

## 土壤条件对陆稻根系生长的影响\*

程建峰 潘晓云 刘宜柏

(江西农业大学农学院,南昌 330045)

**摘 要** 采用“三维坐标容器法”,研究了三种土壤条件对陆稻根系生长的影响。结果表明:1. 不同土壤条件下,根系入土深度均在 60 cm 左右。2. 不同土壤类型中,根系体积( $V$ )、总表面积( $St$ )、活跃表面积( $Sa$ )、长度( $L$ )、干重( $Wd$ )、密度( $D$ )随入土深度的增加而减少, $Sa/St$ 大致在同一水平;潮砂土以上层粗根为多,生长居中;红壤土以下层细根为多,生长最好;水稻土最差。3. 不同地下水位中, $L$ 、 $Wd$ 、 $V$ 、 $D$ 随入土深度的增加而递减,且在不同垂直土层中的分布,均为水层深 6 cm(A 处理) > 水层深 4 cm(B 处理) > 水层深 2 cm(C 处理),但 A 处理在 30~50 cm 处有较大的回升,即深层(30~60 cm)根细、多;A、B 处理的  $St$ 、 $Sa$  有升有降,但三种处理的  $Sa/St$  均随垂直深度增加而增加。4. 不论何种土壤温度, $V$ 、 $L$ 、 $D$ 、 $Wd$ 、 $St$ 、 $Sa$  随着入土深度的增加、土温的升高和生育期内土壤积温的减少而明显减少;在不同垂直土层中,5 月 8 日播种(b)、6 月 8 日播种(c)间  $V$  无明显差异,与 4 月 8 日播种(a)有较大差别;a、b 间  $Wd$  无明显差异,但与 c 有较大差别; $Sa/St$  随入土深度的增加、土温的日益升高、生育期内土壤积温的减少而增强,且处理  $a < b < c$ 。

**关键词** 陆稻,根系,土壤,地下水位,土温

**中图分类号** S511.6

陆稻作为一种栽培稻种,具有耐旱性强、需水少的特点,是推行节水、旱作农业的最佳旱粮作物。近些年来,国内外对其生态适应、抗旱机理、栽培技术等研究颇多,而对地下部分的“根土系统”研究较少<sup>[1~7]</sup>。根是固定植物,并从土壤中吸收和运输水分与养分的器官,是土壤资源的直接利用者和产量的重要贡献者<sup>[8]</sup>。由于条件限制(如工作量大,研究方法欠缺),对根系的研究进展缓慢。直到本世纪 30 年代 J. E. Weaver 才较系统地研究了十多种作物根系生长过程,指出“要科学地理解作物生产,就必须全面地认识作物根系发育、根群分布、不同生育时期根系吸收水分养分的活力,以及不同环境下的根系变化”,根系研究才受到重视。目前国际上已将根系研究作为进一步提高农作物生产力的一个极具潜力的基础性科研课题<sup>[9,10]</sup>。近几十年来,国内外对根系的形态构造、生理特性、生态型及品种间根系的差异等都有不少报道,但对根系群体与土壤条件的关系研究颇少(H. A. 卡钦斯基)<sup>[11]</sup>。故以陆稻为研究对象,开展了土壤条件对陆稻根系生长影响的研究,为旱地水分的高效利用及节水高产栽培提供理论指导,为大面积推广陆稻种植提供必要的可行性依据。

\* 江西省科委重大科技项目和江西省自然科学基金(973063)资助

收稿日期:2000-09-08;收到修改稿日期:2001-09-28

## 1 材料与方方法

供试品种为抗旱优良品种——巴西陆稻(IAPAR9)。根系研究法——采用作者首创的三维坐标容器法,参见文献[12]。设潮砂土、红壤土、水稻土三种不同土壤处理(理化性质见表1),地下水位设计参照 Yasuhiro konol<sup>[13]</sup>,设水层深6 cm(A)、4 cm(B)、2 cm(C)三种,4月20日播种;土壤温度试验采用分期播种进行,设4月8日(a)、5月8日(b)、6月8日(c)三种处理,土温观测采用自动温度记录仪记录,列于表2;三次重复。播种时,将精选的种子直播于容器表土层的几何中心,每容器中心5粒,待苗长至三叶一心时进行间苗,留取一株优质壮苗。全生育期内不施肥,依靠土壤中的有机质生长。成熟期分层进行根系体积( $V$ )<sup>[14]</sup>、总表面积( $St$ )<sup>[14]</sup>、活跃表面积( $Sa$ )<sup>[14]</sup>、长度( $L$ )<sup>[9]</sup>、干重( $Wd$ )<sup>[9]</sup>、根密度( $D$ )<sup>[15]</sup>的测试。

表1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soils studied

土壤类型 Soil type	有机质 O. M. (g kg <sup>-1</sup> )	容重 Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	孔隙度 Porosity (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	阳离子代换量 CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )	盐基饱和度 Base saturation (%)	物理性黏粒 Physical clay (%)
潮砂土	0.55	1.48	38	7.13	2.87	78.9	7.4
红壤土	1.29	1.32	44	4.60	5.46	33.1	25.2
水稻土	1.90	1.15	55	6.72	14.32	64.5	73.6

表2 土壤积温的基本情况

Table 2 Basic Properties of the accumulated soil temperature

播种期(月/日) Sowing period (M/D)	播种至抽穗的土壤积温 Accumulated soil temperature from sowing to heading	抽穗至成熟的土壤积温 Accumulated soil temperature from heading to maturity	全生育期的土壤积温 Accumulated soil temperature during growth stages	全生育期天数 Days of growth stages
4/8	2 030.50℃	1 156.05℃	3 186.55℃	132
5/8	1 991.60℃	1 080.80℃	3 072.40℃	118
6/8	1 921.10℃	858.02℃	2 779.12℃	102

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤对陆稻根系生长的影响

陆稻根系的分布深度基本上都在0~60 cm间,无差异;但在不同土壤中的垂直分布不同,由表3可知:(1) $L$ 、 $Wd$ 、 $D$ 随入土深度的增加而减小,在25~30 cm间略有回升。(2) $L$ 、 $Wd$ 、 $D$ 在0~30 cm间的分布为潮砂土>红壤土>水稻土,在0~60 cm间的分布为红壤土>潮砂土>水稻土;(3) $V$ 随入土深度的增加而减小,30~60 cm间 $V$ 占总体积的量,以水稻土为最小,潮砂土为最大;即深层根系的发达程度为红壤土>潮砂土>水稻土,有利于深层水肥的吸收和抵抗干旱对植株的伤害。(4) $St$ 、 $Sa$ 随入土深度的增加而减小;

$Sa/St$  随入土深度的增加起伏变化不大,基本维持在同一水平。(5)  $St$ 、 $Sa$  及各层大小关系基本上为红壤土 > 潮砂土 > 水稻土,且红壤土的  $St$ 、 $Sa$ 、 $Sa/St$  较其他土壤的各层的变化缓慢,始终维持在一个较高水平:30~60 cm 间的  $St$ 、 $Sa$  占总根系的量,以潮砂土为最小,红壤土为最大;即红壤土的深层根系较其他更为发达,有利于抗旱。

表 3 不同土壤对陆稻根系生长的影响

Table 3 Effect of soil types on the growth of upland rice root system

深度 Depth (cm)	根体积 Root volume (ml)			根干重 Root dry weight (g)			根长 Root length (cm)			根密度 Root density (cm cm <sup>-3</sup> )		
	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil
	0~5	12.16	8.76	7.80	2.07	1.44	1.02	12.14	8.89	7.09	1.98	1.46
5~10	4.11	4.58	4.40	0.61	0.76	0.40	5.13	4.41	5.09	0.82	0.72	0.83
10~15	4.05	3.54	3.20	0.57	0.60	0.33	5.03	3.15	4.14	0.84	0.52	0.68
15~20	3.29	3.38	2.90	0.56	0.57	0.32	3.32	3.34	3.92	0.54	0.55	0.64
20~25	2.59	3.08	2.85	0.52	0.52	0.21	2.14	4.20	2.88	0.35	0.69	0.47
25~30	2.53	2.34	2.30	0.55	0.59	0.26	3.16	4.93	3.76	0.52	0.81	0.61
30~40	3.83	2.85	2.63	0.53	1.02	0.58	3.37	6.33	5.02	0.28	0.52	0.41
40~50	2.67	1.90	1.35	0.30	0.76	0.40	4.06	8.31	4.67	0.33	0.68	0.38
50~60	1.91	1.00	0.60	0.17	0.40	0.32	4.24	5.59	4.35	0.35	0.46	0.36
0~60	37.14	31.43	28.03	5.88	6.66	3.84	42.59	49.14	40.93	0.71	0.73	0.64
0~30/ 0~60	0.77	0.82	0.84	0.83	0.67	0.66	0.73	0.59	0.66	1.18	1.08	1.14

  

深度 Depth (cm)	根总表面积 Total area of root surface (m <sup>2</sup> )			根活跃表面积 Active area of root surface (m <sup>2</sup> )			根活跃表面积/根总表面积 Ratio of active area to total area of root surface		
	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil	潮砂土 Sandy fluvo - aquic	红壤土 Clayey red soil	水稻土 Paddy soil
	0~5	0.83	0.77	0.55	0.25	0.24	0.15	0.30	0.31
5~10	0.77	0.74	0.46	0.14	0.22	0.07	0.18	0.29	0.15
10~15	0.54	0.75	0.40	0.14	0.21	0.12	0.25	0.28	0.30
15~20	0.39	0.65	0.37	0.12	0.20	0.11	0.31	0.31	0.29
20~25	0.40	0.67	0.37	0.12	0.16	0.11	0.30	0.23	0.29
25~30	0.30	0.68	0.34	0.07	0.27	0.09	0.25	0.38	0.28
30~40	0.23	1.19	0.49	0.08	0.39	0.16	0.34	0.33	0.33
40~50	0.20	1.10	0.21	0.04	0.34	0.06	0.18	0.31	0.26
50~60	0.13	0.85	0.52	0.03	0.27	0.13	0.24	0.32	0.25
0~60	3.79	7.40	3.71	0.99	2.30	1.00	0.26	0.30	0.26
0~30/ 0~60	0.85	0.58	0.67	0.85	0.57	0.65	1.02	1.00	1.01

## 2.2 地下水位对陆稻根系生长的影响

地下水位对陆稻根系生长的影响,表现在总量和各层分布量、各层分布量占总量的百分比(特别是 30 cm 以下部分,即深根比)三方面。表 4 表明:(1)各根系参数,一般随垂直深度的增加而递减;但 A 处理在 30~50 cm 间,有较大的回升,可能是因为 A 处理地下水位高,土壤含水量高,促使次生根多级分枝,细长,造成上升趋势。(2)不论总量、各层分布量,还是深根比,均为处理 A>B>C,说明地下水位高低所造成的土壤含水量差异,明显地影响着根系生长发育。若土壤含水量充盈,造成根系生长旺盛,加速次生根的生长和分枝,造成根长、根密度大,根重大,导致根系深扎、深层根系发达,与小麦的研究结果相一致<sup>[16]</sup>。相反,水分亏缺,根系生长受抑制<sup>[17]</sup>。(3)A、B、C 处理的  $S_a/S_t$  均随入土深度的增加而增加,处理 A>B>C,可能是因为地下水位所造成上层土壤含水量少,易造成根系早衰、活力锐减;下层土壤含水量高,生长仍旺盛,衰老缓慢,活力较高。

表 4 不同地下水位对陆稻根系生长的影响

Table 4 Effect of groundwater level on the growth of upland rice root system

深度 Depth (cm)	根体积 Root Volume (ml)			根干重 Root dry weight (g)			根长 Root length (cm)			根密度 Root density (cm cm <sup>-3</sup> )		
	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)
0~5	9.55	8.50	4.50	1.72	1.38	0.73	12.54	10.46	7.00	3.48	2.90	1.94
5~10	8.50	4.00	3.00	0.99	0.62	0.39	11.46	6.38	5.11	3.17	1.77	1.41
10~15	6.05	3.90	2.60	0.68	0.57	0.61	8.80	6.26	4.57	2.44	1.73	1.27
15~20	5.35	3.75	2.35	0.66	0.56	0.21	8.00	6.07	4.23	2.22	1.68	1.17
20~25	3.75	3.20	2.15	0.53	0.49	0.20	6.57	5.63	3.94	1.82	1.56	1.09
25~30	3.70	3.00	2.00	0.47	0.42	0.20	6.01	5.41	3.73	1.67	1.50	1.03
30~40	11.80	5.80	3.25	1.42	0.82	0.32	14.78	8.52	5.43	2.05	1.18	0.75
40~50	9.75	5.90	2.45	0.98	0.80	0.18	12.75	8.63	4.36	1.76	1.18	0.60
50~60	3.75	1.90	1.00	0.40	0.20	0.06	7.07	3.58	2.18	0.98	0.50	0.30
0~60	62.20	39.95	23.30	7.85	5.86	2.90	88.00	60.90	40.50	2.47	1.86	1.32
0~30/ 0~60	0.41	0.34	0.29	0.64	0.69	0.81	0.39	0.34	0.30	0.65	0.52	0.42

  

深度 Depth (cm)	根总表面积 Total area of root surface (m <sup>2</sup> )			根活跃表面积 Active area of root surface (m <sup>2</sup> )			根活跃表面/根总表面积 Ratio of active area to total area of root surface		
	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)	A(6cm)	B(4cm)	C(2cm)
0~5	1.07	0.84	0.42	0.32	0.19	0.05	0.30	0.22	0.12
5~10	1.09	0.68	0.24	0.34	0.15	0.03	0.31	0.22	0.14
10~15	0.09	0.63	0.26	0.29	0.15	0.06	0.33	0.24	0.14
15~20	0.79	0.68	0.28	0.31	0.19	0.05	0.40	0.27	0.16
20~25	0.84	0.65	0.28	0.39	0.21	0.06	0.47	0.33	0.20
25~30	0.86	0.61	0.28	0.43	0.22	0.06	0.50	0.35	0.22
30~40	2.45	1.50	0.40	1.32	0.59	0.10	0.54	0.39	0.25
40~50	2.23	1.39	0.33	1.28	0.55	0.09	0.58	0.40	0.26
50~60	1.03	0.42	0.21	0.62	0.17	0.06	0.60	0.42	0.29
0~60	10.45	7.40	2.70	5.30	2.42	0.56	0.47	0.33	0.21
0~30/ 0~60	0.45	0.55	0.65	0.39	0.46	0.55	0.81	0.82	0.78

### 2.3 土壤温度对陆稻根系生长的影响

不同土壤温度、土壤积温间,根系生长分布状况见表5。由表知:(1) $V$ 、 $L$ 、 $Wd$ 随着入土深度的增加而减少。(2) $V$ 、 $L$ 、 $Wd$ 随生育期内土温的日益升高、全生育期内土壤积温的减少而明显减少,且 $V$ 、 $L$ 递减速度在0~15 cm间的递减速度较快,在15~60 cm间递减速度较平稳。(3) $V$ 各层分布量占总量的百分比**b**、**c**处理间无明显差异,在27.5%左右;但与**a**有差别,主要发生在0~15 cm( $a \ll b \approx c$ )、30~60 cm( $a \gg b \approx c$ )间,15~30 cm较平稳; $L$ 各层分布量占总根量的百分比**a**、**b**、**c**处理间无明显差异; $Wd$ 递减速度比 $V$ 、 $L$ 更缓慢,或许是前者是干样,后两者是鲜样的缘故; $Wd$ 各层分布量占总根量的百分比**a**、**b**处理间无明显差异,在31.0%左右,但与**c**有差别,主要发生在0~15 cm( $a \approx b \ll c$ )、30~60 cm( $a \approx b \ll c$ )、15~30 cm较平稳。(4)处理间的**D**垂直变化规律与**L**一致, $St$ 、 $Sa$ 的垂直变化规律均与**V**相一致,只是程度稍小而已;(5)对 $Sa/St$ 来说,随着入土深度的增加、生育期内土温的日益升高、全生育期内土壤积温的减少而增强,且处理**a** < **b** < **c**;是因为测定时

表5 不同土壤温度对陆稻根系生长的影响

Table 5 Effect of soil temperature on the growth of upland rice root system

深度 Depth (cm)	根体积			根干重			根长			根密度		
	Root volume (ml)			Root dry weight (g)			Root length (cm)			Root density (cm cm <sup>-3</sup> )		
	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)
0~5	8.84	6.10	4.90	0.96	0.76	0.57	9.24	6.70	5.78	2.56	1.86	1.60
5~10	7.42	5.00	3.56	0.61	0.49	0.40	8.34	5.81	4.90	2.31	1.62	1.36
10~15	6.04	3.79	2.35	0.61	0.48	0.38	7.64	4.98	3.70	2.12	1.38	1.03
15~20	4.45	2.60	2.00	0.43	0.37	0.36	6.98	4.44	3.63	1.94	1.23	1.01
20~25	4.10	2.47	1.90	0.42	0.34	0.35	6.10	3.79	3.10	1.69	1.05	0.86
25~30	3.81	2.42	1.80	0.42	0.32	0.30	5.07	3.90	2.98	1.41	1.08	0.83
30~40	4.10	2.20	1.55	0.39	0.29	0.33	4.90	2.80	2.33	0.68	0.39	0.32
40~50	3.00	1.80	2.00	0.18	0.16	0.18	3.64	2.69	1.86	0.50	0.37	0.26
50~60	2.91	1.15	0.80	0.12	0.08	0.09	2.64	1.46	1.18	0.36	0.20	0.16
0~60	44.67	27.53	19.86	4.14	3.29	2.96	54.54	36.57	29.46	1.53	1.02	0.83
0~30/ 0~60	0.77	0.81	0.83	0.83	0.84	0.80	0.80	0.81	0.82	1.31	1.14	1.19
深度 Depth (cm)	根总表面积			根活跃表面积			根活跃表面积/根总表面积					
	Total area of root surface (m <sup>2</sup> )			Active area of root surface (m <sup>2</sup> )			Ratio of active area to total area of root surface					
	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)	a(4/8)	b(5/8)	c(6/8)			
0~5	5.20	4.11	3.39	1.76	1.44	1.24	0.34	0.35	0.37			
5~10	4.69	3.45	2.66	1.63	1.23	0.98	0.35	0.36	0.37			
10~15	4.49	2.88	2.14	1.60	1.04	0.81	0.36	0.36	0.38			
15~20	4.13	2.69	2.08	1.49	0.98	0.79	0.36	0.36	0.38			
20~25	3.66	2.32	1.84	1.41	0.86	0.72	0.39	0.37	0.39			
25~30	3.17	1.96	1.63	1.25	0.77	0.65	0.39	0.39	0.40			
30~40	2.95	1.49	1.17	1.18	0.61	0.48	0.40	0.41	0.41			
40~50	2.34	1.31	0.95	0.97	0.54	0.41	0.41	0.41	0.43			
50~60	1.67	0.88	0.75	0.67	0.38	0.34	0.40	0.43	0.45			
0~60	32.30	21.09	16.61	11.96	7.85	6.42	0.37	0.37	0.39			
0~30/ 0~60	0.78	0.83	0.83	0.76	0.81	0.81	0.98	0.81	0.98			

期为成熟期,结果所反映出的是不同生育时期发生根的生命、衰竭及对后期生育的贡献,依据表 2 和表 5 的  $S_a/S_t$  值可知,苗期的低土温造成的生育减缓、生育天数的延长,对后期根系生理活性的影响程度大于苗期的高土温导致的生育加快、生育天数的缩短,即生育后期,根系可通过维持较大有效吸附面积,在一定程度上补偿因高温导致根系活力下降造成的水分和养分吸收量的不足。

### 3 讨 论

#### 3.1 不同土壤对陆稻根系生长的生物学效应

根系在土壤中的生长发育是由土壤环境决定的,受土壤质地、含水量、通透性、酸碱度、养分等的影响<sup>[18,19]</sup>。潮砂土,上层土壤含砂粒极多,黏粒极少,粒间多为大孔隙,土壤通透良好,透水排水快,根系含水量高,细胞膨胀度大,根粗,次生根少,根系体积、根干重、根密度大;下层土壤以黏土为主,黏重板结,通透性差,根系发育受阻,导致各根系参数剧减,故浅层根系生长较好。红壤土,土壤砂粒少,黏粒多,黏重板结,土壤毛管孔隙特别发达,大孔隙少,透水能力弱,容水量小,旱季蒸发失水速度快,养分缺乏,土层厚而耕层浅,造成根系生长缓慢;但根系具有向水性,随着土壤垂直深度的增加和地下水位的上升,根系将以多级分枝根的形式来克服土壤黏重板结,增加吸收面积,以满足生长发育的肥水需要,故红壤土中深层根系生长较好。水稻土,土层厚且耕层深,各层的水热肥状况随着土壤的垂直分布而递减,故根系生长发育也递减;由于种植的是陆稻(旱地作物),高水肥热对根系生长有抑制作用,因此水稻土中的陆稻根系生长将受抑制。由试验供试条件知,潮砂土、水稻土的酸碱度为中性,红壤土为酸性,但对陆稻这种耐酸、耐盐、耐瘠的旱地、荒地的先锋作物来说,酸性环境对其根系生长不会产生明显地抑制,能正常地生长;因没有施肥,土壤肥力主要依赖于有机质含量及其转化条件(如土壤的水热状况、酸碱度),土壤中的有机质含量水稻土 > 红壤土 > 潮砂土;土壤有机质的转化条件红壤土优于水稻土,水稻土优于潮砂土,故根系在红壤土中的总体生长最好,水稻土其次,潮砂土最差。

#### 3.2 地下水对陆稻根系生长的生物学效应

陆稻根系是由初生根和次生根组成的,根系的功能主要取决于根数、根长。根系下扎深度基本取决于初生根长、一次分枝根长,各层根干重、根密度则更依赖于次生根。在土壤水分胁迫下,初生根与次生根生长量、数量及分枝能力均受到明显抑制,胁迫愈深,抑制愈大。初生根主要受遗传特性控制,具有较强抗逆能力,对水分环境响应不敏感;但水分充盈,可促进初生根生长发育,增强分枝能力,延长根系活性时间,维持相对稳定的分生能力。次生根极易受水分状况环境影响,可塑性大,水分对根系调节主要通过次生根实现。次生根对水分的敏感性,主要表现在次生根的发育数量上;水分充足,次生根大量形成,并再次分枝,通过根细而多来形成表面积大、根长和根干重大、根密度高的庞大根系,增加根活性,延缓早衰,达到丰产稳产的目的。旱地土壤水分状况,主要通过灌溉和地下水位高低来调节,对干旱时常发生(每次干旱通常在 15 天以上)、灌溉条件差的旱农区,应将陆稻种植在地下水位较高(一般为 40 cm 左右)的土壤,以通过发达的根系来利用土壤深层储水,达到抗旱丰产<sup>[20-24]</sup>。

### 3.3 土壤温度对陆稻根系生长的生物学效应

由水稻根系生长生理的理论可知:水稻根系的生长受土温的影响主要表现在生长前期根系的形成和长足及后期的衰竭上,根系生长的最适温度比地上部略低,且次生根的生长必须要求严格的温度条件,即低于 22℃ 便不能生长<sup>[25]</sup>。在试验中,4 月份月平均土温为 19.6℃,5 月份为 23.6℃,6 月份为 25.5℃,8 月份为 30.3℃,9 月份为 28.6℃。在 4 月 8 日播种的处理中,4 月份月平均土温较低,大气湿度大,蒸发、蒸腾小,土表较湿润,此时主要进行初生根的发生与生长、次生根生长受抑,5 月份土温高于次生根生长的最低植,次生根快速发生与生长;同时气温相对较低,地上部的的光合速率大于呼吸速率,向根部输送较多的有机物质,为根系的生长提供了较丰富的物质和能量源泉,促进根在土壤中的穿刺与生长。在 5 月 8 日播种的处理中,生长前期(5、6 月)土温较高,大气湿度渐小,蒸发、蒸腾加大、土表渐渐干燥,主要依赖次生根发生与生长,来增加吸收表面积,更好地吸收水肥供于地上部生长,但细而多的次生根在土壤中的穿刺与生长比初生根的发生与生长要耗费更多的物质和能量;而此时气温较土温更高,虽然地上部的的光合速率、呼吸速率均增强,但光合速率的增强略小于呼吸速率,导致可向根部输送的有机物质减少,造成根系生长缓慢。在 6 月 8 日播种的处理中,生长前期(6、7 月)土温更高,大气湿度更小,蒸发、蒸腾加剧、土表更干燥,地上部呼吸速率的增强大于光合速率,导致地上部向根部输送的有机物质更少;要想维持生命活动,就必须大量分解根部的物质产生能量,用于向土壤深层的穿刺与生长来吸收深层的水肥,则用于建造根系本身的物质就更少了,造成根系生长更慢,生长量更少,导致整个根系生长受抑。至于三种处理间的差异程度大小,笔者认为主要是由于旱地土温的变化主要发生在土壤的耕作层(一般为 15 cm 左右),耕作层下的土温变化缓慢且变幅小和根系的生长对生长前期的土温较敏感的缘故<sup>[26]</sup>。

### 参 考 文 献

1. 黄建成. 陆稻和水稻的比较解剖. 陕西师范大学学报, 1986, (4): 60 ~ 68
2. 余叔文, 陈景治, 刘存德. 水陆稻的比较生理研究. 植物学报, 1958, 7(4): 187 ~ 201
3. 郭静成, 董教旺. 水稻和陆稻种子蛋白电泳分析. 北京农业大学学报, 1988, 14(1): 77 ~ 81
4. 王瑞舫, 李小云, 周殿玺等. 水、陆稻生态适应性研究(1). 北京农业大学学报, 1986, 12(4): 373 ~ 378
5. 王瑞舫, 李小云, 周殿玺等. 水、陆稻生态适应性研究(11). 北京农业大学学报, 1987, 13(1): 47 ~ 54
6. 彭永康. 陆稻和水稻苗期根系的比较研究. 植物学通报, 1989, 6(1): 33 ~ 36
7. 祁忠占, 彭永康, 宋玫雪. 水稻、陆稻根系蛋白质和同工酶研究. 华北农学报, 1993, 8(3): 5 ~ 8
8. Ray SS. 小麦 Wd 分布模式的定量研究. 国外农学——麦类作物, 1994, (1): 25 ~ 26
9. W·伯姆著, 薛德格, 谭协麟译. 根系研究法. 北京: 科学出版社, 1985
10. 王志芬, 陈学留, 余英炎等. 大田冬小麦根系吸收活力的空间分布及其变化动态研究. 作物学报, 1998, 24(3): 354 ~ 360
11. 马元喜. 不同土壤对小麦根系生长动态研究. 作物学报, 1987, 13(1): 37 ~ 44
12. 程建峰, 潘晓云, 刘宜柏. 作物根系研究法最新进展. 江西农业学报, 1999, 11(4): 55 ~ 59
13. Yasukiro Kono. Effects of soil moisture condition on the development of root system of soybean. Plant Japan Jour. Crop Sci., 1987, 56(4): 597 ~ 607
14. 张志良主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1990. 57 ~ 62
15. 吉田昌一等著, 厉葆初译. 稻的根系的发育与机能. 国外农学——水稻, 1984, (3): 12 ~ 18
16. 刘殿英, 黄炳茹, 董庆裕. 土壤水分对冬小麦根系的影响. 山东农业大学学报, 1991, 22(2): 103 ~ 110

17. Hasega S. 唐德富译. 土壤干旱期间陆稻根系对水分的吸收. 国外农学——水稻, 1984, (3): 49 ~ 53
18. 西南农业大学主编. 土壤学. 北京: 农业出版社, 1996
19. 程炳蒿主编. 土壤环境条件对植物根系生长发育的影响. 见: 植物生理与农业研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 96 ~ 98
20. Gajiri P R. Effects of nitrogen and early irrigation on root development and water use for wheat use on two soils. Field Crops Research, 1989, 21: 103 ~ 144
21. Gorny A G. Study on the significance of seminal and adventitious roots for the shoot performance in spring barely and oats. Cereal Res. Comrn. 1989, 17(3): 187 ~ 193
22. Loughman B C. Structural and Function Aspect of Transport in Roots. Kluwer: Academic Publishers, 1989. 189 ~ 193
23. Sheng Q, Hunt L A. shoot and root dry weight and soil water in wheat and rye. Can. J. Plant Sci., 1991, 7(5): 41 ~ 49
24. 冯广龙, 罗远培, 杨增岭等. 土壤水分对冬小麦初生根和次生根生长发育的影响. 华北农学报, 1998, 13(2): 11 ~ 17
25. 何芳祿, 王明全. 水稻根系的生长生理. 植物生理学通讯, 1986, (3): 21 ~ 25
26. 王炳庭主编. 农业气象学(上册). 上海: 上海科技出版社, 1988. 49 ~ 54

## STUDIES ON THE GROWTH OF UPLAND RICE ROOTS UNDER VARIOUS SOIL CONDITIONS

Cheng Jian-feng Pan Xiao-yun Liu Yi-bai

( College of Agronomy, Jiangxi Agricultural  
University, Nanchang 330045)

### Summary

Under various soils, groundwater levels and soil temperature during days of growth stages, the growth of upland rice root system were studied by three-dimensional coordinate container method. The results were as follows:

1. Under various soil conditions, the depth of root system distribution was generally about 0.60 m.

2. Regardless of soil types root volume, total area and active area of root surface, root length, dry weight of roots and root density decreased gradually with soil vertical depth, but active/total area of root surface fluctuated lightly. Giving overall consideration to all root parameters, the growth of upland rice root system was the best in red clay soil, the next was in sandy fluvo-aquic soil, the worst was in paddy soil.

3. Under various groundwater levels, root length, root dry weight, and the distribution of every soil layer were the treatment A(6 cm water layer) > B(4 cm water layer) > C(2 cm water layer), root volume and root density decreased gradually with root system vertical distribution depth, but the treatment of A increased strongly between 0.30 m and 0.50 m. Total area and active area of root surface of A and B increased or decreased with root system vertical distribution depth, total area of root surface, active area of root surface of C decreased with root system vertical distribution depth, and active area/total area of root surface of A, B, C increased with root system vertical distribution depth.

4. Under various soil temperature, root length, root dry weight and root volume, root density, total area and active area of root surface decreased gradually with root system vertical distribution depth, the increase of soil temperature and the decrease of the accumulation of temperature during days of growth stages. The distribution of every layer/total quantity of root volume was not different between the treatment

of b (date of sowing: 8th, May) and c (date of sowing: 8th, June), but was evident difference between b (date of sowing: 8th, May), c (date of sowing: 8th, June) and a (date of sowing: 8th, April); the distribution of every layer/total quantity of root dry weight was not different between the treatment of a and b, but was different evidently between a, b and c; the distribution of every layer/total quantity of root length was not different between a, b and c; active area/total area of root surface of a, b, c increased with root system vertical distribution depth, the increase of soil temperature, the decrease of the accumulated soil temperature during days of growth stages. The ratio of active area to total area of root surface is in order of the treatment  $a < b < c$  for the depth between 0.0 m and 0.6 m.

**Key words** Upland rice, Root system, Soil, Groundwater level, Soil moisture