

绿肥译丛

农 业 出 版 社

绿 肥 译 丛

杨运生 顾荣申 陈士平 主编

《世界农业》丛刊

绿肥译丛

杨运生 顾荣申 滕士平 主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 5.75印张 139千字

1984年1月第1版 1984年1月北京第1次印刷

印数 1—2,300册

统一书号 16144·2743 定价 0.77元

目 录

草木樨的改良.....	W. K. Smith H. J. Gorz (1)
地中海三叶草.....	W. E. Knight E. A. Hollowell (22)
豆科巢菜属植物的种.....	M. D. Kernick (35)
紫云英硬实率的变异及其遗传的研究.....	赤藤克己 川端习太郎 村田纪 (58)
苜蓿不同倍数体种的种间杂交之多倍性.....	E. Г. Черненко (62)
西塞黄芪简介.....	R. C. Leffel (65)
西塞黄芪的氨基酸组成.....	M. S. Kaldy S. Smoliak M. R. Hanna (66)
割草次数对西塞黄芪饲草产量和质量的影响.....	
.....	C. E. Townsend D. K. Christensen A. D. Dotzenko (69)
豆科植物寄主的遗传学.....	F. B. Holl T. A. Larue (75)
萌芽环境条件对苜蓿和草木樨产量的影响.....	Elmar Haller (80)
苜蓿象鼻虫对苜蓿再生长的影响.....	G. W. Fick (83)
绿肥作物是叶蛋白的一种来源.....	B. Jadhav N. S. Tekale R. N. Joshi (88)

草木樨的改良*

W.K.Smith H.J.Gorz

一、绪 论

1. 分类与分布

草木樨属 (*Melilotus* Adans.) 英文名“甜三叶草”，与豆科的另外两属——苜蓿属 (*Medicago* L.) 和胡芦巴属 (*Trigonella* L.)——亲缘很近，而与真正的三叶草属 (*Trifolium* L.) 亲缘却较远。Schulz (1901) 在他的一篇关于草木樨属的专论中，描述了 22 个种，分属于两个亚属：一个是优草木樨 (*Eumelilotus*)，包括各个典型的二年生种；另一个是小草木樨 (*Micromelilotus*)，包括各个比较矮小的一年生种。较近的有 Suvorov (1950) 关于草木樨属的研究，基本上保留了 Schulz 的分类方案，但作了一些重要的修正，例如把克里米亚草木樨 *M. taurica* (M. B.) Ser. 划到另外一个亚属中，看来是并不恰当的。因此，我们按照 Schulz 的方案，将草木樨各分类种列于表 1，并根据 Suvorov (1950) 和 Isely (1954) 的意见，删去了两个 Schulz 定名和描述过的可疑种。

表 1 草木樨属分类表 (亚属、组和种)

属——草木樨属 (*Melilotus* Adans.)

亚属 A: 优草木樨 (*Eumelilotus* Schulz) ——二年生，种子平滑。

第一组: *Coelortys* Ser.

白花草木樨 (*M. alba* Desr.) (旧译白香草木樨)

高茎草木樨 (*M. altissima* Thuill.) (旧译高草木樨)

细齿草木樨 [*M. dentata* (W. 和 K.) Pers.]

粗毛草木樨 (*M. hirsuta* Lipsky)

黄花草木樨 [*M. officinalis* (L.) Lam.] (旧译黄香草木樨)

波兰草木樨 (*M. polonica* (L.) Desr.)

香味草木樨 (*M. suaveolens* Ledeb.)

克里米亚草木樨 [*M. taurica* (M. B.) Ser.]

伏尔加草木樨 (*M. wolgica* Poir.)

亚属 B: 小草木樨 (*Micromelilotus* Schulz) ——一年生，种子结核状。

第二组: *Laccoearpus* Schulz.

印度草木樨 [*M. indica* (L.) All.]

意大利草木樨 [*M. italica* (L.) Lam.]

平滑草木樨 (*M. neopolitana* Ten.) (俄译那波里草木樨)

* 译注: 这篇原文共有 11 章 39 节，约 5 万字，这里选译其中与我国发展草木樨关系较大的几个章节。

(续)

第三组: *Plagiorytis* Ser.

雅致草木樨 (*M. elegans* Salzm.)

大粒草木樨 (*M. macrocarpa* Coss. & Dur.)

美丽草木樨 (*M. speciosa* Dur.)

第四组: *Campylorytis* Ser.

有害草木樨 (*M. infesta* Guss.)

墨塞尼亚草木樨 [*M. messanensis* (L.) All.]

大田草木樨 [*M. segetalis* (Brot.) Ser.]

深槽草木樨 (*M. sulcata* Desf.) (俄译沟草木樨)

第五组: *Lopholobus* Boiss.

双色草木樨 (*M. bicolor* Boiss. & Bal.)

上表列举的 20 种草木樨中, 有 17 种草木樨的染色体数已经有人报道, 都是 $n=8$ (Wipf, 1939; Darlington和Wylie, 1955; Shastri, 1958)。其染色体数目尚未见过报道的三个种是雅致草木樨、有害草木樨和双色草木樨。

草木樨属起源于欧亚两洲接壤地区。典型的二年生亚属优草木樨, 原产于从中欧到中国西藏之间的地带。小草木樨大概原产于地中海地区。其中白花草木樨、黄花草木樨和印度草木樨已经在几个大洲广泛种植, 其它草木樨则仍局限于一定的地域和特定的生态条件。

2. 历史

十九世纪末, 草木樨在恢复阿拉巴马州和密西西比州石灰性土壤的肥力上显示了它的价值, 该地的土壤肥力由于连续种植非豆科作物而衰退 (Lloyd, 1912)。1900 年, 草木樨在肯塔基州中北部改良土壤中引起了人们注意。那里的佃农已经在坡耕地的石灰性土壤上种了一百多年烟草, 大片耕地被冲刷得沟壑遍地, 以至于荒弃。正好在这个时候偶然引进了草木樨, 长满了被侵蚀的坡耕地, 为早熟禾的覆盖开辟了道路。短短几年内, 这些耕地就为农民们提供了大量牧草, 或重新种植谷物而得利。

印度草木樨 (或称酸三叶草) 也是在一个偶然的的机会引进到澳大利亚塔斯马尼亚岛的金岛西部沙土上, 大大提高了该地区的土壤肥力和农业利用价值, 促进了该地区肉乳业的繁荣发展。该地区种植草木樨除了改良土壤之外, 还进一步作为牲畜的干草和放牧之用。

苏联在三十年代开始大种草木樨。在德国和波兰, 草木樨作为一种沙地豆科作物而引起了重视。在阿根廷则用于放牧。

草木樨是一种生活力很强的植物, 是最先占领荒地的植物之一。它迅速地沿着公路、铁路和围墙边蔓延开来, 在北美曾招到人们的嫌恶, 在本世纪初的一段时期内, 不止一个州把它列为有害杂草。但是, 到1910年, 人们大大消除了对草木樨作为一种有价值作物的怀疑, 进入了在农业企业中迅速推广的时期。从美国中北部两个州种植面积的变化, 可以看出不久前还是一种路边杂草的草木樨是怎样戏剧性地被农民接受而成为一种栽培作物的。在伊利诺斯州, 1919年草木樨种植面积仅 48,000 公顷, 而 1929 年则达到 757,000 公顷。在内布拉斯加州, 草木樨种植面积从 1920 年的 30,000 公顷增加到 1930 年的 1,100,000 公顷 (Stewart和Gross, 1932)。

二、形态与繁殖

1. 花的结构与繁殖

草木樨的花是小形花，单花，着生在密集或疏散的总状花序上。主要的繁殖器官——10个雄蕊，子房，花柱和柱头——藏在一对蝶状花瓣内，花瓣外缘或多或少融合，形成一个龙骨瓣。在二十来种确认的草木樨中，有13种草木樨的每个子房内有2个胚珠，另外7种草木樨的胚珠较多，其中药用草木樨每个子房内通常有6个胚珠（Schulz, 1901）。一般每荚含一粒种子，罕见有2—3粒者。

优草木樨亚属的各种，包括普通的栽培种草木樨在内，有一个共同的特点，即：花必须先闭合，然后才能授粉和受精。但细齿草木樨例外。可是在细齿草木樨中有一个例外情况，就是一年生的“北京”品系，这个品系如果花不闭合，就不能产生充实的种子。在小草木樨亚属中，大多数是天然结实。

2. 繁殖器官和种子、幼苗的发育

在授粉前由大孢子母细胞分裂产生胚囊，授粉后18—21小时受精。受精卵发育成具有3个或4个细胞的花丝，其末端细胞长成胚胎。

成熟种子的种皮完全包住胚胎（Martin和Watt, 1944）。种皮一般为两层，胚根顶端的种皮较厚。种皮的细胞壁上有很多孔道和原生质联络丝，使水分能够通过。细胞的内容物大部分是胶质，当吸水时，细胞膨胀，水分扩散并产生很大的压力，把种皮鼓开。早在本世纪之前，Terras（1895）就曾提到，粘液状的胚乳能促进子叶从种皮中伸长出来。

Martin（1937）让人们注意根系中的韧性纤维。看来这是贮藏碳水化合物的场所，到后期茎秆高大并着生花荚时，又起到增强根部纤维的作用。

3. 硬子

草木樨充分成熟的种子中，有很大部分是“硬子”，就是说，这类种子当温度适于萌芽时，不能很快吸水。在没有完全干燥之前采收的充分发育的种子是软的，失水之后变硬（Helgeson, 1932; Munn, 1954），并且能多年保持坚硬状态。Stoa（1941）曾记录过草木樨的硬子在土壤中能保持20年以上仍有活力，Munn（1954）提到，将硬子贮存在干燥室内密封的玻璃瓶中近40年，仍有17%的硬子保持原有的坚硬状态。将这些种子经过划破处理之后，有60%能正常出芽。但是，McFarland和Smith（1962）的试验结果，将白花草木樨的种子标本用纸包好，贮存在实验室42年后，只有3%的硬子能出芽。

一般把这种硬子性状归因于种皮的外层细胞，叫做“马尔毕基层”或栅栏层，但是关于它的特殊结构尚有争议。Rees（1911）和Hamly（1932）强调最外层细胞——角质层和栅栏细胞的圆顶的作用，而Coe和Martin（1920）则强调所谓“明线”——栅栏细胞的厚壁。Hamly（1932）注意到种阜——种子和珠柄之间的维管联接处。他把种子浸在饿酸溶液中，发现软子在种阜处变黑，紧接着种子就膨胀，而硬子的种阜则不变黑。后来Martin和Watt（1944）证实了这一发现。

用机械或其它方法挫伤或削弱种皮，则水分可以从种皮的其它部位进入种子。Love和Leighty（1912）以及Coe和Martin（1920）证明用浓硫酸处理种子能有效地提高出芽率。Martin（1944）发现，把种子放在冰冻范围内冷热交替处理两个月或几个月，可以使

硬子软化。Rincker (1954) 及 Works 和 Erickson (1961) 指出, 无论用红外线还是用电烘箱进行热处理, 都能显著提高苜蓿和红三叶草的出芽率, 但对降低草木樨的硬子率一般是无效的。机械收获能使硬子率降低一些, 但是市场上的草木樨种子, 大都在出售前还要进行机械挫伤处理。

Stevenson (1937) 和 Downey 等 (1954) 选育出一些种皮可以透水的白花草木樨品系, 这类品系种子的种皮有褐色的凹陷斑块。

4. 自交与杂交亲和性

关于授粉和结实, 对白花与黄花草木樨研究得比其它各种草木樨较为详尽。白花草木樨是一种典型的自花能稔植物, 但是花朵不经人工处理是不能结实的 (Coe 和 Martin, 1920)。Kirk 和 Stevenson (1931) 从中分离出一些品系, 花朵不经处理也能充分结实。他们发现在这些天然白花受精品系中, 柱头不伸出雄蕊之上, 因此在开花之前柱头上已经沾满了大量花粉。

关于黄花草木樨的早期研究表明, 野外植株的结实率高于用防虫网保护的植株 (Darwin, 1876; Kirchner, 1905; Kirk, 1925), 表明这种草木樨可能具有自交不育性。Kirk 和 Stevenson (1931) 发现, 即使花粉盖满了柱头, 也不能接受本株的花粉。R. A. Brink (1934) 证实了自交不亲和性和杂交亲和性。D. C. Cooper (转引自 Brink, 1934) 表明, 在异花授粉之后, 花粉迅速萌芽, 花粉管很容易进入花柱而达到子房, 而在自花授粉时, 只有少量花粉萌芽, 生长缓慢, 花粉管的生长很少能超出柱头范围。

关于黄花草木樨不同植株间自交亲和性的显著差异, 已经有所记载。Gutierrez (1948) 记载了“马德里”品种中的大范围差异。在这同一品种中, Sandal 和 Johnson (1953) 发现自交亲和性变异于 0—69% 之间, 自交能孕性偏低。Gettys 和 Johnson (1944) 用两个自交不孕和一个自交能孕的植株杂交, 发现这些试验材料的杂交不亲和性属于对立等位基因型, 或称单基因型, 自交能育等位基因为显性。Gutierrez (1948) 指出, 单基因对立假说不足以解释“马德里”品种 50 个植株间的相互关系。Sandal 和 Johnson (1953) 也用这个品种进行试验, 提出了一个在对立型的 S 等位基因系统上再增加一些遗传上各自独立的、自交能孕修饰基因的遗传机制。

三、栽培与生理

1. 土壤与气候适应性

草木樨对气候与土壤的适应范围很广。它能抗旱, 只要有足够的水分供它萌芽, 出苗后即使在极为干旱的条件下也能存活。一般认为普通黄花草木樨和“马德里”品种比白花草木樨的品种更能耐旱。它能抗寒, 因此其分布范围能延伸到相当高的纬度。直根粗壮, 扎根根深, 在中下等肥力的土壤上也能生长良好。但在酸性土壤上发育不良, 需要增施石灰。在排水良好、肥沃、湿度适中、pH 在 6.5—7.5 的土壤上生长最好。

2. 种子和播种

草木樨种子小, 所以苗床必须紧实, 播种不宜过深。在湿度适中的粘重土壤上, 播种深度以半英寸为宜 (1.2—1.3 厘米), 而在轻松土壤或墒情较差的土壤上, 可以播到一英寸或更深一点 (2.5—3.0 厘米)。用改进的机械, 如条播机和碎土镇压器播种, 有利于种子

出苗。前已提到，草木樨在含钙较高的土壤上生长繁茂。草木樨在冬季或春季与谷类作物间、混种，或者当土壤墒情不足时单种，都能很好出苗。

关于草木樨地用除草剂防除杂草效果的报道很少。卤代苯氧型除草剂的选择性还不太好，用于草木樨不太安全。Plucknett (1957) 发现，用2,2-二氯丙酸(“茅草枯” dalapon) 在出苗后施于草木樨地，能有选择地防治禾本科杂草。最近Burnside和Gorz(1960, 1965) 证明，在“休班”(Huban) 与“马德里”品种草木樨的田间，于出苗前施用3-氨基-2,5-二氯苯甲酸〔“草灭平”，或称“豆科威”(amiben)〕，能够有选择地防治一年生禾本科杂草和阔叶型杂草。第一年施用“草灭平”除草的“马德里”草木樨地，第二年产草量有所提高。

3. 生长与田间管理

(1) 第一年 关于二年生草木樨第一年的生育情况，已经有过相当详细的描述(Willard, 1927; Martin, 1934; Dale Smith和Graber, 1948)。出苗后几个星期的植株，由三个部分组成：一个初生茎，在适宜的环境条件下能生出很多分枝；一个发达的初生根，有时也分枝；随着季节的推移，形成一个根颈。地上部植株高度中等，很少开花，在夏末达到最大生长量。这时根量开始迅速增长，并在整个秋季都持续增长。当根增大时，根颈芽(两个子叶和若干个不定芽，都在地表之下)也随之明显增大起来。Dale Smith和Graber (1948) 的资料表明根的发育比地上部快。在美国威斯康星州马迪孙地区(北纬43°) 春播的二年生白花草木樨，8月16日采样，地上部与根的比率为6.9，而两个月后(10月18日) 的比率就降为1.6。在这两个月间，地上部的重量增加不到一倍，而根的重量却增加了七倍。随着根重的显著增加，根中可利用的碳水化合物含量也急剧提高，从8月初的10%左右提高到10月初的40%。它们最先形成淀粉和糖，然后在低温条件下，大部分淀粉又转化为糖(Dale Smith和Graber, 1948)。在秋季，根的含氮量缓慢增长，而地上部的含氮量则有所下降(Snyder和Hein, 1926; Willard, 1927; Smith和Graber, 1948)。

根和根颈芽内贮存养料之多少，决定于地上部的光合作用强度。因此，地上部生长量下降，就会影响根内养分的贮存。在第一年生长期间割去地上部，会造成不良后果，因为割后势必从茎芽上发出新枝。在密植或间、混作物荫蔽下，许多下部的茎芽可能提早萌动，造成枝条脱落，结果使具有发芽能力的芽剩下不多了。在间、混作物收获时，适当提高收割机的收割高度，尽量减少草木樨茎叶的损伤，对草木樨的生长将是很有利的。据美国俄亥俄州哥伦布地区的试验，当混播的燕麦收割高度为14—16英寸时，草木樨的根量为2,760磅/英亩(折合414斤/亩)；收割高度为7—8英寸时，根量为1,830磅/英亩(274斤/亩)；而收割高度为2—3英寸时，根量为1,090磅/英亩(163斤/亩)(Willard和Barnes, 1959)。

秋季割草或在草木樨地放牧，会严重影响根的养分积累，导致越冬死亡，延缓次年返青，降低第二年产草量(Willard, 1927; Badger, Snyder, 1933; Garver等, 1943; Smith, Graber, 1948)。如果想在第一年拿出一部分草木樨作饲草，危害较轻的利用方法，看来是轻度放牧，最好是在养分积累的末期进行放牧。最危险的割草期是养分积累的初期。Willard (1927) 曾进行不同时期(养分积累初期、中期和末期) 的割草试验，第二年春天测定其越冬死亡率，分别为75% (9月9日割草)，53% (9月26日割草)，12%

(11月3日割草)和5% (未割草)。

Willard(1931)在美国俄亥俄州哥伦布地区试验了草木樨与其他豆科作物对低割草茬(用割草机除草以防治间、混作物收获后的田间杂草)的反应,以第二年的干草产量进行比较,发现第一年从7月15日—10月1日期间任何时候割草,对草木樨都有不利的影响,而苜蓿或红三叶草则在9月1日以前割草都没有发现有什么影响。其他研究者还发现,苜蓿在9月1日以前的某些时候割草反而有利,而9月1日以后割草,对苜蓿和红三叶草有一些不利影响,特别是红三叶草,在10月15日—11月1日期间割草,使其失去了越冬覆盖物,影响尤为严重。Stickler和Johnson(1959)在依阿华州,在间、混作物收割后,对草木樨和其它三种豆科作物进行割草试验,比较其地上部的干物质产量及含氮量,草木樨“马德里”品种的第一年氮素产量为:未割草的125磅/英亩,7月29日割草的110磅/英亩,8月21日割草的71磅/英亩,7月29日和8月21日两次都割草的为68磅/英亩。反之,苜蓿、红三叶草和“拉丁诺”(Ladino)白三叶草却是每个割草处理的氮素产量都高于未割草的对照区。

草木樨能耐寒。将草木樨、苜蓿和红三叶草经过耐寒锻炼的植株放在-25℃的冰箱里,连续在不同的时间条件下进行处理,结果表明草木樨比另外两种豆科作物受害较轻(Dale Smith, 1952)。休眠期间新陈代谢活动低,有利于提高存活率。在田间条件下,草木樨的根颈和越冬根茎掩埋在地表下面,可能也是一个有利于越冬存活的因素。

(2) 第二年 第二年春天,根颈芽或根茎根快开始生长,随后茎也强有力而迅速的生长。最初几个星期生长靠第一年秋天贮存在根内的养分。根中可利用的碳水化合物和氮素含量降到最低水平(Willard, 1927; Dale Smith和Graber, 1948)。因此,第二年的生长几乎全部是地上部的生长。如果这时割草,则从茎芽上发出新枝,而不是象苜蓿或红三叶草那样从根颈上发出。

(3) 一年生草木樨 一年生和二年生类型的生长习性在第一年的初期生长非常相似。但是到了仲夏,二年生类型的地上部比一年生类型较呈匍匐状,同时在根茎处开始出现芽。随着季节推移,差异日益明显,一年生类型主要是地上部生长,而二年生类型则根和根茎快速发育。Willard(1927)在俄亥俄州比较了一年生品种“休班”与二年生白花草木樨(都与其它作物混种),4月6日播种,9月28日收获。“休班”的地上部干物质产量为3,840磅/英亩,地下部为360磅/英亩,而二年生白花草木樨的地上和地下部分产量分别为2,490和1,960磅/英亩。

4. 光周期

在白花草木樨与黄花草木樨二年生类型所分布的广大地区,植株在第一年很少开花,但根系显著增大,并在根颈处形成许多短而粗壮的根茎。一年生类型草木樨在一年之内就完成其生活史,而二年生类型的习性则不同,其主要原因是对日照长度的反应不同。在草木樨遗传育种的多年研究中,每天除自然日照之外,又放在温室补充光照,使光照长达18小时左右。在这种长光照条件下,二年生类型的草木樨在播后不到三个月就能开花。

关于不同光周期对草木樨发育的影响,各地研究结果颇不一致。T. J. Smith(1942)在二年生黄花草木樨的一个试验中发现,第一年秋天给以17小时的光照,收获时根重占全株总重量的11.8%,而正常日照者(平均每天11小时),根重占总重的64.1%。在长日照条件下,植株根颈上形成的根茎不超过两个,而在短日照下,根茎数为7—8个。Kas-

perbauer等(1963)观察不同光周期对二年生草木樨第一年生育情况的影响,发现在稳定的温暖条件下,长日照处理的植株能自然开花,直根很小。将在秋天的田间温度条件下接受自然短日照的植株与温室温暖条件下接受同样日照的植株加以比较,发现在处理三个月后,根量与根颈芽的数目没有明显的差异。Wiggans(1953)记载,一年生的白花草木樨品种“休班”在12—20小时的光周期下都能开花,而二年生的品种“长青”(Evergreen)则需要至少17小时的光周期才能开花。在20小时光周期下,一年生和二年生品种的开花期基本一致。Hodgson和Bula(1956)记载,在阿拉斯加的帕耳马(北纬61.5°,从日出到日落的最长日照期为19.5小时),二年生草木樨在没有间、混作物荫蔽的情况下,第一年就能大量开花。

Kasperbauer等(1962)发现,春化处理在某种程度上能降低草木樨对光周期的需要。同一作者(1963)还观察到,在连续光照的条件下,不需要进行春化处理,二年生草木樨也能象一年生草木樨一样容易开花。采用循环光照(短时间的光暗循环交替),即用低强度的白炽灯(40—80英尺·烛光),循环周期最长为一小时,光照时间为循环周期的10%(例如,每15分钟照1.5分钟,或每小时照6分钟),能促进开花。可见,草木樨开花与否的决定因素不是总光照的长度,而是光照间歇中的黑暗时间长度。因此,在给草木樨甚至其他作物补充光照时,采用短时间的间歇光照,比现行的连续光照方法有效,耗费也较低。

Kasperbauer和Borthwick(1964)研究了红光和远红光对二年生白花草木樨茎伸长的效应。在12小时光周期的末尾用红光或远红光处理无效,而在12小时的黑暗中间用红光处理,能促进茎伸长,但并不能诱导花分化。在红光处理之后紧接着再用短时间的远红光处理,则抵销红光处理的效果。

四、利 用

1. 土壤改良

五十多年来各地出版的大量书刊都证实了草木樨在改良土壤中的重大作用。草木樨以其能适应不良环境条件和积累大量氮素及有机质并能很快被下茬作物利用而著称。它的粗大而穿透很深的直根,是人所共知的。早在1912年,Lloyd在其对各国早期研究工作的详尽摘要中,就提醒人们注意草木樨作为一种改土作物的价值和多方面作用。从那以后,其他地区的许多研究者也发现草木樨是改良土壤的一种有用植物。伊利诺斯州的Grandt和Lang(1958),和俄亥俄州的Struthers(1960)都分别报道了该州在开矿工程之后的耕地改造中,草木樨是最有价值的作物之一。在英国的灰渣场(粉煤燃烧后的废渣)的土壤改良利用上,草木樨也表现出大有希望(Hunt、Farrant, 1955; Holliday等, 1958)。在这种炉灰渣土中,镉是一种主要的有毒元素,苜蓿被评为中度耐毒,而草木樨评为耐毒。多年前,Coe(1917)就指出,草木樨能耐耐怀俄明、加利福尼亚和犹他等州的碱土。人们发现草木樨的根很长,能穿透底土,有利于排水,是土壤脱盐的一个良好措施。后来,Ahi和Powers(1938)、McKenzie和Bolton(1947)、以及Forsberg(1953)也发现草木樨对盐土或碱土的忍耐力;Kelley(1937)、Magistad和Christiansen(1944)提出了利用这种豆科植物来开垦盐碱土的可能性。

得克萨斯黑土地带在耕作制中采用草木樨改良重粘土,取得显著效果(Potts, 1955)。

用草木樨作绿肥，能改进棉田土壤的通气、透水、吸水和其他物理性状，减轻水土流失、侵蚀和棉花根腐病造成的损失。R. M. Smith等（1954）报道，秋播燕麦和草木樨混播并施磷肥，已成为一部分黑土地带改土增产的主要措施。但在黑土地带，生长季中有时土壤水分不足，往往成为限制草木樨生长的主要因素。为此，Hervey等（1951）提出深层施肥的必要性，因为在干旱季节，作物必然要从深层土壤吸取水分和养分。草木樨还能利用其他作物所难以利用的磷素（Bauer, 1923）。在黑土地带，磷肥和钾肥对棉花、玉米等作物是较难利用的。Sprague（1950）建议将肥料先施给草木樨或其它冬季豆科绿肥作物，再通过绿肥给其后茬作物提供一部分有效态的养分。

在加拿大西部的灰色森林土和退化黑土地地区，通过种草木樨和施肥来解决缺硫和缺磷的问题时，发现草木樨能提高土壤肥力，改良土壤结构（Carder和Hanson, 1951; Greenshields, 1957; Newton等, 1959）。在更北的地区，将地上部鲜草压青作绿肥的效果，和在收草之后耕翻草茬差不多。

过去四十年来许多地方的大量试验表明，在轮作制中加入草木樨，对改良土壤有良好的效果。Willard和Barnes（1959）在俄亥俄州试验，在玉米和燕麦的两年轮作制中，将草木樨作为燕麦的填闲作物，以没有填闲作物为对照区进行对比。在1938—1942的五年间，有草木樨的轮作区，平均每英亩产玉米67.0蒲式耳，而没有草木樨的轮作区，只产46.8蒲式耳。美国玉米带的其他地区也曾报道类似的结果（Sear和Burlison, 1943; Johnson等, 1954）。Stickler和Johnson（1959）在依阿华州两个地点1955—1957年的五次试验结果，草木樨品种“马德里”播种当年秋季测产，地上与地下部合计，平均每英亩产干物质5,333磅（折合800斤/亩），折合氮素146磅（21.9斤/亩）。Willard和Barnes（1959）在俄亥俄州试验，生长第二年5月1日测产，平均每英亩产干物质4,640磅（696斤/亩），折合氮素147磅（22斤/亩）。

Pumphrey和Koehler（1958）在内布拉斯加和西部土壤上的一次试验中，用了四个二年生草木樨品种，耕翻压青后*，下茬玉米在灌溉条件下和氮肥供应充足的土壤上，第一年增产37%，第二年增产25%；在含氮量低的土壤上，第一年增产131%，第二年增产193%。对后茬作物的肥效，四个品种间差异不显著。

但是，在一些降雨量是作物生长的主要限制因素的地区，草木樨压青作绿肥，一般并不能使后茬作物增产（Greenshields, 1957; Reynolds等, 1955; Army、Hide, 1959）。降雨量高于常年平均数的年头所得的增产，由于干旱年头减产而被抵销了。蒙大拿州三个试点的多年试验结果分析表明，草木樨对土壤的氮素或碳素含量并没有明显的效果（Army、Hide, 1959）。

过去二十年来，在美国西北部太平洋沿岸各州降雨量超过16英寸的地区，二年生草木樨已成为轮作制中广泛用来与玉米、紫花豌豆和其他耗地作物进行轮作的一种最重要的豆科绿肥作物，草木樨能提高其后茬作物的产量，并减轻土壤侵蚀（G. M. Horner等, 1944; Entenmann等, 1952）。草木樨广泛用来与禾木科牧草混播，但是从1955年以来，草木樨的种植面积有所下降（Schwendiman和Kaiser, 1960）。

在玉米地带的一些州，草木樨可以在小粒作物收获后于仲夏播种。但，Willard和Bar-

* 原文未说明翻压时间，从下文联系来看，估计是当年秋季压青。

nes (1959) 强调夏播草木樨的利用价值不如春播好。

2. 牧草

利用草木樨作为一种放牧作物，远远超过其用作干草或青贮。由于草木樨茎叶中含有大量苦味的香豆素，开始时牲畜不大喜欢吃，但是很快就会习惯于这种气味。现已推广了一些香豆素含量低，适口性较好的新品种 (W. K. Smith, 1964)。

二年生草木樨生长第一年能提供的牧草量，取决于纬度和间种的作物。在加拿大西部，生长第一年的草木樨只有在地上部经过霜打之后，才允许轻度放牧 (Greenshields, 1957)。而在低纬度地区，生长第一年就能提供大量的牧草。Garver 等 (1943) 提出，在内布拉斯加东部，第一年草木樨生长到 6—12 英寸高时，可以进行放牧；但在植株未充分发育之前，要注意防止过度放牧。在根系积累养分最高的期间，应将牲畜挪开；过了这段时间，可进行中度放牧，留下高茬以备冬季防寒。

主要产草量在第二年，从春季草高 12—16 英寸时开始放牧，晚熟品种可以延续到夏季。第二年的前期生长是很快的，因此有必要增加牲畜，以防牧草变得粗硬而降低其适口性。

牲畜吃草木樨牧草而胀肚的现象少于苜蓿、红三叶草或杂三叶草，但仍有胀肚的危险，应采取预防措施 (Garver 等, 1943)。此外，还曾出现泻肚现象 (Helm, 1941)。在放牧时添加一些干草或其他粗草料以减少胀肚和泻肚的发生，这种措施在任何时候对牲畜都是适宜的。

Helm (1948) 在密苏里州提出了一个为长期放牧提供牧草的种植制度：生长二年的草木樨供春季放牧，胡枝子提供夏季的优良牧草，生长一年的草木樨供秋季中度放牧，而秋播谷类作物则为初冬和春季提供牧草。

在美国西北部太平洋沿岸各州的帕劳斯流动沙丘地区，在短期轮作制中实行草木樨与禾本科牧草混播，能防止土壤侵蚀，又提供了优质的牧草 (Law 等, 1949)。在一组四年试验中，用草木樨与山雀麦混播牧场放养的小公牛，比用苜蓿和禾本科牧草混播放养的小公牛每年每英亩多产 81—105 磅牛肉。小公牛在单一豆科牧场上放牧时，平均每英亩的载畜量为 195 头/日，产肉量为 308 磅；而在豆科牧草与自给谷类作物混播的牧场上放牧时，每英亩的载畜量为 293 头/日，产肉量为 668 磅。有了这些由大田直接提供的谷类作物，公牛在出售之前可以不用进行围栏育肥。在这样的牧场上放牧，也不会发生严重的胀肚问题。

在流动沙丘地区，由于蛱蛄为害和过度放牧，早熟禾已变为一种杂草而失去利用价值。随着二年生草木樨的发展，该地区又恢复了生产力 (Graber, 1936)。他们在种草木樨时增施了必要的石灰和肥料，已将该地区全部建成为草场。

Olson 和 Evans (1938) 在南达科他对草木樨和苜蓿的放牧价值进行了十年的比较试验。草木樨的放牧期和苜蓿基本一样，而牛奶和牛油的一年平均产量则高于苜蓿。

在得克萨斯的中北部、中部和南部，草木樨是一种重要的豆科作物，不仅用于改良土壤，也用作牧草。种植最普遍的是一年生的“休班”类型。在得克萨斯中部的黑土地带，年降雨量超过 30 英寸，草木樨一般在秋季和冬季播种，与小粒谷物混播，当早春草木樨尚未充分生长之前，由小粒谷物提供牧草 (R. B. Smith 等, 1954)。在侵蚀较重的坡地，将“休班”草木樨播于约翰逊草地上，以提供有价值的牧草。在得克萨斯的中北部，广泛种植二年生“马德里”品种，一般是春播 (Coffey 等, 1957)。

在得克萨斯南部，主要种一年生草木樨，因为二年生草木樨在缺乏灌溉条件的地方不能越冬。那里大面积种植酸三叶草（即印度草木樨）和“休班”。酸三叶草产量较低，根

系小，适口性差，因此不如“休班”。另外有两个一年生草木樨似乎与“休班”占有同等地位，一个是“佛罗安娜”(Floranna)，产量与“休班”相似，但能比“休班”提前一个月提供牧草(Coffey等，1957)。在有灌溉条件的地区，在初冬也可做牧草；另一个是“以色列”(Israel)成熟期很晚，可供夏季放牧(Jeter等，1962)。

一年生草木樨在佛罗里达州也很有利用价值。在周年轮牧制中，将“休班”草木樨混播于“彭萨科拉”巴伊亚草(Pensacola bahiagrass)地里，从2—5月都能为当地农民提供牧草(D. W. Jones等，1960)。Killinger和Ritchey曾报道“佛罗安娜”产量高于“休班”。

3. 青贮饲料

草木樨鲜草必须经过妥善处理，才能制成优质的青贮饲料，否则用香豆素含量高的品种制成的青贮饲料，腐烂后是有毒的。用于青贮的草木樨，必须在开花之前刈割。Stalleup(1955)的试验资料表明，在开花盛期刈割牧草，会降低青贮饲料的质量。最好的青贮饲料是在刈割之后晒蔫，使含水量降到60—70%。如果鲜草刈割后不能直接放入青贮塔的话，可在鲜草中增加一些防腐剂、糖蜜或玉米面，也能促进其发酵(Garver等，1943)。要得到优质的青贮饲料，必须将草切短，装填紧实，装好之后立即密封。

Atkeson和Anderson(1935)发现，从奶牛的产奶量、奶油产量和体重来看，草木樨青贮饲料可以比得上玉米青贮饲料，但适口性不如后者。Christensen和Hopper(1938)用小公牛和羊试验不同青贮饲料和干草的营养价值，按干物质计算，在消化率、可消化养分和能量代谢上，草木樨青贮饲料和干草与苜蓿不相上下，而可消化粗蛋白和总可消化养分(TDN)的含量稍高于后者。

在得克萨斯中部和南部，草木樨与秋播小粒谷物混播，草木樨和谷粒作物混合物能制成优质的青贮饲料。在谷物蜡熟期收割的混合牧草，一般不需要添加防腐剂，也不需要预先晒蔫(Coffey等，1957)。

Gaalaas和Rogler(1955)报道，“曼丹”(Mandan)野黑麦和草木樨混合，能制成很好的青贮料，用来饲养小母牛和奶牛。但是，由于草木樨是二年生牧草，从而局限了这种混合牧草的利用。

在阿拉斯加州的帕耳默，二年生草木樨在气候适宜时能长得很好，第一年就开花。这种牧草最好用作青贮，但在青贮之前必须晒蔫或与禾本科牧草混合用(Taylor等，1958)。如果整地较好并且早播，“马德里”或“西班牙”品种每英亩可产6—8吨高蛋白青贮饲料。

4. 干草

草木樨作为干草利用不象其它牧草那样利用方式广泛。它能提供富含蛋白质和矿质营养的优质干草，其营养成分和饲用价值接近于优质的苜蓿草(Garver等，1943；Bell等，1952，1954)。特别是二年生品种第一年收割的鲜草，如果杂草和混种作物的残茬所占比例不大的话，其干草质量更高。然而，第一年任何时期割草，对第二年的生长总会有一些不利的影响。Garver等(1943)提出一个第一年割草尽量减轻其不利影响的办法，就是必须推迟到接近于根部充分积累养分的末期割草，并且留茬的高度要在4英寸以上，以便存雪越冬。

草木樨干草的贮藏比其他一些豆科牧草较为困难，因为它的茎秆较粗，干燥得比叶片

慢，当茎秆干燥到可供贮藏而没有腐烂危险时，叶片已经变得脆弱，一碰就掉了。用香豆素含量高的草木樨制作干草而又贮藏不善时，会引起腐烂并产生毒素。

Garver等(1943)建议用作干草的草木樨可在开花前刈割，而Pott(1955)和Greenshields(1957)则主张在开花初期刈割。白花草木樨的一年生类型，可在开花前收割作干草(Potts, 1955)。

5. 种子生产

草木樨的种子产量受多种相关因素的影响，其中包括气候和土壤条件、植株密度、田间管理、授粉昆虫的数量、草木樨的品种以及病虫害之有无等(Garver和Kiesselbach, 1947)。土壤含有丰富的石灰、磷和水分，对作物良好生长是很重要的，而在开花期间有温暖晴朗的天气，则能提高授粉率。留种田的适宜密度为每平方英尺中有1—2株苗(相当于每平方米10—20株)。第二年任何时候割草或放牧都会降低种子产量。

草木樨对于蜜蜂有高度的引诱力，并且对蜜蜂传粉效果良好，因此在授粉上很少出现问题(Bohart, 1960; Furgala, 1960)。Bohart(1960)指出：黄花草木樨对其他许多蜂种，特别是halictids，有引诱力，白花草木樨对多种昆虫，包括多种黄蜂和一些蝇类，也有引诱力。目前尚未确证蝇类是否能对草木樨起到授粉的作用。在内布拉斯加，一般认为tachinid蝇能使草木樨的花朵闭合(Gorz, 1958)。Coe和Martin(1920)发现有许多种昆虫能给草木樨传粉，其中包括鞘翅目、鳞翅目、双翅目、膜翅目等目的一些属。

一般认为要获得种子高产，一英亩草木樨以集中放养一个蜂群为宜(Greenshields, 1957; Furgala, 1960)。但是B. A. Haws和F. C. Holdaway(引自Bohart, 1960)在明尼苏达的试验结果表明，在一英亩地里同时放养几个蜂群，获得1,400磅/英亩(折合210斤/亩)的高额产量，种子产量随着蜂群的增加而提高，每英亩至少可以放养6—10群。大田的种子产量远高于靠近蜂箱附近的产量。

在大平原地区，早熟品种如“马德里”和“普通黄”(Common Yellow)，在夏季严重干旱来临之前已经成熟，因此可以在较干旱地区有相当的成功把握进行种子生产(Garver等, 1943)。稍晚熟的品种，如“金顶”(Goldtop)、“西班牙”和“普通白”(Common White)，由于夏季干旱而导致种子减产(Hollowell, 1960)。晚熟品种如“邓塔”(Denta)和“常青”(Evergreen)，则只能在水分充足的地区进行种子生产。

草木樨通常能结大量种子。但是由于它带有一点无限生长习性，而成熟的荚在花序轴上又着生不牢，以致在收获前和收获过程中有将近一半的种子脱落。据Potts(1955)估计，实际收获的种子量仅占植株产量的60%左右。

Garver和Kiesselbach(1947)对不同的收获方法进行过广泛的研究。当30—60%荚壳变褐色或黑色时，用割晒机收获，能获得最高产量的优质种子。如果植株过于粗壮，或因雨露而潮湿时，必须先割倒，经过短期晾晒后，由捡拾型联合收获机按风干行列进行脱粒。在生产上一般不采用立秆采种(即直接收获)，因为这种收获方式要求种子达到完全成熟阶段才能进行，必然造成大量落荚。近年来在一些地区施用干燥剂后进行直接收获，取得良好效果(Potts, 1955)。

北美洲的草木樨种子生产，大部分局限于一条相当窄的南北地带中：北部较宽，包括加拿大西部的大平原；南部较窄，包括美国的明尼苏达和依阿华州的西部和达科他、内布

拉斯加、堪萨斯和俄克拉荷马州的东部,并延伸到得克萨斯(W. K. Smith和Gorz, 1962)。

6. 蜂蜜

人们很早就认识到草木樨是所有植物中最有价值的蜜源植物之一。白花和黄花草木樨对蜜蜂有高度的引诱力。蜜蜂出入于花间,既采花粉,也采花蜜(Bohart, 1960)。Furgala (1960)发现,在四种豆科植物中,蜜蜂比较喜欢在草木樨和苜蓿上采蜜,而在杂三叶草和红三叶草上则采粉。

在通常种植的各种草木樨中,白花草木樨被养蜂者认为是较好的一种蜜源植物,但黄花草木樨开花较早,花粉量也较多(Bohart, 1960)。据Lovell (1956)描述,白花草木樨的蜜为白色或透明无色、浓度高、香味适口,而黄花草木樨的蜜色稍深,但并不降低其品质。

如果将开花期不同的几种草木樨播在一起,则能在生长季的大部分时间内提供蜜和花粉(Garver等, 1943)。最先开花的是普通的二年生黄花草木樨,以下依次为普通二年生白花草木樨,晚熟二年生品种(如“常青”和“邓塔”),一年生品种(如“休班”和“佛罗罗兰那”),最后为晚熟的一年生品种(如“以色列”)。在第一朵花将要开放时,割去一部分草作干草,可以延长草木樨的花期,但要注意高留茬(Greenshields, 1975)。

五、遗传学与细胞遗传学

1. 性状遗传

现有关于草木樨性状遗传的研究工作,几乎都是用白花草木樨做的。表2列出了白花草木樨已经报道过的基因及其影响的性状,这些性状的遗传方式已经弄清,但部分基因的符号尚未确定。

表2 白花草木樨已报道的基因目录(包括表现型的描述、原始的引证材料、遗传方式及基因符号)

符 号	描 述	参 考 资 料
A	一年生生长习性	H. B. Smith, 1927; Clarke, 1935; Stevenson和White, 1937
a	二年生生长习性	
B	β -糖甙酶活性(释放香豆素)	Stevenson和White, 1940;
b	无 β -糖甙酶活性(束缚香豆素)	W. H. Horner和White, 1941; Slatensek和Washburn, 1944; Goplen等, 1957; Schaeffer等, 1960; Haskins和Gorz, 1961.
Bd	正常植株	Kirk, 1931; Clarke, 1931; Hartwig, 1942(定名为d ₁)
bd	紧缩型矮化植株(来自“阿蒂克”品种)	
C	正常叶片	Hartwig, 1942
c	杯状叶片	
C	种皮有色	Fowlds, 1939; Hartwig, 1942(定名为I); Swenson, 1942
c	种皮无色	
Ch ₁ , Ch ₂ , Ch ₃	正常绿色植株	Bringhurst, 1950
ch ₁ , ch ₂ , ch ₃	缺叶绿素植株	

符 号	描 述	参 考 资 料
Cu	香豆素含量高	W.K.Smith, 1943; Goplen等, 1957;
cu	香豆素含量低	Rudorf和Schwarze, 1958; Haskins和Gorz, 1961; Micke, 1962
D	正常植株	Elders, 1928
d	矮化植株 (来自“普通白”品种)	
D ₁	正常植株	Fowlds, 1939; Hartwig, 1942
d ₁	矮化植株 (来自“南达科他, F.C.13, 074”)	
D ₂	正常植株	Hartwig, 1942
d ₂	矮化植株 (来自P.I. 89, 911)	
E	对G基因为超显性, 因此能抗茎溃疡病	Gorz, 1955
e	对G基因无作用	
G	感茎溃疡病 (髓颈)	Gorz, 1955
g	抗茎溃疡病	
Pg ₁ , Pg ₂	正常绿色植株	Clarke, 1931
pg ₁ , pg ₂	浅绿色植株	
Ru	正常植株	Goplen, 1962
ru	绝叶 (多效性)	
Sd	正常植株	Kirk, 1931; Clarke, 1931; Stevenson, 1937; Hartwig, 1942 (定名为d ₁)
sd	开放型矮化植株 (来自“阿蒂克”)	Fowlds, 1939; Hartwig, 1942; Swenson, 1942
Y	子叶黄色, 当与C基因连锁时, 种皮也呈黄色	
y	子叶绿色, 当与c基因连锁时, 种皮也呈绿色	
—	正常种皮	Stevenson, 1937; White和Stevenson, 1948; Downey等, 1954
—	种皮上有浅褐色凹陷斑点, 可透水 (隐性)	
—	种皮上有染色斑点	Kirk和Stevenson, 1931; Stevenson, 1937
—	种皮洁净	
—	正常叶片	Kirk和Armstrong, 1934
—	叶片尖裂 (多效性, 隐性)	

(1) 生长习性 一般种植的草木樨植株高大, 茎秆粗壮。有的类型植株从根颈上发出大量细而短的分枝。这种类型有可能提供优质牧草, 因而引起人们的兴趣。Kirk (1931) 从“阿蒂克” (Arctic) 品种中选出了这样的类型, 指出这种矮化性状是由于一个单独的隐性基因, 并报道育成了一个与其亲本品种“阿蒂克”有很大差异、适于作饲草的细茎类型品种, 定名为“阿尔法” (Alpha)。Clarke (1931) 将“阿尔法”类型的这种开放型矮化性状基因符号定为 sd。他从Kirk处得到的许多矮化类型中, 发现紧缩型矮化性状是由另一个位点上的基因 bd 所决定。纯合的 bd 和 sd 植株, 即使在良好的温室条件下也很难成活。Hartwig (1942) 鉴定了另外两个矮化类型, 分别在 d₁ 和 d₂ 位点上表现为隐性。Elders (1928) 在Manitoba的Brandon普通的高大型与矮化的选系之间, 发现一个单独基因, 矮化基因 d 为隐性。尚未测出这个基因是否与其他控制矮化性状的诸基因中的某一个处于同一位点上。

通常种植的草木樨为典型的二年生, 但发现其中有一年生的类型。已有很多人测定了