

## 苹果树根系分布特性的试验研究<sup>①</sup>

郝仲勇<sup>②</sup> 杨培岭

(中国农业大学水利与土木工程学院)

刘洪禄

姚春梅

(北京市水利科学研究所) (中国农业大学水利与土木工程学院)

**摘要** 对7年生富士苹果树的根质量密度和根长密度分布进行了研究。结果表明:根系随深度和距树干距离的增大而减少, $d > 2$  mm的根(输导根)占质量比重大,而 $d < 2$  mm的根(吸收根)占根长比重大。

**关键词** 苹果树;根系;吸水;根质量密度;根长密度

**中图分类号** S 661.107.1

### Experimental Investigation on Root System Distribution of Apple Tree

Hao Zhongyong<sup>1</sup> Yang Peiling<sup>1</sup> Liu Honglu<sup>2</sup> Yao Chunmei<sup>1</sup>

(1 College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU 2 Beijing Hydraulic Research Institute)

**Abstract** In the experiment, the root length and weight contribution were studied. Root was divided into two samples, the  $d > 2$  mm root constitute the majority of weight while the  $d < 2$  mm root constitute the majority of length. Root concentration decreased with the increase of soil depth and distance from the tree.

**Key words** apple tree; root system; water uptake; root weight density; root length density

我国是一个严重缺水的国家,大力发展节水农业是当前乃至今后缓解水资源短缺的主要途径之一。在农业节水研究中,界面研究将成为研究的中心;在研究水分传输过程中,根、冠2个界面也将成为研究的中心。苹果树具有根深叶茂的特点。相对来讲,冠层位于地表以上,较易研究,而根系却埋在土中,始终是个“黑箱”,不易研究。根系在土壤中的分布状况是在果树生产过程中进行灌水、施肥等作业时需要考虑的重要因素。为了更好地研究苹果树根系的吸水,应该对吸水根( $d < 2$  mm的根)的分布密度进行研究,因为并不是所有的根系都参与吸水活动, $d > 2$  mm的根是输导根,它们主要是使根系充分扩张伸展,并输导水分,而真正的吸水根是 $d < 2$  mm的根。很多人在研究根系吸水时并未考虑这一点,如Gardner模式<sup>[2]</sup>、Herklrath模式<sup>[2]</sup>和Molz模式<sup>[3]</sup>。另外,确定最佳的观测位置(包括水平向和垂直向)、根系垂直和水平分布规律也很重要,这可为苹果树根系吸水函数的建立提供强有力的试验依据。笔者主要在这方面做了初步研究,以为建立苹果树的根系吸水函数提供依据。

收稿日期:1998-06-04

①北京市“九五”重点攻关项目

②郝仲勇,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)225信箱,100083

## 1 试验材料和方法

试验在北京市昌平区南邵乡何营村“北京昌平富士基地”进行。土壤分为2层:上层0~70 cm土壤的质量密度为 $1.53 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,下层70~120 cm土壤坚硬密实,质量密度为 $1.67 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。1.2 m以下有一厚约10 cm的砂砾石层。

苹果树为7年生富士果树,行株距为 $5 \text{ m}\times 3 \text{ m}$ 。栽后1~5 a采用大水灌,第6年至今一直采用微喷灌溉,每2株树之间设置1个微喷头,喷洒直径2 m。

根系的取样方法为整段标本法<sup>[4]</sup>。在选好的试验地中选取1棵最具代表性的果树作为研究对象。在距树干30 cm处,垂直于行向挖一长2 m、深1.5 m的剖面,剖面长度正好到达2行的中点,剖面正对树干,这样可以保证所取的土样具有对称性,以减少误差。在剖面上划好要取土样的网格线:0~60 cm深度每15 cm为一层,尺寸为 $20 \text{ cm}\times 20 \text{ cm}\times 15 \text{ cm}$ ;60~120 cm深度每20 cm为一层,尺寸为 $20 \text{ cm}\times 20 \text{ cm}\times 20 \text{ cm}$ ;120 cm以下每30 cm为一层,尺寸为 $20 \text{ cm}\times 20 \text{ cm}\times 30 \text{ cm}$ 。每层取10个样品,则整个剖面共取80个样品。

将土样放在编织袋中带回到实验室,过3 mm的筛<sup>[4]</sup>。把根从土样中分离出来,装入保鲜袋中保存;然后用水冲洗根系,并分成直径大于2 mm和小于2 mm的2个级别,分别用直接测量和交叉法测量根长<sup>[4]</sup>。直接测量法是把湿根放入盛有少量水的玻璃平盘中,将标有毫米尺寸的方格纸放于玻璃平盘底下,用镊子拉直根系,直接读取根长读数。交叉法是采用一个用透明塑料或玻璃制成的尺寸为 $30 \text{ cm}\times 40 \text{ cm}$ 的狭小平盘,将方格纸放于平盘底下,把湿根置于盛有浅水的平盘中,用镊子或针把根随意拨到框格上,但不使其彼此重叠,如有必要,可将较长的分枝侧根切成短的节段,最后计下根系与框格垂直线和水平线的交叉点数。根长用下式计算<sup>[4]</sup>:

$$\text{根长 } l = (11/14) \times \text{交叉数 } n \times \text{框格单位}$$

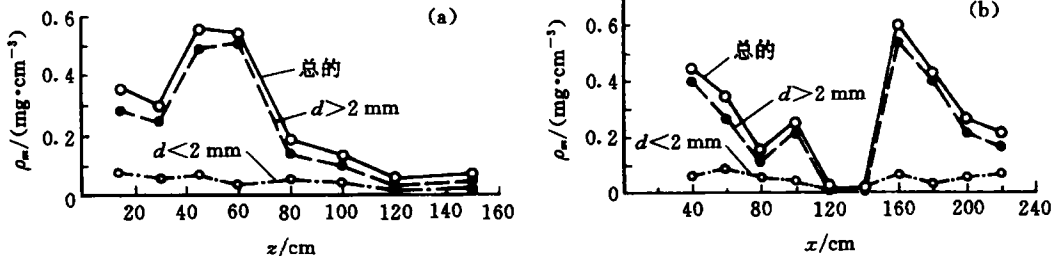
根长测毕,将根系放入75℃的烘箱中烘干至恒定质量,再放入干燥器中冷却后分别称取干质量。

本试验旨在研究苹果树根系的分布规律,对根系的分布范围(即水平和垂直方向根系延伸最远范围)不作具体研究,故剖面水平向只取到树行距1/2处,即距树干230 cm处,垂直深度只取到150 cm处。虽然在150 cm以下仍有根系分布,但因其数量很少,对灌溉研究的影响较小,所以不作考虑。

## 2 结果与分析

根质量密度和根长密度的垂直分布及水平分布见图1和图2。

苹果根系总的根质量密度,在垂直分布上总的趋势是随深度的增加而减小,根系主要分布在60 cm以上的土层中,从图1(a)中可明显看到在深度60 cm以后的值迅速下降。试验得出,0~60 cm土层中根系的质量约占总根系的80%。在水平分布上,从图1(b)可以看出:距树干越近,根系分布越多,根系分布随距离的增大而减少;但也不是一直在减少,在距树干170 cm处根质量密度急剧增大,然后又随距离的增加而逐渐减小。这表明在水平分布上有2个根系分布密集的高峰:一个是在距树干最近处;另一个是在距树干170 cm左右处,即相当于树冠垂直投影的2/3处。



$z$  为垂直深度;  $x$  为距树干水平距离。图 2 同此

图 1 根质量密度  $\rho_m$  的垂直分布(a)和水平分布(b)

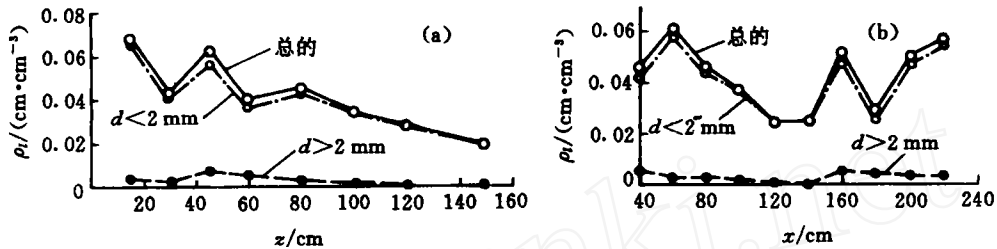


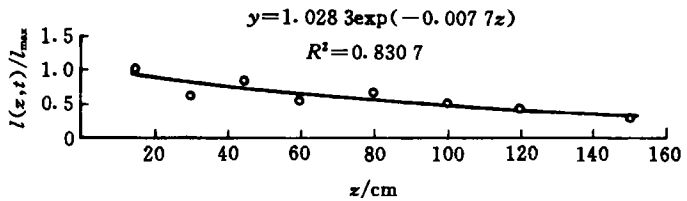
图 2 根长密度  $\rho_l$  的垂直分布(a)和水平分布(b)

对于果树的根质量分布,占主要比重的是  $d > 2$  mm 的根,约占总根质量的 84%,而  $d < 2$  mm 的根只占 16%左右。从图 1 可以看出,在垂直和水平分布上, $d < 2$  mm 的根分布情况变化不大。

根长密度在垂直分布上随深度的增加而逐渐减小,如果以表层 0~15 cm 处的根长密度为 100%,则 40~60 cm 处的根长密度为 59%,而 120~150 cm 处为 28%;但在 0~15,30~45 和 60~80 cm 处有根长分布密集层,即在 0~80 cm 处根长密度分布密集。在水平分布上,在距树干 0~170 cm 处,根长密度随距离的增大而逐渐减小,50~70 cm 处有一一峰值,在 170~230 cm 处又有上升趋势。这与根质量密度的分布规律是一致的,这种规律的形成可能是根系重叠和趋水性的表现。在 170~230 cm 处,由于微喷的喷洒范围刚刚达到,土壤含水量较小,为了保证根系吸收足够的水分,本棵树和邻行树的根系就会伸长来吸收水分,因此产生了相邻 2 棵树根系的叠加。

对于根长密度分布,占主要比重的是  $d < 2$  mm 的根,约占总根长的 94%左右,足以表明吸收根的根长远大于输导根。从图 2 也可明显看出, $d > 2$  mm 的根的根长分布变化很小。

根长密度对根系吸水影响较大,康绍忠等<sup>[5]</sup>对冬小麦根系吸水模式的试验研究表明,由于土壤均匀湿润时的根系吸水强度分布与根系密度分布一致,因此可认为冬小麦根系吸水速率的分布在土壤充分湿润时正比于根系的分布密度。这对苹果根系吸水研



$l, l_{max}$  分别为根长度及其最大值;  $z$  为垂直深度;  $t$  为时间

图 3  $l(z,t)/l_{max}-z$  分布图

究很有借鉴意义。苹果树根系分布的研究表明,根系在土壤剖面垂直方向上的分布呈指数递减规律(见图3),经最小二乘拟合得拟合公式

$$l(z,t)/l_{\max}=1.0283\exp(-0.0077z),R^2=0.8307$$

这为苹果树根系吸水研究提供了重要的试验依据。

### 3 结 论

1)根质量密度分布与根长密度分布规律是一致的,但两方面研究的侧重点不同:对于根质量密度,适宜研究  $d>2\text{ mm}$ (即输导根)根系的分布情况,而根长密度适宜研究  $d<2\text{ mm}$ (即吸收根)根系的分布情况。

2)根长密度在水平方向上有2处高峰值,即50~70 cm和170~230 cm处;但170~230 cm处受邻树的影响较大,不宜作为研究观测点,故在水平向上的观测点的位置(如布置石膏块、负压计测土壤水势或取土测含水量)以距树干50~70 cm为宜。

3)根长密度在垂直方向上呈指数递减规律,但在0~80 cm处是根系相对密集层,在这一层根系吸水较多,故研究根系吸水应主要在这一层进行。

4)由试验结果导出的垂直分布规律拟合公式对建立根系吸水函数具有参考价值。

### 参 考 文 献

- 1 Gardner W R. Relation of root distribution to water uptake and availability. *J of Agron*,1964,16:41~45
- 2 Herkelrath W N, Miller E E, Gardner W R. Water uptake by plant ( I ): Divided root experiment. *J of Soil Sci Soc Am*, 1977,41:1033~1038
- 3 Molz F J. Models of water transport in the soil-plant system: A review. *Water Resour Res*, 1981,17:1254~1260
- 4 泊姆 W 著. 根系研究法. 薛德培,谭协麟译. 北京:科学出版社,1985. 28~32,152~154,177~181
- 5 康绍忠,刘晓明,熊运章. 冬小麦根系吸水模式研究. *西北农业大学学报*,1992,20(2):5~12