

陇东黄土丘陵沟壑区山坡地人工沙棘林地 土壤酶活性的季节性变化规律

胡建忠 付良勇 寇 权

(黄委会西峰水保站 甘肃西峰 745000)

摘 要 陇东黄土丘陵沟壑区沙棘人工林分的年生长、土壤养分、土壤酶活性三者之间相互关联、相互影响,并均存在着季节性变化规律。研究表明:沙棘的年生长过程与脲酶、磷酸酶等转化土壤速效养分的酶活性季节变化规律相同,都为“夏高型”;转化酶、脱氢酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶等与土壤有机质形成有关的酶活性季节变化规律为“秋高型”。土壤速效养分的季节变化规律为“夏低型”,夏季沙棘人工林分的年生长高峰造成了此时土壤速效养分较低的现象,而土壤酶的酶促作用又使得沙棘年生长结束时的土壤速效养分基本上恢复到年初水平,沙棘林分的自肥作用很好。

关键词 沙棘 人工林 土壤酶 季节变化 山坡地

The Seasonal Change of Soil Enzyme Activity of Artificial Hippophae Forest in Slope Land of Gully-hilly Loess Plateau, Northern China

Hu Jianzhong Fu Liangyong Kou Quan

*(Xifeng Soil and Water Conservation Scientific Research Station,
Yellow River Management Committee Xifeng Gansu 745000)*

Abstract The yearly growth amount, soil nutrient, and soil enzyme activity of artificial hippophae forest existed interrelation each other, also possessed seasonable change law. The results show, the yearly hippophae growth process law was relationship with seasonal change of soil enzyme such as urease and phosphatase. The change law of soil sucrose, dehydrase, and catalase related with soil organic matter formation is higher peak value in autumn. The seasonable change law of soil available nutrient is lower peak value in summer.

Key words locust artificial forest soil enzyme seasonal change slope land

黄土高原地区是我国“生态经济型”和“经济型”沙棘的主栽区,近年来沙棘造林基本上以年

均近 6.7 万 hm^2 的速度蓬勃发展。同时,我国沙棘育种工作也逐步深入,加强土肥水管理对“经济型”沙棘的集约经营来说将至关重要。目前,土壤肥力研究的前沿已发展到分子生物学的水平^[1],即不仅对土壤肥力而且对影响土壤肥力水平的土壤酶及其变化规律等也进行研究,这对于正确指导沙棘种植园的土壤管理,合理利用山坡地资源,将具有深远的意义。我们曾对陇东黄土高原沟壑区的沙棘人工林地土壤酶活性进行过一些初步研究^[2],本文则是对陇东黄土丘陵沟壑区沙棘人工林地土壤酶活性季节性变化规律的初步分析。

1 自然概况

试验区设在黄土丘陵沟壑区的甘肃省镇原县武沟乡,即北纬 $35^{\circ}51'$ 、东经 $106^{\circ}58'$ 左右,海拔 1 300~1 600m,年日照时数 2 495h,年均温 7.8°C ,降雨量 480mm,蒸发量 1 550mm,无霜期 150d,为大陆性气候、中温带半干旱草原地带,土壤类型以黄绵土为主。

2 材料与方法

2.1 供试土样

为试验区不同立地类型下 6~9a 沙棘人工林地(表 1)的根系密集层(0~50cm)土样。

表 1 沙棘人工林地土壤取样点基本情况

取样点 编号	小地名	地形	坡向	坡位	坡度 (°)	海拔 (m)	造林前 地类	林龄 (a)
孙-03	孙渠	岭坡	N	上	22	1 430	退耕地	6
牛-01	牛塬	塬坡	N45°E	上	20	1 590	退耕地	9
庄-01	庄湾	梁坡	N45°E	中	25	1 510	退耕地	7
庄-02	庄湾	梁顶	N	中	25	1 500	退耕地	7
庄-03	庄湾	梁坡	S80°W	中	27	1 500	退耕地	7
庄-05	庄湾	塬坡	N	上	30	1 540	弃耕地	

2.2 取样方法

用“蛇形取样法^[1]”,取样点一般为 8~10 个点,用土钻按 0~10cm、10~25cm、25~50cm 层次取样,分别将各层土样充分混合后按“四分法”取约 1kg 土样。取样时间为 4 月、7 月、10 月中旬。

2.3 土样处理

取样后随即将样品带回化验室,风干磨细后装入袋内,避光、热、潮湿和酸碱气体保存,尽快分析^[1]。

2.4 土壤酶活性测定方法^[1,3]

(1)脲酶:“扩散法”,活性单位为 $\text{mg NH}_3\text{-N} / 100\text{g} \cdot 30^{\circ}\text{C} \cdot 24\text{h}$ 。

(2)蛋白酶:“茚三酮比色法”,活性单位为 $\text{mg NH}_2\text{-N} / 100\text{g} \cdot 30^{\circ}\text{C} \cdot 24\text{h}$ 。

(3)磷酸酶:中性(pH 为 7)磷酸酶用“磷酸苯二钠比色法”,碱性(pH 为 9.6)磷酸酶用“4—氨基安替比林比色法”,活性单位均为 $\text{mg phenol} / 100\text{g} \cdot 37^{\circ}\text{C} \cdot 24\text{h}$ 。

(4)转化酶:“磷钼酸比色法”,活性单位为 $\text{mg glucose} / 100\text{g} \cdot 37^{\circ}\text{C} \cdot 24\text{h}$ 。

(5)脱氢酶:“Lenhard 比色法”,活性单位为 $\text{mg glucose} / 100\text{g} \cdot 30^{\circ}\text{C} \cdot 24\text{h}$ 。

(6)过氧化氢酶:“气量法”,活性单位为 $\text{ml O}_2 / 100\text{g} \cdot 1\text{min}$ 。

(7)多酚氧化酶:“邻苯三酚比色法”,活性单位为 $\text{mg phenol} / 100\text{g} \cdot 30^{\circ}\text{C} \cdot 2\text{h}$ 。

3 结果与分析

3.1 沙棘年生长的季节性变化特征

陇东黄土丘陵沟壑区位于中温带地区,四季分明的季节变化对沙棘年生长产生显著影响。根据多年观测,在4~10月的年生长季中,沙棘生长呈现出较为明显的季节性变化。沙棘高生长从4月上旬开始,5~6月为年生长高峰期,高生长量可占年生长的60%~90%,之后经过8月份生长停滞期后,9月初又有一小的不太明显的生长高峰,而使整个年生长过程线为双峰曲线。

沙棘地径年生长晚于高生长而从4月下旬开始,生长高峰期为5~7月,生长量占年生长量的50%~80%,8月仍有一生长停滞期,9月生长量又略有增加,而使地径年生长过程也呈双峰曲线。

植物产生季节周期的原因是比较复杂的^[4],既有植物长期适应环境而产生的遗传性,又有光周期、温度、水分和肥力等环境因子的影响。陇东黄土丘陵沟壑区山坡地土壤N、P普遍缺乏,而且在生长季中随着肥力的消耗、释放过程的交替进行,对沙棘年生长过程产生周期性影响。

3.2 山坡地人工沙棘林地土壤肥力的季节变化

土壤是沙棘矿质养分的主要来源,其肥力状况对沙棘生长的影响很大。沙棘林地土壤“三要素”中的N、P及有机质在年内各季节间变化比较明显。全N在季节间的变异系数为9.0%(3.1%~15.3%),全P为8.3%(2.5%~10.8%),有机质为14.7%(11.6%~17.4%),水解N为15.7%(7.6%~25.5%),速效P为16.0%(6.0%~24.8%),说明了全量养分在年内的变化较为缓和,而速效养分变化较为剧烈。表2中5种不同沙棘人工林地土壤水解N、速效P含量在年内普遍存在着夏(7月)低、春(4月)、秋(10月)高的趋势。

表2 林地土壤肥力的季节变化

编号	季节	有机质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	水解 N ($\times 10^{-6}$)	速效 P ($\times 10^{-6}$)
孙-03	春	0.721	0.047	0.123	46.45	1.42
	夏	0.604	0.046	0.100	44.62	1.26
	秋	0.738	0.060	0.107	57.52	1.34
牛-01	春	0.917	0.054	0.135	72.80	1.92
	夏	0.757	0.057	0.110	51.50	1.69
	秋	0.752	0.054	0.116	56.33	1.95
庄-01	春	0.601	0.047	0.119	55.37	1.76
	夏	0.503	0.048	0.121	33.71	1.23
	秋	0.712	0.043	0.125	54.05	2.00
庄-02	春	0.650	0.047	0.133	57.82	2.29
	夏	0.711	0.057	0.115	42.50	1.69
	秋	0.492	0.047	0.125	55.68	2.40
庄-03	春	0.553	0.045	0.140	58.50	1.49
	夏	0.782	0.054	0.117	41.05	0.95
	秋	0.730	0.052	0.119	61.48	1.55

注:表中数据为0~10、10~25、25~50cm土层测定的加权平均值。

3.3 沙棘人工林地土壤酶活性的季节分布规律

3.3.1 与土壤速效养分转化有关的土壤酶活性的季节变化规律 土壤中N、P养分绝大部分是以有机态形式积累和贮藏的^[5](沙棘人工林分由于根系具有根瘤菌,可固N增加土壤中的N素含量),它们主要由土壤酶进行分解转化而成为植物可吸收利用的离子形式。土壤酶一般每年转化有机态养分的2%~3%,以防止速效养分产生太多而遭损失^[5]。土壤中有机N的转化与

脲酶、蛋白酶活性有关。脲酶能够酶促尿素水解成氨和二氧化碳为最终产物;蛋白酶能酶解蛋白质及初步分解产物肽,最终生成氨基酸,氨基酸又经进一步氧化或脱氢而释放出氨。有机P的转化与磷酸酶活性有关,在黄绵土中磷酸酶以碱性(pH为9.6)为主,同时还有中性(pH为7)的,它们能够酶促磷酸脂水解而释放出磷酸根。沙棘人工林地土壤的这几种酶活性详见表3。

表3 林地土壤中与速效养分转化有关的土壤酶活性

编号	季节	脲酶	蛋白酶	中性磷酸酶	碱性磷酸酶
孙-03	春	1.2	16.7	7.6	43.6
	夏	2.3	9.8	11.4	58.2
	秋	3.6	16.8	5.1	66.0
牛-01	春	3.7	16.0	10.5	58.9
	夏	5.1	8.9	16.5	61.3
	秋	2.6	10.0	3.1	50.3
庄-01	春	2.7	36.1	8.5	50.3
	夏	2.4	11.7	10.8	38.3
	秋	1.5	8.3	4.1	44.7
庄-02	春	1.3	38.1	8.0	49.6
	夏	6.8	16.3	13.8	68.5
	秋	4.0	7.2	5.6	54.7
庄-03	春	1.1	44.9	5.6	34.2
	夏	5.9	15.1	10.8	61.7
	秋	2.2	7.9	4.3	59.4

注:①酶活性单位为 mg/100g;②数据为 0~50cm 土壤所测。

脲酶、磷酸酶的季节变化基本上多表现出夏高,春、秋低的规律,本文称之为“夏高型”酶类型;而与之对应的速效N、P季节分布却恰恰相反(表2),为“夏低型”养分类型。由于土壤酶活性高,生化反映强烈,理应生成的速效养分也多,但为什么酶活性分布规律与速效养分分布规律间反而彼此矛盾呢?其实,沙棘人工林分在夏季正值高、径生长高峰期,对速效养分的消耗量很大,加之此时雨热同季,速效养分被雨水下淋、随地表径流流失、以气态形式逸失等均可造成损失,故此使得酶促作用所产生的较高的速效养分含量在测定时反而数值较低。因此,如果考虑到速效养分吸收量、损失量和现存量,则夏季的速效养分量应为全年高值。这一观点可通过试验区没有生长沙棘的对比弃耕地(庄-05)的土壤速效养分、酶活性测定结果而得到证实(表4)。

表4 弃耕地土壤养分、酶活性的季节变化

编号	季节	有机质 (%)	全N (%)	全P (%)	水解N ($\times 10^{-6}$)	速效P ($\times 10^{-6}$)
庄-05	春	0.644	0.044	0.143	56.94	1.25
	夏	0.719	0.061	0.121	63.42	1.69
	秋	0.623	0.052	0.177	57.16	1.61

编号	季节	脲酶 ($\times 10^{-6}$)	蛋白酶 ($\times 10^{-6}$)	中性磷酸酶 ($\times 10^{-6}$)	碱性磷酸酶 ($\times 10^{-6}$)
庄-05	春	13	235	46	448
	夏	42	133	103	657
	秋	10	49	41	581

注:数据均为 0~50cm 土层测定值。

弃耕地土壤速效养分、酶活性季节分布均为“夏高型”,两者变化规律完全一致,表明沙棘人工林在生长季节中期对速效养分具有巨大吸收作用。同时也应该看到,夏、秋季沙棘人工林地土壤酶活性最高的月份为7、8、9三个月,持续时间较长(表5),故在秋季沙棘生长量下降、对速效养分吸收量减少时,才真正反映出土壤酶的转化作用,这些作用使土壤速效养分含量在生长季节末又基本恢复到年初水平。

表5 林地土壤中与速效养分转化有关的土壤酶活性月变化

编号	月份	脲酶	蛋白酶	中性磷酸酶	碱性磷酸酶
牛-01	4	10.3	18.3	16.0	889.8
	5	7.9	11.6	17.0	861.3
	6	4.0	17.9	21.0	958.9
	7	20.3	17.3	40.7	1451.9
	8	13.7	21.2	50.6	2209.4
	9	16.0	12.6	36.7	2016.2
	10	8.5	11.5	7.8	881.8

注:①酶活性单位为 mg/100g;②数据均为 0~10cm 土层测定值。

蛋白酶由于其分解产物为氨基酸,而氨基酸转化为氨需要其它生物催化剂来完成,故此蛋白酶活性与 N 素的关联不太紧密,其季节、月变化也无明显规律可言,这可以从表 3、表 5 中看出来。

3.3.2 与土壤有机质转化有关的土壤酶活性的季节变化规律 森林土壤有机质是植物养分的主要来源^[5],而有机质的多寡又受转化酶、脱氢酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶等的综合影响。转化酶活性可以反映土壤中 C 的转化和呼吸强度,表 6 中显示转化酶活性以秋季、夏季为高,而春季较低。脱氢酶能酶促脱氢反应,即酶促碳水化合物、有机酸等有机质的脱氢作用,它起着氢的中间传递体的作用,表 6 中脱氢酶活性以秋季为高。过氧化氢酶能够酶促生物呼吸过程中和有机物质生化反应过程中产生的过氧化氢为水和分子氧。沙棘人工林地中过氧化氢酶活性基本上以秋季活性最高,春季次之(表 6)。与过氧化氢酶活性季节变化规律完全一样,能够参与腐殖质组分芳香族有机化合物转化的多酚氧化酶活性也以秋季为高,春季次之,夏季最低(表 6)。可见,与土壤有机质转化有关的转化酶、脱氢酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶的酶活性都基本上以秋季为高,本文特称之为“秋高型”酶类型。这种规律从表 7 中的酶活性月变化过程亦可见一斑。

表6 林地土壤中与有机质转化有关的土壤酶活性

编号	季节	转化酶	脱氢酶	过氧化氢酶	多酚氧化酶
孙-03	春	153.1	4.8	372.0	70.6
	夏	432.3	5.3	283.7	33.6
	秋	543.7	8.9	458.8	72.4
牛-01	春	339.8	6.1	309.2	61.1
	夏	295.0	4.1	330.9	29.2
	秋	295.0	14.2	550.1	77.8
庄-01	春	219.1	7.5	402.5	61.3
	夏	179.3	4.6	339.8	32.4
	秋	333.5	5.7	570.6	107.8
庄-02	春	148.1	4.9	577.3	21.1
	夏	501.7	7.1	470.9	34.1
	秋	570.5	13.1	446.5	102.3
庄-03	春	128.4	4.8	525.2	40.9
	夏	348.3	5.2	375.6	20.8
	秋	344.9	16.9	533.8	56.2

表7 林地土壤中与有机质转化有关的土壤酶活性月变化

编号	月份	转化酶	脱氢酶	过氧化氢酶	多酚氧化酶
牛-01	4	889.8	8.8	331.4	56.4
	5	861.3	7.9	227.4	62.2
	6	958.9	12.1	309.4	35.7
	7	1451.9	12.4	275.6	55.5
	8	2209.4	22.2	715.6	11.1
	9	2016.2	11.4	563.8	112.9
	10	881.8	22.4	584.8	78.8

注:①酶活性单位除过氧化氢为 ml/100g 外,其余均为 mg/100g;②数据为 0~10cm 土层测定值。

3.3.3 两大类土壤酶之间的相互关系 从上述沙棘人工林地两大类土壤酶活性的季节变化规律可以看出,各种酶在生长季中分工明确,酶促作用之间衔接很紧,环环紧扣。秋季为沙棘枯枝落叶主要产生季节,至初冬时枯落物量达到最高值,而后从翌年3月开始枯落物逐渐分解,特别是6、7、8三个月为分解高峰期,8月底枯落物量下降到最低值。分解后的细腐殖质随林地中动物、微生物以及下渗水等向土壤中移动。此时与有机质转化有关的土壤酶活性随之普遍增高(“秋高型”),此种特征一直延续到春季。由于有机质是土壤速效N、P的源泉,秋、春两季转化有机质的土壤酶活性增高之后,无疑为提高土壤肥力奠定了基础。而夏季雨热同季,沙棘正处于旺盛生长季节,所需速效养分最多,同时速效养分又易损失,但此时与速效养分转化有关的酶活性却恰好最高(“夏高型”),从而保证了为沙棘正常生长提供所需速效N、P等养分。另外,春季沙棘人工林地土壤的脲酶、蛋白酶等活性也较高,酶促作用较强,从而保证了沙棘年生长之初快速生长的迫切需要。

3.4 沙棘人工林分年生长与土壤养分、酶活性之间的协调性

沙棘人工林分通过根系从土壤中吸收水分和各种矿质养分,通过叶从空气中吸收二氧化碳,并利用太阳能制造各种有机营养物质。沙棘的生长发育过程实际上就是沙棘不断地同化外界环境的物质和能量、在体内进行物质的合成与分解、能量的释放和固定的过程,沙棘生长发育所需的速效N、P等养分主要通过土壤酶从土壤有机质中释放出来。显而易见,土壤酶活性制约着土壤速效养分量,土壤速效养分量又影响着沙棘生长发育,而沙棘生长发育反过来又以枯枝落叶形式给土壤返还了大量的有机质,供土壤酶和微生物分解之用,从而建立起了植物、大气与土壤之间的良性循环。因此,沙棘人工林分的年生长与土壤养分、酶三者之间相互制约,互为因果,形成了一个比较协调的对立统一体。

4 结论与讨论

(1)脲酶、磷酸酶等转化土壤速效养分的酶活性季节变化规律与沙棘人工林年生长的季节周期基本一致,均为“夏高型”,酶活性变化过程略为滞后于沙棘年生长过程。沙棘人工林的速生期是引发酶活性高峰期的主要原因之一。

(2)转化酶、脱氢酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶等与土壤有机质有关的酶活性季节变化规律为“秋高型”。这类酶活性在秋季、春季的高值促进了土壤有机质的形成,为脲酶、磷酸酶等在夏季转化速效N、P等养分提供了物质基础。

(3)土壤速效养分的季节变化为“夏低型”,与转化速效养分的“夏高型”酶活性分布规律恰好相反,这种特征是由于夏季沙棘人工林快速生长消耗了大量速效养分而造成的土壤速效养分含量较低的现象。

(4)土壤速效养分在生长季末的恢复得益于此时土壤酶对速效养分的转化作用。7、8、9三个月沙棘人工林地土壤的脲酶、磷酸酶等活性很高,而沙棘在8月份为生长停滞期,9月份生长量又不大,对速效养分的吸收较少,这样速效养分的产生与消耗之间所积累的差额使得土壤速效养分量在生长季末又基本上恢复到年初水平。

致谢:本站王愿昌、张鉴、范小玲参加了外业、化验工作,在此一并致谢。

参考文献

- 1 许光辉等.土壤微生物分析方法手册.北京:农业出版社,1986.49~52,249~295
- 2 胡建忠.沙棘林地土壤酶活性研究初报.林业科技通讯,1992.(1):14~17
- 3 关松荫等.土壤酶及其研究法.北京:农业出版社,1986.260~346
- 4 北京林学院主编.植物生理学.北京:农业出版社,1979.216~235
- 5 北京林学院主编.土壤学(上册).北京:中国林业出版社,1992.220~241