

文章编号: 1001-1498(2002)04-0369-05

# 农林复合系统与单作作物系统作物根系 差异特征的研究

孟平<sup>1</sup>, 张劲松<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, 河南 郑州 450003)

**摘要:** 本文对太行山低山丘陵区苹果-小麦复合系统与单作小麦系统作物根系的差异特征进行试验研究, 结果表明: 小麦起身至乳熟期间, 复合系统内小麦吸水根根量比单作系统平均约高 4.74%, 但二者间根系垂直分布特征和时间分布特征的趋势均基本一致, 将果树引入原本单作的作物生态系统对作物根系时空分布格局的影响不明显。

**关键词:** 苹果-小麦复合系统; 单作小麦系统; 作物根系

**中图分类号:** S727.24

**文献标识码:** A

根系是植物吸收水分、养分的重要物质器官。根系分布特征是农林复合系统种间关系的重要研究内容之一。农林复合系统(下文简称“复合系统”)与单作作物系统(下文简称“单作系统”)作物根系差异特征的试验研究, 对进一步分析复合系统的水分效应和养分效应等生态问题具有重要的指导作用。但由于复合系统中因作物根系和林木根系同时生长、相互交错, 难以清楚地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<sup>[2-9]</sup>, 但有关复合系统与单作系统作物根系差异特征的定量研究工作并不多见。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与单作系统中作物根系时空分布的差异特征进行分析, 旨在为该地区果粮复合系统水分及养分生态特征的研究提供必要的基础资料, 为同类地区开展果粮复合经营提供一定理论依据。

## 1 试验设计

### 1.1 试验区概况

试验地设在河南省济源市裴村“太行山低山丘陵区复合农林业综合研究”试验区内(35°11'N, 112°03'E)<sup>[10,11]</sup>。区内各类农林复合经营模式总面积达 160 hm<sup>2</sup>。地处太行山南段南麓, 属温带大陆性季风气候。全年日照时数为 2 367.7 h, 年日照率为 54%, 稳定通过 0℃ 的多年平均积温为 5 282℃, 10℃ 的多年平均积温达 4 847℃, 历年平均降水量 641.7 mm, 6-9 月份多年平均降水量为 438.0 mm, 占全年 68.3%。试验区土壤以石灰岩风化母质淋溶性褐土为主, 土壤深度 0-80 cm; pH 值 6.8-8.5; 石砾含量 10%-18%, 有机质含量在 10 g kg<sup>-1</sup> 左右。

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(39770624)的部分研究内容

作者简介: 孟平(1961-), 男, 辽宁新宾人, 研究员。

速效 N 21.4 80.0 mg kg<sup>-1</sup>,速效 P 5.4 16.0 mg kg<sup>-1</sup>,速效 K 50 103 mg kg<sup>-1</sup>。

## 1.2 研究对象及测点布置

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(*Malus pumila* Mill.)株行距 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(*M. 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,品种:“温 8”号,播种期:9 月 25 日,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,沿垂直于行带方向,距果树带南北两侧各 60、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。与此同时,在单作系统内设立观测点,单作系统的立地条件、土壤状况、作物栽培管理措施与复合系统基本一致。

## 1.3 观测方法

采用根钻法,于 0—80 cm 土层内每隔 10 cm 分层取样,样品重复数 3 个,清洗土壤和杂质后,利用交叉法<sup>[12]</sup>求得根长或用直尺测定根长( $L$ ),再将  $L$  除以土样体积可得根长密度。计算公式如下:

$$L = \frac{11}{14} \times N \times r \quad (1)$$

$$RD = \frac{L}{V} \quad (2)$$

式(1)、(2)中: $L$ 为吸水根根长度; $N$ 为交点数; $r$ 是与网格形状有关的常数; $RD$ 为吸水根根长密度(cm cm<sup>-3</sup>); $V$ 为土样体积(cm<sup>3</sup>)。本研究中根钻横段面面积为 47.8 cm<sup>2</sup>。测定时期:1998 年 3 月 14 日、4 月 1 日、4 月 15 日、4 月 29 日、5 月 8 日及 5 月 26 日,分别正值冬小麦起身期、拔节期、孕穗期、扬花期、灌浆期和乳熟期。

## 2 结果与分析

### 2.1 复合系统与单作系统作物根量的比较

从表 1 可知,在同一生育期内,复合系统内近带距处(S60、N60)、远带距处(S120、N120)0—80 cm 土层小麦吸水根根量均高于单作系统,经计算:S60、N60 在各观测时期平均值分别为 7.876、7.861 cm cm<sup>-3</sup>,比单作系统(CK)的 7.381 cm cm<sup>-3</sup>分别要高 6.71%和 6.50%;S120、N120 在各观测时期平均值分别为 7.639、7.628 cm cm<sup>-3</sup>,比 CK 分别要高 3.49%和 3.35%;S60 与 CK 的差异比 S120 与 CK 的差异要大 3.23%,N60 与 CK 的差异比 N120 与 CK 的差异要大 4.18%。但 SN200 小麦吸水根根量在同一生育期内均低于 CK,平均约低 2.89%。

起身期、拔节期、孕穗期、扬花期、灌浆期和乳熟期复合系统中 S60、N60、SN200、S120、N120 处 0—80 cm 土层小麦吸水根根量平均值比单作系统分别高 2.45%、2.56%、3.60%、4.39%、2.31%、4.78%,总平均约高 3.42%。

近带距、远带距及间作区中心处小麦吸水根根量与单作系统的差异值随作物生育期的延续,除灌浆期外,总体趋势越来越大(表 1)。经计算:S60、N60、S120、N120 和 SN200 的平均值与单作系统的差异率乳熟期比起身期大 4.74%。但灌浆期的差异率不如扬花期或乳熟期大,

其主要原因与此时正值小麦生理机能高峰时期有关。

表 1 复合系统和单作系统(CK)0 80 cm 土层小麦吸水根根长密度的比较

生长期	根长密度/(cm cm <sup>-3</sup> )					CK	(S60/CK - 1)/%	(S120/CK - 1)/%	(SN200/CK - 1)/%	S60/CK - 1)/%	(S60/CK - 1)/%
	复合系统										
	S60	S120	SN200	N120	N60						
起身期	2.448	2.407	2.344	2.400	2.429	2.348	4.26	2.46	- 0.15	2.22	3.45
拔节期	4.868	4.732	4.592	4.723	4.862	4.641	4.88	1.95	- 1.06	1.75	4.76
孕穗期	8.445	8.256	7.861	8.249	8.437	7.964	6.05	3.68	- 1.28	3.60	5.95
扬花期	11.191	10.839	10.289	10.828	11.171	10.409	7.59	4.14	- 1.15	4.03	7.33
灌浆期	12.783	12.492	11.470	12.464	12.767	12.113	5.53	3.02	- 5.31	2.90	5.41
乳熟期	7.517	7.120	6.453	7.107	7.497	6.813	10.33	4.50	- 5.29	4.30	10.00
平均	7.876	7.639	7.168	7.628	7.861	7.381	6.71	3.49	- 2.89	2.90	6.50

### 2.2 复合系统与单作系统小麦根系时空分布特征的比较

2.2.1 垂直分布 比较相同生育时期复合系统和单作系统小麦根系垂直分布曲线(图 1、2)表明:二者小麦吸水根根量与土层深度的关系趋势基本一致。各观测时期复合系统内不同带距处吸水根的平均根长密度、单作系统小麦吸水根根长密度随土层深度的变化均呈负指数曲线分布(图 1、2)。全观测时段内复合系统小麦吸水根根长密度总平均值(RD)、单作系统小麦吸水根根长密度平均值(RD<sub>CK</sub>)与土层深度(Z)的拟合关系方程分别如式(3)、式(4)所示,复相关系数分别为 - 0.946 0、- 0.928 1。

$$RD = 3.344 1 e^{-0.040 6 Z} \tag{3}$$

$$RD_{CK} = 2.949 5 e^{-0.037 3 Z} \tag{4}$$

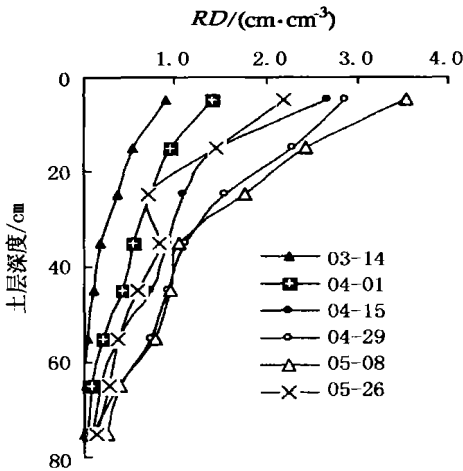


图 1 复合系统不同时期小麦吸水根根长密度(RD)垂直分布

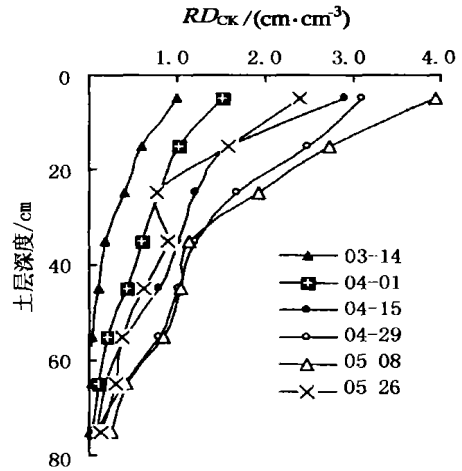


图 2 单作系统不同时期小麦吸水根根长密度(RD<sub>CK</sub>)垂直分布

计算各土层根量所占垂直总量的相对比例表明(表 2):复合系统与单作系统小麦吸水根根层均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。复合系统 0 40 cm 土层内小麦吸水根根系占垂直总量的 81.93%,40 cm 土层以下仅占 18.07%;单作系统中的 0 40 cm、40

cm 以下土层分别为 80.63%、19.37%，说明复合系统与单作系统小麦吸水根垂直分配比例总体差异并不明显。

表 2 复合系统和单作系统不同时期(月-日)小麦吸水根根量垂直分布比例 %

土层/cm	复合系统								单作系统							
	03-14	04-01	04-15	04-29	05-08	05-26	平均	03-14	04-01	04-15	04-29	05-08	05-26	平均		
0-10	41.25	31.56	35.21	28.44	31.56	33.47	33.58	36.64	34.78	34.18	30.81	31.05	32.45	33.32		
10-20	24.96	21.30	19.46	22.97	22.17	21.98	22.14	24.28	20.91	20.34	21.18	21.15	21.62	21.58		
20-30	17.07	16.79	12.64	15.57	15.71	10.91	15.12	16.98	13.71	14.37	15.87	15.72	13.01	14.94		
30-40	8.14	12.65	12.41	11.30	9.28	12.73	11.09	8.36	11.86	11.39	11.83	10.25	11.04	10.79		
40-50	5.28	9.47	9.69	9.35	8.49	8.92	8.53	5.69	9.66	9.88	8.75	8.36	8.57	8.49		
50-60	2.06	4.73	4.96	7.46	6.87	5.56	5.27	3.64	4.53	5.13	5.84	6.98	5.93	5.34		
60-70	0.84	2.32	2.44	3.89	3.69	4.27	2.93	2.95	2.80	2.94	4.08	4.57	4.41	3.63		
70-80	0.40	1.18	1.19	1.02	2.23	2.07	1.34	1.46	1.75	1.77	1.64	1.92	2.97	1.92		

基于以上分析认为:苹果-小麦复合系统内作物根系在垂直方向上具有明显的空间分布特征,但这种分布特征趋势与单作作物系统基本一致,说明将果树引入原本单作的农田作物生态系统,对作物根系在垂直方向上分布格局的影响不明显。

2.2.2 时间分布 比较图 3、4 可知,复合系统中各不同带距处及单作系统小麦根系均具有明显的时间变化特征,吸水根根量的最大值均出现在 5 月 8 日左右,即小麦灌浆期,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,表现出生长数量的增多等现象,灌浆期是小麦根量“由多向少”转变的转折时期。

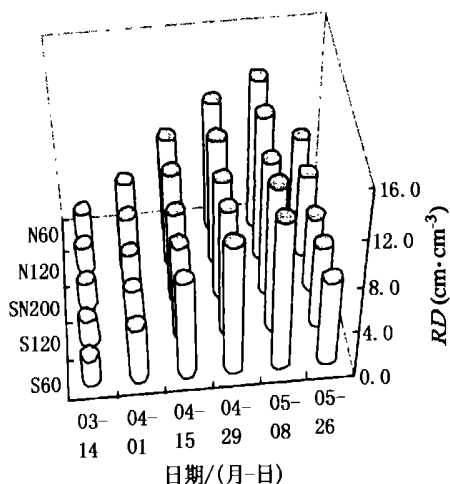


图 3 复合系统小麦吸水根根长密度(RD)时间分布

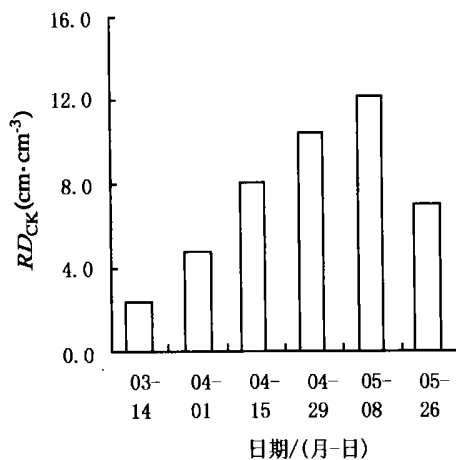


图 4 单作系统小麦吸水根根长密度(RD<sub>CK</sub>)时间分布

### 3 小结

- (1) 复合系统小麦吸水根量在各生育时期比单作系统均有所增加,总体平均约增 3.42%。
- (2) 复合系统内小麦根系随土壤深度的变化呈负指数分布趋势,与单作系统的基本一致。
- (3) 灌浆期是复合系统小麦吸水根根量“由多向少”转变的转折时期,与单作系统的基本一致。

(4) 将果树引入原本单作的作物生态系统会影响作物根量,但对作物根系时空分布格局的影响不明显。

### 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] Bugress P.J. Root distribution and water use in a four-year old silvoarable system[J]. *Agroforestry Forum*,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.,Purnomosidhi 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] 樊巍,张劲松,杨一松,等. 太行山低山丘陵区林姜复合模式的研究[J]. *林业科学研究*,2000,13(5):543-546
- [11] 张劲松,孟平,尹昌君,等. 果粮复合系统中单株苹果蒸腾需水量的计算[J]. *林业科学研究*,2001,14(4):383-387
- [12] W.Bohn. 根系研究法[M]. 薛德榕译. 北京:科学出版社,1985.28-181

## Experiments on Characteristics of Wheat Roots Difference between Apple-wheat Intercropping System and Wheat Monoculture System

MENG Ping<sup>1</sup>, ZHANG Jin-song<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 difference characteristics of wheat roots between the apple-wheat intercropping and the wheat monoculture (CK) was conducted in the hilly region of Taihang Mountains. The results show that: during the wheat double ridge-maturity stage, the amount of wheat fine roots in the intercropping is about 4.74% more than that in the CK; there is no significant difference of vertical and temporal roots distribution trend between the intercropping and the CK.

**Key words:** apple-wheat intercropping; wheat monoculture; characteristics of wheat roots