

吉林省草木栖根瘤固氮活性的调查研究*

宋明芝 张宏 刘淑环

(吉林省农科院土壤肥料研究所)

二年生白花草木栖是吉林省的主要绿肥作物,在某些地区已推广应用,但在某些地区在推广上尚有困难,对其效果及利用方法尚有不同看法。因此,结合我省草木栖的生产实际,对草木栖根瘤固氮进行调查研究,可为草木栖的生产应用提供理论依据。1979—1981年间,我们对不同土壤条件下的草木栖根瘤固氮活性、草木栖生育期固氮活性及施用磷肥对提高固氮活性的作用作了调查研究。

一、材料和方法

不同土壤的草木栖根瘤固氮活性调查: 1979—1980年在我省推广种植草木栖的不同土类上,选择过去没有栽培过草木栖的、有代表性的地块26块,除V-15, V-16二个地块接种根瘤菌外,其余未接种根瘤菌。取0—20厘米深土样作主要养分测定(表1),草木栖出苗后三个月,在田间采用钟罩装置,用乙炔还原法测定固氮活性^[1],取完气样后,沿钟罩边沿挖出25厘米深的土柱,放在纱网上,用水将土洗去,观察根瘤生长状态,摘取根瘤,称鲜重。

草木栖生育期固氮活性调查: 于公主岭省农科院网室洋灰筒多年未施肥的土壤上作定株连续测定,采用钟罩装置乙炔还原法^[1]。1980年4月16日将种子接种根瘤菌,在三个洋灰筒中播种,每个洋灰筒施2克过磷酸钙,出苗后留20株,半月左右测定一次固氮活性。第二年(1981年)4月20日,每个洋灰筒追施2克过磷酸钙,草木栖返青后,半月左右测定一次固氮活性。

施用磷肥对提高草木栖土著根瘤菌固氮活性的调查: 选择土壤含磷量低的盐碱土、低肥黑土及土壤含磷量高的高肥黑土及草甸黑土,于1979—1981年间进行盆栽及田间试验。盆钵装土30斤,每盆施过磷酸钙2克。田间试验的过磷酸钙用量为200公斤/公顷。出苗后每月测定一次固氮活性,共三次,第三次测定后,调查其根、茎、叶鲜重及根瘤鲜重。

二、结果和讨论

(一) 不同土壤条件下二年生白花草木栖根瘤固氮

表2结果表明,调查的26个田块,其中24块过去没有种植过草木栖和未接种根瘤菌,但都有根瘤生长并具有固氮活性,说明我省的几种主要土壤中都有土著草木栖根瘤菌,有其和草木栖共生固氮的条件。

不同土壤条件下草木栖根瘤数量差异极为明显。从表2可看出,调查的土柱内的草

* 此项工作得到省农科院土肥所尹煦昌、刘仲臣同志、怀德县农业局任凤祥同志的支持和协助;测试中心化验室承担土样分析;参加部分工作的有本所李睿海、怀德县毛城子公社王景、张树山、通化地区农科所宋敬贤、杨银阁等同志;在此一并致谢。

木栖根瘤鲜重,最高的为草甸黑土,平均为 3.65 克,顺次为河淤土、酸性黑黄土、黑土,盐碱土最少,只有 0.08 克,最高与最低相差 45 倍。显著性测验结果表 3 表明,草甸黑土与黑土根瘤量的差异属极显著,与酸性黑黄土、盐碱土的差异属显著,黑土的根瘤量与盐碱土的差异也属显著。风沙土和石灰性黄沙土因固氮活性波动幅度大,未作显著性测定。草木栖根瘤多着生在须根上,呈棒状、鸡冠状,有单瘤和复瘤,在草甸黑土的根瘤,多为单个粉红色鲜嫩的根瘤(照片 1, II-2),河淤土(V-6)的根瘤多为球状复瘤(照片 1, III-1),盐碱土的根瘤一般较小,外皮颜色偏黄(照片 1 I-2)。

不同土壤条件下的草木栖根瘤固氮活性差异也极为明显,由表 2 可见最高的为草甸黑土,生育旺期每公顷每天固氮 2.82 公斤,顺次为酸性黑黄土、黑土、河淤土,盐碱土最低,每天每公顷固氮 0.12 公斤,相差 23 倍。显著性测定,由表 3 表明,草甸黑土的固氮活性与黑土、酸性黑黄土、河淤土、盐碱土的差异属显著。酸性黑黄土固氮活性与盐碱土的差异属极显著。

土类间草木栖根瘤量(鲜重)和固氮活性间似有正相关趋势,由表 2 可见草甸黑土、酸性黑黄土、黑土、盐碱土四种土壤,其根瘤量和固氮活性的顺序都为草甸黑土>酸性黑黄土>黑土>盐碱土,但根瘤鲜重和固氮活性的回归分析,不属显著,有的接近,说明不同土类及不同田块间不仅存在根瘤量上的差别,而且存在根瘤菌固氮活性的差异。同一田块测定的三个点的根瘤量与固氮活性(数据从略)也似有正相关趋势,22 块田的回归分析,只有 V-12、V-3 二块田所测三个点的根瘤量与固氮活性相关显著,这说明少数田块内根瘤菌的固氮活性差异不大,而多数田块内的根瘤菌固氮活性是存在差异的。

单位鲜根瘤的固氮活性计算结果从表 2 也可看出,其活性的差异和全固氮活性的差异是不一致的,盐碱土最高 $133.15 \text{ C}_2\text{H}_4, \mu \text{ mole/g 鲜瘤} \cdot \text{小时}$,顺次为草甸黑土、酸性黑黄土、黑土,河淤土最小,只有 $4.35 \text{ C}_2\text{H}_4, \mu \text{ mole/g 鲜瘤} \cdot \text{小时}$,说明根瘤量最小的盐碱土草木栖根瘤承担着大负荷的固氮作用,根瘤量高的河淤土却固氮很小,这是很有趣的现象。

草甸黑土的草木栖根瘤量大、固氮活性高,可能和草甸黑土地势低洼、土壤水分充足、并有较高含量的有机质、全磷、速效磷及较低的碱解氮有关。盐碱土根瘤量少,酸碱度高、速效磷低和碱解氮较高,这可能是造成根瘤菌生长的不利条件。风沙土和石灰性黄沙土固氮活性波动幅度大,土壤水分是重要因子,如 1979 年调查的二块地的固氮活性低,1980 年春、夏季雨量大,其固氮活性则大幅度提高(表 2)。

我省有耕地草甸黑土 8.5 万公顷,荒地草甸黑土 8.7 万公顷,过去很少种植草木栖,因此可以研究利用草甸黑土的草木栖根瘤菌资源及其适合共生的土壤条件扩种草木栖。以增加地力提高作物产量。

(二) 二年生白花草木栖生长期固氮活性

图 1 表明二年生白花草木栖第一年苗期生长缓慢,根瘤固氮活性很低,6月中旬后,随着草木栖的迅速生长,固氮活性迅速猛增,到 7 月末达最高峰,随之大幅度衰减,到 9 月 5 日为一个低峰,至 9 月 18 日又回升,产生第二个高峰,直到 10 月中旬仍有固氮活性。第二年草木栖返青后的第一个月内固氮活性也很低,以后增长,到 6 月中旬现蕾开花期达高峰,以后即衰减。

表 1 调查土壤的化学特性
Table 1 Chemical properties of soil investigated

田块编号 Field No	土 类 Soil type	调 查 年 限 Year	调 查 地 点 Locality	pH	有机质(%) Organic matter	全 N(%) Total N	全 P(%) Total P	碱 解 N(ppm) Alkaline hydroly- zed-N	速效 P(ppm) Available-P
V-4	草甸黑土 Meadow black soil	1979	怀德县南墩子公社生产田施 P 区	7.29	1.51	0.090	0.042	58.70	8.26
V-12-1	草甸黑土 Meadow black soil	1980	怀德县南墩子公社生产田不施 P 区	8.15	2.48	0.126	0.039	72.35	12.58
V-12-2	草甸黑土 Meadow black soil	1980	怀德县南墩子公社生产田施 P 区	8.15	2.48	0.126	—	72.35	—
V-8	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1979	海龙县双新公社生产田	6.35	5.06	0.262	0.078	225.23	7.16
V-15	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1980	海龙县双新公社生产田	6.25	2.55	0.141	0.036	102.72	2.66
V-16	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1980	海龙县双新公社生产田	6.20	3.70	0.186	0.056	133.09	4.04
V-1	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	怀德县公主岭生产田	6.45	1.90	0.123	0.035	90.09	3.20
V-2	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	怀德县刘房子公社生产田	5.95	2.22	0.114	0.029	120.12	3.90
V-3	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	怀德县刘房子公社生产田	6.05	2.16	0.124	0.028	119.78	3.56
V-14	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1980	怀德县刘房子公社生产田	6.55	1.96	0.115	0.027	72.34	2.44
V-11	黑土(高肥) Black soil (fertile)	1980	农科院肥沃试验地	7.80	2.62	0.153	0.049	89.07	12.36

V-7	盐碱土 Salt-affected soil	1979	农安县刘家公社生产田	8.15	2.22	0.150	0.038	111.25	2.74
V-24	盐碱土 Salt-affected soil	1980	农安县刘家公社生产田	8.25	2.35	0.151	0.040	88.38	2.26
V-25	盐碱土 Salt-affected soil	1980	农安县刘家公社生产田	8.55	1.34	0.094	0.026	43.00	1.12
V-26	盐碱土 Salt-affected soil	1980	农安县刘家公社生产田	8.30	2.00	0.136	0.029	72.35	1.56
V-27	盐碱土 Salt-affected soil	1980	农安县刘家公社生产田	8.05	2.04	0.150	0.035	81.90	2.14
V-28	盐碱土 Salt-affected soil	1980	农安县刘家公社生产田	8.20	1.93	0.131	0.034	67.91	1.72
V-9	风沙土 Aeolian sandy soil	1979	怀德县毛城公社生产田	8.05	0.41	0.037	0.008	13.99	1.64
V-18	风沙土 Aeolian sandy soil	1980	怀德县毛城公社生产田	7.30	0.91	0.061	0.014	29.69	1.74
V-20	风沙土 Aeolian sandy soil	1980	怀德县毛城公社生产田	7.75	0.024	0.065	0.014	34.81	2.12
V-21	风沙土 Aeolian sandy soil	1980	怀德县毛城公社生产田	7.90	1.13	0.080	0.015	41.63	1.20
V-22	风沙土 Aeolian sandy soil	1980	怀德县毛城公社生产田	0.30	1.13	0.049	0.013	14.67	0.86
V-10	石灰性黄沙土 Calcareous yellow sandy soil	1979	怀德县毛城公社生产田	7.90	1.25	0.078	0.019	47.43	1.72
V-19	石灰性黄沙土 Calcareous yellow sandy soil	1980	怀德县毛城公社生产田	7.70	1.80	0.079	0.018	42.32	1.46
V-5	河淤土 Warped soil	1979	怀德县南碱子公社生产田	8.00	1.93	0.122	0.037	92.82	8.00
V-6	河淤土 Warped soil	1979	通化所肥沃的试验地	6.30	3.27	0.175	0.055	168.92	6.98

表 2 不同土壤条件下二年生白花草木樨根瘤及固氮活性调查

Table 2 Nodulation and N₂-fixation of Biennial Sweet Clover in different soils

田块编号 Field No	土 类 Soil type	年 限 Year	固氮活性 C ₂ H ₄ μ mole/小时 N ₂ -fixation C ₂ H ₄ , μ mole/h.		固氮(公斤/公顷/天) N ₂ -fixation kg/ha/da.	单位根瘤 活性 C ₂ H ₄ μ mole/克 鲜瘤·小时 N ₂ -fixation activity C ₂ H ₄ , μ mol -c/g. fresh weight · h.	根瘤鲜重 (g) Nodule fresh weight (g)		根瘤生长状态 Type of nodule
			田块平均 Mean of field	土类平均 Mean of soil			田块平均 Mean of field	土类平均 Mean of soil	
V-4	草甸黑土 Meadow black soil	1979	244.40				3.03		
V-12-1	草甸黑土 Meadow black soil	1980	138.85	227.85	2.82	62.40	2.92	3.65	多着生于须根, 单瘤, 外皮粉红色, 鲜嫩 肥大(照片 I, II-1)
V-12-2	草甸黑土 Meadow black soil	1980	300.29				4.99		
V-8	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1979	32.72				2.37		
V-15	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1980	43.60	33.44	0.41	32.40	0.38	1.02	多着生于须根, 有单瘤及复瘤, 外皮粉红色
V-16	酸性黑黄土 Acid yellow black soil	1980	24.00				0.31		
V-1	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	5.80				0.29		
V-2	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	13.15				1.00		
V-3	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1979	23.14	15.80	0.20	21.70	1.38	0.73	多着生于须根, 有单瘤及复瘤, 外皮粉红色
V-14	黑土(低肥) Black soil (infertile)	1980	25.57				0.15		
V-11	黑土(高肥) Black soil (fertile)	1980	11.15				0.83		

从近年来对豆科作物生育期根瘤固氮活性测定结果看出,不同豆科植物的生育期固氮活性变化是不一样的。J. Balandran^[5]等测定大豆生育期的固氮高峰在8月初可能是开花期至结荚初期。黄隆广^[5]等测定蚕豆的固氮高峰在现蕾开花期;苕子、箭舌豌豆、豌豆的固氮高峰在伸长期,金志培^[6]等测定箭舌豌豆的固氮高峰在返青后营养生长阶段。本研究表明二年生白花草木栖的固氮高峰在第一年的营养生长盛期,此时,根瘤具有固氮活性高、持续时间长的特点。吉林省一般一年生植物在9月中、下旬即成熟、枯黄。但二年

表3 不同土壤白花草木栖根瘤鲜重及固氮活性显著性测定

Table 3 Significance of nodulation and N_2 -fixation activity and fresh weight of nodules of sweet clover in different soils

土 类 比 较 Comparison between soils	项 目 Item	t 值
草甸黑土与黑土 Meadow black soil vs. black soil	根瘤鲜重	4.11**
	固氮活性	5.52*
草甸黑土与酸性黑黄土 Meadow black soil vs. acid yellow black soil	根瘤鲜重	2.77*
	固氮活性	5.13*
草甸黑土与河淤土 Meadow black soil vs. warped soil	根瘤鲜重	0.09†
	固氮活性	4.73*
草甸黑土与盐碱土 Meadow black soil vs. salt-affected soil	根瘤鲜重	5.33*
	固氮活性	5.65*
酸性黑黄土与黑土 Acid yellow black soil vs. black soil	根瘤鲜重	0.40†
	固氮活性	0.32†
酸性黑黄土与河淤土 Acid yellow black soil vs. warped soil	根瘤鲜重	-1.09†
	固氮活性	3.32†
酸性黑黄土与盐碱土 Acid yellow black soil vs. salt-affected soil	根瘤鲜重	1.38†
	固氮活性	3.75**
黑土与盐碱土 Black soil vs. salt-affected soil	根瘤鲜重	2.95*
	固氮活性	1.27†
河淤土与盐碱土 Warped soil vs. salt-affected soil	根瘤鲜重	1.58†
	固氮活性	1.94†
黑土与河淤土 Black soil vs. warped soil	根瘤鲜重	-1.27†
	固氮活性	0.19†

* 差异显著。 ** 差异极显著。 † 差异不显著。

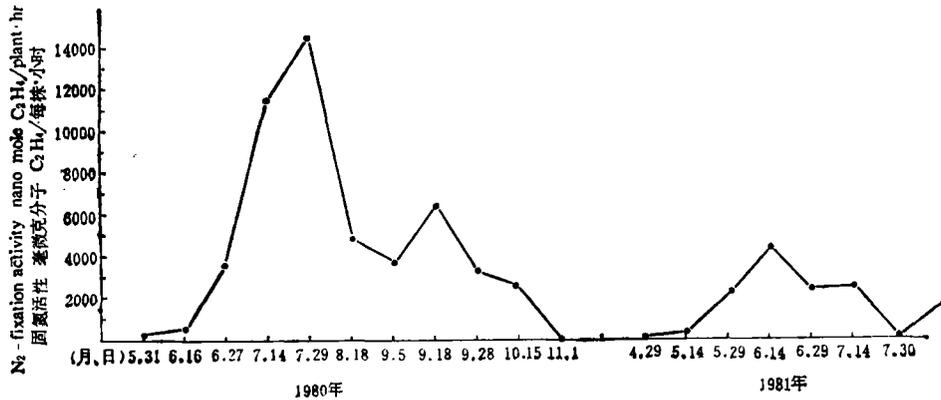


图1 二年生白花草木栖生育期固氮活性变化

Fig. 1 Variations of nitrogenase activity (C_2H_4) during a complete growth cycle of Biennial Sweet Clover

生白花草木栖在第一年的10月中旬仍保持绿色,仍有固氮活性,除图1所示测定结果外,我们在1979年曾做过二年生白花草木栖第一年根瘤固氮活性的测定,其结果与图1基本一致,也有9月初固氮活性下降,以后又升高的现象,这可能是由于二年生白花草木栖第一年生育时间长,至9月初,早期生长的根瘤逐渐衰败,而后期生长的根瘤在9月中下旬又继续生长,因而固氮活性又增强。

我省肥料工作者对草木栖的利用有不同的观点,有的认为种植二年后,利用其根茬肥田效果较好,袁振林^[7]等根据营养成分转化的测定结果,认为种植一年后,利用其根茬肥田效果较好,根据二年生白花草木栖生育期固氮活性的测定结果,从利用其固氮作用的角度出发,种植一年后,即利用其茎叶和根茬中所含固定的大量氮素是有利的,第二年由于固氮少,又要占地一年,因此除为留种需种植二年后,一般种植一年后,即行利用更为有利。

(三) 施用磷肥对提高二年生白花草木栖土著根瘤菌固氮的效果

施用磷肥可以增强共生固氮微生物的固氮效能,这是早已明确的。但在我省不同的土壤条件下,施用磷肥对草木栖根瘤固氮的效果尚不清楚。四种土壤的盆栽及田间的试验、调查结果,说明施用磷肥可提高草木栖根瘤固氮,由于土壤条件不同,其效果也有极为显著的差异。图2表明盐碱土上施用磷肥对提高土著根瘤菌共生固氮的效果最为明显,根瘤鲜重提高9倍以上,生育期的固氮活性的三次测定,比对照最高差9倍以上,平均相差6倍多,根、茎、叶鲜重比对照高4倍。低肥黑土上的效果居第二位,虽然低肥黑土含磷量与盐碱土相近,但其效果却远低于盐碱土,田间试验表明(图2)根瘤鲜重提高3倍多,固氮活性比对照高二倍左右,根、茎、叶、鲜重比对照高2倍。从图2还可以看出在含磷量高的肥沃黑土及草甸黑土上也有一定的效果,根瘤量除肥沃黑土的田间试验外,增加幅度为30—70%,从固氮活性测定结果看出(图3),肥沃黑土施磷处理在初期效果较明显,后期下降而不明显。草甸黑土则相反,初期效果不明显,而后期效果较明显,盆栽及田间试验结果所表现的趋势是一致的。施磷肥处理的根、茎、叶鲜重和对照的差异趋势与根瘤量和固氮活性的差异趋势相仿。

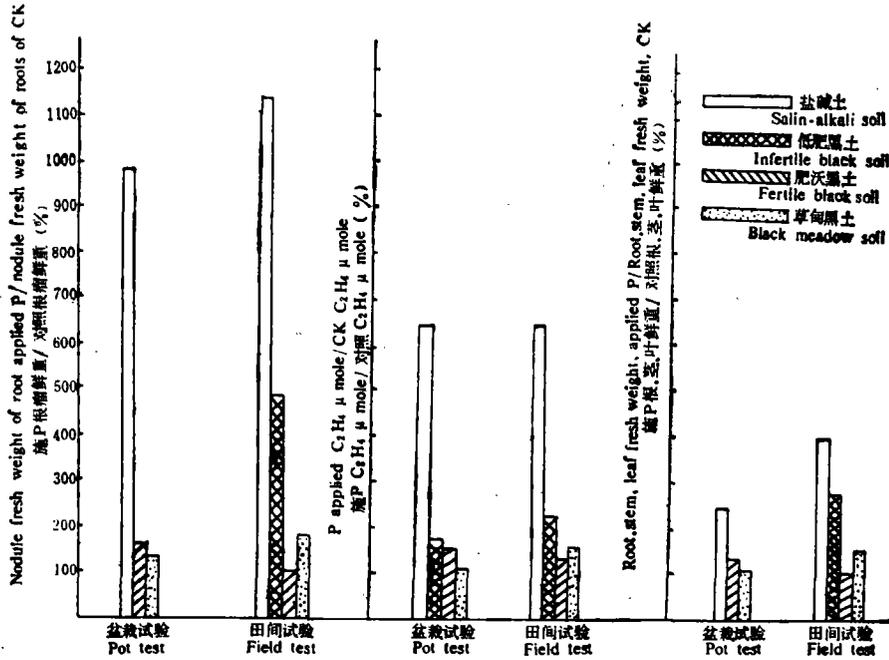


图2 施用磷肥对二年生白花草木栖根瘤鲜重、固氮活性和根、茎、叶鲜重的影响 (盆栽试验是三个盆栽测定的平均数;田间试验是三个田间钟罩测定的平均数)

Fig. 2 Effect of phosphorus on fresh weight of nodules N₂-fixation activity and fresh weight of roots, stems and leaves of Biennial Sweet Clover

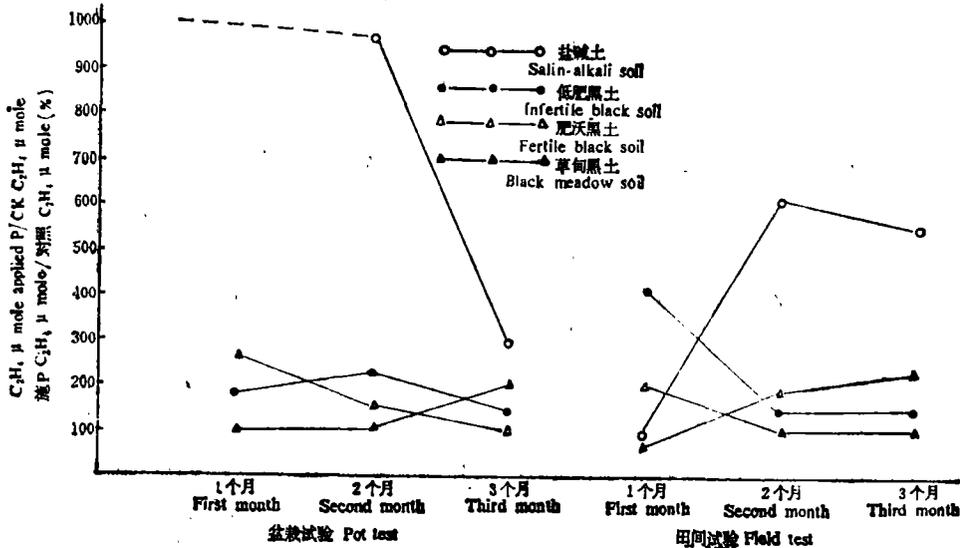


图3 施用磷肥对提高二年生白花草木栖根瘤固氮活性的效果

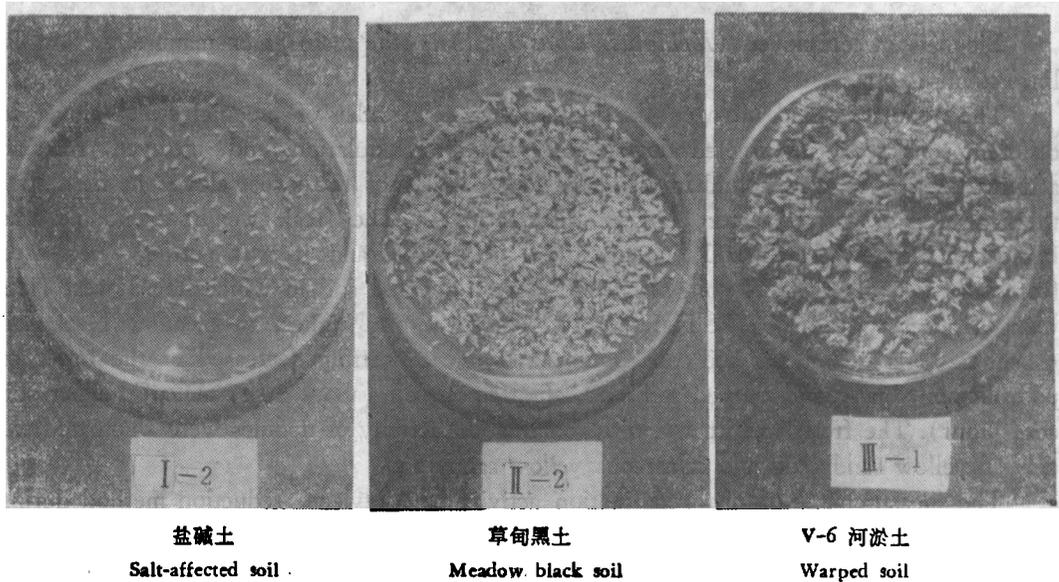
(盆栽试验是三个盆栽测定的平均数相比;田间试验是三个田间钟罩测定的平均数相比)

Fig. 3 Effect of phosphorus on N₂-fixation as activity of nodules of Biennial Sweet Clover

在不同土壤的草木栖根瘤固氮活性调查中, 盐碱土草木栖的根瘤最少, 固氮活性最

低,施用磷肥对提高根瘤固氮活性的效果最为明显,据此,进一步明确在盐碱土上施用磷肥,对调动土著根瘤菌共生固氮效能来说,是一项十分有效的措施。在低肥黑土上也有明显的效果,也是行之有效的措施。在肥沃黑土上,草木栖根瘤较少,固氮活性较低,施用磷肥对提高根瘤固氮活性有一定效果,但不够显著,苗期效果较明显,而后后期差异减小的原因及经济有效利用磷肥的问题需要继续研究。草甸黑土前期效果不明显而后后期效果却增高的原因及经济有效利用磷肥的问题同样值得深入研究。

栽培豆科植物,应用根瘤菌剂是利用生物固氮的一种措施。通过以上工作,我们认为结合农业生产实际,调查土著根瘤菌资源及自然共生状态,调动和利用其固氮活性,这也是利用生物固氮的一种重要方式。



照片1 直径30cm深25cm土柱内的全部根瘤

Photo 1 Nodules in the soil core (diameter: 30cm, depth: 25cm)

参 考 文 献

- [1] 宋明芝等,1982: 二年生白花草木栖根瘤固氮活性测定的影响因素。土壤通报, 2期, 34—36页。
- [2] 金志培,1981: 箭筈豌豆根瘤固氮活性的研究。江苏农业科学, 5期, 42—44页。
- [3] 袁振林等,1979: 二年生草木栖营养特性及其利用的研究。土壤通报, 2期, 21—24页。
- [4] 黄隆广等,1979: 几种豆科绿肥根瘤固氮活性的研究。江苏农业科学, 1期, 47—53页。
- [5] Balandrean, J. et al, 1973: Assaying nitrogenase (C_2H_4) activity in the field. Bull. Ecol. Res. Comm., 17: 247—254.
- [6] Gebson, A. H., 1976: Limitation to dinitrogen fixation by legumes, Proceedings of the 1st international symposium on nitrogen fixation. Vol. 2, Washington State University Press. 404—418.
- [7] Martin Alexander, 1977: Introduction to soil microbiology, 2nd. John Wiley and Sons, Inc. 305—317.
- [8] Nutman, P. S., 1975: Rhizobium in the soil. Soil Microbiology, Edited by N. Walker. The whitefriars press Ltd. London and Tonbridge. 111—131.

INVESTIGATION OF NITROGEN FIXATION ACTIVITY OF BIENNIAL SWEET CLOVER (*MELILOTUS. ALBUS* DESR) IN JILIN PROVINCE

Song Mingzhi, Zhang Hong and Lu Showan

(*Institute of Soil and Fertiliser, Gnilin Academy of Agricultural Science*)

Summary

Biennial sweet clover (*Melilotus. albus* Desr) is the main green manure crop in Jilin Province.

The nodulation and nitrogen fixation activity of nodules of biennial sweet clover in different soils were investigated during 1979—1980. Nodulation and nitrogen fixation activity (A. R. A) were found in all plants and nodules of the sweet clover in field, but their differences were greater between different soils. The fresh weight of nodule was highest in meadow black soil (about 3g per soil core), and it was getting decreased from warped soil, podzolic soil, black soil, to salt-affected soil in which it is lowest (less than 0.1g per soil core). The N_2 -fixation activity was also highest in meadow black soil (about 220 μ mole C_2H_4 per soil core, hour), and it was getting decreased in the order of podzolic soil, black soil, warped soil, and salt-affected soil (about 10 μ mole C_2H_4 per soil core, hour). The fresh weight and nitrogen fixation activity of nodules were fluctuated widely in yellow sandy soil and calcareous yellow sandy soil.

The measurement of nitrogen fixation activity by acetylene reduction method during whole growing period of biennial sweet clover suggested that the highest peak was in the vigorous period of vegetative growth (late July) in the first year. Nitrogen fixation activity of biennial sweet clover in first year was higher and longer than that in the second year.

The effect of phosphorus on fresh weight and nitrogen fixation activity of nodules of biennial sweet clover on different soils were investigated. The highest effect was found on the salt-affected soil, it was greater by 6—9 times than check and its effect on the black soil of low fertility is moderate, the effect on meadow black soil and black soil of high fertility were even lower.