

云雾山自然保护区不同植物群落土壤酶活性特征研究

安韶山¹, 黄懿梅², 李壁成¹, 吉文娟², 邹厚远¹

(1. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 就云雾山草原自然保护区 4 种土壤的不同土层、植物群落和利用方式下土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性的变化特征进行了研究。结果表明: 土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性在土壤发生层次上的变化是随着土壤深度的增加而降低; 在封禁条件下各种酶活性均表现为表层 0—20 cm 大于表下层 20—40 cm, 表层 0—20 cm 脲酶、蔗糖酶中性磷酸酶活性表现长芒草 + 大针茅 > 铁杆蒿 > 长芒草 > 百里香, 过氧化氢酶活性大小为铁杆蒿 > 长芒草 + 大针茅 > 长芒草 > 百里香。长芒草群落 2 种土地利用方式下, 脲酶活性为开垦地 > 封禁地, 中性磷酸酶则表现为封禁地 > 开垦地, 蔗糖酶与过氧化氢酶差别不大。铁杆蒿群落放牧地的土壤脲酶、蔗糖酶和中性磷酸酶含量均高于封禁和开垦的同土层土壤, 封禁的脲酶和蔗糖酶次之, 开垦地的脲酶和蔗糖酶最小, 开垦地的中性磷酸酶高于封禁地。在保护区内, 无明显的土壤侵蚀发生, 开垦地与封禁地在酶活性整体上差异不明显, 说明合理的土壤利用方式对防止土壤退化是十分关键的。

关键词: 植物群落; 土壤酶活性; 半干旱山区

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)06—0014—04

中图分类号: S154.2

Characteristics of Soil Enzymatic Activities in Enclosed Area of Yunwu Mountain

AN Shao-shan¹, HUANG Yi-mei², LI Bi-cheng¹, JI Wen-juan², ZOU Hour-yuan¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China;

2. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: The activities of soil urease, sucrase, neutral phosphatase and catalase in different soil layers, vegetation community and land use in the Yunwu Mountain area are studied. The result shows that: the activities of soil sucrase, urease, neutral phosphatase and catalase are all higher in the upper layer of the profile and decrease with the depth. Under the enclosed condition, four different enzymatic activities in surface layer soil (0—20cm) is greater than sub-layer (20—40cm). The activities of soil urease, sucrase, neutral phosphatase are *Stipa gradiss.* + *Stipa bungana* Community > *Artemisia sacrorum* community > *Stipa bungana* community > *Thymus mongolicus* community in the surface layer (0 - 20cm). The activity of soil catalase is *Artemisia sacrorum* community > *Stipa gradiss.* + *Stipa bungana* Community > *Stipa bungana* community > *Thymus mongolicus* community. Under the two different land use of *Stipa bungana* community, the activity of soil urease shows that the farmland is greater than enclosed land, but the activity of soil sucrase is enclosed land greater than farmland. There is no obviously soil erosion and no the enzymatic activity difference between the farmland and the enclosed land in the study area. So it also shows the correct land use can prohibit the soil degradation.

Keywords: vegetation community; soil enzymatic activity; the semiarid mountain area

由土壤微生物生命活动和植物根系产生的土壤酶,不但在土壤物质转化和能量转化过程中起主要的催化作用,而且通过它对进入土壤的多种有机物质和有机残体产生的生命化学转化,使生态系统的各组分间有了功能上的联系,从而保持了土壤生物化学的相对稳态^[1]。土壤酶是土壤的组成成分之一,数

量虽少,但作用很大,并且作为表征土壤肥力的一个重要指标,与土壤的环境条件也有着密切联系。在黄土高原,就在坡地不同利用方式与恢复中土壤酶活性的研究有许多报道^[7-9],而有关不同植物群落土壤酶活性的特征方面研究较少。本文就云雾山草原自然保护区的不同植被条件下、不同土地利用方式下的

土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶及过氧化氢酶活性的剖面变化特征进行研究,这对一些退化草地的恢复与重建,以及提高草地生产力,促进草地生态系统的良好利用都有一定理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 采样地概况 云雾山草原自然保护区位于宁夏南部山区的固原县东北部,地理坐标东经 $106^{\circ}24' - 106^{\circ}28'$,北纬 $36^{\circ}13' - 36^{\circ}19'$,海拔 $1800 \sim 2148$ m,面积 4000 km^2 ,居中温带半干旱黄土丘陵区,是我国西北黄土高原以长芒草为优势种的草原植物保留较好的典型地段。年平均气温 $4 \sim 6$, 0 的积温 $2370 \sim 2880$,月均温以7月最高,为 24 ;年太阳总辐射量为 125 km/cm^2 ,年日照时数 2500 h 左右;年均降水量 $400 \sim 450 \text{ mm}$,蒸发量 $1500 \sim 1700 \text{ mm}$,无霜期 $112 \sim 137 \text{ d}$ 。地带性土壤为山地灰褐土和淡黑垆土;地带性植物为干草原,主要草地类型有长芒草—百里香+星毛委陵菜型和长芒草+铁杆蒿—冷蒿+星毛委陵菜型。保护区及周边乡村共有草地面积 5400 km^2 ,耕地 1100 km^2 ,具有发展草地生态农业生产结构模式的良好自然条件。经过 10 a 多的保护和建设,保护区草原生态系统恢复了良性循环,

草地植物覆盖度平均达到 95% 以上,产草量提高 $4 \sim 5$ 倍,植物种类由保护前的 68 种增加到 182 种,栖息在这里的野生动物的数量也有了明显增加^[5-6]。

1.1.2 样品采集 在云雾山草原自然保护区选择不同地形、利用方式和植物的典型土壤剖面 4 个,按土壤发生层次采集 $0 \sim 200 \text{ cm}$ 原状土样;不同植物群落类型(山地草甸、长芒草、大针茅+长芒草、百里香、铁杆蒿)利用方式(农地、封禁、放牧)采集 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 和 $20 \sim 40 \text{ cm}$ 的土壤样品进行酶活性测定。

1.2 测定项目及方法

对所采集的土壤样品进行脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性的测定。测定方法参考文献进行:土壤脲酶活性用靛酚比色法^[2],蔗糖酶活性用比色法^[4],中性磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法^[4],过氧化氢酶活性用高锰酸钾滴定法^[3]。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面酶活性的分布

云雾山自然保护区的生物资源比较丰富,并且存在多种植物群落,特别是旱生或中旱生的草本植物。 4 个土壤剖面基本上代表了该保护区主要土壤类型,对各剖面土壤发生层次的土壤酶活性进行测定,分析结果见表1。

表1 不同植物群落的土壤酶活性剖面分布

样号	植物群落	土层深度/ cm	土层符号	脲酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	蔗糖酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	中性磷酸酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	过氧化氢酶/ ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 30 \text{ min}^{-1}$)
YW-2	长芒草	0—20	A	0.1216	1.4696	0.0095	9.93
		20—60	AB	0.1095	1.0514	0.0069	9.48
		60—150	B	0.0753	0.1659	0.0012	8.33
		150—200	C	0.0189	0.0465	0.0006	7.30
YW-4	大针茅	0—40	A	0.1864	2.7030	0.0152	8.92
		40—80	AB	0.1299	0.6740	0.0052	7.90
		80—130	B	0.0756	0.3023	0.0027	7.86
		130—200	C	0.0437	0.0769	0.0016	6.41
YW-5	百里香	0—20	A	0.0721	1.2011	0.0045	6.15
		20—110	B	0.0164	0.0272	0.0008	4.36
		110—200	C	0.0015	痕量	0.0006	2.55
YW-6	铁杆蒿	0—30	A	0.1672	1.6234	0.0120	12.62
		30—60	AB	0.1318	0.6786	0.0035	11.73
		60—140	B	0.0372	0.0521	0.0019	7.45
		140—200	C	0.0068	0.0327	0.0012	6.31

由分析结果可以看出,土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性的变化趋势是上层明显高于下层,并且随着土层的加深而减少。这与该地区土壤养分的剖面分布一致,层次之间变化明显,剖面层次

中的分布趋势基本上是一致的,其原因是表层土壤能较好地与大气进行物质与能量交换,进入土壤的有机质最先聚集于表层,养分条件好,土壤微生物活动旺盛,酶活性高。不论植物群落种类的差别如何,上层土

壤的脲酶、蔗糖酶和中性磷酸酶和过氧化氢酶活性高于下层土壤的酶活性。这与多数学者研究结果一致。

但不同酶活性下降趋势有所不同。土壤脲酶活性总体上来说下降较为缓慢均匀,层次之间差别明显。表层含量最高的为 0.186 4 mg/(g·h) (YW—4 表层 0—40 cm),最低的为 YW—5 表层 0.072 1 mg/(g·h) (0—20 cm)。蔗糖酶活性表层含量较高,含量最高的为 3.986 4 mg/(g·h) (YW—4 表层 0—40 cm),最低的为 YW—5 表层 1.201 1 mg/(g·h) (0—20 cm),层次之间变化明显,其中 YW—4 蔗糖酶含量表层(0—40 cm)是表下层的 4.01 倍。中性磷酸酶含量普遍较低,含量最高的为 YW—6 表层的 0.012 0 mg/(g·h),最低的为 0.000 6 mg/(g·h),这与该地区土壤普遍缺磷有关。过氧化氢酶含量表现出随土层深度增加下降缓慢的趋势,含量最高的为 YW—6 表层 12.62 ml/(g·30 min)。最低的为 YW—5 (110~200 cm)的 2.55 ml/(g·30 min)。

该地区保存有完整的土壤剖面类型,土壤酶活性在剖面上的分布符合正向发育的土壤类型,就整体而言,YW—5 剖面曾经历过严重的退化过程,在封育近 20 a 后,逐步呈现出正向发育的趋势,表层土壤酶活性显著提高。

2.2 封禁条件下不同植物群落土壤酶活性特征

在研究区内,分布有该地区典型植被类型,如长芒草、大针茅+长芒草、百里香和铁杆蒿等,天然草地的土壤酶活性会由于植物群落的不同而不同。本文就 4 种群落表层土壤酶活性进行分析与测定比较,结果见图 1—4。

各种酶活性均表现为表层 0—20 cm 大于表下层 20—40 cm 土层,其中表层 0—20 cm 脲酶活性在 4 种群落中的大小顺序为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香,蔗糖酶活性大小为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香,中性磷酸酶活性大小为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香,过氧化氢酶活性大小为铁杆蒿>长芒草+大针茅>长芒草>百里香。

就表层与表下层变化趋势来看,长芒草+大针茅群落 4 种酶活性表层分别为表下层的 1.12, 1.16, 1.16, 1.19 倍,说明在 40 cm 之内,4 种土壤酶活性差别不大,也说明该类土壤发育较好,表层较厚。百里香群落 4 种酶活性绝对含量在 5 种群落中都为最低,4 种酶活性表层分别为表下层的 2.09, 2.41, 1.72, 1.05 倍,由表层 0—20 cm 与 20—40 cm 之间的差别可以看出,该类土壤发育较差,表层与表下层酶活性差异较大。

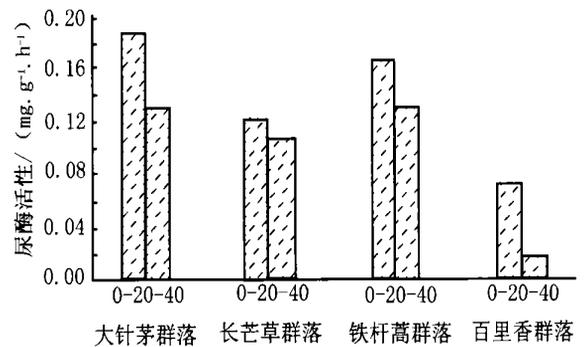


图 1 不同植物类型土壤脲酶活性

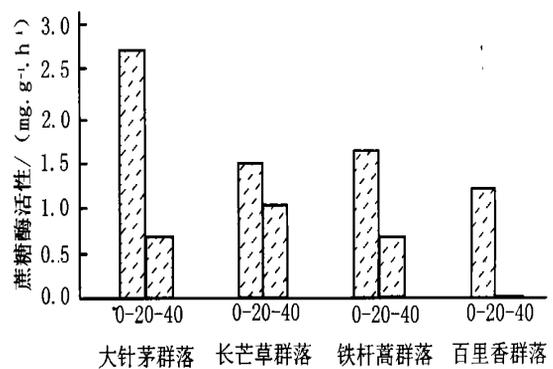


图 2 不同植物群落蔗糖酶活性

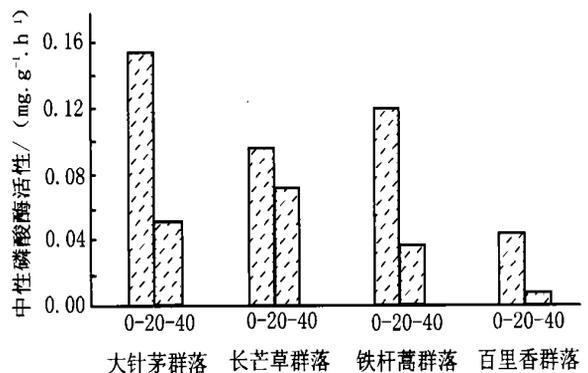


图 3 不同植物类型中性磷酸酶活性

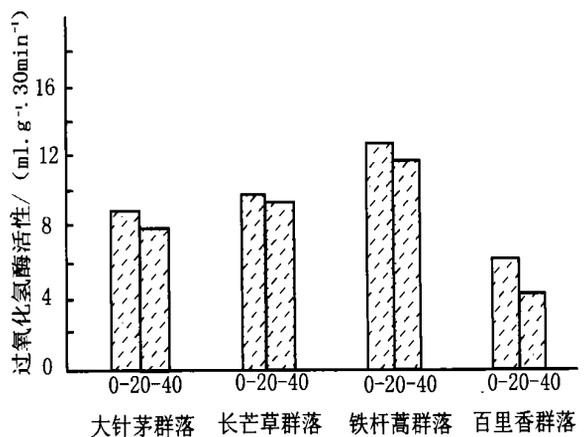


图 4 不同植物群落过氧化氢酶活性

2.3 不同植物群落利用方式的土壤酶活性

该自然保护区核心区内,长芒草群落与铁杆蒿群落有不同利用方式,采样中为了具有可比性,在相邻区域采样,以消除采样误差,长芒草群落有农地与封

禁地2种土地利用方式,铁杆蒿群落有3种不同利用方式:封禁地、放牧地和开垦地。分别对不同土地利用方式下土壤表层及表下层进行4种酶活性的测定和分析,结果见表2。

表2 不同利用方式的土壤酶活性

植物群落	利用方式	土层深度/ cm	脲酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	蔗糖酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	中性磷酸酶/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	过氧化氢酶/ ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 30 \text{min}^{-1}$)
长芒草	封禁地	0—20	0.1216	1.4696	0.0095	9.93
		20—40	0.1135	1.2514	0.0071	8.33
	开垦地	0—20	0.1571	1.4668	0.0056	7.27
		20—40	0.1399	0.5636	0.0044	6.72
铁杆蒿	封禁地	0—20	0.1672	1.6234	0.0120	6.49
		20—40	0.1318	0.6786	0.0035	6.02
	放牧地	0—20	0.1764	2.6913	1.0182	7.27
		20—40	0.1625	0.9550	0.0125	6.72
	开垦地	0—20	0.1507	1.2854	0.0069	5.75
		20—40	0.1145	0.3176	0.0056	5.09

由表2中结果可以看出,在长芒草群落2种土地利用方式下,脲酶活性为开垦地>封禁地,这可能与开垦地施用化肥有关。中性磷酸酶则表现为封禁地>开垦地,主要是由于当地群众在施肥中,重视氮肥的投入,而一般不施用磷肥有关,植物生长将磷素吸收带出土体,降低了土壤磷素水平,导致中性磷酸酶含量降低。中性磷酸酶与过氧化氢酶差别不大。

在铁杆蒿群落3种土壤利用方式下,层次之间变化明显。土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性与剖面分析结果相同,仍是上层高于下层。脲酶层次之间变化较小,最高为放牧地表层 $0.178 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$,最低为开垦地表下层 $0.115 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$,蔗糖酶层次之间变化明显,其中放牧地表层为表下层的3倍左右。

在不同利用方式的比较上,3者也存在明显的差别。铁杆蒿群落放牧地的土壤脲酶、蔗糖酶和中性磷酸酶含量均高于封禁和开垦的同土层土壤,封禁的脲酶和蔗糖酶次之,开垦地的脲酶和蔗糖酶最小,开垦地的中性磷酸酶高于封禁。这主要是由于长期封禁后,植物生长很快,枯枝落叶在表层土壤上积累,表层土壤温度较低,湿度过大,不利于各种微生物的活动,导致酶活性反而较低。由此可见,不同利用方式的土壤对酶活性的变化有着很大的影响。由于在保护区内,无明显的土壤侵蚀发生,再加上由于开垦强度不大,因此开垦地与封禁地在酶活性整体上差异不明显,而且,由于施肥的原因,脲酶活性反而增高,同时也说明合理的土壤利用方式对防止土壤退化是十分关键的。

3 结果与讨论

云雾山自然保护区保持有代表该地区主要土壤类型的完整剖面,不同的剖面土壤发生层次上,4种土壤酶活性:脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和过氧化氢酶活性都是上层高于下层,随着土层的增加而减小。这主要与土壤养分在剖面上的分布有关,呈现相同的分布规律。

在封禁条件下各种酶活性均表现为表层0—20 cm大于表下层20—40 cm,其中表层0—20 cm脲酶活性在4种群落中的大小顺序为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香。蔗糖酶活性大小为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香,中性磷酸酶活性大小为长芒草+大针茅>铁杆蒿>长芒草>百里香,过氧化氢酶活性大小为铁杆蒿>长芒草+大针茅>长芒草>百里香。

长芒草群落2种土地利用方式下,脲酶活性为开垦地>封禁地。中性磷酸酶则表现为封禁地>开垦地。中性磷酸酶与过氧化氢酶差别不大。

铁杆蒿群落在3种不同土壤利用方式下,放牧地的土壤脲酶、蔗糖酶和中性磷酸酶含量均高于封禁和开垦的同土层土壤,封禁地区内的脲酶和蔗糖酶次之,开垦地的脲酶和蔗糖酶最小,开垦地的中性磷酸酶高于封禁地。在保护区内,没友明显的土壤侵蚀现象发生,开垦地与封禁地在酶活性整体上的差异不明显。这种现象也同时说明了合理的土壤利用方式对防止土壤退化是十分关键的。

(下转第81页)

表2 单场降雨情况下试验小区水保效果对比

日期	雨型	降雨量/ mm	降雨强度/ mm/h	各小区径流量/ m^3				各小区流失泥沙量/kg			
				10	11	12	13	10	11	12	13
8.27	大暴雨	43.4	10.9	2.30	0.11	0.24	0.68	39.67	0.02	0.08	10.07
4.20	暴雨	70.4	2.8	2.16	0.18	0.21	0.47	5.54	0.05	0.08	0.73
5.29	大雨	33.9	1.7	0.27	0.04	0.05	0.05	0.26	0.01	0.02	0.12
6.19	中雨	17.2	1.0	0.05	0.01	0.02	0.02	0.16	0.01	0.02	0.02

4 结论

梯田与坡耕地相比,具有明显的保水保土效果,地表径流量明显减少,土壤抗蚀性显著增强。因此,坡改梯是坡耕地治理的重要措施。在有条件的地方,应将现有坡地改成水平,以利水土保持。

在同样的水平梯田小区,辅以植物措施的第11小区,12小区保水保土效果要明显优于第13小区,尤其以保土效果为甚。所以在坡改梯的过程中,要更加注重植物措施的水土保持作用。在修筑土坎梯田的区域,应该大力推广梯壁植草。这样,既能有效地保护梯壁,又能起到良好的水土保持效果。在红壤丘陵区,径流量和土壤侵蚀量同样存在年内分配不均的

状况,并且,径流量和土壤侵蚀量随着降雨量的集中、强度的加大而急剧增加。因此,在雨季尤其是水土保持的重要时期。

[参 考 文 献]

- [1] Zuo Changqing, Zhang Xianming, Wu Chaichun. Preliminary Report on Technical Research for Soil and Water Conservation, Flood Control and Natural Disaster Reduction on Red-Soil Hilly and Sloping Lands[C]. Proceedings of 12th International Soil Conservation Organization Conference (Volume 1), Tsinghua University Press, 2002, 6: 160—165.
- [2] 史立人. 长江流域的坡耕地治理[J]. 人民长江, 1999, 30(7): 25—27.

(上接第17页)

[参 考 文 献]

- [1] 周礼恺编著. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] 李阜棣, 喻子牛, 何绍江主编. 农业微生物学实验设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 136—137.
- [3] 中科院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物学研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 263—264.
- [4] 关松荫, 等. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 274—277.
- [5] 邹厚远, 关秀琦, 张信, 等. 云雾山草原自然保护区的管理途径探讨[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 3—4.
- [6] 张映瑞, 古晓林, 王富裕, 等. 云雾山草原自然保护区的社会化技术服务体系建设[J]. 中国生物保护区, 1998(1): 20—22.
- [7] 张成娥, 陈小利. 林地砍伐开垦对土壤酶活性及养分的影响[J]. 生态学报, 1998, 17(6): 18—21.
- [8] 侯扶江, 南志标, 肖金玉. 重牧退化草地的植被、土壤及其耦合特征[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 915—922.
- [9] 张成娥, 刘国彬, 陈小利. 坡地不同利用方式下土壤微生物和酶活性以及生物量特征[J]. 土壤通报, 1999, 30(3): 101—103.

2004年《水土保持通报》审稿专家名单

山 仑	于振江	马为民	王占礼	王海宁	王继军	王继增	王丽槐	安芷生
田均良	卢宗凡	史学正	白岗栓	李智广	李代琼	李同升	李壁成	李景保
刘国彬	刘宝元	刘海峰	刘普灵	吕家龙	汤国安	吴发启	吴钦孝	吴普特
杨文治	张 芃	张信宝	张江辉	张科利	张殿发	李定强	赵其国	杨文治
杨勤科	邵明安	陈循谦	陈法扬	段汉明	周伏建	周佩华	林昌虎	郑粉莉
郑新民	侯军岐	侯庆春	姚进忠	郝明德	郭索彦	徐根海	康顺祥	程国栋
程积民	常庆瑞	崔中兴	章明奎	蒋定生	蔡建勤	蔡继清	穆兴民	上官周平