吴旗飞播区沙打旺根系的研究

曹淑定　李代琼　梁一民　从心海

（中国科学院西北水土保持研究所）

何　增　运

（陕西省吴旗县林业站）

植物对于土壤环境条件的不同适应性，很大程度上取决于根系的特性、构造和其生理特点。一定植物品种的特性、特征以至产量的形成，植物所需水分和矿物营养的供应及对不良土壤和气候条件的抵抗力等，都与根系有着密切关系。研究植物根系对正确理解和掌握植物在个体发育中的特点、特性，以及它们中间、它们与外界环境之间的相互关系，以至选择出适应性强、生产力高的品种和种群都有着重要意义。特别是对豆科植物根系的研究更为人们所重视。为了了解和掌握沙打旺根系生长发育的特性，根系与产量、根系与环境条件等的关系，我们对吴旗县飞播的各年生沙打旺根系作了初步观测，现将结果介绍于下。

一、试验材料和方法

材料取自吴旗县1976—1979年飞播的各年生部分沙打旺的根系。在各播区选择沙打旺单株根系进行系统测定。

鉴于播区不具冲洗根系的水源条件和黄绵土土层深厚、质地疏松的特点，我们采用了简易壕沟法和跟踪挖根法相结合的方法。

1、在地上部分基本停止生长后，选择不同立地条件类型、生长中等、自然地形有利的地块，以壕沟法为基础，沿根系入土方向，挖掘1—6年生沙打旺根系整体标本各2—3株。挖根时观测根系的自然形态特征、色泽，根系在土壤中分布的特点，最大水平幅度，入土深度等。标本挖好带回室内制作。

2、开始挖根时，首先确定与主根垂直的土壤剖面距离，在壕沟法的基础上，沿根系入土方向在根幅范围内，按每层20厘米土深分层取根，直至根系入土最深处。取根时无水冲洗，主根和侧根是用铁铲和土壤剖面刀跟踪挖取，分层切断；细根是分别将各层土壤和根系混合体过筛或手工拣选后装袋，进行室内测定。

3、将野外带回的根系清理分类，除去杂质、泥土，按直径分为0.1、0.1—0.3、0.3—0.5、0.5—1和1—3厘米五级，分别装入铝盒在105℃温度下烘干，用1/100克天平称重。将同层根系相加，得该层根系全重，各层根系相加即为根系总重。

4、挖取根系前，将地上部分割下称量鲜重，后在室内105℃下烘干称取干重。

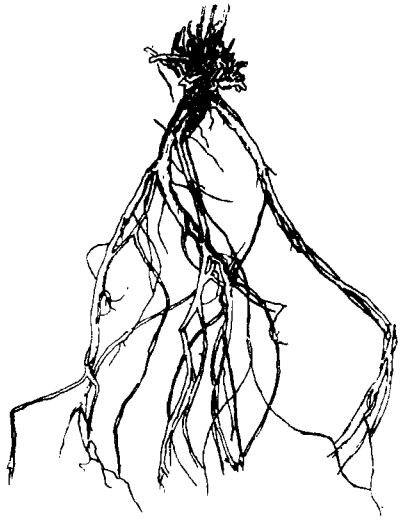
5、挖根时分层取土，测定各层土壤容重和土壤水分含量。

二、试验结果

（一）飞播沙打旺根系的形态特征

据观测，沙打旺根系属轴根型的分蘖类型（不具营养繁殖特点）。自然根型为直根系，以垂直主根为主，生有多数侧根（照片1）。整体根系光滑，生活的根呈乳黄色，有纹理，风干后呈浅褐色。茎下部粗大部分逐渐形成柱状，称为根颈。随年龄的增长根颈变粗，6年生根颈直径达5厘米多，长达十几厘米，是强大根系的总支柱（照片2）。根颈向上发出分枝，6年生分枝数多达95个；向下生有多数侧根和分枝根。

照片1　2年生沙打旺整体根系



照片2　6年生沙打旺根系的根颈

据实测，在比较干旱、黄土深厚的荒山条件下，飞播的沙打旺主根发达，2年生根深2米多，5年生根深6米。但在沟底潮湿、高容重的红胶土上生长的5年生沙打旺，主根深约1米多，而须根发达，根端沿冲积土层呈片状指形分布。

沙打旺水平根幅一般为1—2米，绝对根量主要集中在40厘以上的土层。

（二）飞播沙打旺幼苗根系的发育

黄土高原的飞机播种，是在雨季利用地表水分和天然复土来供种子发芽、出苗、生根的。成苗的多少与种子发芽的快慢、扎根入土的速度以及幼苗的抗性直接相关，但这些特性总起来都与幼苗的根系发育分不开。通过对不同生长天数、不同播种方式、不同条件下幼苗根系的观测表明，沙打旺的胚根向地性强，在萌发过程中，胚根一旦突破种皮即向地下扎根。在幼苗生长中，根比地上部分生长快，飞播的沙打旺出苗15天，根、茎长度比为4—5:1；生长45天根茎长度比为8—9:1；生长70天的根长与株高之比为

2.8—8.35:1。

（三）飞播沙打旺各级根系重量的百分组成及其在土壤中的分布

根据对历年飞播沙打旺根系的调查，看出沙打旺根系在其个体发育过程中，随着生长年限的增长，各级根系的重量有着一定的变化规律。这种变化不仅表现在各级根系所占总根的百分组成上，而且表现在不同直径根系在土壤中的重量分布上（表1）。

表1　　飞播沙打旺各级根量的百分组成

年龄	总根重量（克）	一级 1-3 cm		二级 0.5-1 cm		三级 0.3-0.5 cm		四级 0.1-0.3 cm		五级 0.1 cm 以下	
		重量（克）	占总根重（%）	重量（克）	占总根重（%）	重量（克）	占总根重（%）	重量（克）	占总根重（%）	重量（克）	占总根重（%）
2	51.12	4.61	9.01	2.47	4.83	3.32	6.49	18.88	36.93	21.84	42.72
3	57.75	4.70	8.13	1.09	1.88	6.08	10.52	24.56	42.52	21.32	36.91
4	113.87	18.26	16.03	4.19	3.67	17.20	15.10	24.93	21.89	49.29	43.28
5	202.87	28.85	14.22	26.88	13.20	16.35	8.05	76.35	37.63	54.44	26.83
6	390.56	139.33	35.67	91.92	23.53	44.17	11.30	78.61	20.1	36.53	9.3

表1说明：

1、沙打旺总根量逐年增加；由2年生的51.12克增至6年生的390.56克；

2、各级根的绝对根量逐年增加。在各级根量所占总根量的百分比中，一、二级根系重量比率随生长年限增长而增大，四、五级细根占总根量的比率则随年限增长而下降。

沙打旺根系按50厘米土壤分层，各龄根系在土层中重量分布的情况是：2—3年生，在0—50厘米土层中的根量占其总根量的50%；50—150厘米土层中占总根量的40%。4年生，在0—50厘米和50—200厘米土层中的根量各占其总根量的40%。5年生在0—50厘米土层中的根量占其总根量的33%，50—250厘米土层中占总根量的40%。

可见沙打旺根系在土壤中的重量分布，不仅集中在0—50厘米土层内，而且各龄根量分别向下密集在相当长的一段距离之中，在这段土层中根量相近，基本呈柱状分布；再向下方呈锥状体分布。这种根量分布的特点是吸收面积大，乃是沙打旺根系生命力强的表现。

另外，从各级根量分布情况看出，四、五级活性根在土层中分布较深，而且土层愈厚，比例愈大（图1）。

活性根是根系生长过程中最活跃的部分，沙打旺根系的这种分布特点有利于根系吸收土壤深层水分，以保证植物生长之需要。只是随生长年限的增长，干物质积累越多，活性根（干重）占总根量的比例则降低。

（四）飞播沙打旺根系与地上部分生长的比较

由图2可知，沙打旺地上部分与地下部分生长有一定的相关性。试验证明，播种当

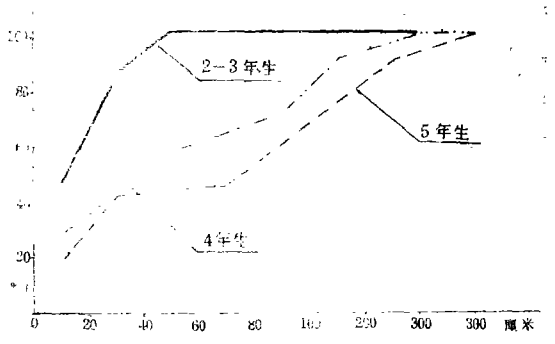


图1　飞播沙打旺四、五级活性根重量在各土层中的分布比例

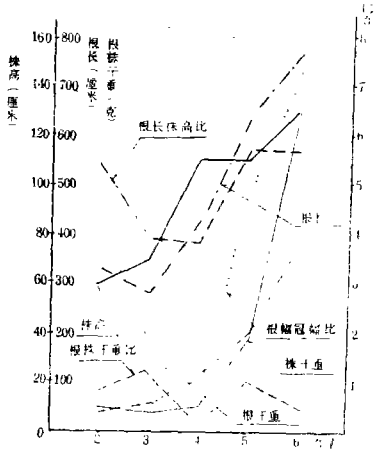


图2　沙打旺地上部分与地下部分生长的相关关系

年植株愈高，根系入土愈深。苗期下部生长尤比地上部分迅速。飞播区生长75天的幼苗，根长为株高的5倍乃至15倍。生长2年的株高60厘米时，根长可达330厘米，根长为株高的5倍，根幅为冠幅的4倍。生长旺盛的4年生和5年生植株，株高110厘米时，根长可达400—640厘米，根长为株高的4—6倍，根幅与冠幅比最大近5倍。而6年生根幅可为冠幅的7倍余。

分枝个数随年龄增长而增多，这与根颈粗的增长有关。2年生分枝6—10个时，根颈粗为1.3厘米，5—6年生分枝数增至50—95个时，根颈粗可达4—5厘米。

干物质的重量总的来说是相近的，如图所示。唯地上部分干物质的积累比地下部分迅速，据大面积产量调查，1976年白石咀播区飞播的沙打旺，1977年平均亩产鲜草1,800斤，1978年平均亩产3,000斤，1979年平均亩产3,800斤，1980年平均亩产2,000—2,500斤，1981年为2,000斤。

与当地多年生优势天然草相比，更能看出沙打旺根系发育的强大。据测，优势植物地椒根长一般40—150厘米，根颈最粗达0.6厘米，根幅仅20厘米。冷蒿根长30厘米，根幅宽6厘米。铁杆蒿根长1米，根颈粗达1厘米，根幅宽达40厘米。它们的根量与沙打旺相比就更小了，其中最高的铁杆蒿单株根量也只有6克左右。

（五）不同立地条件下沙打旺根系生长的变化

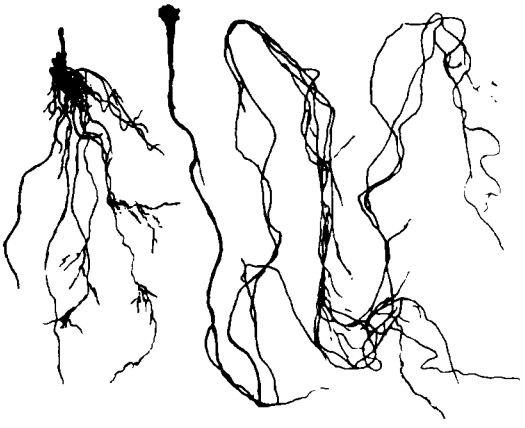
沙打旺根系可塑性强，在不同生态条件下，其生长发育情况差异甚大。据调查，同年飞播的沙打旺，因生长的坡位、土壤质地和水分条件不同，根系生长亦有显著差异。以白石咀播区的5年生沙打旺（照片3）为例，有以下差异：

1、根系形态及生长特点。生长在沟底潮湿、高容重层状红胶土上的沙打旺根系，主根入土仅1米左右，而侧根发达，生有大量须根。须根沿冲积土层向周围延伸，最大水平根幅在距表土层50—80厘米处。须根顶端顺冲积土层呈片状细裂形，分生许多乳黄色柔嫩纤细小根。主根根颈1.5厘米。根长与株高比为1.1。

生长在梁峁坡上部的根系，土壤干旱，根系发育以主根为主，下生侧根数条。根系入土深达6米多，根颈粗4厘米，根长为株高的6倍，细根顶端不呈片状裂。

沟坡中部的土壤类型基本和顶部相类似，但鼠害严重，破坏了土壤结构，使上层土特别干旱；下层土壤有不均匀的冲积土，坚实（群众称白姜土），影响了根系的正常生长，开始腐烂。植株生长较差。

2、根量在土层中的分布。因为生长条件不同，根系入土深度不同，表现在根量在各土层中的分布也不同。



左：沟底阴坡　　右：梁峁坡上部

照片3　不同立地条件5年生沙打旺根系生长比较

一是总根量在各土层中的分布比例。由各土层中根量累积曲线图可知，沟底生长的沙打旺根系，总根量96克，分布在土层0—100厘米之内，其中0—20厘米土层中的根量占总根量的45%。梁峁坡上部的根系，总根量202.9克，分布在0—640厘米内，其中0—20、20—100厘米土层的根量各占总根量的20%，100—300厘米土层内的根量占总根量的40%，300厘米以下者占总根量的20%。沟坡中部的根系，总根量54克，分布在0—350厘米土层内，其中0—20厘米土层的根量占总根量的43%，20—100厘米土层内的根量占总根量的42%，100—300厘米土层内占15%。

二是各级根量在土层中的分布比例。沟底生长的根系，一、二、三级根量共占总根量的22%，集中分布在0—20厘米土层中；四、五级根量占总根量的78%，均匀分布在0—100厘米土层内。梁峁上部的根系，一、二、三级根量占总根量的35%，四、五级根量约占总根量的65%。而中部生长的根系，一、二、三级根量占总根量的70%，四、五级根量占总根量的30%。可见不同生长条件下各级根量在土层中的比例不同。

（六）沙打旺根系生长与土壤含水量的关系

土壤水分与植物生长关系密切，不同立地条件的土壤和水分状况不同，也就反映在植物生长情况的不同。

特别在黄土高原半干旱地区的飞播造林种草中，水分条件是其成败的关键，也是影响飞播沙打旺草地生长的重要因素。前面所述的沙打旺根系生长的各种特点，均与土壤水分条件密切相关。通过对沙打旺草地土壤含水量的测定，表明不同立地条件、不同生长年限、不同生长密度的沙打旺草地各层土壤含水量不同。现就两个方面说明根系生长与土壤含水量的密切关系。

1、不同生长年限、生长密度的土壤含水量状况。据调查，沙打旺随着生长年限的增长，根系入土深度不断增加，由2年生的2—3米，增至5年生的5—6米，而土壤含水量则相应的逐年降低。

由图3可知，沙打旺草地在200厘米以上各土层，土壤含水量相近，这时延伸在各土层中的根系吸取土壤中的水分，使之减少到4—5%左右，已不足为植物所利用；继生长年限的增长，根为了吸收深层土壤水分而向下深扎，以吸取更深土层中的水分。这样就形成图中所示的，200厘米以下土层的含水量就随生长年限的增加而逐渐减少。如5

米深处的土壤水分含量，5年生与2年生的差数为7％左右；4米深处的水分含量，2年生与3年生的差数则为2％左右，而且均与荒山的土壤含水量成明显对照。

测定又表明，密度不同，根系生长状况不同，土壤含水量也不同。以4年生沙打旺为例（图2），生长密度平均每亩1—2万株的土壤含水量比平均每亩2千株的显然减少。特别在300厘米以下者为甚。显然是因为密集交织生长的根系，互相争夺水分和养分；为了正常的生存需要只有吸收深层水分，故耗水量就比稀疏处多。

2、不同立地条件下的土壤含水量变化。立地条件不同，影响植物生长的土壤和水分状况也就不同。以白石咀飞播区5年生沙打旺为例（图3），说明了不同生长环境的不同土壤和水分条件与沙打旺根系生长的密切关系。

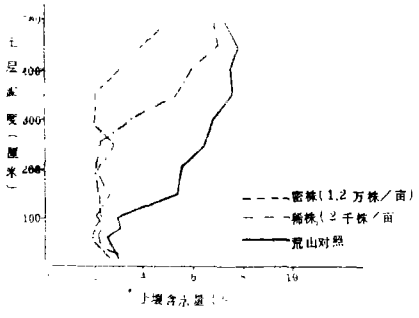


图2　4年生沙打旺不同生长密度和土壤含水量

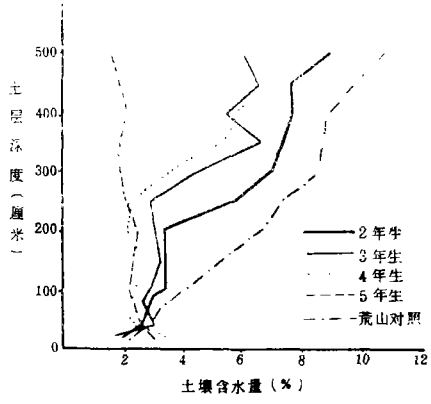


图3　不同生长年限沙打旺草地土壤含水量变化

沟底红胶土冲积层的土壤容重平均1.45克，水分平均为17％；沟坡中部土壤容重平均1.24克，水分平均为4.2％；梁峁坡上部土壤容重平均1.19克，水分则为6.2％。

根系生长情况如前所述，沟底植株根深仅1米多，一方面与土壤质地有关，另一方面就是因为土壤水分充足，可以满足根系生长的需要，根系便以须根为主，发达的须根向周围土层延伸，分生许多柔嫩纤细的小根。

在干旱的梁峁坡上生长的沙打旺，根系入土深度随生长年限的增长而增加。这是因为根系延伸的土层，水分被吸收、蒸腾，致使水分减少到4％左右，不能再为植物所利用，靠降雨补偿和浅层的储水不能满足沙打旺连续生长的要求，于是根系不断向更深土层延伸，吸取其所需水分。从而形成了在干旱条件下以主根为主的发达根系。

总之，沙打旺和其他许多多年生草本植物一样，除其本身的生物学特性所决定外，还在其长期适应外界环境的过程中，随着生长年限的增长，能够发挥它深扎根的巨大作用，以便在干旱条件下，向土层深处延伸，吸取深层土壤水分，且可吸至凋萎湿度以维持其生长发育的需要。

综上所述，沙打旺根系发达；可塑性强，能在各种立地条件下良好生长。能在干旱的黄土陡坡深扎根，吸收深层土壤水分和养分。构成沙打旺抗旱、耐寒、适应性强、产草量高等生物学、生态学特性。试验证明，沙打旺能拦蓄径流，改良土壤，起到良好的水土保持作用，是一个适宜在黄土高原大力发展的优良牧草。