

# 电导法测定高寒草甸根系的活根及死根比例的研究\*

张金霞 王在模

(中国科学院西北高原生物研究所)

生态系统中,初级生产力的研究在养分循环和能量流通方面是极其重要的。根系生物量是初级生产力的重要组成部分。根系生物量的确定关键在于死、活根的区分,而死活根的区分至今尚未得到很好地解决。Olson (1964)曾说:“地下部分产量和损失速率的动力学将仍是未来半个世纪最为挑战的生态学和农业课题”。现在这未来半个世纪已经过去了一半,如同1964年的情况一样,它仍是一个正确的估计。

Bliss (1973)曾用肉眼把活根与死根分开,但这对高寒草甸多年生牧草,对一定体积内的土壤中的根系,要完全把死、活根分离则是相当麻烦费事的,工作量很大。Chapman (1978)在《植物生态学的方法》一书中,曾介绍过有人用四氮唑盐或用化学和酶的方法分出活根,这些方法主要决定于个体根系的特性,尤其对非常纤细的根更是如此。并且成效不大。总之,至今还没有一个区分死活根的比较理想的方法。

在青海省海北高寒草甸生态系统定位站初级生产力的研究中,我们用电导法对上述问题进行了初步探讨,现将研究结果报道如下。

## 方法依据

植物根系由于生理作用吸收土壤中的矿物质。矿物质元素以离子的形式进入植物细胞内,离子在细胞内的累积与阳离子代换量呈正相关,植物根系因其衰亡程度不同,内含离子的多寡也不同。老根与幼根相比,阳离子代换量较低。而阳离子代换量又随植物的衰老而降低(Донцов, 1976)。活根组织不断地从外界吸收体内所必需的养料,而死根组织则完全失去了从外界吸收养分的能力。植物的细胞膜透性随年龄的不同发生变化,同时运送离子进入细胞的机制也有变化。死亡植物的细胞膜透性较活植物的细胞膜透性强。这样死根组织不但不能吸收外界离子,在体内进行累积,而且体内离子还不断地外渗或转移而损失。因此活根组织与死根组织内所含离子的多少就有差异。若将其内含

\* 本项研究工作是在左克成副教授指导下完成的,乐炎舟同志参加部分工作,该站工作同志协助采集样品,谨此一并致谢。

离子浸出，它们之差异可用浸出液的电导值不同来反映。一般死、活根的比例不同，浸出液的电导度也各异，因而根据测出的电导值则可求出活、死根的比例。

## 材料与方法

### (一) 材料:

1. 取样，供测电导用的根取自青海海北高寒草甸生态系统定位站。根据定位站的植被类型特点，我们主要选取了矮嵩草 (*Kobresia humilis*)、小嵩草 (*K. pygmaea*)、苔草 (*Carex* spp)、禾本科 (*Gramineae*) 牧草等根系。在生长季节中，不定期取样。

2. 样品的处理，将取回的带根系的土壤切成 $10^3\text{cm}^3$ 大小的体积，用自来水冲洗40分钟，弃去泥沙，水量约在20升左右，充分洗净，然后放入小瓷盘内用少量离子交换水冲洗3次。从外部形态并用实体显微镜观察，活根具有饱满、滋润、韧性、断面中心呈乳白色等特征。死根却具有表皮干枯、干裂、萎缩、易断，表皮和木质部部分已脱节，形成一空套等特征。分别挑出死、活根。在挑选根的过程中，用少量离子水浸润以免受干而死亡。这样挑出来的死、活鲜根，可供测电导用。

### (二) 方法:

#### 1. 实验条件的选择:

##### 1) 供测电导的根的选择

我们选取矮嵩草、小嵩草、苔草、禾草的根系。选根时，把嵩草根节部分和较大的杂类草根分出，不参与电导测定。这是因为它们的死、活容易用肉眼区别，同时它们与主要根系的电导差异也比较大。但在计算死、活根的总产量时，要分别计入。

2) 我们先后作了根与水的浸提比，浸提时间和浸提方法的试验(表1)。从表1可见，采用剪碎根室温浸提，使试验周期延长。如浸提比太大，其死、活根电导值的差异则小，标准曲线的线性范围太窄，容易造成误差。反之浸提比太小，则使选根的工作量成倍增加。因之我们选择了死、活根电导值差异较大的方法。即根不剪碎浸提比为1:30，加离子交换水煮沸2分钟，取出根后，使浸提液在 $20^{\circ}\text{C}$ 时进行电导测定。

3) 温度对离子电导的影响甚大，对大多数离子，温度每增加 $1^{\circ}\text{C}$ ，则电导值约增加2% (于天仁等，1976)。因此在测电导时，浸提液要保持 $20^{\circ}\text{C}$ 的恒温。

水质不同其电导值也不同。用不同水质浸提根系，对浸提液的电导有一定影响，故我们测定标准和样品时，用同一离子交换水。在作全年根系电导测定时，每次都要保证离子交换水的质量相同。

#### 2. 测定方法的选择:

电导法测定死、活根比例，把经过挑选的死、活鲜根用滤纸吸干表面吸附水，立即称重配成全活；80%活+20%死；60%活+40%死；40%活+60%死；20%活+80%死和全死6个标准样品组。根不剪碎，用离子交换水浸提，根：水为1:30，煮沸2分钟，将根取出，浸提液在 $20^{\circ}\text{C}$ 用27型电导仪进行测定。以电导度(ms)为纵坐标，以活死根比例为横坐标，作出标准曲线。此标准曲线呈一直线线性关系，然后把一定体积内取出的混和样品的根系，用同样的方法进行浸提，测其电导值。并在标准曲线上查出

表1 不同浸提方法的比较

Table 1 Comparison of different extractive method

主要植物根系 roots of dominant plant	样品处理 sample treat- ment	浸提比 extrac- tion ratio (根:水) (root:water)	浸提时间 extraction time (分) (min)	浸提液的电导度 (ms) electric conductance of extracted solution		活死根浸提液 电导度之差 ( $\Delta$ ms) difference of condu- ctance of extracted solution of live and dead roots
				活根 live roots	死根 dead roots	
苔草 Carex spp.	剪碎浸提 cutting	1:20	30	0.156	0.107	0.048
		1:40	30	0.087	0.080	0.007
矮嵩草 Kobresia humilis	extraction	1:20	180	0.178	0.153	0.024
	"	1:20	360	0.219	0.172	0.047
	"	1:20	420	0.227	0.153	0.073
同上 ditto	"	1:20	1440	0.298	0.229	0.068
"	"	1:20	300	0.227	0.173	0.053
"	"	1:20	300	0.392	0.298	0.093
"	"	1:20	180	0.202	0.161	0.040
"	"	1:30	240	0.327	0.208	0.119

主要植物根系 roots of dominant plant	样品处理 sample treat- ment	浸提比 extrac- tion ratio (根:水) (root:water)	浸提时间 extraction time (分) (min)	浸提液的电导度 (ms) electric conductance of extracted solution		活、死根浸提液电导 度之差( $\Delta$ ms) difference of condu- ctance of extracted solution of live and dead roots
				活 根 live roots	死 根 dead roots	
小 嵩 草 <i>K. pygmaea</i>	不剪碎煮沸	1.30	2	0.149	0.070	0.078
同 上	no cut-	1.30	2	0.267	0.153	0.112
ditto	ting	1.30	2	0.202	0.089	0.112
"	boil up	1.30	5	0.238	0.108	0.129
"	"	1.30	2	0.192	0.122	0.070
"	"	1.30	2	0.212	0.103	0.109
"	"	1.30	2	0.238	0.131	0.106
矮 嵩 草 <i>K. humilis</i>	"	1.30	2	0.303	0.097	0.205
苔 草 <i>Caxex sp.</i>	"	1.30	2	0.232	0.080	0.152
禾草、矮嵩草 <i>Grass, K. humilis</i>	"	1.30	2	0.270	0.097	0.173
矮 嵩 草 <i>K. humilis</i>	"	1.30	2	0.208	0.151	0.056
同 上	"	1.30	2	0.204	0.153	0.050
ditto	"	1.30	2	0.151	0.111	0.040

活、死根的比例，根据一定体积内总根生物量即可计算出死、活根生物量。

## 结果和讨论

矮嵩草、小嵩草、苔草、禾草等根系浸提液的电导值都随活根的比例增大而增高，二者呈显著正相关（图 1—4）。在 27 次实验中，除 3 次是因选择实验条件只作了死根，活根两极值点的电导外，其余 24 次实验均有相当好的线性关系。相关系数  $r$  值在 0.9 以上的有 21 次，0.8 以上的有 3 次。相关显著（表 2），从表 2 可见，不论是以活根浸提液和死根浸提液配制成的一定活、死根比例或是活根死根按比例分别称样混和后再浸提，结果都是电导值随着活根比例增大而增高。二者呈显著正相关。

浸提液的电导值和浸提液中所含的离子数量有关。当我们制备死根浸提液时，由于死根细胞内含物已经解体撤退（张伟成，1978）。加之淋洗损失，内含电解质必然少于活根组织。在制备活根浸提液时，虽然在未煮沸前它的膜透性比死根的膜透性弱，但经煮沸后，它们的膜透性几乎可以说是一样的。但由于活根组织体内离子含量高于死根组织离子含量，因此经煮沸后它的外渗电解质必然高于死根。因而呈现出比死根高的电导值。

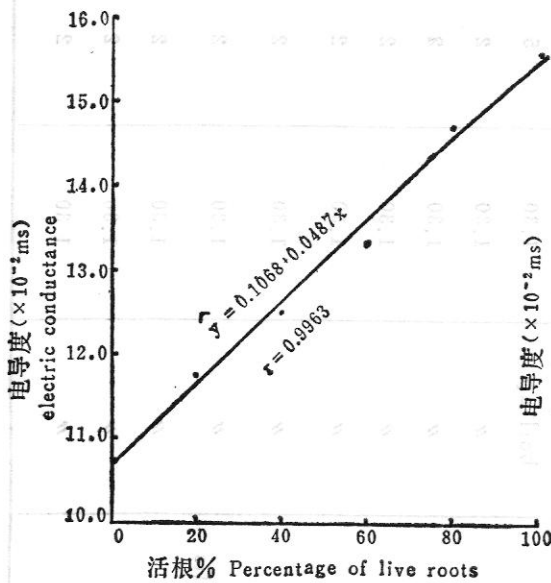


图 1 禾草活死根不同比例电导度曲线  
Fig. 1 Conductance curve of different ratio of live and dead roots of Gramineae

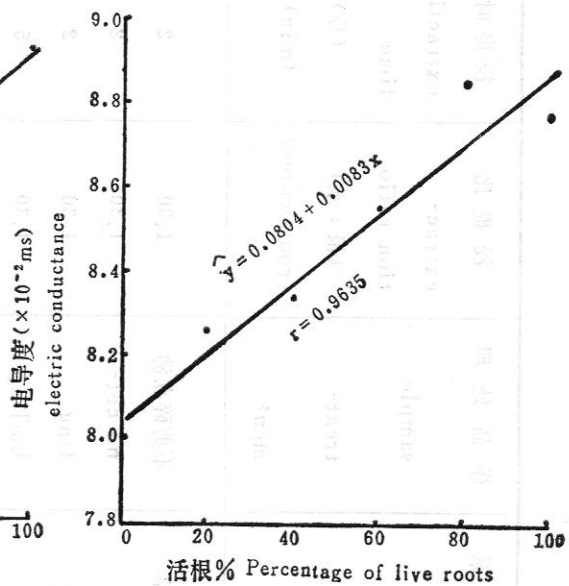


图 2 苔草活死根不同比例电导度曲线  
Fig. 2 Conductance curve of different ratio of live and dead Carex roots

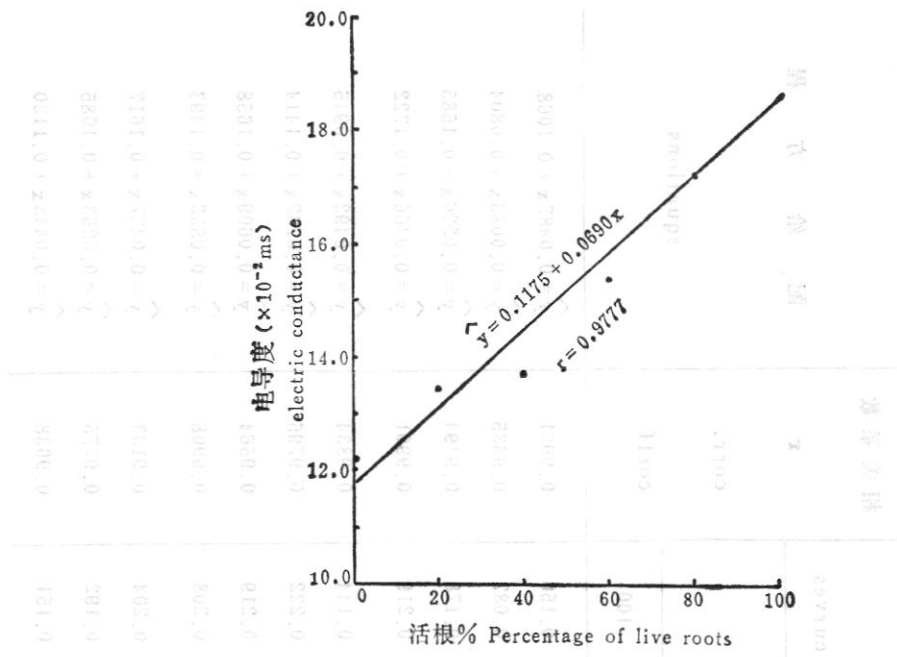


图 3 小嵩草活死根不同比例电导度曲线  
 Fig. 3 Conductance curve of different ratio of live and dead roots of *Kobresia pygmaea*

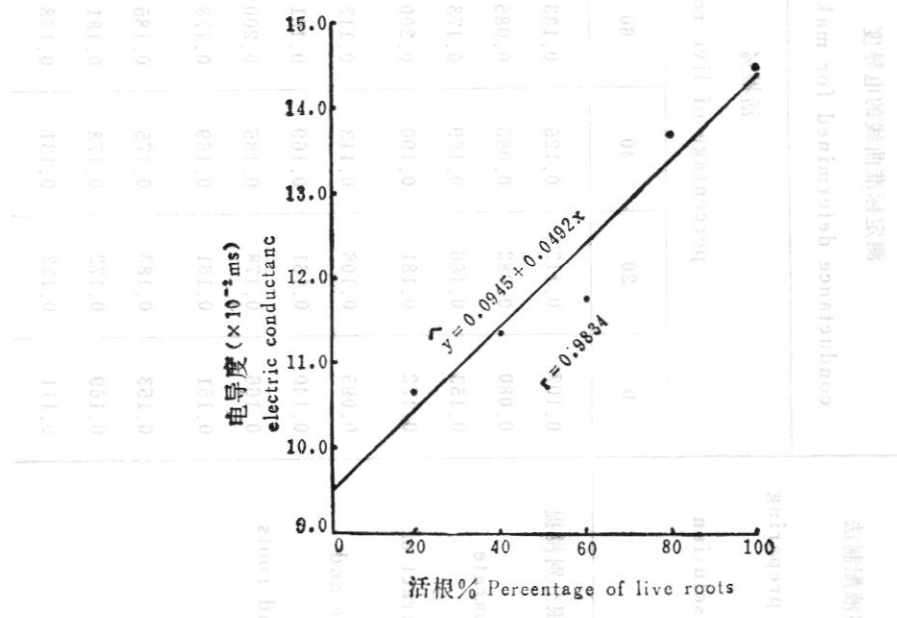


图 4 矮嵩草活死根不同比例电导度曲线  
 Fig. 4 Conductance curve of different ratio of live and dead roots of *Kobresia humilis*

表2 不同比例活、死根和其浸提液电导值相关关系

Table 2 Relationship between different ratio of live and dead roots and the conductance of their extract solution

标准溶液配制法 methods preparing standard solution	测定标准曲线的电导度 (ms) conductance determined for making standard curves						相关系数 r corr. coeff.	配给方程 equations
	活根% percentage of live roots							
	0	20	40	60	80	100		
活、死根分别浸提 separate extract of live and dead roots	0.107	0.117	0.125	0.133	0.147	0.156	0.9961	$\hat{y} = 0.0487x + 0.1068$
	0.080	0.082	0.083	0.085	0.088	0.087	0.9635	$\hat{y} = 0.0083x + 0.0804$
	0.153	0.166	0.169	0.173	0.177	0.178	0.9394	$\hat{y} = 0.0226x + 0.1585$
	0.172	0.181	0.190	0.200	0.208	0.219	0.9991	$\hat{y} = 0.0466x + 0.1722$
	0.095	0.106	0.113	0.117	0.137	0.144	0.9834	$\hat{y} = 0.0492x + 0.0915$
	0.140	0.161	0.169	0.181	0.192	0.222	0.9795	$\hat{y} = 0.0732x + 0.1414$
	0.166	0.178	0.185	0.200	0.227	0.219	0.9564	$\hat{y} = 0.0609x + 0.1658$
	0.151	0.161	0.169	0.178	0.192	0.208	0.9908	$\hat{y} = 0.0552x + 0.1493$
	0.153	0.183	0.175	0.185	0.196	0.204	0.9133	$\hat{y} = 0.0427x + 0.1617$
	0.169	0.172	0.178	0.181	0.192	0.192	0.9775	$\hat{y} = 0.0253x + 0.1685$
0.111	0.122	0.131	0.138	0.156	0.151	0.9638	$\hat{y} = 0.0443x + 0.1130$	

标准溶液配制法 methods preparing standard solution	测定标准曲线的电导度(ms) conductance determined for making standard curves						相关系数 r corr. coeff.	配 给 方 程 equations
	活根%							
	percentage of live roots							
	0	20	40	60	80	100		
活、死根混和浸提 mixed extract of live and dead roots	0.163	0.169	0.178	0.185	0.190	0.192	0.9845	$\hat{y} = 0.0302x + 0.1649$
	0.173	0.185	0.196	0.204	0.217	0.227	0.9987	$\hat{y} = 0.0531x + 0.1741$
	0.161	0.161	0.196	0.200	0.194	0.202	0.8526	$\hat{y} = 0.0437x + 0.1640$
	0.208	0.263	0.294	0.303	0.312	0.327	0.9324	$\hat{y} = 0.1078x + 0.2309$
	0.153	0.183	0.172	0.204		0.266	0.9478	$\hat{y} = 0.1071x + 0.1490$
	0.122	0.134	0.137	0.153	0.172	0.1923	0.9777	$\hat{y} = 0.0690x + 0.1175$
	0.103	0.138	0.161		0.206	0.212	0.9850	$\hat{y} = 0.1095x + 0.1119$
	0.131	0.151	0.196	0.200	0.204	0.238	0.9591	$\hat{y} = 0.0992x + 0.1373$
	0.173	0.192		0.227	0.253	0.263	0.9814	$\hat{y} = 0.0818x + 0.1827$
	0.097	0.125	0.168	0.208	0.274	0.303	0.9936	$\hat{y} = 0.2167x + 0.0876$
	0.105	0.111	0.128	0.153	0.144	0.144	0.8752	$\hat{y} = 0.0464x + 0.1082$
	0.080		0.144		0.212	0.232	0.9976	$\hat{y} = 0.1562x + 0.0871$
	0.097	0.129	0.133	0.232	0.238	0.270	0.9601	$\hat{y} = 0.1843x + 0.0914$



由于电导法求出的活根百分数与称重法求出的活根百分数呈直线关系，根据表 3 的数据，我们以称重法为标准，以电导法和称重法求出的活根百分数的剩余标准差为  $S_{yx_1} = 9.4554$ ，而称重法和极值电导法求出的剩余标准差为  $S_{yx_2} = 8.4489$ 。可见不同比例电导法和只求两极值电导法都与称重法求出的活根百分数较为接近，因而可以用电导法代替繁琐的称重法。由极值电导法求出的剩余标准差比以不同比例电导法求出的剩余标准差要小，由此可见极值电导法更接近于称重法。因此只测活根，死根两极值点的电导值作标准曲线要比以不同比例的死活根的电导值作标准曲线要简便的多，这样更节省时间，减少工作量，提高工作效率。

海北高寒草甸定位站在 1980 年由杨福圃同志用肉眼挑根称重法测定出的矮嵩草活根百分数和电导法测出的结果比较接近。5 月份称重法求出的活根百分数为 65.0%；电导法为 66.8%；6 月份为 67.0%、72.5%；8 月份为 70.0%，77.0%；在生长旺季的 8 月份，活根比例比较高。

在洗根时，网筛收集的碎根不参与电导测定，因为碎根大部分是根毛和根冠区。也

表 3 几种方法测出活根百分数的比较

Table 3 Comparison of percentage of live roots determined by several methods

日期 date		活根重 (克)	死根重 (克)	活根占总根的百分数 (%) live roots in total (%)		
月 month	日 day	wt. of live roots (g)	wt. of dead roots (g)	称重法 Weighing method	电导法 conductance method	
					不同比例 different ratio	极值 extrema
5	May 24	0.274	0.227	54.5	54.0	54.0
5	" 24	0.362	0.145	71.4	73.0	73.0
5	" 28	9.80	4.50	68.5	70.0	70.0
5	" 28	1.23	0.39	75.9	70.0	70.0
6	Jun. 30	1.37	0.51	73.0	62.0	75.0
6	" 30	0.95	0.88	51.8	54.0	70.0
8	Aug. 22	1.75	0.25	87.5	73.0	75.0
8	" 22	1.75	0.25	87.5	68.0	79.0
9	Sept. 25	0.30	0.22	57.6	48.0	54.0
9	" 26	0.59	0.58	56.0	68.0	64.0
10	Oct. 4	6.80	4.61	59.6	53.0	58.0
10	" 10	4.90	3.00	62.0	46.0	56.0

有一部分是死亡易洗碎的根。根毛和根冠是根区中活性最强的部分。吸收离子的能力很强。因之碎根的电导值很可能超出标准曲线的范围，不能参加主根部分的电导测定。如何测定碎根死、活比例，有待于进一步研究解决。

### 小 结

通过对高寒草甸植被类型中矮嵩草、小嵩草、苔草、禾草的不同比例死、活根根系浸提液电导值的研究，建立了测定高寒草甸根系死活根比例的电导方法，方法简单，操作方便，不需要复杂的仪器设备。完全适合野外定点测定，是目前测定根系死、活根比例的较好方法。

### 参 考 文 献

- 于天仁，1976：土壤的电化学性质及其研究法，258—282，科学出版社。  
中国科学院数学研究所统计组编，1973：常用数理统计方法，89，科学出版社。  
张伟成、严文梅、王在模，1978：植物衰老过程的化学诱导及其在谷物催熟上的应用。  
Bliss, L.C. and F. E. Wielgolaski, 1973: Primary production and production processes, Tundra Biome, Dublin pp3—13.  
Chapman, S.B., 1976: Methods in plant ecology, pp, 189—194, Blackwell.  
Olson J.S., 1964: Gross and net production of terrestrial vegetation. J. Ecol. 52(suppl.): 99—118.  
Донцов, М.Б. (王瑞新译), 1979: 根离子代换性及其与植物矿质营养的关系。作物营养生理, 76—82。科学出版社。

### 外文摘要 (Abstract)

## STUDIES ON DETERMINING RATIO OF LIVE ROOTS TO DEAD ROOTS BY METHOD OF ELECTRIC CONDUCTANCE IN ALPINE MEADOW

ZHANG Jinxia WANG Zaimo

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The present paper deals with the studies of the electric conductance value of extracting solution from different ratio of live and dead roots of *Kobresia humilis*, *K. pygmaea*, *Carex spp.* and *Gramineae* in alpine meadow vegetation types. This method shows that the electric conductance values of extracting solution from roots correlate significantly with the ratio of live and dead roots. Therefore the ratio of live and dead roots can be determined by measuring conductance values of mixed roots with a standard curve, so that the biomasses of live and dead roots can be calculated respectively. This is a better method for determining the underground plant biomass.