

文章编号: 100F 1498(2002) 05 0537 05

# 苹果-小麦复合系统中作物根系时空分布特征

张劲松<sup>1</sup>, 孟平<sup>1</sup>, 尹昌君<sup>1</sup>, 马小奇<sup>2</sup>, 冯伟东<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 河南省林业科学研究所, 郑州 450003)

**摘要:** 本文对太行山低山丘陵区苹果-小麦复合系统内根系时空分布特征进行了研究。结果表明: 复合系统内小麦吸水根根系在垂直方向上有根系密集区和根系稀疏区之分, 分属 0-40 cm 和 40-80 cm 土层, 分别占总量的 81.93% 和 18.07%; 在水平方向上, 根量随带距的变化大致呈“两侧多、中间少”的分布趋势, 并随生育期的延续, 这种水平差异趋势越来越显著; 在时间上, 灌浆期是小麦根量“由多向少”变化的转折时期。

**关键词:** 苹果-小麦复合系统; 根系; 时空分布特征

中图分类号: S727.24

文献标识码: A

根系是植物吸收水分的重要物质器官, 定量研究作物或果树根系的时空分布特征是构建根系吸水模型、计算根系吸水量不可缺少的环节, 对进一步研究根系吸水时空分布规律及其影响机制、发展节水农业具有十分重要的意义。根系分布特征同时也是农林复合系统种间关系的重要研究内容之一。但在复合系统中, 因作物根系和林木根系同时生长、相互交错, 难以清楚区分作物和林木的细根<sup>[1]</sup>, 使得长期性试验研究更加费时费力, 限制了根系研究工作的开展。90年代以后, 虽然有部分研究者进行过这方面的研究, 但绝大多数仅涉及林木的根系, 如通过挖掘法分析林木的根系分布状况<sup>[2,3]</sup>或建立根系分枝模型<sup>[4-6]</sup>, 或利用同位素示踪根系分布深度<sup>[7]</sup>, 而有关作物根量动态变化特征的定量研究工作并不多见<sup>[8-9]</sup>。本文根据作物吸水根根长密度的实测数据, 对太行山低山丘陵区果粮复合系统中作物根系时空分布特征进行分析, 旨在为该地区果粮复合系统条件下 SPAC 水分运移模型的建立提供基础资料的同时, 并力图丰富农林复合系统根系研究内容。

## 1 试验设计

试验区概况及观测方法见参考文献[10]。

本项研究的具体对象是水平梯田条件下的苹果-小麦复合系统, 有灌溉条件, 土层深度 80 cm。梯田南北宽度 36 m、东西长度 200 m, 苹果株行距为 3 m × 4 m, 每公顷 787 株, 栽植于 1992 年, 果树带行向为东西行, 树盘直径为 80 cm, 品种: 新红星 (*Malus pumila* cv. Starkrimson), 株高 2.1 m, 南北冠幅 1.4 m; 冬小麦 (*Triticum aestivum* Linn.) 行距 20 cm, 9 月 25 日播种, 品种: “温 8”号, 基本苗 247.5 万株·hm<sup>-2</sup>。在复合系统的中部选择一代表性较好的间作通道, 沿垂

收稿日期: 2002-03-16

基金项目: “九五”国家科技攻关专题(96-007-04-05)及国家自然科学基金资助项目(3970624)的部分研究内容

作者简介: 张劲松(1968), 男, 浙江永嘉人, 博士, 副研究员。

直于行带方向,距果树带南北两侧各 60 cm、120 cm 及间作中心处(分别简称“S60”、“S120”、“N120”、“N60”、“SN200”,下文同)布置小麦根量观测点。

## 2 结果与分析

### 2.1 复合系统小麦根系时空分布特征

2.1.1 垂直分布特征 起身期的 3 月 14 日、拔节期的 4 月 1 日、孕穗期的 4 月 15 日、扬花期的 4 月 29 日、灌浆期 5 月 8 日及乳熟期的 5 月 26 日, S60、S120、SN200、N120、N60 处 0—80 cm 土层内各小麦吸水根根长密度的平均值随土层深度的变化而呈负指数曲线分布趋势(图 1)。各生育期 S60、S120、SN200、N120 及 N60 处小麦根长密度和土层深度的统计拟合方程的参数见表 1。各土层根量所占垂直总量的相对比例表明(图 2):小麦吸水根根层可大致划分为密集区和稀疏区,分属 0—40 cm 和 40—80 cm 土层,其中密集区又可分为主密集区和次密集区,分属 0—20 cm 和 20—40 cm 土层。全生育期平均计算表明:0—20 cm 土层内小麦吸水根根量占 0—80 cm 总量的 55.73%, 20—40 cm 占 26.20%, 而 40—80 cm 仅占 18.07%。

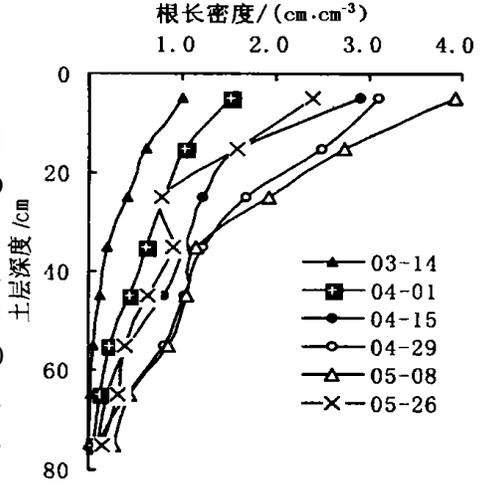


图 1 复合系统中小麦根长密度的垂直分布

表 1 复合系统中小麦根长密度(RD)与土层深度(Z)关系方程( $RD = ae^{-bZ}$ )( $b > 0$ )的参数

生育期 (月-日)	不同带距处拟合参数(a, b)及相关系数(r)									
	S60		S120		SN200		N60		N120	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
起身期 (03-14)	1.867 2	0.067 4	1.838 3	0.067 5	1.785 5	0.067 3	1.838 3	0.067 6	1.851 7	0.067 4
	(-0.918 7)		(-0.918 6)		(-0.911 8)		(-0.908 6)		(-0.918 6)	
拔节期 (04-01)	2.422 4	0.045 6	2.375 0	0.045 7	2.267 5	0.045 4	2.349 8	0.045 7	2.420 0	0.045 6
	(-0.915 1)		(-0.945 2)		(-0.915 1)		(-0.935 8)		(-0.949 8)	
孕穗期 (04-15)	4.102 8	0.045 1	3.966 1	0.045 0	2.706 8	0.044 0	2.991 5	0.045 0	4.909 0	0.045 0
	(-0.905 7)		(-0.925 6)		(-0.945 5)		(-0.925 0)		(-0.949 8)	
扬花期 (04-29)	5.700 0	5.700 1	4.908 8	0.041 4	4.580 5	0.040 8	4.904 1	0.041 4	5.611 0	0.041 4
	(-0.884 0)		(-0.881 6)		(-0.887 8)		(-0.885 5)		(-0.884 7)	
灌浆期 (05-08)	4.653 5	0.034 7	4.653 5	0.034 7	0.433 3	0.036 0	4.709 3	0.035 2	1.867 2	0.037 7
	(-0.955 7)		(-0.967 6)		(-0.924 7)		(-0.917 6)		(-0.957 7)	
乳熟期 (05-26)	2.923 1	0.036 8	2.690 8	0.035 8	2.572 9	0.037 6	2.684 3	0.035 8	2.916 6	0.036 8
	(-0.935 6)		(-0.946 9)		(-0.924 9)		(-0.945 8)		(-0.923 5)	

注:( )内值为相关系数 r。

2.1.2 水平分布特征 在各生育期,复合系统内小麦根量在水平方向上呈“两边多、中间少”的分布趋势(图 3)。在灌浆期(05-08), S60、S120、SN200、N120、N60 处 0—80 cm 土层内小麦吸水根根长密度分别为 12.783、12.479、11.470、12.464、12.688  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ , 即在 SN200 处相对最低, S60(N60) 相对最高, S120(N120) 介于 SN200 和 S60(N60) 之间, 其它各生育期根量水平分布趋势也大致如此。起身到拔节期 SN200 处根长密度总体平均值比 S60 和 N60 的分别低 9.88%、9.66%, 比 S120 和 N120 分别低 6.56%、6.42%(表 2)。

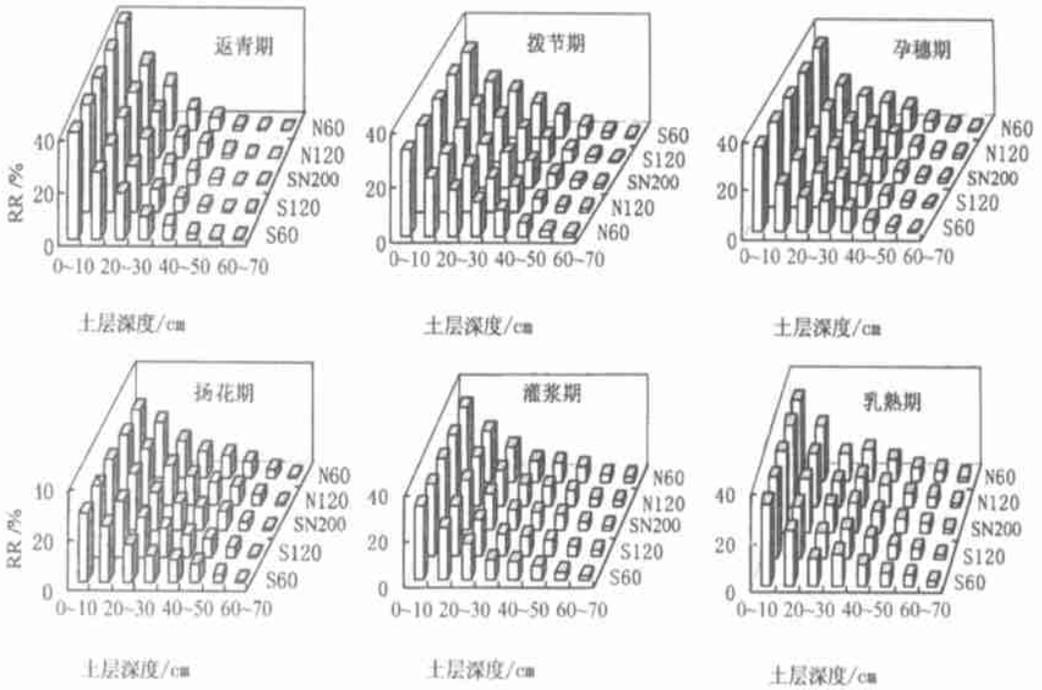


图 2 复合系统中不同生育期不同带距处小麦根长密度相对比例(RR)的垂直分布

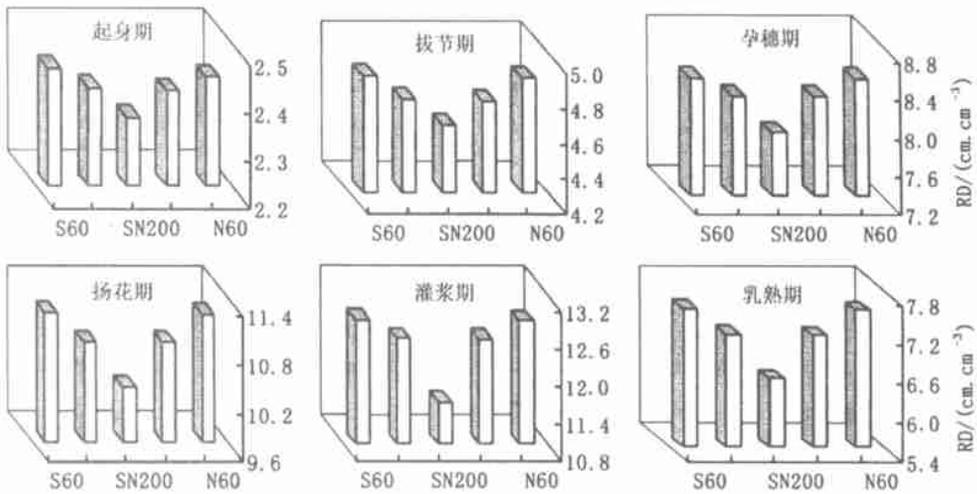


图 3 复合系统中不同生育期小麦根长密度(RD)水平分布趋势

以 SN200 处根长密度为基值, 以该基值与 S60、S120、N120、N60 处根长密度的差值百分率为差异性数值指标, 计算结果表明: 这种水平差异特征随着生育期的延续而越来越大(表 2), 在起身期时, SN200 与 S60(N60)、SN200 与 S120(N120) 根长密度的相对差异值分别为 4.42% (3.61%)、2.62% (2.38%), 到 4 月 15 日(孕穗期)时, 其值则分别增为 7.42% (7.32%)、5.02% (4.94%), 到 5 月 26 日(乳熟期)时, 又分别增大到 16.49% (16.19%)、10.34%

(10.13%)。乳熟期SN200与S60(N60)、SN200与S120(N120)根长密度差异率分别是起身期的3.73倍(4.48倍)、3.94倍(4.25倍)。

表2 复合系统不同带距处0 80 cm土层小麦吸水根长密度(RD)的比较 %

项 目	日期(月-日)						平均
	03-14 (起身期)	04-01 (拔节期)	04-15 (孕穗期)	04-29 (扬花期)	05-08 (灌浆期)	05-26 (乳熟期)	
S60与SN200间RD的差异率	4.42	6.00	7.42	8.84	11.44	16.49	9.88
S120与SN200间RD的差异率	2.62	3.04	5.02	5.35	8.80	10.34	6.56
N120与SN200间RD的差异率	2.38	2.84	4.94	5.23	8.66	10.13	6.42
N60与SN200间RD的差异率	3.61	5.88	7.32	8.57	11.31	16.19	9.66

造成根量水平分布差异性的原因可能与土壤水分有关,从图4可知,复合系统中小麦根量水平分布趋势与土壤水分完全相反。曾有研究指出,作物根系的生长与土壤水分状况密切相关<sup>[9,11-13]</sup>。因此,本研究进一步说明了复合系统内小麦根量与根层土壤水分含量具有一定负相关关系。

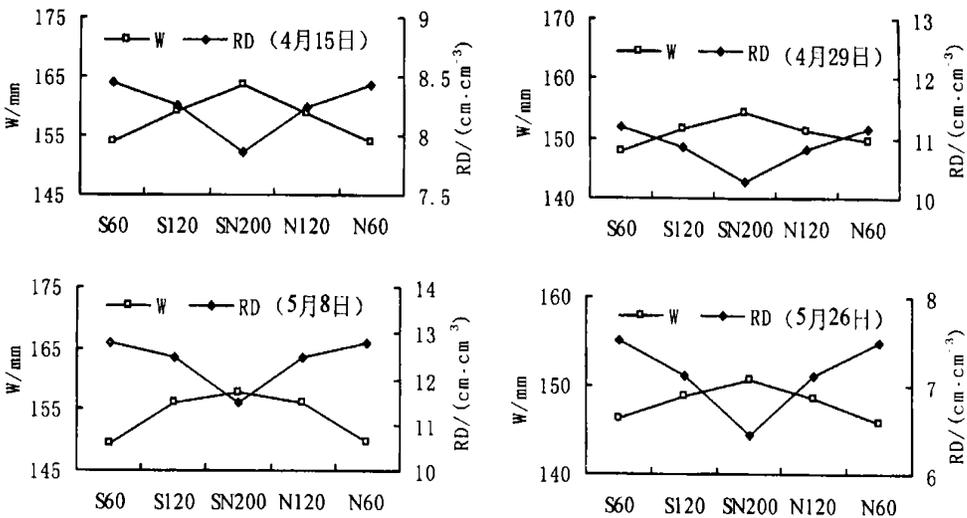


图4 复合系统0 80 cm土层贮水量(W)与小麦根长密度(RD)水平分布趋势的比较

## 2.2 复合系统小麦根系时间分布特征

从图5可知,复合系统小麦根系生长在时间上具有明显的变化特征,吸水根根量的最大值出现在5月8日左右,即小麦灌浆时期,此时正值冬小麦生理机能的旺盛时期,作为吸收和代谢器官的根系,则表现出根系生长数量的增多等现象。灌浆期(5月8日)复合系统中S60、S120、SN200、N120、N60处小麦吸水根根量平均值为 $12.3267 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,比孕穗期(4月29日)的 $10.8658 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ 高11.85%,而乳期的 $7.1385 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ 又比灌浆期低42.09%,说明灌浆期是小麦根系“由多向少”变化的转折时期。

### 3 结论与讨论

(1) 苹果-小麦复合系统内小麦根系具有明显的空间分布差异特征, 在垂直方向上有根系密集区和根系稀疏区之分, 分属 0-40 cm 和 40-80 cm 土层, 随土壤深度的变化呈负指数分布趋势; 在水平方向上, 根量随带距的变化大致呈“两侧多、中间少”的分布趋势, 并随生育期的延续, 这种水平差异趋势越来越显著。

(2) 在时间上, 灌浆期是小麦根量“由多向少”变化的转折时期。

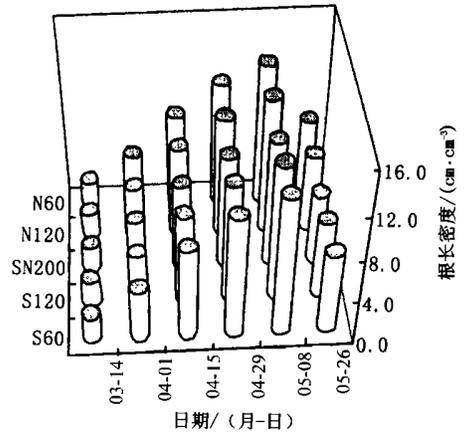


图5 复合系统小麦根长密度时间分布特征

#### 参考文献:

- [1] Gregory P J. Approaches to modeling the uptake of water and nutrients in agroforestry systems[J]. *Agroforestry Systems*, 1996, 34(1): 51-56
- [2] Bigress P J. Root distribution and water use in a four year old silvoarable system[J]. *Agroforestry Systems*, 1997, 8(3): 15-18
- [3] Akinnifesi F K, Kang B T, Ladipo D O. Structure root form and fine root distribution of some woody species evaluated for agroforestry systems[J]. *Agroforestry Systems*, 1999, 42(1): 121-138
- [4] van Noordwijk M, Pumomosihi P. Root architecture in relation to tree soil crop interactions and shoot pruning in agroforestry[J]. *Agroforestry Systems*, 1995, 30(1): 161-173
- [5] Reffye P, Houllier F, Blaise F, et al. A model simulating above and below ground tree architecture with agroforestry applications [J]. *Agroforestry Systems*, 1995, 30(2): 175-197
- [6] Ong C K, Deans J D, Wilson J, et al. Exploring below ground complementarity in agroforestry using sap flow and root fractal techniques [J]. *Agroforestry Systems*, 1999, 44(1): 87-103
- [7] Jamaludheen V, Kumar B M, Wahid P A, et al. Root distribution pattern of wild jack tree (*artocarpus hirsutus*) as studied by  $^{32}\text{P}$  soil injection method[J]. *Agroforestry Systems*, 1997, 35(3): 329-336
- [8] 张劲松, 孟平, 宋兆民. 农林复合模式耗水特征的研究[J]. *林业科学研究*, 1996, 9(4): 331-337
- [9] 马秀玲, 陆光明. 农林复合系统中林带和作物的根系分布特征[J]. *中国农业大学学报*, 1997, 2(1): 109-116
- [10] 孟平, 张劲松, 尹昌君, 等. 苹果小麦复合系统中作物根系时空分布特征[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(4): 369-373
- [11] 张喜英. 冬小麦根系吸水与土壤水分条件关系的田间试验研究[J]. *华北农学报*, 1994, 10(4): 99-104
- [12] 王绍中. 丘陵红粘土旱地冬小麦根系生长规律的研究[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(2): 175-190
- [13] 李鲁华, 李世清, 翟军海, 等. 小麦根系与土壤水分胁迫关系的研究进展[J]. *西北植物学报*, 2001, 21(1): 1-7

## Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Wheat Roots in Apple-wheat Intercropping

ZHANG Jin-song<sup>1</sup>, MENG Ping<sup>1</sup>, YIN Chang-jun<sup>1</sup>, MA Xiao-qi<sup>2</sup>, FENG Wei-dong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Forestry Institute of Henan Province, Zhengzhou 450003, Henan China)

**Abstract:** The spatial and temporal distribution characteristics of wheat fine roots in the apple-wheat intercropping were conducted in the hilly region of TaHang Mountain. The results showed that the wheat roots system were characterized with densely and sparsely distributed zone vertically, belonging to 0-40 cm and 40-80 cm in soil depth, where the amount of the fine roots accounted for 81.93% and 18.07% of the total respectively; the horizontal difference of fine roots, characterized with the closer to the tree row and the higher wheat fine root density was more significant with the wheat stage; the filling stage was the turning point in the wheat root growth.

**Key words:** spatial and temporal distribution; wheat roots; apple-wheat intercropping