草地星星草种群的自然生长和光合蒸腾特性、盐分对星星草的胁迫作用以及星星草生长对盐碱土壤的影响等生理生态学问题。对人工种植生长不同年份的星星草进行了综合的比较,探讨了星星草的耐盐生理机制,分析了星星草在松嫩盐碱草地中的地位和作用,对盐碱草地的改良有指导意义。

本书可供草地生态学、植物生态学、植物学、草地经营管理学和土壤学的科研人员和高等院校有关专业师生以及草地管理技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

星星草生理生态学研究/阎秀峰,孙国荣著.-北京:科学出版社,2000.4
ISBN 7-03-008157-9

I.星… II.①阎…②孙… III.盐碱土改良-草本植物,星星草-研究
IV.Q949.4

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第72804号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

科 地 亚 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2000年4月第一次印刷 印张:11 1/2

印数:1--1 000 字数:255 000

定 价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

松嫩草地位于我国草原区的东北部，欧亚草原区的最东端，地处森林—草原过渡带，属草甸草原植被。松嫩草地地势平坦，水热条件优越，优良牧草丰富，生产力水平高，是我国优良的放牧场之一，也是黑白花奶牛和东北细毛羊的重要生产基地，在欧亚草原区和我国温带草原区中都占有重要地位。由于特殊的成土条件和地下水特点，加上近年来的过度利用和人为活动的干扰，松嫩草地已经严重盐碱化，目前盐碱化面积已占现有草地面积的三分之二以上，重者出现大面积连片碱斑，生产力水平急剧降低。

星星草 (*Puccinellia tenuiflora*) 是禾本科碱茅属多年生草本植物，地理分布以哈萨克斯坦、阿尔泰到亚库梯地区为多，我国东北、内蒙古、华北、西北及青海等地均有分布。星星草由于具有耐盐碱能力强、产草量高、营养价值高、适口性好等优点，从 80 年代起被筛选应用于治理盐碱化的松嫩草地，在黑龙江省取得了良好的效果，并有了很大面积的推广。星星草的种植应用，为松嫩草地的盐碱化治理工作开辟了新的途径，但有关星星草生理生态学方面的基础研究工作却很少。

1989 年，我和我的同学孙国荣同志获得硕士学位后，一同回到哈尔滨师范大学，开始了我们的教师生涯。当我们面临科研工作方向的新选择时，李景信教授引导我们开始了星星草生理生态学的研究工作。我们也认识到，这是一项既可以与草地生产实际相结合，又有助于学科发展的工作。从 1990 年起，我们创造条件在黑龙江省肇州县草原试验场建立了定位观测实验地，在野外自然条件下对星星草进行了连续的定位研究，并开展了一系列的室内控制条件生理实验。经过 10 年的辛苦努力，我们对星星草的生理生态学特性有了初步的了解，积累了大量的第一手资料。这期间，我也在导师王业蓬教授的指导下完成了我的博士学位论文。

大量的野外定位观测工作得到了黑龙江省肇州县草原监理站李敬兰同志的大力支持。先后参与研究工作的还有李晶、所胜昔、那守海、陈月艳、关旻、肖玮、张大维等同志。由于工作变动，本书的后期整理和出版工作得到了东北林业大学森林植物生态学开放研究实验室的全面协助，王文杰、杨逢建、王洋、张玉红等同志在插图绘制和文稿校对方面给予了大量帮助，在此一并致以衷心的感谢。

本书是我们对星星草生理生态学 10 年研究工作的一份总结，许多内容还不够系统全面，一些结论也显得稚嫩，很多问题还有待于进一步探讨。由于我们的知识水平所限，书中难免有不妥之处，敬希读者批评指正。

阎秀峰
1999 年 10 月

目 录

前言

1 研究背景	1
1.1 松嫩草地现状	3
1.2 我国的牧草抗盐筛选应用和生理生态学研究	7
1.3 星星草生物治碱的应用	13
2 盐分对星星草种子萌发的胁迫作用	18
2.1 盐分胁迫对星星草种子萌发的影响	18
2.2 盐胁迫下星星草种子萌发过程中的生理变化	28
3 盐分对星星草幼苗的胁迫作用	42
3.1 盐分对星星草幼苗生长的影响	42
3.2 盐胁迫对星星草幼苗叶片膜透性的影响	45
3.3 盐胁迫对星星草幼苗膜脂过氧化和活性氧清除系统的影响	48
3.4 盐胁迫对星星草幼苗光合蒸腾特性的影响	52
3.5 盐胁迫对星星草幼苗游离氨基酸含量的影响	57
3.6 盐分对星星草幼苗的胁迫作用与矿质营养水平的关系	59
4 星星草耐盐机制的生理探讨	66
4.1 星星草种子萌发过程中的呼吸代谢途径	66
4.2 星星草幼苗的渗透调节作用	70
4.3 Na_2CO_3 逐级驯化对星星草幼苗耐盐性的影响	78
4.4 星星草的泌盐能力	81
4.5 星星草特殊的泌盐方式——气孔排盐	84
5 星星草光合蒸腾特性及其与气候因子的关系	86
5.1 星星草光合蒸腾特性的季节变化	86
5.2 星星草光合蒸腾特性的日变化	92
5.3 星星草光合蒸腾特性季节变化与气候因子的关系	94
5.4 星星草光合蒸腾特性日变化与气候因子的关系	100
6 星星草地上部分对营养元素的吸收	105
6.1 星星草地上部分对几种大量元素的吸收	105
6.2 星星草地上部分对几种微量元素的吸收	110
6.3 几种营养元素在星星草地上部分中的分配	113
7 生长不同年数星星草的综合比较	115

7.1	生长不同年数星星草的生产能力	115
7.2	生长不同年数星星草的光合能力和光的利用效率	116
7.3	生长不同年数星星草的养分状况	120
8	星星草生长对盐碱土壤的影响	123
8.1	星星草生长对盐碱土壤物理性质的影响	123
8.2	星星草生长对盐碱土壤化学性质的影响	126
8.3	星星草生长对盐碱土壤养分状况的影响	128
8.4	种植星星草土壤与碱斑土壤剖面的比较	130
8.5	星星草对土壤盐分的吸收	132
9	星星草种群在松嫩盐碱草地植被演替中的地位	134
9.1	植物种群分布与土壤营养关系的分析方法	135
9.2	松嫩盐碱草地几个主要植物种群土壤营养位分析	140
9.3	星星草种群在松嫩盐碱草地中的地位和作用	155
	参考文献	158

1 研究背景

全球草地总面积约 $5 \times 10^7 \text{ km}^2$, 包括草原 (steppe, prairie, pampas)、稀树草原 (savanna)、稀疏矮灌丛 (dwarf and open scrub)、草甸 (meadow) 及森林区的次生草地, 约占陆地总面积的 33.5%; 此外, 全球还有 15.2% 的耕地用来种草 (李博等 1991)。世界上拥有 10 亿亩以上草地的国家, 按面积大小依次为澳大利亚、中国、前苏联、美国、阿根廷、蒙古、巴西、沙特阿拉伯、墨西哥等 (中国农林科学院科技情报研究所 1975a; 史照林 1992)。草地不仅是地球上主要的生态系统类型, 而且是重要的可更新资源, 在整个生物圈净初级生产力的估算中, 草地系统所提供的生物量仅次于森林而位居第二。Whittake 和 Likens 估计为 $1.8 \times 10^{10} \text{ t a}^{-1}$, 而 Bazilevick 等人则认为该值为 $2.81 \times 10^{10} \text{ t a}^{-1}$, 由此可以推算出, 草地净初级生产力的生物量占全球总数的 16% ~ 17% (洪锐民 1993)。

草地是发展畜牧业的重要饲料资源。草地对人类的主要贡献就是为野生和驯养的动物提供主要的饲料, 而这些动物及其产品是人类食物营养的重要来源。据统计, 美国消费的食物价值大约有 35% 来自牛及牛奶 (Tyner 等 1985), 而从美国的饲料组成看, 绵羊和山羊 82.2% 靠放牧, 5% 利用干草; 肉牛 58.4% 靠放牧, 12.4% 利用干草; 奶牛 24.6% 靠放牧, 29% 利用干草。此外, 欧洲全部家畜饲料中 50% 来自草地, 澳大利亚和新西兰的羊毛和肉类等畜产品, 也大部分由草地获得 (中国农林科学院科技情报研究所 1975a)。由草地提供原料生产的动物食品, 对于人类改善食物结构、提高食物质量具有重要意义。草地在保护水土资源、改善生态环境方面也具有重要作用, 草地能够有效地控制水土流失, 改良土壤状况, 保持土壤水分, 防止土壤风蚀和土壤污染, 从而保护地下水资源。这些作用是现有耕地中的作物所难以实现的。而这些作用对于维持现有土地的持续生产力, 为人类的生存提供丰足的食物具有极其重要的意义。此外, 草地可以保护野生动物资源, 维持生态平衡; 为人类提供户外活动和娱乐场所; 牧草还是提取高质量叶蛋白的潜在资源。作为牧草最初消费者的动物, 也还可人类提供肉奶产品、毛皮制品、运输动力以及粪肥等等 (Barnes 等 1985; Heath 等 1985; Shiflet 等 1985; 及川栋雄 1991; 李博等 1991; 史照林 1992)。

人类对草地的利用, 可以追溯到 1 万年以前 (李博等 1991)。然而大规模地利用草地是在 19 世纪中叶之后, 当时西方国家的商品生产正在迅速发展。伴随着生产的发展, 人类对草地资源的利用规模和利用强度都在迅猛增加, 终于在 20 世纪 30 年代初导致了大面积的草原退化和环境恶化 (Heath 等 1985; 李博等 1991)。于是人们开始了对草地的研究工作以及对草地退化的预防和治理工作。20 世纪 60 年代以后, 生态学在国际范围内获得迅速发展, 生态系统理论渗入草地管理, 人们开始从系统观点研究草地及草地生产系统。进入 20 世纪 70 年代以来, 由于资源、环境等问题日益突出, 草地合理利用与管理成为国际性的共同问题。在这种背景下, 出现了 IBP、MAB 与 UNEP 等国际研究计划与国际组织, 在它们的推动下, 草地生态学研究迅速往纵深发展, 研究规模超越

了国家和地区的范围而具全球性质。李博等(1991)对近20年来草地生态学的发展作了较全面的综述。洪锐民(1993)也对天然草地净初级生产力的研究进行了评述。从第17届国际草地会议(1993年2月8日至21日在新西兰和澳大利亚举行)看,随着现代科学技术的发展,草地科学在研究的深度和广度上都有新的进展。草地资源管理利用与环境保护、高新技术的应用、植物生长和放牧状态、各不同类型草地的管理利用、世界气候的变化、生物多样性、木本饲料的开发利用等专题引人注目。论文的内容显示出植物生理学和放牧生态学是草地科学的重要理论基础(夏景新1993)。另外,世界气候的变化及其对草地的影响也广泛地引起研究者的重视(福山正隆1991;及川栋雄1991;夏景新1993)。

全球草地分布在气候条件不同的各个地区,草地的生产力在各国之间差别很大。即使在一个国家,由于草地类型的不同和利用方式与管理水平的差异,生产力也相差甚多。目前只有少数草地经过人工改良,提高了生产能力。而大部分草地是处于自由放牧、靠天养畜的状态,生产效率很低,浪费了草地资源。并且由于管理的失调,已经发生了严重的退化。这种状况在发展中国家表现得尤为突出,必须及时采取相应的措施。占全球陆地面积较大比例的草地,无论是现在还是将来都是人类重要的畜牧业生产资源和生态环境基础,我们必须予以高度重视。当前迫切需要从全球范围的角度进一步查清草地的面积和品种资源,并应用先进的草地管理技术改善发展中国家的牧场现状,研究杂草侵入的机制,探讨天然牧草对刈牧的耐性原理(夏景新1993)。从生态系统的平衡角度出发,并考虑生物资源的多样性,利用现有研究成果对全球草地进行改良,将大幅度提高草地的生产能力,并使生产的牧草饲料得到更合理的利用,从而为肉、奶和其他动物产品的生产提供更充分的原料。这对于改善人类的食物结构和食物质量具有重要的意义。

中国是世界上草地资源丰富的国家,历史上是“沃野千里,水草富饶”和“风吹草低见牛羊”的绚丽丰收景象(王业蓬1990)。中国可利用草原面积约33.65亿亩,占世界总量的7.1%,人均草地3.2亩,是世界人均水平的三分之一。然而,中国也是“贫草大国”。解放以来对草原总投资约43亿元,平均每亩仅1元多,而大小牲畜由不足3000万头现已发展到近1亿头,平均每头混合畜占有草地由115亩下降到目前的34亩。另外,还有1亿多亩草场被开垦作了农田。

这种低投入、高索取、掠夺式的经营方式导致草场退化面积不断增加,产草量大幅度下降。20世纪70年代,草场面积退化率为15%,20世纪80年代中期已达30%以上。全国退化草原面积已达13亿亩,目前仍以每年2000多万亩的退化速率在扩大。据卫星MSS形象解释,在50年代的内蒙畜牧区,草原尚未有明显的退化,20世纪60年代中期,草原退化开始突出,现已达3.2亿亩,占全区总面积的35.6%。据估算,全国草场产草量20世纪80年代比20世纪60年代下降了30%~50%(胡鞍钢等1990)。由于产草量不足,严重阻碍了畜牧业的发展。

草地资源和森林资源的破坏,降低了对土地的保护能力,导致水土流失加重,土地沙漠化、盐碱化,耕地面积逐年减少(王业蓬1990)。然而世界人口却在不断增长,增长的人口需要食物供给,人类正面临着前所未有的人口压力和粮食危机(沈允钢1988;朱宝树1990;王业蓬1990;胡文绣等1992)。为了解决人口和食物的矛盾,人类必须

尽一切努力提高现有土地（而且可利用面积在逐渐减少）的生产能力，提高利用效率，以生产出更多的食物。土地盐碱化是土地退化的一个方面，如何防止土地进一步盐碱化和治理已经盐碱化的土地，提高其生产能力，也是人类在解决食物危机过程中的一个努力方向。

1.1 松嫩草地现状

松嫩草地（松嫩平原的草原部分）位于北纬 $43^{\circ}30'$ ~ $48^{\circ}40'$ ，东经 $121^{\circ}30'$ ~ 127° 。南北长约 570 km，东西宽约 420 km，总面积约 170 000 km²（李崇皓等 1979）。在地理上跨越吉林、黑龙江两省，黑龙江省部分包括杜蒙、安达、龙江、齐齐哈尔、林甸、肇源、富裕、肇东、泰来、甘南、肇州、青冈、明水、依安、兰西等 16 个牧区和半农半牧区县（市）（张毅力 1991）。区内有松花江、嫩江及其支流呼兰河、乌裕尔河、阿伦河、音河等，还有一些大、中型水库及湖泊泡沼，水源丰富，水质良好。地势起伏平缓，历史上草原植被茂盛，是中国草原的最东部，也是欧亚草原延伸的末端。它是中国和世界上最好的草原之一，具有草质优良、产草量高、毒害草少的特点，是中国发展畜牧业的重要基地之一。

松嫩草地属于温带半湿润大陆性季风气候，基本特点是：春季干旱多风，夏季暖热多雨，秋季暂留早霜，冬季寒冷少雪。年平均气温 $1.5\sim 4.2^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温 -40.3°C ，极端最高气温 38.9°C 。年降水量 350~500 mm，而且多集中在七、八两个月份，占全年降水量的 65%~70%。年蒸发量大于降水量，一般是降水量的 3 倍左右。无霜期 120~150 d。松嫩草地地势平坦，仅有少量沙丘、漫岗、河漫滩。平均海拔高度 220 m 左右，相对高差小。松嫩草地是我国内陆盐渍土主要分布地区之一，对于这个地区盐渍土的剖面形态、理化性质、发生分类、地理分布规律等方面曾有众多的研究者进行过研究（川岛绿郎等 1939，1941；池田实 1938，1939，1940；川濑金次郎 1938，1940，1941，1943；宋达泉等 1958；陈恩凤等 1957；熊毅 1957；柯夫达 1958，1960；格拉西莫夫等 1958；程伯荣 1959；李昌华等 1963；徐文富等 1982；杨豁林等 1984；杨国荣等 1986；高金方 1987；张为政 1993a）。从总体上，其土壤类型可以分为草甸土、盐土和碱土三类，每个土类中又可分为很多土种，其中草甸碱土是最主要的类型（李昌华等 1963；徐文富等 1982）。各种类型土壤的土体中普遍含有苏打，且常呈复区分布，从而形成了松嫩草地土壤的复杂性。

松嫩草地的植物种类约 500 余种，其中树种很少，仅有几种榆树（*Ulmus pumila*，*U. macrocarpa*，*U. propinqua*）、蒙古柳（*Salix mongolica*）和山杏（*Prunus sibirica*）等，因此基本的植被为辽阔的草原（周以良 1987）。在这 500 余种植物中，组成各种群落的主要建群植物只有 35 种，其中草甸草原建群植物 14 种（其中禾草 9 种，占 64.2%，根茎苔草 1 种，杂类草 1 种，木本 3 种），草甸建群植物 16 种（其中禾草 6 种，杂类草 5 种，二者合占 70.8%，多年生草本 3 种，灌木 2 种），沼泽建群植物 6 种（其中禾草 1 种，灌木等 5 种，占 83.3%）（李崇皓等 1979）。

至于松嫩草地的性质，解放以后国内外有许多学者进行过研究，并提出各自的看法，诸如碱性草原（高尔捷夫 1949）、碱土草原（刘慎谔 1955）、湿润草原（任继周

1957)、杂类草-禾草和杂类草碱性草原(索恰瓦 1959)、具有丰富杂类草的草甸草原(候学煜 1960)、杂类草-野古草和杂类草-荻的普列利(Prairie)(维罗申科 1961)、草甸草原(祝廷成 1963)、典型草原(干草原)(李博 1979; 吴征镒 1979)等等(见李崇皓等 1979)。李崇皓等(1979)分析了松嫩草地的建群种组成, 土壤地形特点和气候条件, 认为松嫩草原不是典型草原(干草原), 而是具盐生草甸的草甸草原, 不应划入干草原地带, 而应划入森林草原地带。

根据 1981 年制定的《重点牧区草场资源调查技术规程》, 结合 1985 年《黑龙江省草场资源统计资料》, 张毅力(1991)将松嫩草地(黑龙江省部分)共分为 4 个草地类, 3 个草地亚类、21 个草地组、67 个草地型, 具体如下:

(1) 干草原类 此类草原占松嫩草地总面积的 3.1%, 分 3 个草地组, 6 个草地型。植物组成以旱生多年生草本为主, 混生一定数量的中生或旱中生植物, 优势种和常见种有冰草(*Agropyron cristatum*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrossa*)、落草(*Koeleria cristata*)、贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、山竹子(*Hedysarum fruticosum*)等。该类草地主要分布在沙丘、漫岗上, 平均亩产可利用鲜草 120.9 kg, 理论载畜量 5.9 万个羊单位, 每个羊单位年需可利用草地 15.1 亩。草群高度 20 cm 左右, 植被总盖度 60%, 着生土壤多为风沙土, 保水能力差, 肥力低。这类草地只适宜春、夏放牧, 秋季不宜放牧。

(2) 草甸草原类 该类草地占松嫩草地总面积的 55.8%, 是松嫩草地的主体草地类型, 共分 5 个组, 17 个型。其中面积最大的型是羊草 + 杂类草型, 占该类草地的 70.3%。本类草地的植物组成以中旱生多年生根茎禾草、丛生禾草为主, 植物种类繁多, 有的类型每平方米种的饱和度可达 20 多种, 优势种和常见种有羊草(*Aneurolepidium chinense*)、贝加尔针茅、线叶菊(*Filifolium sibiricum*)、黄蒿(*Artemisia scoparia*)、山杏、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、虎尾草(*Chloris virgata*)、寸草苔(*Carex duriuscula*)、五脉山黧豆(*Lathyrus quinquenervius*)、东北茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)、蒙古柳(*Salix mongolica*)等。着生土壤为草甸土、黑钙土、黑土、暗棕壤等。此类草地面积大、分布广, 草地平均亩产可利用鲜草 128.4 kg, 理论载畜量 115.4 万个羊单位, 每个羊单位年需可利用草地 14.2 亩。草群平均高度 30 cm, 总盖度 75% 左右。

(3) 草甸类 这类草地共有 796 300 hm^2 , 占松嫩草地总面积的 37.2%, 分典型草甸、盐生草甸和沼泽草甸 3 个草地亚类, 11 个草地组, 39 个草地型。植物组成中以中生、湿中生多年生禾草、莎草和灌木等为主。优势种和常见种有野古草(*Arundinella hirta*)、羊草、鹅绒萎陵菜(*Potentillia anserina*)、东北茵陈蒿、寸草苔、蒙古柳、星星草(*Puccinellia tenuiflora*)、紫花鸢尾(*Iris ensata*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、稠李(*Padus asiatica*)、小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)、三棱草(*Bolboschoenus maritimus*)、乌拉苔草(*Carex meyeriana*)、修氏苔草(*C. schmidtii*)等。着生土壤为草甸土、盐碱土、沼泽土等。此类草地分布范围广, 牧草种类多, 产草量高, 草质优良。平均亩产可利用鲜草 301.8 kg, 理论载畜量 178.6 万个羊单位, 每个羊单位年需可利用草地 6.1 亩, 草群平均高度 35 cm, 平均盖度 80%。

(4) 沼泽类 这类草地总面积 83 000 hm^2 , 占松嫩草地总面积的 3.9%, 分布在低洼地、江河两岸和湖泊泡沼周围, 草地利用率低, 可利用面积 45 200 hm^2 , 利用率为

54.5%。植物组成以湿生、湿中生多年生禾草、莎草为主，混生一定数量的杂类草。优势种和常见种有芦苇 (*Phragmites communis*)、乌拉苔草、三棱草、小叶章、香蒲 (*Typha orientalis*) 等。着生土壤多为沼泽土，土壤水分充足，有机质含量高，牧草长势良好。平均产可利用鲜草 658.5 kg，理论载畜量 24.5 万个羊单位，每个羊单位年需可利用草地 2.8 亩。草群高度 80 cm，盖度 90% 左右。

松嫩草地的利用方式主要是割草、放牧和刈牧兼用 3 种，占可利用草地面积的比例分别为 48.9%，40.9% 和 10.2%。松嫩草地以盛产优质羊草而驰名中外，曾是我国比较优良的草原地区 (王明昶 1985)，但近年来由于不合理利用，草地生态受到破坏，草场急剧退化。主要表现在：

(1) 草地面积锐减，生产能力严重下降 由于“以粮为纲”的政策引导，我国曾一度对草地实行“开荒种田” (王业蓬 1990)，更由于乱建乱占、滥挖药材、取土建房、洪涝淹没等原因，松嫩草地面积逐年减少。建国初期，松嫩草地面积为 3 400 000 hm^2 ，1962 年为 3 000 000 hm^2 ，到目前只剩下 2 140 000 hm^2 (张毅力 1991；李景信等 1992)。现存草地退化严重，草地初级生产力严重降低。据统计，松嫩草地已有 166 hm^2 发生不同程度的退化，退化面积占草地总面积的 77.6%，其中重度退化占 23%，中度退化占 27% (张毅力 1991；吴晓海 1991；李景信等 1992)。60 年代初单位面积产量 (干草) 为 1.8~2.0 t hm^2 ，而现在仅为 1.0~1.5 t hm^2 (马克平 1992)。而且，优质草场趋于减少，牧草品质严重下降。草地的群落组成和群落结构发生变化，植被趋于单一化，优质牧草减少，盐碱群落增加，出现毒害植物 (王晓燕 1989；张毅力 1991；吴晓海 1991)。

(2) 土壤肥力显著下降，沙化、盐碱化加剧 松嫩草地开垦初期，土质肥沃，有机质含量 6%~12%，高者达 15%，40 年代降至 5%~8%，70 年代降至 3%~5%，严重的地区仅 2%~3%，盐渍土、风沙土甚至不足 1%，大致平均每年以 0.05%~0.1% 的速度降低。目前土壤有机质一般降低 50% 以上，重者下降 70%~80%。目前松嫩草地沙化面积已达 800 多万亩，比 1959 年增加 140 多万亩，平均每年增加 4.5 万亩。有关资料显示，1981 年盐碱化面积 1 834.36 万亩，比 23 年前增加 1 162.36 万亩，加之次生盐碱化 1 520.62 万亩，总面积已达 3 354.98 万亩，占总面积的 39.4%。肇东、肇州、肇源、安达等县 (市) 已十分严重，碱斑连片，复区存在，有的几乎呈地带性分布。此处植被稀少，甚至寸草不生，成为不毛之地 (吴晓海 1991)。每到春季，碱尘滚滚，进一步危害草地和农田。

伴随着草地的退化，草食家畜却在大量增加。一方面，草地载畜能力降低；另一方面，放牧强度越来越大，加之缺乏管理，使牧草得不到正常生长发育的机会，加剧了草地的恶性循环。造成松嫩草地盐碱化的原因是众多的，但归纳起来不外乎两个方面，即自然因素和人为因素。

土壤的盐渍化问题，在全世界的范围内都是存在的，主要分布在中纬度地带的干旱区、半干旱区或者是滨海地区。盐碱土的形成过程，与气候、地形、水文、地质等因素的综合作用有着密切的关系。在中纬度地带的干旱与半干旱地区，降水量少而蒸发量大，盐分由于蒸发而上升的量，大于降水淋洗而下降的量，使其积聚土壤表层而导致盐渍土的形成。同时，在中纬度地区的内陆盆地、洼地或平坦地等，由于排水不良或径流不畅，水分大量蒸发导致盐溶液浓缩而形成盐渍土，或者是地下水含盐量高，并由毛细

管水上升至地面而形成盐渍土（王业蓬 1990）。松嫩平原恰恰位于中纬度地带，在地质构造上属中生代的拗陷地带，其地形平坦，四周高于中部 10~60 m，略向平原中心倾斜，形成较大面积的半内流区。加之松嫩平原年蒸发量远大于年降水量，蒸降比 2~5，干燥度 1.0 以上，地下水富含苏打，成为碱土和碱化盐土广泛发育的地带（俞仁培等 1984）。由于松嫩平原草甸植物繁茂，最初形成的只是盐渍化不明显的肥沃的碱化草甸土。随着盐渍化过程的加剧，土壤经过碱化草甸土而形成深位柱状草甸碱土，并进一步演化为中位柱状草甸碱土和浅位柱状草甸碱土。此时，其他杂类草几乎完全消失，只剩下羊草和碱葱，甚至羊草也很矮小。浅位柱状草甸碱土的植被如遭人畜破坏，则盐化层上升到地表，于是形成了碱斑。此时羊草也不能生长，地表裸露或疏生星星草、碱蓬和剪刀股等，此为结皮草甸碱土。由于松嫩平原的表面不是很平整，经常有 0.2~1.5 m 的小丘和小洼地存在，这种微地型的变化在土壤盐渍化过程中起着极为重要的作用，并使非盐化的土壤与盐渍土呈斑块状相间而形成复区（图 1-1）。

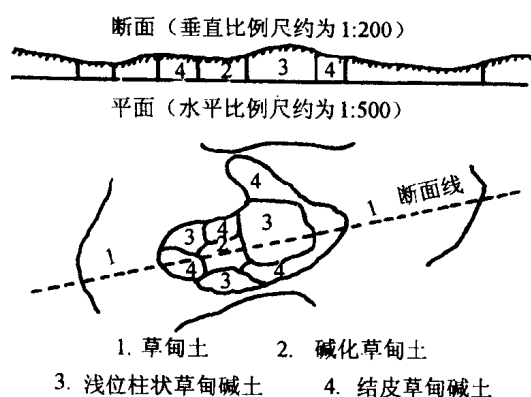


图 1-1 松嫩平原土壤分布
和微地形之间的关系（李昌华 1963）

浅位柱状碱土如无人畜干扰，可以保持较长时期的稳定。即使在成为结皮草甸碱土以后，土壤中及地表的盐分一般也不再显著增加，而保持较低的水平，虽然植物蒸腾和土面蒸发的可能性继续存在。这是因为，在形成浅位柱状碱土以后，由于苏打盐渍化而引起的整个剖面的严重碱化，已使土壤变成一个很厚的不透水层，它不但使下降的水流难以产生，而且也几乎完全阻塞了较淡的苏打矿化的地下水毛细管上升的通路，这样就遮断了地下水的盐分继续向土壤上层运动（李昌华等 1963）。而且，若遇几个连续的湿润年份，通过降水淋洗及风砂堆积作用，

碱斑上可再度着生植被，羊草群落得以恢复，甚至能恢复到杂类草草甸植被（高金方 1987）。

这种自然因素的生物气候所导致的原生盐渍化并不是很严重，而且伴随着自我恢复过程。松嫩平原开发初期，水草丰富，草地中只有一些零星盐碱斑分布，而且斑块面积较小，直径大多仅在 1 m 到数 m 之间（王遵亲 1985）。而在自然因素的基础之上，由于人为因素而造成的次生盐渍化，对土壤的危害则是深重的。

松嫩草地土壤的次生盐渍化是由于人类不合理利用草地，如过度放牧、割草、搂柴、烧荒和挖药等原因使草地植被受到严重破坏所致。草地植被维持着土壤中积盐与脱盐的平衡（葛莹等 1990）。由张为政（1993a）对不同植物群落下土壤水分运动状况的测定结果（表 1-1）可知，植被覆盖度的减少，则增大土壤表面的水分蒸发，土体中上升水流的数量和速度都大大提高，从而增加土体下层盐分向表层积聚的数量和速度。另外草地生物产量的下降使草地生态系统入不敷出，土壤有机质含量大幅度下降，结构变坏，孔隙减少，使土体中下渗水流的数量和速度大大降低，从而也导致土壤表层脱盐速度大大降低，相对提高了土壤积盐速率。干旱条件下地下水含有显量残余碳酸钠，加

以有机质大量分解产生的碳酸盐和重碳酸盐，使土壤 pH 值升高和碳酸钠积累导致土壤溶液中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 以碳酸盐的形式沉淀下来，大大提高 Na^+ 的代换能力而进入土壤吸收性复合体使土壤发生次生碱化。由此可见，导致草地土壤水盐平衡发生变化而形成土壤次生盐渍化的主导因子是植被的破坏。松嫩草地开发以后，随着人为因素干扰强度不断增大，草地植被遭到严重破坏，土壤盐渍化过程日益加重，盐碱斑面积迅速扩大，形成大面积次生盐碱斑。

表 1-1 不同植物群落下土壤水分运动状况 (张为政 1993a)

植物群落类型	盖度 (%)	土壤水渗透系数 (cm h^{-1})	土壤水蒸发量 (g h^{-1})
羊草 + 拂子茅	75	15.2 (11)	6.9 (11)
羊草 + 寸草苔	60	10.5 (11)	7.4 (11)
羊草 + 隐子草	55	8.7 (7)	8.9 (10)
小獐茅 + 碱蓬	65	6.4 (7)	9.3 (10)
碱蓬	45	4.7 (7)	11.4 (10)

括号内为重复次数。

松嫩草地植被的严重破坏，是由于对草地的不合理利用，而不合理的利用，又源于使用者对生态学知识的缺乏。由于认为草地资源可以“取之不尽，用之不竭”，而造成草地超负荷使用；同样由于对生态学知识的缺乏，视草为“荒”，加之重农轻牧，从而对草地大面积开垦。由于垦植的大多是需要改良的土地，结果劳民伤财，事倍功半，浪费了草地资源。另外，松嫩平原广大农村能源匮乏，也是不可忽视的原因。多年来，农民在草地上大量割草、搂柴、取土、挖药等等，严重地破坏了植被。值得注意的是，近年来，松嫩草地的退化不但没有减轻，反而愈演愈烈。从时间上看，碱化面积在扩大，碱化程度在增加；从空间上看，越靠近居民点，盐碱斑越多，密度越大（高金方 1987）。

1.2 我国的牧草抗盐筛选应用和生理生态学研究

1.2.1 耐盐牧草品种的筛选和应用

我国的耐盐牧草资源是比较丰富的。近些年来，伴随着盐碱地改良的需要，各地广泛地进行了耐盐品种的筛选工作。从所阅文献统计看，涉及到的品种将近 70 个。其中主要是禾本科植物（49 种）和豆科植物（11 种），还有少数的其他科植物（表 1-2）。筛选方法主要是对牧草耐盐性的测试。筛选所用盐碱溶液或人工配制或浸提当地土壤溶液。盐的种类有氯化物盐（欧惠春等 1982；彭永庆 1990；李景信等 1993；石德成等 1993 等）、硫酸盐（牟新待等 1987；彭永庆 1990 等）和碳酸盐（李景信等 1985，1993；殷立娟等 1990，1993b；彭永庆 1990；石德成等 1992，1993；孙国荣等 1992a，1992b 等），这大致对应于滨海盐土、西北的硫酸盐土和东北的碱土的主要成分。筛选工作侧重于耐盐牧草品种的搜集和资源调查，而对已筛选出耐盐品种的进一步培育（例如单株筛选）几乎没有涉及。

表 1-2 我国已筛选出的耐盐碱牧草

科	牧草名称	引用文献
禾	碱茅 (<i>Puccinellia chinampoensis</i>) (涉及到的主要是朝鲜碱茅, 间或有极少量的其他种, 以下同)	吴青年 1983; 李锋瑞 1987; 朱兴运等 1988c, 1988d, 1990; 毛玉林等 1988a, 1988b; 郭树林等 1988b; 徐恒刚 1988; 秦嘉海等 1989, 1990; 桑以琳 1989, 1990; 徐安凯 1990; 包纯志等 1992, 1993; 翁森红等 1992; 贾明 1993
	星星草 (<i>P. tenuiflora</i>)	唐超世等 1980; 李景信等 1985; 包纯志等 1992, 1993; 孙国荣等 1992a, 1992b
	羊草 (<i>Aneurolepidium chinense</i>)	殷立娟等 1988, 1989, 1990, 1993a; 石德成等 1992; 孙国荣等 1992a
	披碱草 (<i>Elymus dahuricus</i>)	牟新待等 1987; 桑以琳 1989, 1990; 张众等 1990
	肥披碱草 (<i>Elymus excelsus</i>)	张润身 1988; 徐恒刚 1988; 张众等 1990; 包纯志等 1992
	毛披碱草 (<i>E. villifer</i>)	张众等 1990
	短芒披碱草 (<i>E. breviaristatus</i>)	张众等 1990
	垂穗披碱草 (<i>E. nutans</i>)	张润身 1988; 张众等 1990
	圆柱披碱草 (<i>E. cylindricus</i>)	张众等 1990
	紫芒披碱草 (<i>E. purpuraristatus</i>)	张众等 1990
	老芒麦 (<i>E. sibiricus</i>)	牟新待等 1987, 张润身 1988; 徐恒刚 1988; 桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992; 翁森红等 1992
	麦宾草 (<i>E. tangutorum</i>)	张众等 1990
	无芒雀麦 (<i>Bromus inermis</i>)	牟新待等 1987; 李福岭 1993
	吉林无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Jilin</i>)	刘春华等 1992
	新疆无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Xinjiang</i>)	刘春华等 1992
	锡盟无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Ximen</i>)	刘春华等 1992
	呼盟无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Humen</i>)	刘春华等 1992
	林肯无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Lincoln</i>)	刘春华等 1992
	卡尔顿无芒雀麦 (<i>B. i. cv. Carlton</i>)	刘春华等 1992
本	北美雀麦 (<i>B. catharticus</i>)	刘春华等 1992
	冰草 (<i>Agropyron cristatum</i>)	张润身 1988; 李福岭 1993
	蒙古冰草 (<i>A. mongolicum</i>)	徐恒刚 1988; 翁森红等 1992
	诺登沙生冰草 (<i>A. desertorum cv. Nordan</i>)	刘春华等 1992
	酋长中间冰草 (<i>Elytrigia intermedia cv. Chief</i>)	刘春华等 1992
	奥比特高冰草 (<i>E. pontica cv. Orbit</i>)	刘春华等 1992
	苏丹草 (<i>Sorghum sudanense</i>)	张润身 1988; 桑以琳 1989, 1990; 李福岭 1993
	鹅头稗 (<i>Echinochloa utilis</i>)	张润身 1988; 徐恒刚 1988; 包纯志等 1992; 李福岭 1993
	稗子 (<i>E. crusgalli</i>)	桑以琳 1989, 1990; 武之新 1991a
	湖南稗子 (<i>E. frumentacea</i>)	武之新 1991a, 1991b; 贾明 1993
	稗谷 (<i>E. sp.</i>)	武之新 1991a
	饲料稗 (<i>E. beauv</i>)	武之新 1991a
	碱谷 (<i>Eleusine coracana</i>)	武之新等 1988, 1991a
	芨芨草 (<i>Achnatherum splendens</i>)	徐恒刚 1988; 包纯志等 1992
	野大麦 (<i>Hordeum brevisubulatum</i>)	包纯志等 1992; 翁森红等 1992
	獐茅 (<i>Aeluropus littoralis</i>)	鲁开宏 1987; 谷奉天等 1991
	大米草 (<i>Spartina anglica</i>)	欧惠春等 1982; 谷奉天等 1991
	苇状羊茅 (<i>Festuca arundinacea</i>)	李福岭 1993
科	马丁苇状羊茅 (<i>F. a. cv. Martin</i>)	刘春华等 1992
	法雷杰苇状羊茅 (<i>F. a. cv. Forage</i>)	刘春华等 1992
	米梅草地羊茅 (<i>F. pratensis cv. Mimer</i>)	刘春华等 1992
	牛尾草 (<i>F. pratensis</i>)	刘春华等 1992

续表 1-2

科	牧草名称	引用文献
禾本科	长穗偃麦草 (<i>Elytrigia elongata</i>)	李福岭 1993
	御谷 (<i>Pennisetum glaucum</i>)	李福岭 1993
	黑麦草 (<i>Lolium perenne</i>)	彭永庆 1990
	里瓦尔鹼草 (<i>Phalaris arundinacea</i>)	刘春华等 1992
	卡斯托鹼草 (<i>Ph. a. cv. Castor</i>)	刘春华等 1992
	草地早熟禾 (<i>Poa pratensis</i>)	牛菊兰等 1993
	粗糙早熟禾 (<i>P. trivialis</i>)	牛菊兰等 1993
	杂交狼尾草	陆炳章等 1990
豆科	苜蓿	孙国荣等 1992a; 李景信 1993; 李福岭 1993
	紫花苜蓿 (<i>Medicago sativa</i>)	牟新待等 1987; 张润身 1988; 戈乃玢 1988; 桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992; 翁森红等 1992
	草木樨 (<i>Melilotus suaveolens</i>)	桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992; 翁森红等 1992
	白花草木樨 (<i>M. alba</i>)	牟新待等 1987; 张润身 1988; 李福岭 1993
	黄花草木樨 (<i>M. officinalis</i>)	李福岭 1993
	红豆草 (<i>Onobrychis viciaefolia</i>)	牟新待等 1987; 析翠兰 1990; 包纯志等 1992; 翁森红等 1992
	沙打旺 (<i>Astragalus adsurgens</i>)	包纯志等 1992; 翁森红等 1992; 李福岭 1993
	田菁 (<i>Sesbania cannabina</i>)	李国林等 1984; 樊锦春等 1991
	苦豆子 (<i>Sophora alopecuroides</i>)	张润身 1988
	海滨香豌豆 (<i>Lathyrus maritimus</i>)	谷奉天等 1991
菊科	冬箭舌豌豆 (<i>Vicia villosa</i>)	包纯志等 1992
	茵陈蒿 (<i>Artemisia capillaris</i>)	谷奉天等 1991
	黄蒿 (<i>A. scoparia</i>)	谷奉天等 1991
藜科	花花柴 (<i>Karelinia caspica</i>)	程昌平 1991
	盐地碱蓬 (<i>Suaeda salsa</i>)	贾恢先等 1988
	翅碱蓬 (<i>S. heteroptera</i>)	谷奉天等 1991
兰雪科	盐角草 (<i>Salicornia europaea</i>)	贾恢先等 1988; 谷奉天等 1991
	二色补血草 (<i>Limonium bicolor</i>)	谷奉天等 1991
	大叶补血草 (<i>L. gmelinii</i>)	刘克彪 1993

耐盐牧草在我国的应用目前主要是引种工作。各地或从本地筛选或从外地引种耐盐品种, 进行试种用来改良盐碱草地, 以提高盐碱草地生产力和防止草地进一步盐碱化。表 1-3 统计了文献中各地的种植或引种情况 (由于许多工作可能未成文发表, 所以统计结果和实际情况会有很大偏差)。可以看出, 筛选的耐盐牧草品种有将近一半被试种, 而且取得了较大的成效。在滨海盐土 (鲁开宏 1987; 戈乃玢 1988; 陆炳章 1990; 谷奉天 1991; 李福岭 1993 等)、西北的硫酸盐盐化土 (李锋瑞 1987; 秦嘉海 1990 等)、内蒙古的河套灌区盐碱土 (张润身 1988; 桑以琳 1989, 1990; 包纯志 1992, 1993; 贾明 1993; 崔志祥 1993 等) 和东北的苏打碱土 (李景信 1985; 孙决 1987; 徐安凯 1990 等) 上都有耐盐牧草试种, 但由于各方面的原因大面积推广受到限制, 目前应用较大面积的有碱茅、星星草、大米草、湖南稷子、黄花草木樨、白花草木樨和田菁。碱茅在河西走廊的内陆盐土改良中得到大面积应用, 星星草在松嫩碱化草地上大面积种植, 内蒙古河套灌区盐碱地上也种植了大量的碱茅和星星草。大米草在江苏滩涂的氯化物盐渍地推广, 湖南稷子主要在宁夏的盐渍化耕地中种植, 黄花草木樨和白花草木樨在西北地区的轻、中度盐渍地种植, 田菁在江苏滩涂种植较多。

表 1-3 中国种或引种应用的耐盐碱牧草

科	牧草名称	应用地区及引用文献
禾本科	碱茅 (<i>Puccinellia chinampoensis</i>)	甘肃 (李锋瑞 1987; 朱兴运等 1988d; 毛玉林等 1988a, 1988b; 郭树林等 1988a, 1988b; 秦嘉海等 1989, 1990), 内蒙古 (桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992, 1993; 贾明 1993; 崔志祥 1993), 吉林 (吴青年 1983; 徐安凯 1990)
	星星草 (<i>P. tenuiflora</i>)	黑龙江 (李景信等 1985), 吉林 (孙决 1987), 青海 (唐超世等 1980), 内蒙古 (包纯志等 1992, 1993)
	披碱草 (<i>Elymus dahuricus</i>)	内蒙古 (桑以琳 1989, 1990)
	肥披碱草 (<i>Elymus excelsus</i>)	内蒙古 (张润身 1988; 包纯志等 1992)
	垂穗披碱草 (<i>E. nutans</i>)	内蒙古 (张润身 1988)
	老芒麦 (<i>E. sibiricus</i>)	内蒙古 (张润身 1988; 桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992)
	无芒雀麦 (<i>Bromus inermis</i>)	山东 (李福岭 1993)
	冰草 (<i>Agropyron cristatum</i>)	内蒙古 (张润身 1988), 山东 (李福岭 1993)
	苏丹草 (<i>Sorghum sudanense</i>)	山东 (李福岭 1993), 内蒙古 (张润身 1988; 桑以琳 1989, 1990)
	鹅头稗 (<i>Echinochloa utilis</i>)	内蒙古 (张润身 1988; 包纯志等 1992), 山东 (李福岭 1993)
	稗子 (<i>E. crusgalli</i>)	内蒙古 (桑以琳 1989, 1990), 河北 (武之新 1991a)
	湖南稗子 (<i>E. frumentacea</i>)	河北 (武之新 1991a), 内蒙古 (贾明 1993)
	稗谷 (<i>E. sp.</i>)	河北 (武之新 1991a)
	饲料稗 (<i>E. beaur</i>)	河北 (武之新 1991a)
	碱谷 (<i>Eleusine coracana</i>)	河北 (武之新 1991a)
	芨芨草 (<i>Achnatherum splendens</i>)	内蒙古 (包纯志等 1992)
	野大麦 (<i>Hordeum brevisublatum</i>)	内蒙古 (包纯志等 1992)
	大米草 (<i>Spartina anglica</i>)	欧惠春等 1982; 谷奉天等 1991
	苇状羊茅 (<i>Festuca arundinacea</i>)	山东 (李福岭 1993)
豆科	长穗偃麦草 (<i>Elytrigia elongata</i>)	山东 (李福岭 1993)
	御谷 (<i>Pennisetum glaucum</i>)	山东 (李福岭 1993)
	杂交狼尾草	江苏 (陆炳章等 1990)
	苜蓿	山东 (李福岭 1993)
	紫花苜蓿 (<i>Medicago sativa</i>)	内蒙古 (张润身 1988; 桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992), 江苏 (戈乃芬 1988)
	草木樨 (<i>Melilotus suaveolens</i>)	内蒙古 (桑以琳 1989, 1990; 包纯志等 1992)
	白花草木樨 (<i>M. alba</i>)	内蒙古 (张润身 1988), 山东 (李福岭 1993)
	黄花草木樨 (<i>M. officinalis</i>)	山东 (李福岭 1993)
	红豆草 (<i>Onobrychis viciaefolia</i>)	内蒙古 (包纯志等 1992)
	沙打旺 (<i>Astragalus adsurgens</i>)	内蒙古 (包纯志等 1992), 山东 (李福岭 1993)
三雪科	田菁 (<i>Sesbania cannabina</i>)	江苏 (樊锦春等 1991)
	苦豆子 (<i>Sophora alopecuroides</i>)	内蒙古 (张润身 1988)
	冬箭舌豌豆 (<i>Vicia villosa</i>)	内蒙古 (包纯志等 1992)
三雪科	大叶补血草 (<i>Limoninm gmelinii</i>)	甘肃 (刘克彪 1993)

1.2.2 牧草耐盐鉴定指标的研究

研究牧草耐盐性的鉴定指标是进行批量耐盐品种筛选和耐盐育种工作的前提。当前, 国内外对植物的耐盐性指标的研究和筛选的方法分为直接鉴定和间接鉴定两类 (翁

森红等 1992)。我国目前主要是大田直接鉴定,牧草的耐盐筛选也是如此,多是将种子播于盐碱土壤进行生物学观测(张润身 1988;武之新 1989, 1991a;桑以琳 1989, 1990 等)。而对于测定生理生化指标的间接鉴定方法研究较少,在牧草方面就更少。虽然有一些工作涉及到牧草的生理生化指标测定(殷立娟等 1989, 1990, 1993a, 1993b;孙国荣等 1992a, 1992b;李景信等 1993 等),但专门研究牧草耐盐鉴定指标和方法的文献只有少数几篇(耿华珠等 1990;翁森红等 1992;刘春华等 1993a, 1993b)。

翁森红等(1992)以 5 种禾本科牧草和 4 种豆科牧草为材料,测定了 13 个生物学和生理生化指标(15 种方法)在不同盐分处理下的变化值。经过方差分析、加权分析、相关分析进行综合评定,认为可选用水培成活率、发芽率、叶片 K^+ / Na^+ 作为禾本科牧草的耐盐鉴定指标,而选用水培成活率、叶片 K^+ / Na^+ 、叶绿素含量作为豆科牧草的耐盐鉴定指标。刘春华等(1993a)以 4 种禾本科牧草为材料,对叶片相对含水量、叶片细胞膜透性、叶片游离脯氨酸累积量、叶片相对水势值和根系相对活力 5 个生理指标进行了研究,认为这 5 个生理指标都可作为评价禾本科牧草耐盐性的生理指标。他们都提到处理用盐碱液的浓度问题,认为在中高浓度盐处理下各指标的数值能够较准确地反映牧草间的耐性差异,而低盐处理差异不大(翁森红等 1992;刘春华等 1993a)。耿华珠等(1990)提出在鉴定耐盐能力时应区别生物耐盐力(在盐的环境下以生物存活多少为依据)和农业耐盐力(以产量及其经济价值为依据),认为农业耐盐力直接关系到生产利用,应作为主要依据;而生物耐盐力常常高于农业耐盐力,与之既有关系,又不完全一致,所表示出的是最高限的耐盐力,应作为评价的参考。这些工作都是采用耐盐性差异较大的少数几个植物种进行的,而对同一个植物种中品种间的耐盐性差异缺乏探讨。刘春华等(1993b)进一步选择了 69 个具有广泛异质性的苜蓿品种,通过苗期盆栽胁迫试验对它们的差异及 2 个生理指标的鉴定能力进行了研究。经对 0.3% 和 0.4% NaCl 处理的存活率、相对株高和相对干重共 6 个指标的聚类分析,将供试的 69 个品种从耐盐性上分为 3 级,其中耐盐品种 21 个,中等耐盐品种 40 个,敏感品种 8 个。然后选择耐盐性差异较大的,包括 5 个耐盐品种和 5 个敏感品种,研究叶片细胞膜透性以及叶片的游离脯氨酸含量与苜蓿品种耐盐性的关系。结果表明耐盐性不同的 10 个苜蓿品种之间,在叶片细胞膜透性和叶片游离脯氨酸累积量上无明显差异,认为这两个生理指标不能作为评价苜蓿品种间耐盐性差异的指标。总的看来,这方面的研究工作还太少。

1.2.3 耐盐牧草的生理生态学研究

近年来在耐盐牧草的生理生态学研究方面工作较多。这些工作大部分集中在两个方面。一是盐碱胁迫下牧草的生理反应,主要以种子和幼苗为对象在室内完成,而且多是一些简单指标的观测,深入的工作较少。另一方面是牧草产量、植株成分和养分吸收等与盐胁迫的关系,多为野外工作。

关于耐盐牧草在盐碱胁迫下生理反应的研究工作较多,而且多是结合耐盐牧草品种的筛选进行的。大部分的工作是用盐碱溶液处理种子(徐恒刚 1988;彭永庆 1990;耿华珠等 1990;沈禹颖等 1991;武之新 1991a;刘春华等 1992;李景信等 1993 等)或幼苗(殷立娟等 1990;彭永庆 1990;耿华珠等 1990;刘春华等 1992, 1993a;孙国荣等