

# 紫花苜蓿在林地、坡地及大田苗期生长情况的比较研究

范可章<sup>1</sup> 陈 灵<sup>2</sup> 陈小红<sup>1</sup> 朱茂英<sup>1</sup> 范海燕<sup>1</sup> 蔡 健<sup>1</sup> 李焰焰<sup>1</sup>

(1. 阜阳师范学院 生命科学学院, 安徽 阜阳 236041; 2. 阜阳市宁老庄高级职业中学, 安徽 阜阳 236036)

**摘要:** 为了解紫花苜蓿在不同生境下形态及生理的变化特点, 便于指导种植, 以发挥其最大的社会效益, 特进行比较试验研究。选取堤坝坡地、速生杨树林地和农用地作为不同生境进行苜蓿种植试验, 定期检测不同生境苜蓿形态及生理指标。结果表明: 大田苜蓿单株生物量最大, 茎叶生长远大于根系生长, 二者不具相关性, 叶展相对大, 叶绿素总量相对低; 坡地苜蓿单株生物量较小, 茎叶与根系相关性高于大田, 但不具显著性; 林地苜蓿单株生物量相对最小, 茎叶与根系相关性极显著, 叶绿素总量与坡地苜蓿类似, 远高于大田苜蓿, 且叶绿素 b 含量相对高, 另外, 坡地和林地苜蓿 SOD 活性稍低于大田苜蓿, 但 POD 活性远高于大田苜蓿。结论: 根据苜蓿不同生境下的生长特点, 在荒山坡地及遗弃林地采用果、林、草复合模式, 并适当密植苜蓿, 可产生可观的生态及经济效益。

**关键词:** 紫花苜蓿; 不同生境; 形态生理; 比较研究

中图分类号: S551.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0163-07

## Research on Comparison of Alfalfa Growth Situation in Woodland Sloping Field and Farmland in Its Young Seedling Periods

FAN Ke-zhang<sup>1</sup> CHEN Ling<sup>2</sup> CHEN Xiao-hong<sup>1</sup> ZHU Mao-ying<sup>1</sup> FAN Hai-yan<sup>1</sup> CAI Jian<sup>1</sup> LI Yan-yan<sup>1</sup>

(1. School of Life Science, Fuyang Teachers College, Fuyang 236041, China;

2. Advanced Professional High School of Ning Lao Zhuang, Fuyang 236036, China)

**Abstract:** In order to know the morphology and physiology mutative traits of alfalfa in different growth circumstance, and convenient for instructing the alfalfa planting and exerting its most social and economic benefit, so the test on comparison set up especially. Holding the sloping field of dyke, woodland of fast growth white poplar and farmland by way of different growth circumstance, then plant the alfalfa and measure several indexes of configuration and physiology in definite time. Results: single biomass in farmland is the most, there is no relativity between the root and the stick and leaf, leaf area is relatively bigger, the gross of chlorophyll is relatively lower; single biomass in sloping field is fewer than in farmland, the relativity between the root and the stick and leaf is stronger than in farmland, but no markedness; single biomass in woodland is the least, the relativity between the root and the stick and leaf is the most marked, the gross of chlorophyll is resemble with the sloping field and more than the farmland, and that the chlorophyll b is relatively higher, in addition, the activity of SOD in sloping field and woodland is slightly lower than in farmland, but the POD activity is more higher than in farmland. Conclusion: according to the alfalfa growth traits in different circumstance, the compound pattern of planting the fruiter, woods and grazing in sloping field of desolation mountain and lie waste woods is adopted and the alfalfa is planted in dense logically, considerable zoology and economic benefit could be exerted.

**Key words:** Alfalfa; Different growth circumstance; Configuration and physiology; Research on comparison

我国是一个多山国家, 坡地资源相当丰富, 随着陡坡耕作愈演愈烈, 形成大面积的坡耕地<sup>[1]</sup>, 约有人口增加, 为满足不断增长的粮食需求, 毁林开荒和 4.6 × 10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>, 占耕地面积的 35.09%<sup>[2]</sup>。Sewa-

收稿日期: 2011-03-22

基金项目: 国家科技支撑“沿淮非耕地减灾综合利用技术集成与示范”(2009BAD6B06); 省生物学示范实验教学中心(2009SYZX02); 安徽省教育厅教研项目(2008jyxm460)

作者简介: 范可章(1970-), 男, 安徽阜阳人, 讲师, 硕士, 主要从事生态学的教学与研究。

通讯作者: 李焰焰(1976-), 女, 安徽阜阳人, 副教授, 博士, 主要从事植物生物技术研究。

Ram<sup>[3]</sup> 研究得出结论,坡度成倍的增加导致作物产量成倍减少,而地表径流、养分流失和土壤侵蚀却成倍增加,且坡地土壤有机质的流失强度与坡度呈指数函数关系。可见,这种广种薄收的办法从近期看并不能解决粮食危机,从长远看更是带来生态灾害,只有保持水土并促进山丘区生态环境良性循环才是实现山丘区社会和经济持续发展的根本措施<sup>[4]</sup>。现在,国家提倡退耕还林还草,即对 $\geq 25^\circ\text{C}$ 的陡坡耕地进行整治,目标是治理水土流失,改善生态环境,调整农业产业结构,推进农民脱贫致富<sup>[5]</sup>。有研究<sup>[6]</sup>认为,采取固氮植物篱等有效措施对坡地进行治理,防止水土流失,对于合理利用土地,涵养水源,保护人民身体健康,推动社会主义和谐社会的构建具有极其重要的意义。紫花苜蓿(*Medicago Sativa* L.) 属多年生草本固氮植物,具有抗旱、抗寒、抗盐碱、适应性强、改良土壤等优良特性,是有着“牧草之王”美称的优良牧草作物<sup>[7]</sup>,所以,在治理坡耕地和荒芜地以及盐碱地时,紫花苜蓿应为首选。林草复合系统是农林复合生态系统的一部分,是有目的地把多年生木本植物与农业、牧业用于同一土地的经营模式<sup>[8]</sup>,王红柳的研究<sup>[9]</sup>结果是,林下种植苜蓿在疏松土壤、改良土壤结构方面比种小麦等农作物有更显著的影响,表现在能更好地减少地表径流和水土流失,可有效缓解地面温度的激增和激减,另外,林下种植紫花苜蓿,能够缓解该地区的草畜矛盾,提高家畜品质,并获得显著的生态效益和经济效益。有关苜蓿逆性条件下生长情况的室内研究较多<sup>[10,11]</sup>,但不同事实上的地理生境对苜蓿生长过程中形态指标及生理指标的影响还未见报道,为了解紫花苜蓿在林地、坡地生长情形,特进行与大田生长情形的比较试验,以期对苜蓿生长特点研究积累基础性资料,也为我国生态农业建设服务。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验时间地点

2010 年 9 月至 2011 年 4 月在阜阳市西郊白龙沟堤坝坡地、坝下速生杨树林地及阜阳生态园大门右前方大田进行紫花苜蓿种植试验。

### 1.2 材料

紫花苜蓿为购买于合肥省畜牧推广中心的美国品种维多利亚。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 播种:9 月下旬在 3 种类型的土地上清理杂草,用钉耙翻耕泥土,整出方形土块各约  $60\text{ m}^2$ ,9 月 30 日下午,采用撒播的办法在 3 种类型

的土块上播相同量的种子(用量筒量体积约  $180\text{ mL}$ ,即约  $3\text{ mL}/\text{m}^2$ ),再用铁耙来回划动土壤表面,使种子陷入土中,用脚踩实保墒。撒种过程为同一人操作,以减少误差。

管理:为接近自然,除防人为破坏和动物啃食外,不作过细管理。

1.3.2 幼苗形态指标测定 播种后 2 个月左右,即从 11 月 30 日开始,定期(年前每隔 20 d 1 次,年后每隔 7 d 1 次)检测,即用电子天平测量各处理植株(随机取 3 棵求平均值)单棵重量、单叶重量、根重及茎叶重(以子叶处断开),单位:mg;用叶面积仪 AM300(精度  $0.065\text{ mm}^2$ )测量单叶面积,单位: $\text{mm}^2$ ,计算单位叶面积重量,单位:mg /  $\text{cm}^2$ ;数算二级侧根数、复叶数及根瘤数;用游标卡尺测主根长度,单位:cm。

### 1.3.3 幼苗生理指标测定

1.3.3.1 SOD 的检测 根据李合生<sup>[12]</sup>的氮蓝四唑(NBT)方法进行测量,定期随机选取苜蓿叶片  $0.05\text{ g}$  于预冷的研钵中,加  $1\text{ mL}$  预冷的磷酸缓冲液( $0.05\text{ mol/L}$  pH 7.8)在冰浴上研磨成浆,加缓冲液使终体积为  $5\text{ mL}$ ,在  $1000\text{ r/min}$  下离心  $20\text{ min}$ ,上清液即为 SOD 粗提液。取  $5\text{ mL}$  指形管 4 支,2 支测定管,2 支对照管,分别加入  $0.05\text{ mol/L}$  磷酸缓冲液  $1.5\text{ mL}$ , $130\text{ mmol/L}$  met 溶液  $0.3\text{ mL}$ , $750\text{ }\mu\text{mol/L}$  NBT 溶液  $0.3\text{ mL}$ , $100\text{ }\mu\text{mol/L}$  EDTA- $\text{Na}_2$  液  $0.3\text{ mL}$ , $20\text{ }\mu\text{mol/L}$  核黄素  $0.3\text{ mL}$ 。另外 2 支测定管分别加入  $0.05\text{ mL}$  酶液,2 支对照管分别用缓冲液代替酶液,4 支管再分别加  $0.25\text{ mL}$  蒸馏水保证每管溶液为  $3.0\text{ mL}$ 。混匀后将 1 支对照管置暗处,其他各管于  $4000\text{ lx}$  日光下反应  $20\text{ min}$ ,以不照光对照管作空白,分别测各管在波长  $560\text{ nm}$  处的吸光度。以抑制 NBT 光化还原的 50% 为一个酶活性单位,按下式计算 SOD 活性:  $\text{SOD 总活性} = V(A_{\text{CK}} - A_{\text{E}}) / (0.5 \times A_{\text{CK}} \times W \times 0.05)$ ,式中, $V$  为样品液总体积( $\text{mL}$ ), $A_{\text{CK}}$  为照光对照管吸光度, $A_{\text{E}}$  为样品管吸光度, $W$  为样品鲜质量( $\text{g}$ )。以鲜质量酶单位每克表示( $\text{U/g}$ )。

1.3.3.2 POD 的检测 采用张志良的愈创木酚法<sup>[13]</sup>,取光径  $1\text{ cm}$  比色杯 2 只,于一只中加入反应混合液  $3\text{ mL}$ (pH 为 6.0 的  $100\text{ mmol/L}$  磷酸缓冲液  $50\text{ mL}$ ,愈创木酚  $28\text{ }\mu\text{L}$ ,30% 过氧化氢  $19\text{ }\mu\text{L}$  混合均匀), $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $1\text{ mL}$  作为校零对照,另一只加入反应混合液  $3\text{ mL}$ ,酶提取液  $1\text{ mL}$ (取苜蓿叶片  $1\text{ g}$ ,加  $20\text{ mmol/L}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $5\text{ mL}$ ,于研钵中研磨成匀浆,以  $4000\text{ r/min}$  离心  $15\text{ min}$ ,取上清液),立即开启秒

表计时,于分光光度计 470 nm 波长下测量 OD 值,每隔 1 min 读数一次,以  $\Delta OD_{470}/(\text{min} \cdot \text{g})$  表示。

1.3.3.3 电导率测定 定期随机选取不同处理的幼苗叶片,采用电导法测相对电导率<sup>[13]</sup>,仪器为上海雷磁仪器厂的 DDB-303A 型便携式电导率仪。相对电导率  $(L) = (S_1 - S_0)/(S_2 - S_0)$   $S_0$  为空白电导率  $S_1$  为初始电导率  $S_2$  为置于沸水浴中 10 min 冷却后测得的电导率。

1.3.3.4 叶绿素含量的检测 采用丙酮提取法<sup>[13]</sup>,定期取苜蓿叶片 0.5 g,加 80% 丙酮 5 mL 于研钵内研磨成匀浆,再加 80% 丙酮 5 mL,将匀浆转入离心管,用适量 80% 丙酮洗涤研钵,一并转入离心管 2 000 r/min 离心 10 min,弃沉淀,上清液定容至 20 mL 为提取液,取 1 mL 提取液,加 80% 丙酮 4 mL 稀释后转入比色杯中,以 80% 丙酮为对照,分别测定 663 645 nm 处的光密度值,按下式计算叶绿素 a、b 值: 叶绿素 a =  $12.7 OD_{663} - 2.69 OD_{645}$ ; 叶绿素 b =  $22.9 OD_{645} - 4.68 OD_{663}$ ,单位: mg/L。

1.4 统计分析

试验数据用统计软件 DPS 进行统计分析,便于分析差异性。

2 结果及分析

2.1 紫花苜蓿苗期形态指标检测结果。

表 1 表明,在各次取样测量值的统计中,苜蓿在大田生长的测量值表现最高,从单棵重上看,大田苜蓿平均重为 280.35 mg,坡地苜蓿平均重为 152.68 mg,为大田苜蓿单棵重的 54%,林地苜蓿平均重为 75.46 mg,为大田苜蓿单棵重的 27%;从根重看,大田苜蓿根重平均值为 57.59 mg,坡地苜蓿根重平均值为 35.34 mg,为大田苜蓿根重的 61%,林地苜蓿根重平均值为 23.79 mg,为大田苜蓿根重的 41%;从茎叶重看,大田苜蓿茎叶重平均值为 223 mg,坡地苜蓿茎叶重平均值为 113.1 mg,为大田苜蓿茎叶重的 51%,林地苜蓿茎叶重平均值为 48.3 mg,为大田苜蓿茎叶重的 22%;从侧根数上看,大田苜蓿侧根数平均值是 17.63 个,坡地苜蓿侧根数平均值是 12.75 个,为大田苜蓿侧根数平均值的 72.3%,林地

表 1 不同地理环境下紫花苜蓿幼苗形态指标检测结果统计

Tab.1 Measure results of alfalfa configuration indexes in different growth circumstance

时间 Time		11 - 30	12 - 21	01 - 10	02 - 20	02 - 27	03 - 07	03 - 14	03 - 22
单棵重/mg Single weight	A	220.8	261.6	262.3	297.1	259.3	253.4	274.7	413.6
	B	57.7	164.2	111.2	140.1	62.1	116.5	207.3	362.3
	C	34.0	55.5	47.5	41.2	25.6	82.3	151.1	166.5
根重/mg Root weight	A	38.9	45.7	54.4	89.7	76.7	48.9	36.6	69.8
	B	12.0	47.1	39.9	46.1	14.9	33.5	33.6	55.6
	C	15.2	25.7	19.8	12.4	4.5	20.9	40.9	50.9
茎叶重/mg Stick weight	A	187	224	218	202	181	204	241	327
	B	51.3	117	70.4	92.4	46.8	80.9	159	287
	C	24.3	27.0	28.3	28.2	21.2	60.9	106	90.5
侧根数 Root number	A	10	14	16	21	21	16	21	22
	B	9	10	14	13	11	18	12	15
	C	7	20	12	16	9	19	13	20
根瘤数 Nodule number	A	13	11	7	19	15	7	6	8
	B	4	1	2	5	3	3	1	4
	C	0	2	1	0	1	2	3	3
主根长 Root length	A	6.35	10.82	6.7	18.5	8.7	8.4	9.7	10.23
	B	6.75	6.96	10.7	7.6	7.6	9.8	7.6	8.7
	C	6.15	11.23	10.2	6.3	4.2	10.2	7.4	9.0
复叶数 Leaf number	A	8	13	17	14	9	5	7	8
	B	4	10	19	7	6	6	9	10
	C	4	8	10	5	6	6	7	8
单位叶面积重/(mg/cm <sup>2</sup> ) Weight/area	A	16.1	10.2	16.5	16.0	18.7	13.3	16.1	11.9
	B	20.5	11.3	11.0	18.6	21.4	22.2	14.1	13.7
	C	16.7	20.0	23.0	15.0	17.6	13.4	15.5	15.8

注: A. 指大田苜蓿; B. 指坡地苜蓿; C. 指林地苜蓿。下同。  
Note: A. Indicates the alfalfa in farmland; B. Indicates the alfalfa in sloping field; C. Indicates the alfalfa in woodland. The same in below.

苜蓿侧根数平均值为 14.5 个,为大田苜蓿侧根数平均值的 82.2%;从根瘤数上看,大田苜蓿根瘤数平均值是 10.75 个,坡地苜蓿根瘤数平均值是 2.88 个,为大田苜蓿根瘤数的 27%,林地苜蓿根瘤数平均值是 1.5 个,为大田苜蓿根瘤数的 14%;从主根长度上看,大田苜蓿主根长度平均值为 9.93 cm,坡地苜蓿主根长度平均值为 8.21 cm,为大田苜蓿主根长度的 83%,林地苜蓿主根长度平均值为 8.09 cm,为大田苜蓿主根长度的 81.5%;从复叶数上看,大田苜蓿复叶数平均值为 10.13 个,坡地苜蓿复叶数平均值为 8.88 个,为大田复叶数的 88%,林地苜蓿复叶数平均值为 6.75 个,为大田复叶数的 67%;从单位叶面积重上看,大田苜蓿单位叶面积重平均值为 14.85 mg,坡地苜蓿单位叶面积重平均值为 16.6 mg,为大田苜蓿单位叶面积重平均值的 112%,林地苜蓿单位叶面积重平均值为 17.13 mg,为大田苜蓿单位叶面积重平均值的 115%。从以上分析可见,苜蓿在大田、坡地和林地等不同地理生境中生长,在单棵重、根重、茎叶重和根瘤数等几个方面表现出极显著差异( $P < 0.01$ ),在侧根数、主根长度、复叶数及单位叶面积重量等几个方面差异不显著。另外,茎叶重和根重比值的平均值表现为:大田苜蓿 > 坡地苜蓿 > 林地苜蓿;单位叶面积重量平均值表现为:林地苜蓿 > 坡地苜蓿 > 大田苜蓿。

表 2 不同地理位置紫花苜蓿幼苗叶绿素及 SOD、POD 活性检测结果

Tab. 2 Measure results of chlorophyll quantity POD and SOD activity of alfalfa in different geography location

时间 Time		11 - 30	12 - 21	01 - 10	02 - 20	02 - 27	03 - 07	03 - 14	03 - 22
叶绿素 a/( mg/L) Chlorophyll a	A	2.513	2.937	5.295	9.504	4.921	6.463	7.332	4.789
	B	1.482	1.573	9.285	9.183	9.795	9.406	9.147	9.349
	C	1.457	1.541	8.493	8.378	9.095	9.479	9.732	9.498
叶绿素 b/( mg/L) Chlorophyll b	A	1.085	1.019	1.576	4.012	2.897	11.487	12.262	8.150
	B	1.153	1.195	4.225	2.816	4.847	15.704	16.176	15.988
	C	1.026	1.053	3.494	2.741	4.601	15.809	15.935	16.065
SOD/( U/g)	A	102.3	191.2	219.5	219.9	222.1	231.1	228.0	227.1
	B	120.1	179.9	70.31	212.0	208.1	219.5	207.7	202.1
	C	135.2	156.3	77.65	235.7	236.2	237.1	222.4	218.7
POD /( OD <sub>470</sub> /( min · g) )	A	0.001 5	0.001 7	0.001 9	0.001 8	0.002 6	0.003 7	0.004 1	0.003 9
	B	0.002 7	0.002 3	0.002 5	0.002 4	0.013 6	0.017 5	0.015 3	0.016 9
	C	0.003 4	0.003 8	0.004 2	0.003 6	0.017 9	0.024 4	0.032 4	0.033 5

SOD 是普遍存在于植物体内的一种清除超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )自由基的酶,可淬灭超氧负离子 $O_2^{\cdot-}$ 的毒性,终止由它启动的一系列自由基连锁反应所造成的生物毒损伤。表 2 表明,大田苜蓿叶片 SOD 检测值从 11 月底到 12 月底增高,然后一直维持在一定水平,各次检测平均为 205.2 U/g;坡地和林地苜蓿表现类似,SOD 检测值从 11 月底到 12 月底增

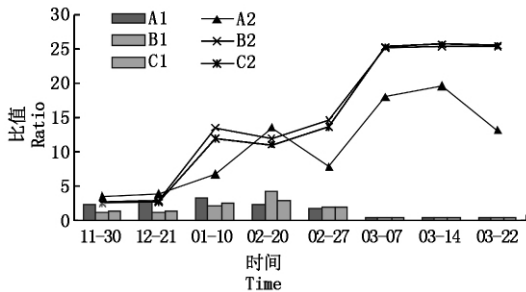
## 2.2 不同地理位置紫花苜蓿幼苗叶绿素 SOD、POD 及活性

叶绿体色素是植物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质,主要有叶绿素 a 和叶绿素 b 组成。表 2 表明,无论是叶绿素 a 检测量值还是叶绿素 b 检测量值,苜蓿在大田、坡地和林地 3 种生境中表现出一定的差异性。在 11 月份和 12 月份,3 种生境中叶绿素 a 检测量值稳定在一定水平,且大田生境中苜蓿叶绿素 a 检测量值分别高于坡地生境的 78.4% 和林地生境的 81.8%,差异极显著。从 12 月下旬到来年 2 月份,3 种生境中叶绿素 a 检测量都在增加,坡地和林地中苜蓿叶绿素 a 检测量值增加幅度大,且一直到 3 月下旬都维持在较高水平,而大田苜蓿叶绿素 a 检测量从 2 月下旬到 3 月下旬呈持续下降趋势。叶绿素 b 检测量值与叶绿素 a 检测量值表现有差异,在 11 月份和 12 月份,3 种生境中叶绿素 b 检测量值都维持在较低水平,且差异不明显。大田苜蓿叶绿素 b 检测量值从 1 月份到 2 月中旬呈增加趋势,2 月底出现一个低谷,到 3 月初又迅速增加,维持到 3 月下旬才略有下降。坡地和林地苜蓿叶绿素 b 检测量值表现类似,从 12 月底到 1 月上旬呈增加趋势,2 月中旬出现一个低谷,然后迅速增加,一直到 3 月底维持在较高水平。叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值变化及叶绿素总量变化可参看图 1。

高,1 月份出现一个低值,然后升高且维持在一定水平,各次检测平均分别为 177.5 U/g 和 189.9 U/g。

POD 是植物体内普遍存在的一种酶,它与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化都有密切关系,测量这种酶,可反映某一时期植物体内代谢的变化。表 2 表明,大田苜蓿 POD 变化随检测次数呈增加趋势,但变化幅度较小,各次检测平均为 0.002 7

$OD_{470}/(\text{min} \cdot \text{g})$  坡地苜蓿和林地苜蓿 POD 检测值在 2 月下旬以前增加幅度小 2 月下旬以后大幅增加 林地苜蓿 POD 检测值增加幅度更明显 各次检测平均分别为 0.009 2 0.015 4  $OD_{470}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 。可见 各生境间 POD 检测值差异都极显著。



A1. 大田苜蓿叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值; B1. 坡地叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值; C1. 林地叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值; A2. 指大田苜蓿叶绿素总量; B2. 坡地叶绿素总量; C2. 林地叶绿素总量。

A1. Indicates the ratio of the chlorophylla and the chlorophyllb in farm-land; B1. Indicates the ratio of the chlorophylla and the chlorophyllb in sloping field; C1. Indicates the ratio of the chlorophylla and the chlorophyllb in woodland; A2. Indicates the gross chlorophyll of alfalfa in farm-land; B2. Indicates the gross chlorophyll of alfalfa in sloping field; C2. Indicates the gross chlorophyll of alfalfa in woodland.

图 1 各生境苜蓿叶绿素总量和叶绿素 a 与叶绿素 b 比值变化  
Fig. 1 Gross of chlorophyll of alfalfa in different growth circumstances and the change of ratio between the chlorophyll a and the chlorophyll b

由图 1 看出 11、12 月份大田苜蓿叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值较高 坡地和林地比值相对低 来年 1、2 月份 3 种生境中苜蓿叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值都增加 但 1 月份大田中比值维持高位 2 月份坡地比值维持高位 2 月份以后 3 种生境苜蓿两种叶绿素比值都下降 且趋于一致。由叶绿素总量看 11、12 月份 3 生境中一致 1 月份以后大田叶绿素总量基本维持低位 而坡地和林地基本维持高位。

### 2.3 电导率

表 3 表明 试验期间 大田苜蓿根部相对电导率平均值为 16.29 茎叶部相对电导率平均值为 12.17 根部相对电导率平均值与茎叶部相对电导率平均值为 1.34; 坡地苜蓿根部相对电导率平均值为 13.99 茎叶部相对电导率平均值为 9.91 根部相对电导率平均值与茎叶部相对电导率平均值比值为 1.41; 林地苜蓿根部相对电导率平均值为 13.31 茎叶部相对电导率平均值为 13.44 根部相对电导率平均值与茎叶部相对电导率平均值比值为 0.99。可见 林地苜蓿根部相对电导率与茎叶部相对电导率相当 大田及坡地苜蓿根部相对于茎叶部相对电导率较大 且坡地苜蓿表现明显。另外 不论是根部还是茎叶部 随取样次数的延续相对电导率都有一个先增加后下降的趋势 可能是外界气温变化趋势的影响。

表 3 不同地理环境下紫花苜蓿根部和茎叶部相对电导率检测值

Tab.3 Measure results of relative conductance in root and stick of alfalfa in different growth circumstance

时间 Time		11 - 30	12 - 21	01 - 10	02 - 20	02 - 27	03 - 07	03 - 14	03 - 22
根部电导率 Root conductance	A	15.72	18.34	19.68	18.82	17.63	13.32	13.52	13.27
	B	14.57	14.35	15.65	15.32	16.27	12.78	11.57	11.43
	C	13.97	15.12	15.33	14.83	15.73	10.68	10.33	10.51
茎叶部电导率 Stick conductance	A	12.78	14.81	15.63	13.57	12.89	8.76	9.63	9.32
	B	10.64	11.04	12.05	11.73	11.32	7.53	7.35	7.64
	C	11.93	15.67	17.32	17.55	19.65	9.25	7.58	8.53

### 2.4 相关性分析

为了解植物生长过程中各因素间的关系 特进行因素间回归统计 以便分析相关程度(表 4)。

表 4 表明 叶绿素 b 与 POD 检测值、根电导率及茎叶电导率具有极显著相关性 且叶绿素 b 与 POD 相关性上 3 生境苜蓿差异不显著 与根电导率相关性上大田苜蓿相对低 与茎叶电导率相关性上林地苜蓿相对低; 大田苜蓿 POD 与根电导率和茎叶电导率都具有极显著相关性 坡地苜蓿 POD 与茎叶电导率具有显著相关性 林地苜蓿 POD 与根电导率具有显著相关性; 3 生境中 苜蓿根电导率与茎叶电导率都具有极显著相关性。

另外 对 3 生境苜蓿单棵重、根重及茎叶重之间相关性分析表明 大田苜蓿单棵重与根重相关性决

定系数为 0.204 8 单棵重与茎叶重重相关性决定系数为 0.824 2 根重与茎叶重相关性决定系数为 0.002; 坡地苜蓿单棵重与根重相关性决定系数为 0.587 5 单棵重与茎叶重重相关性决定系数为 0.987 9 根重与茎叶重相关性决定系数 0.483 4; 林地苜蓿单棵重与根重相关性决定系数为 0.907 4 单棵重与茎叶重重相关性决定系数为 0.939 3 根重与茎叶重相关性决定系数 0.749 1。可见 大田与坡地苜蓿单棵重与茎叶重有极显著相关性 林地苜蓿单棵重与根重和茎叶重都有极显著相关性 且只有林地苜蓿根重和茎叶重之间具有极显著相关性 随着林地、坡地、大田生境的变化 苜蓿根重和茎叶重相关性大幅降低。

表 4 检测指标间相关的决定系数

Tab. 4 Detemine coefficient among the measure indexes

R <sup>2</sup>	叶绿素 b/( mg/L) Chlorophyll b	SOD/( U/g)	POD/ ( OD <sub>470</sub> /( min·g) )	根电导率 Root conductance	茎叶电导率 Stick conductance
叶绿素 a/( mg/L) Chlorophyll a	A	0.248 4	0.402 0	0.097 0	0.000 3
	B	0.334 8	0.105 4	0.337 7	0.017 4
	C	0.452 1	0.258 0	0.422 8	0.178 5
叶绿素 b/( mg/L) Chlorophyll b	A		0.289 9	0.867 7	0.678 4
	B		0.240 3	0.804 3	0.725 2
	C		0.289 8	0.894 3	0.876 2
SOD/( U/g)	A			0.349 7	0.007 0
	B			0.389 8	0.163 1
	C			0.364 7	0.198 2
POD/( OD <sub>470</sub> /( min·g) )	A				0.697 3
	B				0.421 5
	C				0.719 1
根电导率 Root conductance	A				
	B				
	C				

### 3 讨论与结论

#### 3.1 坡地和林地种植苜蓿可产生可观的生态和经济效益

试验表明,与大田苜蓿相比坡地和林地苜蓿单棵产草量较低,但根系的发展相对较强,比如,茎叶重与大田苜蓿差异显著,侧根数及主根长度却都与大田苜蓿相当。统计分析表明,林地苜蓿根重和茎叶重相关性极显著,坡地苜蓿根重和茎叶重相关性也较明显,说明林地和坡地苜蓿根系与茎叶是协同发展的。大田是很好的粮食生产用地,如单一用来生产牧草,经济效益并不明显,坡地和林地用来生产牧草,不仅有经济效益而且生态效益可观。如章家恩等<sup>[14]</sup>研究认为,坡地开垦为梯田果园,除果树外,如无其他植被覆盖,水土流失是严重的,降水流失率高达 80% 以上,如种植牧草,则这种果草生态系统具有良好的水土保持效应,水土保持率可提高 50% ~ 60%。随着社会主义新农村建设的进行和城乡居民居住环境的统一规划,将会有越来越多的闲置废弃宅基地出现,一般情况下,老宅基地周边都是林木杂丛,对这些闲置废弃宅基地的复垦,探索适合的作物类型及新的耕种模式是农业科技工作者需要努力探索的重要课题。另外,农村闲置废弃宅基地由于常年荒芜,疏于耕作,因此土质结构和土壤肥力较差<sup>[15]</sup>。紫花苜蓿发达的根系能为土壤提供大量的有机质,改善土壤理化性状,根瘤菌能固定空气中的氮素,每年可固定氮素 270 kg/hm<sup>2</sup>,相当于施 825 kg/hm<sup>2</sup> 硝酸铵,可极大提高土壤肥力<sup>[16]</sup>。所以,坡地和林地通过种植苜蓿即可防止水土流失,又可改

良土壤,促进林果及畜牧业发展,是一举多得的好措施。

#### 3.2 不同生境对苜蓿形态及生理特性的影响

植物的生长不仅受到自身遗传特性的控制,还受到环境因子的制约,如光照、温度、水分以及土壤营养物质等在时空上的差异<sup>[17]</sup>。大田、坡地、林地属不同生境,所以有不同的光、温、水、气、营养等制约因素,同一苜蓿品种在不同生境下生长,必然带来形态及生理上的差异。检测表明,林地苜蓿单位叶面积最重,坡地次之,大田最轻,显然,林地苜蓿叶片较厚重,大田苜蓿叶片薄,叶展相对大,是生境影响的结果。叶绿素直接参与光合作用中光能的吸收、传递、分配和转化等过程,邓白罗等<sup>[18]</sup>研究认为,叶绿素含量的多少与植物生物量和产量密切相关,叶绿素 a/b 值也能反映光合速率的高低,a/b 值高,植物光合速率也较高,本试验中大田苜蓿前期叶绿素 a/b 值一直维持高位,可能是其生物量较高的主要因素。有研究<sup>[19,20]</sup>证明,叶绿素含量随光量子密度降低而增加,但叶绿素 a/b 值却随光量子密度降低而减小,低的叶绿素 a/b 值能提高植物对远红光的吸收。检测结果表明,林地和坡地苜蓿叶绿素 b 的含量增幅较大,与大田相比叶绿素 a/b 值也较低,本试验对以上研究结果有很好的印证,而且可明显看出,坡地和林地苜蓿所受的遮阴影响要显著高于大田。SOD 和 POD 是植物体内主要保护酶,通过清除体内产生的活性氧减弱氧化伤害<sup>[21]</sup>,试验表明,3 生境中苜蓿 SOD 活性随气温降低而增加,然后维持在一定水平,且大田苜蓿 SOD 活性较强,POD 活性在 3 生境苜蓿中表现为持续增加,但大田苜蓿增幅

平稳,坡地和林地苜蓿增幅较大,贾传华等<sup>[19]</sup>认为遮阴程度增加,POD活性显著高于对照,周兴元等<sup>[22]</sup>研究认为,持续遮阴使植物SOD活性降低,由此可以推测光照度是影响不同生境苜蓿的SOD和POD活性变化特点的主要因素之一。

### 3.3 相关性分析表明不同生境可影响植物不同部位生长的协同特点

试验表明,大田苜蓿单棵生物量大,但主要表现在茎叶生物量上,根重和茎叶重之间不具有相关性;坡地和林地苜蓿单棵生物量变小,但明显表现出根部和茎叶部协同发展,尤其是林地苜蓿根重和茎叶重相关性极显著,再者,林地苜蓿单棵茎叶生物量虽小,但会降低拥挤效应,可以通过合理加大密度来提高产草量,同时较多的根系在土壤中交互盘结,固土防流失效果更加明显。随着我国大量坡地退耕还林还草的逐步推进,可大力发展坡地种林种果,林果下种草的复合农业经营模式,把坡地林地产草量低的不利条件转变为能够护坡护堤、改善土质和生态的有利条件,以产生更好的社会和经济效益。

### 参考文献:

- [1] 柴世伟,裴晓梅,张亚雷,等. 农业面源污染及其控制技术[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 192-195.
- [2] 张学权,张旭东,刘永碧,等. 坡耕地整治实践与退耕还林坡耕地治理的探讨[J]. 西昌学院学报: 自然科学版, 2007, 21(3): 10-14.
- [3] Sewa-Ram, Sharma-G, Khola-Ops, et al. Erosion losses and productivity in rice (*Oryza sativa*) - Barley (*Hordeum vulgare*) cropping system under varying slope lands [J]. Indian Journal of soil conservation, 2001, 29(1): 43-49.
- [4] 张相菊,刘稀松,张玉霞,等. 山丘区坡地种植紫花苜蓿蓄水保土效果研究[J]. 山东水利科技, 1998(4): 23-24.
- [5] 王治国. 林业生态工程学[M]. 北京, 中国林业出版社, 2000: 2-6.
- [6] Zhang Jianfeng, Fang Minyu, Li Sheng, et al. Developing agroforestry in slopelands to combat non-point pollution in china [J]. Chinese Forestry Science and Technology, 2007, 6(4): 67-72.
- [7] 魏婉玲,程积民,高阳,等. 渭北旱塬区不同立体条件对紫花苜蓿产量的影响与通经分析[J]. 水土保持通报, 2010, 30(5): 73-78.
- [8] 刘俊杰,陈瑶. 农林复合经营研究进展[J]. 内蒙古林业调查设计, 2005, 28(2): 30-35.
- [9] 王红柳,岳征文,卢欣石. 林草复合系统的生态学及经济学效益评价[J]. 草业科学, 2010, 27(2): 24-27.
- [10] 张永锋,殷波. 混合盐碱胁迫对苗期紫花苜蓿抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(1): 46-50.
- [11] 宋贺,黄婷,董召荣,等. 酸雨胁迫条件下紫花苜蓿种子萌发和幼苗生理特性的变化[J]. 生物学报, 2007, 24(5): 40-43.
- [12] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 167-171.
- [13] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导(第3版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 213-214.
- [14] 章家恩,段舜山,骆世明. 赤红壤坡地幼龄果园间种不同牧草的生态环境效应[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 42-44.
- [15] 蔡健,兰伟. 农村闲置废弃宅基地复垦耕种方式研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 160-163.
- [16] 李研. 紫花苜蓿的生物学特性及开发利用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1): 84-85.
- [17] 肖春旺,周广胜,马风云. 施水量变化对毛乌素沙地优势植物形态与生长的影响[J]. 植物生态学报, 2002, 26(1): 69-76.
- [18] 邓白罗,张丽娜,王森. 华中五味子叶绿素含量分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(1): 65-73.
- [19] 贾传华,郭太君,王刚,等. 不同遮阴处理对兴安桧叶绿素含量和保护酶活性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2010, 32(3): 264-267.
- [20] Martin C E, Warner D A. The effects of desiccation on concentrations and a/b ratios of chlorophyll in *leucobryum glaucum* and *Thuidium delicatulum* [J]. New Phytol, 1984, 96: 545-550.
- [21] 李英丽,果秀敏,张建光,等. 高温胁迫对苹果果皮组织抗氧化特性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(1): 18-20.
- [22] 周兴元,曹福亮. 遮阴对假俭草抗氧化酶系统及光合作用的影响[J]. 南京林业大学学报, 2006, 30(3): 33-34.