

枣树根系空间分布规律研究

李 宏¹, 郭光华^{1,2}, 李丕军¹, 杨婵婵¹, 王真真^{1,2}, 张志刚¹

(1. 新疆林业科学院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 采用剖面挖掘和分层取样法, 利用 WinRHIZO Pro2010a 根系分析系统对漫灌条件下红枣吸收根(根径 <2 mm)的空间分布进行研究, 以为枣树田间水肥管理提供理论依据。结果表明: 根系在水平方向上(0~450 cm)随着距树干水平距离的增加而减少, 水平距离 0~200 cm 以内的区域是根系分布的主要区域; 根系在垂直方向上(0~160 cm)表现出随土层深度增加先增多后减少的趋势, 竖直方向 0~70 cm 以内的土层是根系分布的主要区域。水平距离 0~200 cm、竖直方向 0~70 cm 以内土层是枣树田间水肥管理的重要区域, 土壤质地条件是影响根系分布的一个重要因素。

关键词: 枣树; 吸收根; 空间分布; 根长密度; 根表面积密度

中图分类号: S665.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)07-0097-06

Study on the Spatial Distribution Characteristics of *Ziziphus* Mill. Roots

LI Hong¹, GUO Guang-hua^{1,2}, LI Pi-jun¹, YANG Chan-chan¹,
WANG Zhen-zhen^{1,2}, ZHANG Zhi-gang¹

(1. Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830000, China;

2. Forestry and Horticulture College of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: To provide theoretical basis for water and fertilizer management in *Ziziphus* Mill. orchard, the spatial distribution characteristics of roots of *Ziziphus* Mill. was studied. With profile digging and layered sampling methods, the spatial distribution of absorbing roots (root diameter <2 mm) of *Ziziphus* Mill. under flood irrigation was analyzed by using WinRHIZO Pro2010a system. In horizontal direction(0—450 cm), the roots in the rows decreased with the distance increase from the trees. The horizontal direction of 0—200 cm is concentrated region for roots distributing. In vertical direction(0—160 cm), the roots in the rows first increased and then decreased with increasing depth. The vertical direction of 0—70 cm was concentrated region for roots distributing. The 0—70 cm soil layer in the 0—200 cm from the trees was important for water and fertilizer management in *Ziziphus* Mill. orchard ecosystems. The soil texture condition was an important factor affecting the spatial distribution of roots.

Key words: *Ziziphus* Mill.; absorbing roots; spatial distribution; root length density; root surface area density

枣属(*Ziziphus* Mill.)是鼠李科(Rhamnaceae)50多个属中最富经济价值的一个属^[1]。枣是我国第一大干果树种和第七大果树,近年来逐渐成为我国果树中新的发展热点^[2]。新疆的红枣产业发展较

快,种植面积近26.7万 hm^2 ,挂果面积超过8万 hm^2 ,产量17万t,位居全国前列^[3]。根系作为果树从外界环境吸收水分和养分的主要通道,对果园生态系统各组分养分和水分的竞争起着非常重要

收稿日期:2012-12-22

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(201304701)

作者简介:李 宏(1962-),男,陕西西安人,研究员,博士,主要从事森林培育方面的研究工作。

E-mail: hong1962@126.com

的作用^[4]。植物对土壤水分和养分的竞争能力在很大程度上取决于植物根系在土壤中的时空分布^[5],定量研究果园生态系统中果树根系的空间分布特征,对进一步研究果园生态系统种间关系和竞争机制,探讨果园的合理密度和水肥管理等具有十分重要的意义。王玉柱^[6]用改良壕沟法对 2 个杏品种根系分布进行研究,6 个剖面的观察结果表明:杏根系主要分布在地表下 10~90 cm 的土层内,根系分布的深度和广度受土壤质地影响。张劲松等^[7]对太行山低山丘陵区石榴树吸水根根系空间分布特征进行研究,结果表明:在垂直方向上,石榴吸水根根量主要集中于 0~80 cm 土层内,约占总量的 91.32%;在水平方向上,主要分布在距果树行带 0~100 cm 内,石榴吸水根根量约占总量的 76.07%。这与赵领军等^[8]的果树根系分布由遗传决定,但受环境条件制约的研究结果相吻合。史彦江等^[9]曾对枣棉、枣粮间作系统根系分布进行研究。目前,纯林枣园占红枣总面积的绝大多数^[3],但是未见对枣树纯林根系方面的研究。另外,关于采用剖面挖掘和分层连续取样法研究红枣根系的文献也未见报道,而分层连续取样更能全面、客观地表现红枣的根系空间分布规律^[10]。鉴于此,在前人研究的基础上,采用剖面挖掘和分层取样法,对中龄期红枣根系空间分布规律进行定量研究,揭示其根系在漫灌条件下的土壤空间分布规律,确定施肥、浇水的最佳位置,以期为干旱区枣园田间水肥管理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

佳木试验站位于阿克苏地区温宿县境内,距阿克苏市 30 km。地理位置(N80°32',E41°15'),海拔 1 103 m。基地呈长方形,地势为北高南低、西高东低,南北长 1 600 m,东西长 650 m,面积为 76.7 hm²。研究区属大陆性干旱荒漠气候,降水量稀少,四季分配不均,昼夜温差大,春季较短,多大风降温天气,时常有倒春寒出现。夏季炎热而干燥,降雨量年际变化大,平原年均降雨量 63.4 mm,年蒸发量 956.3 mm。年均气温 10.1℃,极端低温-27.4℃,年均日照时间 2 747.7 h,≥10℃积温 2 916~3 198℃,无霜期 185 d。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择 于 2012 年 6—8 月,在佳木试验站内选择生长良好、无病虫害的红枣果园,作为本研究的试验样地,土壤质地情况为表土 60 cm 以内为砂壤土,60 cm 以下为砂土。红枣品种是灰枣,砧木

为酸枣,树形为疏散分层型,株行距为 8 m×10 m,南北行向栽植。同一样地中红枣树龄均为 15 年生。树高和冠幅一致。灌溉方式为漫灌,7 次/a,每次 3 000 m³/hm²。基肥施油渣,0.5~1 kg/株,追肥施二胺和尿素(按 1:1 混合),0.5 kg/株,施肥方法是坑施。每年 3 次中耕,深度 10~15 cm。

1.2.2 试验设计 在样地内,选取基径为(15.0±0.3)cm 的样株 4 株,平均树高为 4.07 m,平均冠幅为 3.53 m(南北)×3.47 m(东西)。根系土样采集采用剖面挖掘法,分层取样并假设枣树根系以树干为中心、在各个方向上的分布具有对称性。具体方法为:从株间方向距树干 20 cm 处开始,沿行间方向上挖一个长 4.5 m、宽 50 cm、深 1.7 m 的剖面。以标准木为中心,正对树干、垂直于树行方向,在剖面上采用自制的取样器(长 25 cm、宽 20 cm、高 10 cm)取带根土样;水平方向和垂直方向都以见不到根为标准停止取土(本样地地下水位较高,取土至 1.6 m 见水,未能继续向下取土)。在垂直方向上,分别在各采样点 0~160 cm 深的土层,每 10 cm 为 1 层进行取样,共 16 层;在水平方向上,以树干为中心,每隔 25 cm 取样,即 0~25、25~50、50~75、75~100、100~125、125~150、150~175、175~200、200~225、225~250、250~275、275~300、300~325、325~350、350~375、375~400、400~425、425~450 cm 处(分别简称为 25、50、…、450 cm)设置根系土壤采样点,共 18 处。将所取带根土样装入塑料袋,编号带回。

1.2.3 测定指标和方法 将每一个带根土样破碎、过筛、仔细挑拣活根,浸泡、冲洗,清洁根系表面泥土之后,用吸水纸吸取根系表面的水,然后用加拿大 Regent Instruments 公司生产的 WinRHIZO Pro2010a 根系分析系统扫描、分析。计算根长密度和根表面积密度。根长密度(mm/cm³)=根长/容器体积,根表面积密度(mm²/cm³)=根表面积/容器体积,其中,容器体积为 5 000 cm³。

1.3 数据处理

数据分析采用 Excel 2003、DPS 6.5 和 Surfer 8.0 等软件。

2 结果与分析

2.1 枣树根系在土壤中的空间分布

用 Surfer 8.0 等软件对枣树吸收根的根长密度和表面积密度在土壤中的空间分布情况进行分析(图 1—2)。从图 1—2 可以看出,吸收根在整个区间内(水平距离 0~450 cm 的 0~160 cm 土层)均有

分布,根系根长密度、表面积密度最密集的区域在水平距离 0~200 cm、竖直深度 0~80 cm。主要是因为试验地土壤质地条件在 0~60 cm 以内为砂壤土,

砂壤土的保水保肥性较好,利于根系的生长发育,从而导致了在这一区域吸收根数量也较多。因此,土壤质地条件是影响吸收根分布的一个重要因素。

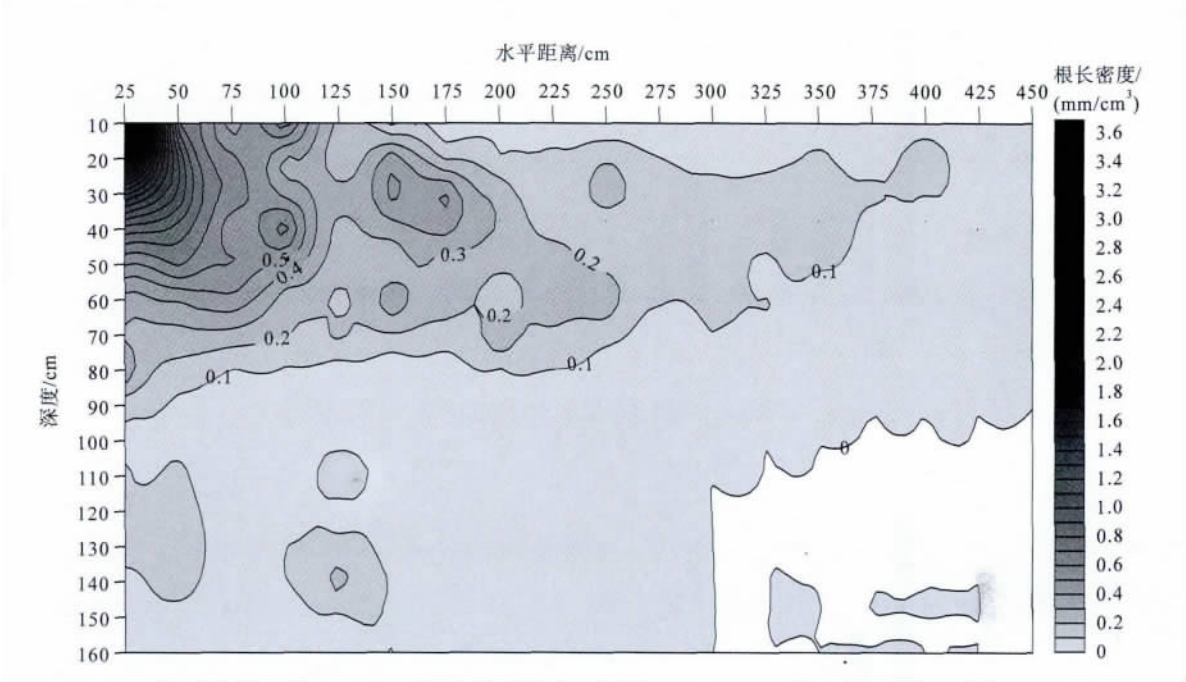


图 1 枣树根长密度(吸收根)在土壤空间 XZ 平面上的投影

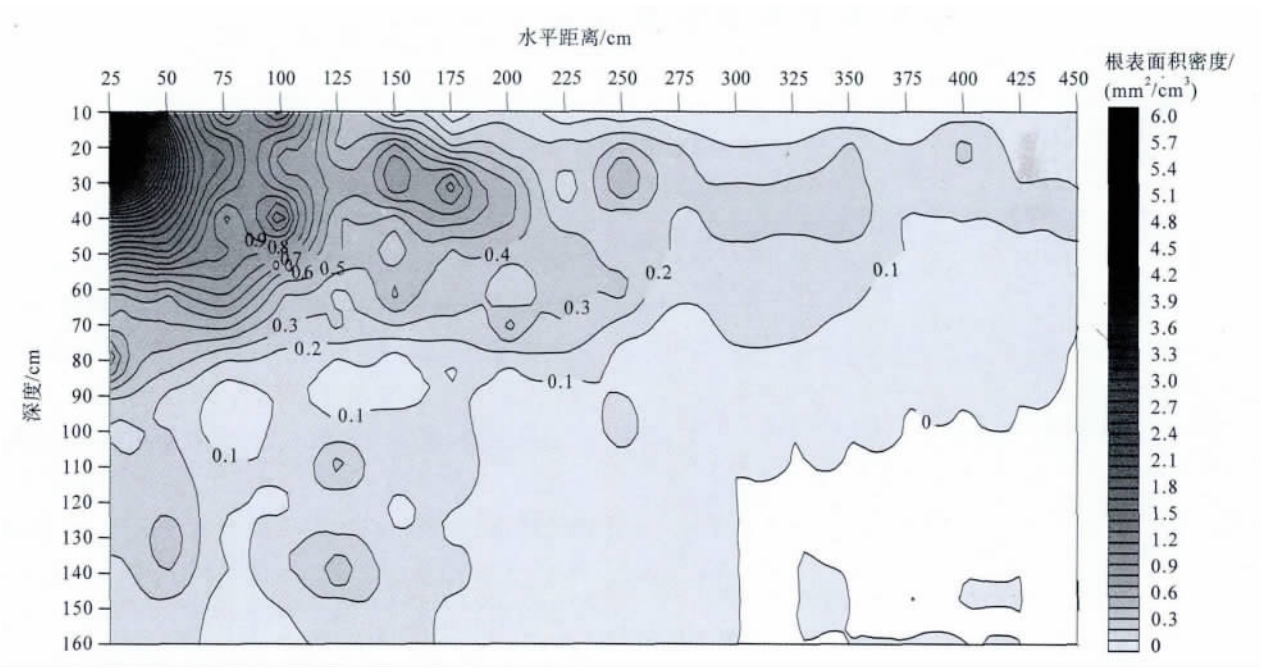


图 2 枣树根表面积密度(吸收根)在土壤空间 XZ 平面上的投影

2.2 枣树根系水平分布与垂直分布特征

2.2.1 根系水平分布特征 从图 3—4 可以看出,枣树根系随着距树干距离的增加而逐渐变小。表 1 反映了根系水平方向根量分布的百分比情况,0~25、25~50、50~75、75~100 cm 范围内根长密度、根表面积密度占整个根系的百分比分别在 9.27%~25.46%和

9.85%~27.51%,明显高于其他区域。125~250 cm 土层根长密度、根表面积密度占整个根系的百分比处于 3.49%~6.32%和 2.88%~6.48%,相对比较稳定;275~450 cm 各 25 cm 区域内根长密度、表面积密度占整个根系的百分比处于 0.66%~2.03%和 0.57%~1.69%,根系分布比较少。以 80%作为一

个衡量基准,根长密度、根表面积密度分别在水平距离 200、175 cm 时的累积百分率达到了 82.19%和

80.91%;水平距离 0~200 cm 以内的区域是根系分布的主要区域。

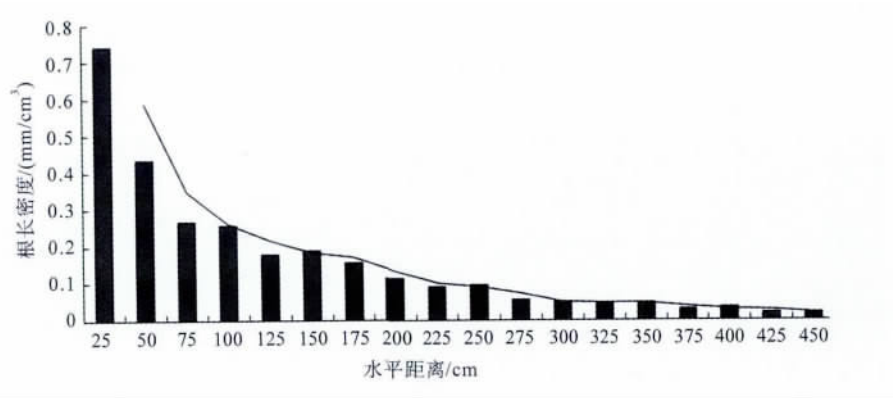


图 3 枣树根长密度水平方向分布

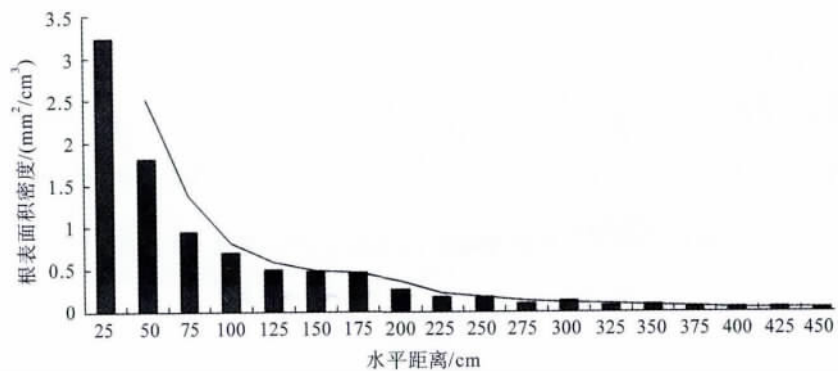


图 4 枣树根表面积密度水平方向分布

表 1 枣树吸收根根系水平分布百分比 %

水平距离/cm	根长密度		根表面积密度	
	相对比例	累计比例	相对比例	累计比例
25	25.46	25.46	27.51	27.51
50	15.13	40.59	16.17	43.67
75	9.58	50.17	9.85	53.52
100	9.27	59.44	9.49	63.01
125	6.32	65.77	6.48	69.48
150	6.79	72.56	6.17	75.65
175	5.50	78.06	5.25	80.91
200	4.13	82.19	3.94	84.85
225	3.30	85.49	2.88	87.73
250	3.49	88.98	3.09	90.82
275	2.03	91.02	1.69	92.51
300	1.72	92.73	1.54	94.05
325	1.76	94.49	1.51	95.55
350	1.77	96.26	1.52	97.07
375	1.08	97.35	0.83	97.90
400	1.28	98.63	0.92	98.82
425	0.66	99.29	0.57	99.39
450	0.71	100.00	0.61	100.00

2.2.2 根系垂直分布特征 从图 5—6 可以看出,枣树根系随着土层深度的增加呈现先增加后减小的趋势。主要原因是表土 0~10 cm 内为中耕层,该区域内根系受到破坏。由表 2 可以发现,各土层根系竖直方向根量分布的百分比在 20~30、10~20 cm 达到最大值,该区域内根长密度、表面积密度分别占全根的 16.20%、17.28%。0~70 cm 各土层范围内根长密度、根表面积密度占整个根系的百分比均高于 5.72%,明显高于其他区域。80~160 cm 各土层区域内根长密度、表面积密度占整个根系的百分比之和均低于 16%,根系分布比较少。以 80%作为一个衡量基准,根长密度、根表面积密度均在土层深 70 cm 时的累积百分比超过了 80%,分别为 84.51%和 83.71%;竖直方向 0~70 cm 以内的土层是根系分布的主要区域。这与 0~60 cm 以内为砂壤土,砂壤土的保水保肥性较好,利于根系的生长发育有关。

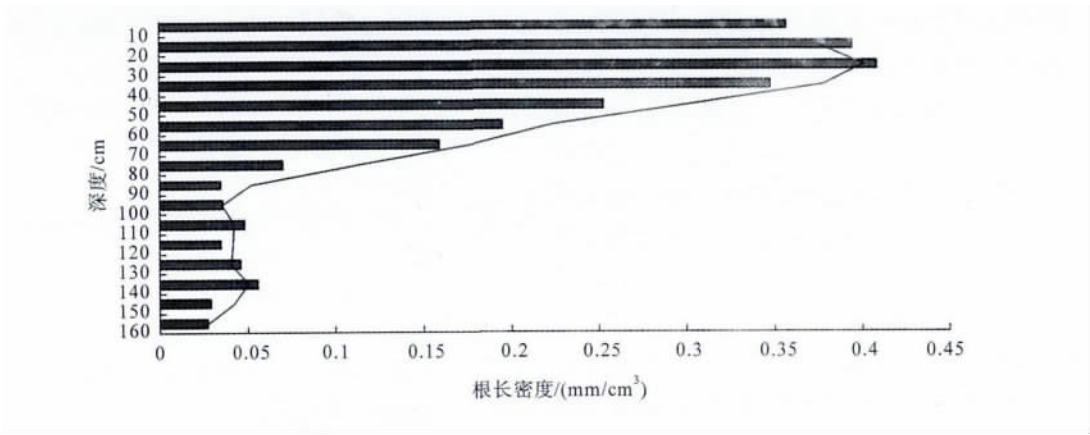


图 5 枣树根长密度垂直方向分布

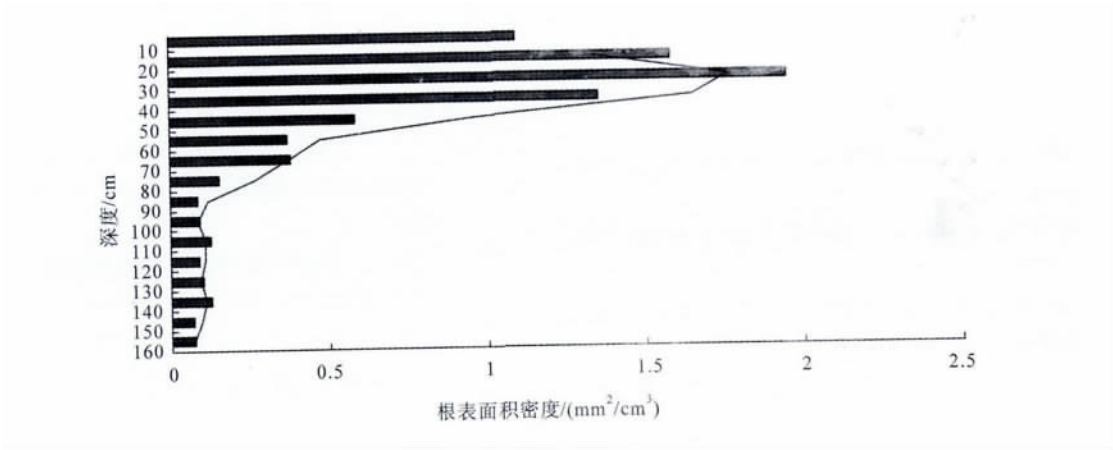


图 6 枣树根表面积密度垂直方向分布

表 2 枣树吸收根根系垂直分布百分比 %

土层深度/cm	根长密度		根表面积密度	
	相对比例	累计比例	相对比例	累计比例
10	14.40	14.40	14.24	14.24
20	15.46	29.85	17.28	31.53
30	16.20	46.05	16.73	48.26
40	13.56	59.61	13.08	61.33
50	10.39	70.00	9.88	71.21
60	8.10	78.10	6.79	78.00
70	6.41	84.51	5.72	83.71
80	2.86	87.37	2.86	86.57
90	1.41	88.79	1.54	88.12
100	1.43	90.21	1.60	89.72
110	1.96	92.17	2.22	91.94
120	1.39	93.56	1.50	93.45
130	1.91	95.47	1.86	95.31
140	2.30	97.77	2.35	97.66
150	1.15	98.92	1.13	98.79
160	1.08	100.00	1.21	100.00

2.3 枣树根系生长与土层深度及水平距离的关系

对样株距离枣树树干 0~450 cm、土层深度 0~160 cm 的根长密度(RLD)和根表面积密度(RSD)与水平距离(D)、土层深度(Z)的关系进行二次多项式逐步回归分析,分析前对数据进行标准化,得到以

下结果:

$$RLD=1.186\ 963\ 562-0.007\ 223\ 260\ 085Z-0.004\ 948\ 507\ 913D+0.000\ 004\ 788\ 146\ 846D^2+0.000\ 019\ 624\ 219\ 517ZD(R=0.726\ 3,P<0.01)$$

$$RSD=2.269\ 129\ 275-0.013\ 603\ 420\ 819Z-0.009\ 835\ 908\ 868D+0.000\ 009\ 871\ 346\ 046D^2+0.000\ 037\ 681\ 477\ 96ZD(R=0.734\ 6,P<0.01)$$

上述回归方程的复相关系数均在 0.72 以上,且都达到极显著水平。从方程中可以看出,水平距离(D)前的回归系数绝对值均小于土层深度(Z)前的,说明土层深度对于根系分布特征的解释率要高于水平距离,即土层深度的重要性比水平距离高。

3 结论与讨论

本试验结果表明,水平距离 0~200 cm、竖直方向 0~70 cm 以内土层的根长密度、根表面积密度占全根的百分比均在 80% 以上,是根系分布的主要区域。该区域是田间水肥管理的重要区域,可为枣园田间管理提供理论依据。

以 80% 作为一个衡量基准,本试验结果与王世伟^[11]的核桃小麦间作系统中核桃根系分布、陈高

安^[10]等的杏树小麦间作系统中杏树根系分布存在一定差异,这与果树树种有关,核桃、杏树属于深根系树种,而红枣是浅根系树种^[12];张劲松等^[13]研究表明,石榴根系水平方向分布距离、竖直方向分布深度均小于红枣,这除了是因为红枣和石榴样地土质条件不同之外(石榴试验区土壤以石灰岩风化母质淋溶性褐土为主,土层厚度 50~80 cm,而红枣试验地表土 60 cm 以内为砂壤土,60 cm 以下为砂土),还因为石榴属于灌木,而红枣属于乔木,乔木根系比灌木发达。由于试验地地下水位较高,本试验挖根深度达到 1.6 m 见水,停止下挖,建议后续试验选择样地地下水位低一点的样地,这样才能保证竖直方向挖到没有根的位置。

参考文献:

- [1] 曲泽洲. 我国古代的枣树栽培[J]. 河北农业大学学报, 1963, 2(2): 2-3.
- [2] 刘孟军. 枣属植物分类学研究进展[J]. 园艺学报, 1999, 26(5): 302-308.
- [3] 漆联全. 新疆红枣高产栽培技术[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2004: 12.
- [4] 云雷, 毕华兴, 马雯静. 晋西黄土区核桃花生复合系统核桃根系空间分布特征[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(7): 67-70.
- [5] Brenda B C, Robert B J. Plant competition underground [J]. Annual Reviews of Ecology and Systematics, 1997, 28: 545-570.
- [6] 王玉柱. 杏树根系分布的观察[J]. 华北农学报, 1993, 8(4): 83-86.
- [7] 张劲松, 孟平. 石榴树吸水根根系空间分布特征[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(4): 89-91.
- [8] 赵领军, 张丽军, 赵善仓. 果树根系与水分关系[J]. 河北果树, 2007(1): 1-4.
- [9] 史彦江, 俞涛, 哈地尔·依沙克, 等. 枣粮(棉)间作系统枣树根系空间分布特征[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(10): 59-60.
- [10] 陈高安, 潘存德, 王世伟. 间作条件下杏树吸收根空间分布特征[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(5): 821-825.
- [11] 王世伟. 环塔里木盆地核桃与粮棉间作系统的光环境和根系分布特征研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- [12] 王文全, 贾渝彬, 臀丽敏. 毛白杨根系分布的研究[J]. 河北农业大学学报, 1999, 20(1): 25-26.
- [13] 张劲松, 孟平, 尹昌君. 果农复合系统中果树根系空间分布特征[J]. 林业科学, 2002, 15(5): 537-541.
- [14] 姚秋菊, 张晓伟, 赵小忠, 等. 硅对盐胁迫下不同基因型黄瓜幼苗生长和生理代谢的影响[J]. 河南农业科学, 2008(1): 79-83.
- [15] HUANG Wei-Dong, WU Lan-Kun, ZHAN Ji-Cheng. Effect of weak light on the peroxidation of membrane-lipid of cherry leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(8): 920-924.
- [16] 周传凤, 郑国生, 张玉喜, 等. 强光胁迫对牡丹叶片抗氧化系统的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 232-233.
- [17] 闫秋艳, 陈日远, 董飞, 等. 遮阳网覆盖对菜心产量及抗氧化特性的影响[J]. 华南农业大学学报, 2011, 32(4): 6-9.
- [18] 郁继华, 张国斌, 冯致, 等. 低温弱光对辣椒幼苗抗氧化酶活性与质膜透性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2478-2483.
- [19] 芦站根, 赵昌琼, 周文杰, 等. 光强对曼地亚红豆杉膜代谢及保护系统的影响[J]. 重庆大学学报, 2003, 26(8): 89-92.
- [20] Eva V, Dirk I, Frank V B. Signal transduction during oxidative stress[J]. Journal of Experimental Botany, 2002(53): 1227-1236.

(上接第 96 页)