

博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

根茎型清水紫花苜蓿 特征特性研究

南丽丽 师尚礼 李玉珠 主编



科学出版社



博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

根茎型清水紫花苜蓿 特征特性研究

主 编 南丽丽 师尚礼 李玉珠

副主编 张雪婷 陈立强

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

苜蓿的根系类型可划分为直根型、侧根型、根蘖型和根茎型4类。根茎型苜蓿与世界上已登记苜蓿品种的遗传距离较大,是苜蓿育种和品种改良的优异种质资源。本书对我国审定登记的第一个根茎型苜蓿品种——清水紫花苜蓿,从形态学、解剖学、细胞学、遗传学等方面进行了系统的研究;对直根型、根蘖型和根茎型苜蓿的产草量、营养价值、碳代谢、根颈与根系特性、抗性等进行系统的比较研究和评价;建立和优化了清水紫花苜蓿原生质体分离和培养体系及清水紫花苜蓿和百脉根体细胞杂交技术体系。

本书可供从事草业、生物技术、与植物学等有关方面的科技人员、大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

根茎型清水紫花苜蓿特征特性研究/南丽丽,师尚礼,李玉珠主编.
—北京:科学出版社,2016.9

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-050046-5

I. ①根… II. ①南… ②师… ③李… III. ①紫花苜蓿—研究

IV. ①S541

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 232861 号

责任编辑:夏 梁 朱 瑾 / 责任校对:何艳萍

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

*

2016年9月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016年9月第一次印刷 印张:15 1/8

字数:302 000

定价:98.00 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

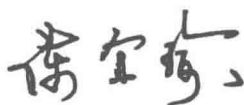
博士后制度已有一百多年的历史。世界上普遍认为，博士后研究经历不仅是博士们在取得博士学位后找到理想工作前的过渡阶段，而且也被看成是未来科学家职业生涯中必要的准备阶段。中国的博士后制度虽然起步晚，但已形成独具特色和相对独立、完善的人才培养和使用机制，成为造就高水平人才的重要途径，它已经并将继续为推进中国的科技教育事业和经济发展发挥越来越重要的作用。

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

苜蓿作为“牧草之王”，是世界公认的最重要的豆科牧草。世界发达国家在大量收集苜蓿种质资源 and 对其进行评价研究的基础上，已培育出系列苜蓿品种，营销到世界各地并见到了经济效益。我国苜蓿育种研究经过半个多世纪的努力，已经培育并审定登记了一些品种，在我国苜蓿生产中发挥着重要作用。

随着苜蓿在我国大面积的生产应用，国内苜蓿品种间的遗传多样性越来越小，品种特性不够突出。进口苜蓿品种以产量高、再生力强等特点曾占领了国内市场，但生产应用表明，进口苜蓿品种种子价格昂贵，且品种抗逆性不如国内品种。

苜蓿的根系类型可划分为直根型、侧根型、根蘖型和根茎型 4 类。直根型苜蓿基因源主要来自于紫花苜蓿，侧根型、根蘖型和根茎型苜蓿都不同程度地具有野生黄花苜蓿的基因。根茎型苜蓿为一相对独立的紫花苜蓿种质资源，与世界上已登记苜蓿品种的遗传距离较大，是苜蓿育种和品种改良的优异种质资源。目前，对直根型苜蓿的研究已在抗非生物胁迫、抗生物胁迫和品质改良等方面取得了重要进展，对根蘖型苜蓿已在形态学、遗传学、生理机制及分子生物学等方面进行了深入研究，对侧根型苜蓿已在发生机制、遗传特性及环境对侧根的影响等方面进行了研究，对根茎型苜蓿的研究非常少，对不同根型苜蓿的对比研究更少。

本研究对我国审定登记的第一个根茎型苜蓿品种——清水紫花苜蓿，从形态学水平、细胞学水平、生理生化水平和分子水平进行了周详的研究；以根茎型、直根型和根蘖型苜蓿为材料，从产草量、营养价值、碳代谢、根颈与根系特性、抗旱性和抗寒性等方面对不同根型苜蓿进行了系统的研究和评价；对清水紫花苜蓿进行了体细胞培养、原生质体培养及其和里奥百脉根体细胞杂交的研究，建立和优化了清水紫花苜蓿原生质体分离和培养体系及清水紫花苜蓿和百脉根体细胞杂交技术体系。这些成果的取得，对挖掘我国根茎型苜蓿优异基因资源、促进苜蓿新品种选育和品质改良具有重要意义，也为不同根型苜蓿在生产中的推广和应用提供了理论依据和技术支持。

本书各章执笔人有：南丽丽（第一、七、八、九、十、十一章）、师尚礼（第二章）、李玉珠（第十二章）、张雪婷（第三、四章）、陈立强（第五、六章），全书由南丽丽统稿。

作 者

2016 年 1 月于兰州

目 录

《博士后文库》序言

前言

第一章 绪论	1
第一节 国外不同根型苜蓿育种概况	3
第二节 我国不同根型苜蓿育种概况	4
第三节 我国苜蓿育种的方法	6
一、选择育种	6
二、杂交育种	6
三、雄性不育系育种	6
四、生物技术辅助育种	7
五、航天育种	7
第二章 根茎型清水紫花苜蓿的形态学研究	9
第一节 形态标记在苜蓿研究中的应用	9
第二节 根茎型清水紫花苜蓿的形态特征	10
第三章 根茎型清水紫花苜蓿地下结构的解剖特征	16
第一节 草地植物根系类型划分原则	16
一、根蘖型的划分原则	16
二、根茎型的划分原则	17
第二节 根茎型清水紫花苜蓿地下结构的解剖观察	18
一、材料与方法	18
二、结果与分析	20
三、讨论	23
四、小结	24
第四章 根茎型清水紫花苜蓿的细胞学研究	25
第一节 染色体核型分析的产生与发展	25
一、核型制片的方法	25
二、核型分析在苜蓿研究中的应用	26
第二节 根茎型清水紫花苜蓿的核型分析	26
一、材料与方法	27

二、核型分析	29
三、结果与分析	30
四、讨论	40
五、小结	42
第五章 根茎型清水紫花苜蓿的遗传生化标记研究	43
第一节 同工酶的概念及标记原理	43
一、同工酶标记在苜蓿中的研究进展	44
二、种子贮藏蛋白标记的应用	45
第二节 根茎型清水紫花苜蓿同工酶分析	46
一、试验材料	46
二、试验方法	47
三、结果与分析	48
四、讨论与结论	52
第六章 根茎型清水紫花苜蓿的 DNA 分子标记研究	60
第一节 DNA 分子标记在苜蓿研究中的应用	60
一、DNA 分子标记技术的发展	60
二、DNA 标记在苜蓿育种中的应用	64
第二节 根茎型清水紫花苜蓿遗传多样性的 SSR 分析	66
一、材料与方法	66
二、结果与分析	70
三、讨论与结论	73
第七章 根茎型清水紫花苜蓿的抗旱性研究	76
第一节 苜蓿抗旱性研究进展	76
一、苜蓿的形态结构与抗旱性	76
二、苜蓿生理生化特征与抗旱性的关系	77
第二节 根茎型清水紫花苜蓿抗旱性评价	78
一、供试材料	79
二、试验方法	79
三、测定指标及方法	80
四、结果与分析	82
五、讨论	87
六、小结	88
第八章 根茎型清水紫花苜蓿的抗寒性研究	89
第一节 苜蓿抗寒性研究进展	89

一、苜蓿形态特征与抗寒性的关系	89
二、苜蓿生理生化特征与抗寒性的关系	90
第二节 根茎型清水紫花苜蓿抗寒性评价	91
一、试验区概况	91
二、供试材料	92
三、测定内容和方法	92
四、结果与分析	94
五、讨论	101
六、小结	101
第九章 根茎型清水紫花苜蓿根系的发育能力研究	103
第一节 不同根型苜蓿根系的研究概况	103
第二节 根茎型清水紫花苜蓿根颈与根系特性的研究	104
一、试验区概况及供试材料	104
二、试验设计	104
三、试验方法	104
四、测定指标及方法	105
五、数据分析	106
六、结果与分析	106
七、讨论	118
八、小结	119
第十章 根茎型清水紫花苜蓿的生产性能研究	121
第一节 苜蓿的生产能力	121
一、叶茎比	121
二、株高	122
三、生长速度	122
四、再生性能	123
五、光合能力	123
第二节 苜蓿的利用价值	123
一、苜蓿的饲用价值	123
二、苜蓿的生态价值	126
三、苜蓿的食用价值	126
第三节 根茎型清水紫花苜蓿产草量及营养价值分析	127
一、试验区概况及供试材料	127
二、测定指标	127
三、数据分析方法	128

四、结果与分析.....	128
五、讨论.....	134
六、小结.....	135
第十一章 根茎型清水紫花苜蓿的碳代谢产物变化研究.....	136
一、试验材料.....	137
二、结果与分析.....	138
三、讨论.....	142
四、小结.....	143
第十二章 根茎型清水紫花苜蓿原生质体培养及体细胞杂交的研究.....	144
第一节 原生质体培养与体细胞杂交研究进展.....	144
一、植物原生质体分离和培养研究进展.....	144
二、体细胞杂交研究进展.....	147
三、紫花苜蓿体细胞杂交研究进展.....	151
第二节 根茎型清水紫花苜蓿原生质体分离和培养.....	154
一、材料和方法.....	154
二、结果与分析.....	160
三、讨论.....	169
四、小结.....	174
第三节 百脉根原生质体分离和培养.....	175
一、材料和方法.....	176
二、结果与分析.....	178
三、讨论.....	184
四、小结.....	187
第四节 清水紫花苜蓿和百脉根原生质体融合及培养.....	188
一、材料与方法.....	189
二、结果与分析.....	193
三、讨论.....	198
四、小结.....	201
参考文献.....	203
附录.....	228
编后记.....	229

第一章 绪 论

我国拥有丰富的苜蓿 (*Medicago*) 遗传资源, 共 12 种, 3 变种, 6 变型, 其中 12 个种分别为紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.)、花苜蓿 [*M. ruthenica* (L.) Ledeb.]、毛茛苜蓿 (*M. pubescens* Sirj.)、矩镰茛苜蓿 (*M. archiducis-nicolai* Sirjaev.)、阔茛苜蓿 [*M. platycarpus* (L.) Trautv.]、辽西苜蓿 (*M. vassilczenkoi* Worosh.)、黄花苜蓿 (*M. falcata* L.)、多变苜蓿 (*M. varia* Martyn.)、金花菜 (*M. polymorpha* L.)、小苜蓿 [*M. minima* (L.) Grnfb]、天蓝苜蓿 (*M. lupulina* L.) 和蜗牛苜蓿 [*M. orbicularis* (L.) Bart.], 主要分布在西北、华北、东北和西南等地 (耿华珠, 1995)。

紫花苜蓿又称紫苜蓿、苜蓿, 为豆科苜蓿属多年生植物, 起源于小亚细亚、外高加索、伊朗和土库曼高地。通常生产中所称的“苜蓿”泛指苜蓿属的主要栽培种 (紫花苜蓿、杂花苜蓿和黄花苜蓿)。杂花苜蓿是由紫花苜蓿与黄花苜蓿杂交而成, 形态上与紫花苜蓿接近。紫花苜蓿是当今世界上栽培面积最大的牧草, 具有耐寒、耐瘠薄、耐盐碱、适应性强、产量高、品质优、耐频繁刈割、持久性好、改土培肥、经济效益高等特点, 堪称“牧草之王”, 也是我国当前生态建设工程中应用最为广泛的草种。

紫花苜蓿可与黄花苜蓿进行天然杂交, 由于异花授粉和互交可孕, 带来了大量的遗传变异, 受基因来源及生态环境的影响, 苜蓿的根系类型可划分为直根型 (tap rooted)、侧根型 (branch rooted)、根蘖型 (creeping rooted) 和根茎型 (rhizomatous rooted) 4 类 (刘志鹏等, 2003)。直根型苜蓿基因源主要来自于紫花苜蓿, 侧根型、根蘖型和根茎型苜蓿都不同程度地具有野生黄花苜蓿的基因 (王铁梅, 2008)。

苜蓿的根颈和根系是吸收运输养分和水分的重要器官, 同时也是产生枝条的重要部位 (孙启忠等, 2001), 直接影响苜蓿的生产性能和可持续利用, 如耐寒性 (Johnson et al., 1996; Marquez-Ortiz et al., 1999)、再生性 (Marquez-Ortiz et al., 1996; Johnson et al., 1998; Avice et al., 1997)、抗旱性 (Salter et al., 1984) 和抗病虫害性 (Hwang and Gaudet, 1995) 等都与其密切相关。4 类根型苜蓿根系的差异首先表现在根颈 (Perfect et al., 1987; Salter et al., 1984): 直根型苜蓿的根颈相对较窄而突出 (图 1-1); 侧根型苜蓿有一个粗大而斜向生长的根颈, 从根颈上发生若干个而不是单一的主根, 在这些根上可发育出不定枝; 根蘖型苜蓿在主根上发出大量的水平根, 并在其上产生距离不等的根蘖节, 可形成新芽继而长出地面形成新的枝条, 当主根颈死亡后, 可形成许多独立的植株 (图 1-2, 图 1-3); 根茎型苜蓿的根颈距地表相对较低, 并从其主根的中轴发育出类似根状的茎, 萌发出营养枝 (图 1-4)。

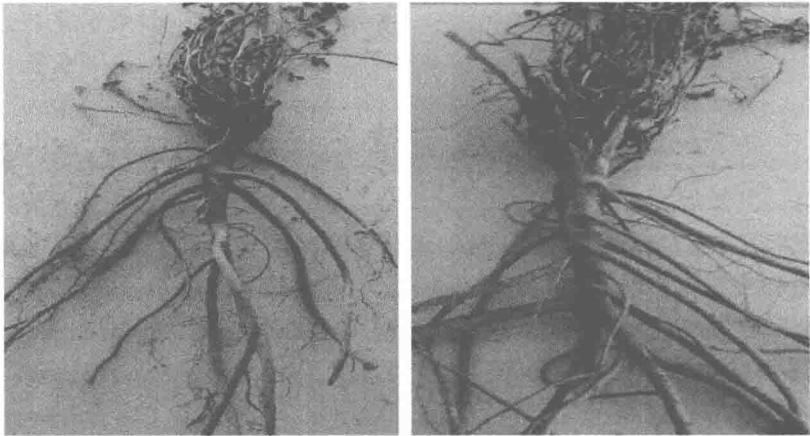


图 1-1 直根型苜蓿根及根颈（彩图请扫封底二维码）

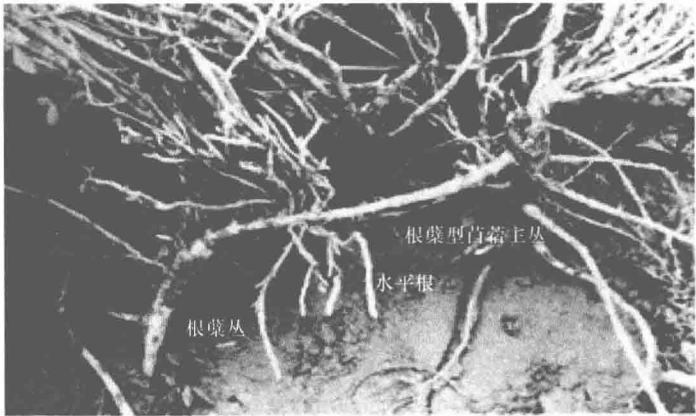


图 1-2 根茎型苜蓿根系相连，盘根错节（彩图请扫封底二维码）

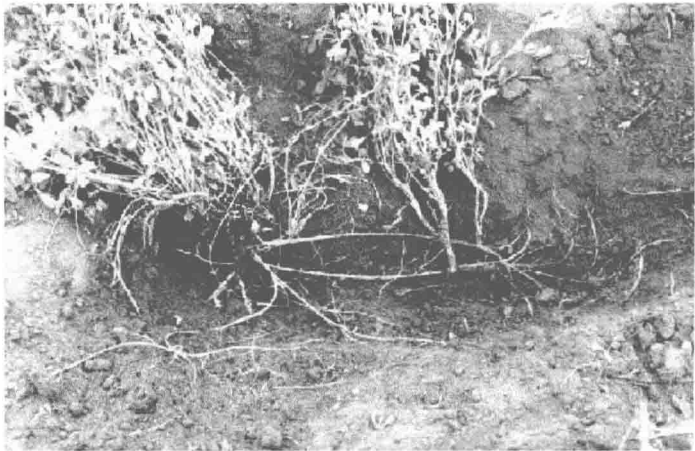


图 1-3 根茎株主丛和根茎丛之间的水平根（彩图请扫封底二维码）

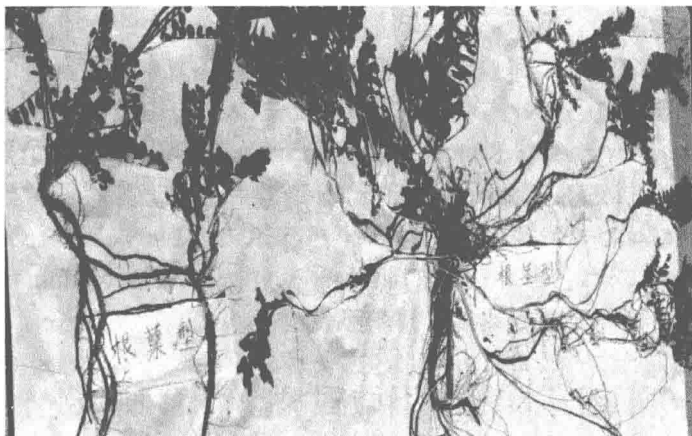


图 1-4 根葉型（左）与根莖型（右）苜蓿（彩图请扫封底二维码）

第一节 国外不同根型苜蓿育种概况

国外苜蓿种植国家有选择地培育苜蓿品种的工作始于 20 世纪初期, 育种的主要目标是提高品种的抗寒性。1897~1909 年 Hanson 在欧亚大陆进行了苜蓿种质资源的收集和筛选, 1909~1910 年美国以引种和地方品种驯化工作为主, 1921 年发现豌豆蚜危害苜蓿, 1925 年暴发了苜蓿细菌性凋萎病, 从此抗病育种工作得到加强, 1940~1943 年相继培育出抗细菌性萎蔫病苜蓿品种 Ranger 和 Buffalo, 1955 年育成了耐寒、耐旱、适应性强的苜蓿品种 Rambler, 1966 年育成抗豌豆蚜的苜蓿品种 Washoe (桂枝和高建明, 2003; 师尚礼等, 2010)。20 世纪 80 年代, 世界发达国家苜蓿育种的方向随生产的需要发生了转变, 育种工作从针对某一抗性转到多种抗性, 从只注重产量转向产量与品质并重, 1987 年美国育成固氮能力强, 高抗镰孢菌枯萎病、疫霉根腐病、豌豆蚜和苜蓿斑点蚜的苜蓿新品种 Nitro (王显国等, 2004)。国外苜蓿改良研究主要集中在抗病性 (Barnes and Hanson, 1971; Heisey and Murphy, 1971; Bray and Irwin, 1989; Salter et al., 1994)、体外培养再生性能 (Ray and Bingham, 1989)、固氮 (Viands et al., 1981)、大叶 (Dobrenz et al., 1988)、易弹花 (Knapp and Teuber, 1994)、提高自交亲和性 (Villegas et al., 1971)、抗刈割 (Veronesi et al., 1986) 等方面。近年来在育种技术上有了解新突破, 把常规育种与组织培养、细胞融合、基因工程等技术相结合, 育成更多具有优异性状的品种。Loper 等 (1967) 报道从 Delta 品种中筛选出了第一个抗三叶草核盘菌的苜蓿种质材料 MSR。美国孟山都公司将 Epsps 基因转入苜蓿育成了抗 Roundup 除草剂的苜蓿新品种 (周兴龙等, 2005)。Kuthleen 等 (1990) 以农杆菌为介导, 将两种不同的 Chimericbar 基因导入苜蓿体内, 育成了抗 Glufosinate-ammonium 除草剂的苜蓿新品种。加拿大育成了 20DRC 不育系。澳大利亚育成了

转基因高含硫氨基酸苜蓿新品种(苏加楷, 2001)。1993~1994 年美国发布育成苜蓿新品种多达 221 个, 可以满足全美国不同生态条件对苜蓿品种的要求。国外育成根茎型苜蓿品种共 15 个, 其中加拿大育成 Ladak、Beaver、Rambler、Kane、Roamer、Trek、Drylander、Rangelander、Spreaor 和 Heinrichs 10 个根茎型苜蓿品种, 美国育成 Travois、Victoria 和 Alfgraze 3 个根茎型苜蓿品种, 澳大利亚育成 Cancreep 和 Walkabout 2 个根茎型苜蓿品种(王铁梅, 2008)。国外已育成 Wetland、Magnum V-Wet、Lewis 700、BPR-374、Mariner II、Prolific、Ripin 等侧根型苜蓿品种, 在地下水位高、质地黏重、排水不良的土壤上能正常生长。

第二节 我国不同根型苜蓿育种概况

我国牧草育种起步较晚, 与发达国家相比, 滞后约半个世纪 (Gepts and Hancock, 2006)。1949 年以前只有少数学者进行过野生牧草调查、搜集、引种栽培试验工作。现代意义的牧草育种始于 20 世纪 50 年代, 广泛开展于 80 年代, 1986 年全国牧草品种审定委员会正式成立, 极大地促进了我国牧草新品种选育、地方品种整理、国外优良牧草引进及野生牧草栽培驯化的工作。

截至 2015 年, 审定登记的苜蓿品种共 77 个, 其中育成新品种 36 个, 国外引进品种 17 个, 野生栽培驯化品种 5 个, 整理地方品种 19 个。

育成品种按其育种目标可分为 6 类: ①高产品种, 如甘农 3 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Gannong No.3)、甘农 4 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Gannong No.4), 具有良好的丰产性; ②抗病虫苜蓿品种, 如中兰 1 号苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Zhonglan No.1), 高抗霜霉病、中抗褐斑病和锈病, 产草量比对照陇东紫花苜蓿提高 22.4%~30%以上; 甘农 5 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Gannong No.5), 高抗蚜虫, 产量比对照品种金皇后紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Golden Empress) 提高 14.22%; 新牧 4 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Xinmu No.4), 抗霜霉病、褐斑病能力优于新疆大叶紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Xinjiangdaye); ③抗寒品种, 如扁蓿豆与紫花苜蓿杂交获得的龙牧 801 杂花苜蓿 [*Melilotoides ruthenicus* (L.) Sojak × *M. sativa* L. cv. Longmu 801]、龙牧 803 杂花苜蓿 [*M. sativa* L. × *Melilotoides ruthenicus* (L.) Sojak cv. Longmu 803]、龙牧 806 杂花苜蓿 [*M. sativa* L. × *Melilotoides ruthenicus* (L.) Sojak cv. Longmu 806]、龙牧 808 杂花苜蓿 (*M. sativa* L. f. cv. Longmu 808)、草原 1 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Caoyuan No.1)、草原 2 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Caoyuan No.2)、草原 3 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Caoyuan No.3)、图牧 1 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Tumu No.1)、新牧 1 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Xinmu No.1)、新牧 3 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Xinmu No.3) 和赤草 1 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Chicao No.1) 等, 大部分能在我国北方高纬度、高海拔地区种植; ④耐盐品种, 如中苜 1 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv.

Zhongmu No.1)、中苜 3 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Zhongmu No.3)、中苜 5 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Zhongmu No.5), 在含盐量 0.3% 的盐碱地上比一般栽培品种增收 10% 以上, 其中中苜 5 号紫花苜蓿干产草量比对照品种中苜 3 号紫花苜蓿提高 15.5%; ⑤放牧型品种, 为根蘖型苜蓿, 如甘农 2 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Gannong No.2)、中苜 2 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Zhongmu No.2)、公农 3 号杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Gongnong No.3), 其根系强大, 扩展性强, 适应用于水土保持、防风固沙、固土护坡; ⑥早熟品种, 如新牧 2 号紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Xinmu No.2), 比新疆大叶紫花苜蓿早熟 3~5d, 并具有再生快的特性。地方品种主要分布于新疆、内蒙古、甘肃、陕西、山西、河北、山东、黑龙江、江苏和云南等省区, 具有很强的抗逆性, 如肇东紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Zhaodong) 和敖汉紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Aohan) 抗寒性强, 在生产上发挥着重要作用。

适宜推广的引进苜蓿品种有格林紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Grimu)、润布勒杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Rambler)、萨兰斯紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Saranac)、猎人河紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Hunter River)、三得利紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Sanditi)、牧歌 401+Z 紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Amerigraze 401+Z)、阿尔冈金杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Algongquin)、德宝紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Derby)、WL323ML 紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. WL323ML) 等, 其品质优良, 不仅可以直接为生产所利用, 而且能拓宽苜蓿种质资源, 为培育新品种提供条件。

野生栽培驯化品种共 5 个, 即阿勒泰杂花苜蓿 (*M. varia* Martin. cv. Aletai)、陇东天蓝苜蓿 (*M. lupulina* L. cv. Longdong)、呼伦贝尔黄花苜蓿 (*M. falcata* L. cv. Hulunbeier)、德钦紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Deqin) 和清水紫花苜蓿 (*M. sativa* L. cv. Qingshui)。其中根茎型清水紫花苜蓿是甘肃农业大学师尚礼教授在甘肃清水灌丛草原地带发现的野生根茎型紫花苜蓿, 于 2002 年采集单株在兰州试验站隔离区内分株繁殖, 隔离区无性后代开放传粉, 收种, 经同工酶谱分析, 细胞学、解剖学、植物学、生物学性状测定与经济价值评定, 表明该苜蓿与我国及许多国家已登记苜蓿品种的遗传距离较大, 同时获得野生栽培驯化品种; 随后在甘肃农业大学兰州牧草试验站进行品种比较试验; 在甘肃省天水市麦积区中滩乡 (半湿润区)、兰州市榆中县和平镇 (半干旱区) 和武威市凉州区黄羊镇 (干旱区) 进行区域适应性试验和生产试验, 于 2010 年通过全国草品种审定委员会审定登记, 是我国第一个通过国家审定的根茎型苜蓿品种 (品种登记号: 412)。该品种根茎性状表现稳定, 茎斜生或半平卧生长, 株型疏松, 茎秆纤细且硬, 叶片小, 叶量多, 分枝能力强, 具有较强的固土护坡、保持水土能力, 耐旱、耐寒、耐践踏和耐牧能力强, 有许多其他紫花苜蓿品种所没有的植物学特征和生物学特性。在海拔 1100~2600m 的西北旱区寒区适应性强, 春季返青早, 秋季枯黄晚, 青绿期长。该品种因特有的根茎型根系和极强的扩展性, 更适宜用于水土保持、防风固沙和护坡固土, 是西北地区进行生态恢复的优良草种。

第三节 我国苜蓿育种的方法

苜蓿为多年生异花授粉植物，其自交（包括人工控制自交）受许多因素的影响，苜蓿又是同源四倍体，与二倍体植物相比，在育种方法和后代选择上有其特点。形态方面的特征妨碍了苜蓿在开花时的自交，致使其自交结实率很低，即使在隔离情况下强迫自交，自交结实率也不过 14% 左右。因此苜蓿属异花授粉植物，其天然异交率在 25%~75%。我国苜蓿育种通常采用选择育种、杂交育种、雄性不育系育种、生物技术辅助育种、航天育种等方法。各种方法均有应用，应用较多的是选择育种和杂交育种。

一、选择育种

选择育种就是选优去劣，从自然的或人工创造的群体中根据个体的表现型选出具有优良性状、符合育种目标的基因型，并使所选择的性状稳定地遗传下去。这是改良现有品种、育成新品种的重要手段，有混合选择与轮回选择两种方法。我国登记审定的品种，如中苜 1 号紫花苜蓿、中苜 2 号紫花苜蓿、中苜 3 号紫花苜蓿、公农 1 号紫花苜蓿、公农 2 号紫花苜蓿、公农 3 号杂花苜蓿、新牧 1 号杂花苜蓿、新牧 2 号紫花苜蓿、新牧 3 号杂花苜蓿、甘农 2 号杂花苜蓿等都是用选择育种的方法育成的。这种方法实用有效，易于掌握，目前仍然是苜蓿育种最重要的方法之一。

二、杂交育种

杂交育种指不同种群、不同基因型个体间进行杂交，并在其杂种后代中通过选择而育成纯合品种的方法。杂交可以使双亲的基因重新组合形成各种不同的类型，为选择提供丰富的材料；基因重组可以将双亲控制不同性状的优良基因结合于一体，或将双亲中控制同一性状的不同微效基因积累起来，产生在该性状上超过亲本的类型。正确选择亲本并予以合理组配是杂交育种成败的关键。我国登记品种中，甘农 3 号紫花苜蓿和图牧 2 号紫花苜蓿是由品种间杂交育成的；草原 1 号杂花苜蓿、草原 2 号杂花苜蓿、图牧 1 号杂花苜蓿、甘农 1 号杂花苜蓿等均是利用这一特性通过紫花苜蓿与黄花苜蓿杂交而育成的。

三、雄性不育系育种

雄性不育系即雄性的花粉败育，但雌花发育正常，自花授粉不结实，但授予其他品系的花粉则可结实的品系。内蒙古农业大学吴永敷教授从草原 1 号杂花苜