

晋西黄土区核桃花生复合土壤水分效应研究

云雷, 毕华兴, 任怡, 马雯静, 田晓玲

(北京林业大学水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室,
山西吉县森林生态系统国家野外科学观测研究站, 北京 100083)

摘要: 以 2008 年晋西黄土区典型核桃花生复合系统为研究对象, 利用土钻取样烘干称重法, 取土深度为 0—100 cm, 对复合系统土壤水分效应进行了研究。研究表明, (1) 核桃花生复合系统土壤含水量的季节变化极显著; (2) 核桃花生复合系统在垂直方向上, 土壤水分随着土壤深度的增加而增加, 在 0—40 cm 土层内变化较为激烈; 在水平方向上, 距果树带越近, 土壤水分含量越少, 但随着带距的增加水分增加直至趋于稳定, 变化曲线呈抛物线状分布; (3) 与花生单作对比得出, 复合系统花生土壤水分效应为正值, 说明虽然核桃树和农作物根系的生态位有重叠, 会产生对土壤水分的竞争利用, 但竞争影响并不明显。

关键词: 复合系统; 土壤水分; 时空分布; 水分效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0061-04

中图分类号: S152.7

Effects of Soil Moisture in Walnut—peanut Intercropping System in the Loess Region of West Shanxi Province

YUN Lei, BI Hua-xing, REN Yi, MA Wen-jing, TIAN Xiao-ling

(College of Water and Soil Conservation, Beijing Forestry University, and Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, National Field Research Station of Forest Ecosystem, Jixian, Shanxi, Beijing 100083, China)

Abstract: By taking the typical walnut—peanut intercropping system in the loess region of West Shanxi Province as the study object, the effects of soil moisture in different layers of soil profile (0—100 cm) were studied using the traditional weighing method in 2008. Results showed that (1) the seasonal variation of soil moisture was very significant in the intercropping system. (2) Soil moisture content increased with the increased depth of soil in vertical direction and the variance of soil moisture in 0—40 cm soil layer was strong. Soil moisture content increased with the increase of the distance from tree row and then became stable in horizontal direction. The curve of soil moisture could be described by a parabola equation. (3) Soil moisture had positive effects in the intercropping system, comparing to peanut sole cropping. The analysis indicated that there was an ecological niche overlapping between trees and peanut, which may negatively impact the production of peanut, but the competition between fruit trees and crops was not strong.

Keywords: intercropping system; soil moisture content; spatiotemporal distribution; soil moisture effect

作为一种新型的土地利用方式, 农林复合系统在改善农田生态环境, 提高自然资源利用率, 促进生态与经济协调发展等方面具有重要的理论与实践意义^[1-5]。水分缺乏是世界上大多数地区限制农作物生长的最主要因子, 特别在干旱半干旱或无灌溉的环境下, 土壤水分是植物需水的直接来源, 也是农林复合系统中林木与作物水分竞争的直接对象^[6-9]。系统地分析农林复合系统的土壤水分分布特征, 全面了解不同植被组分的水分关系, 是发展和完善农林复合

经营的前提条件^[10-14]。本文通过对晋西黄土区典型的核桃花生复合系统土壤水分效应进行分析, 为该地区果农复合系统土壤水分评价模型的建立, 水分生态特征的分析 and 提高作物产出等提供一定的基础资料, 对该地区农林复合经营具有重要的理论意义。

1 研究区概况

研究区位于山西省吉县, 地理坐标 35°53'10"—36°21'02'N, 110°27'30"—111°07'20'E, 属典型的黄

土残塬沟壑区。据吉县气象站资料,吉县多年平均降水量 571 mm,降水量季节分配不匀,4—10 月降水量为 521.4 mm,占全年总降水量的 90.5%,其中 6—9 月降水量占全年降水量的 70%左右,冬季(12 月至次年 2 月)降水量平均为 16.7 mm,占年平均降水量的 3%。年蒸发量 1 729 mm,年平均气温 9.9℃, 10℃ 的积温 3 358 h,光照时数 2 563.8 h,无霜期 172 d。2008 年降水相对低于多年平均降水量,4—9 月降水量为 311.9 mm。土壤属黄土母质,土层深厚,土质均匀,在剖面不同深度分布有钙积层石灰结核或假菌丝体。吉县境内植物资源比较丰富,常见的木本植物有 194 种,分属于 49 个科;草本植物 180 种,分属于 44 个科(不包括农作物);人工林主要树种为油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、刺槐(*Robinia pseudoscacia*)、苹果(*Malus pumila*)、桃(*Prunus persica*)、核桃(*Juglans regia*)及梨(*Pyrus hopeiensis*)。

2 研究方法

2.1 试验设计

根据黄土残塬沟壑区农林复合经营特点,结合在当地农村实际种植情况的调查,在山西省吉县东城乡雷家庄残塬面,建立以核桃为主的果农复合模式试验区,选取核桃×花生复合模式。示范区南北宽 63 m,东西长 100 m,核桃株行距为 6.5 m×6.5 m,密度 236 株/hm²,栽植于 2000 年,树带行向基本为东西走向,平均株高为 3.8 m,南北平均冠幅为 3.9 m;花生株行距为 0.40 m×0.55 m,密度 45 500 株/hm²,另设花生单作作为对照(记为 CK),其花生的株行距、密度以及管理方式和复合模式中的花生一致,复合模式和单作花生中花生的播种期均为 2008 年 4 月。复合模式所设置核桃林带与花生带的距离为 1 m,不妨将核桃树带两侧 1 m 以内视为林带区,将 1 m 至作物中心附近带距(3.5 m)范围视为作物区。

2.2 土壤水分监测

在试验区内核桃花生复合类型中,以中央林带为中心,分别在平行于林带且从南北方向距林带两侧以 0.5 m 为间距,分别布设土壤水分监测点,一直布设到作物中心位置附近 3.5 m 处,平行布设 3 条样线,共计 45 个测点,每个测点 3 次重复。对对照地内按“S”形布设 5 个土壤取样点。

(1) 测定时间。主要集中在 2008 年 3 月,5 月,7 月和 9 月,在花生整个生长过程中选择以晴天为主的天气,在上述设点进行定位观测。

(2) 测定方法。土钻取土,烘干法测定土壤水分。

对布设的水分监测点进行取土,取土深度为 0—100 cm,每 20 cm 为一层,分层测定土壤的质量含水量。

3 结果与分析

3.1 土壤水分时间变化规律

核桃花生复合系统土壤含水量的时间变化具体见表 1,土壤含水量主要受降雨量和土壤类型的影响,由于研究区降水集中在 6—9 月,所以相对而言 7 月份和 9 月份的土壤含水量(0—100 cm)较大。对 0—100 cm 的土壤平均含水量的方差分析结果表明,核桃花生复合作物区(花生)的土壤含水量的季节变化极显著($F > F_{0.01}$)。

另外,各月份核桃花生复合系统作物区花生(0—100 cm)的土壤含水量为 13.72%~16.82%,与对照地花生单作相比,含水量提高了 0.38%~5.25%。说明试验区整体复合模式有利于土壤保墒,这主要是复合类型中树木的减光照、降温、减风速作用,从而使农作物土壤水分蒸散减弱,起到遮蔽保墒作用。

表 1 核桃花生复合系统土壤含水量的时间变化

| 分区 | 土壤层次/ cm | 观测时间 | | | | 平均/ % |
|-----|-------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | 3 月 | 5 月 | 7 月 | 9 月 | |
| 林带区 | 0—20 | 13.28 | 8.80 | 14.11 | 14.69 | 12.72 |
| | 20—60 | 13.10 | 11.29 | 14.94 | 14.56 | 13.47 |
| | 60—100 | 14.43 | 13.55 | 16.82 | 16.82 | 15.40 |
| 作物区 | 0—20 | 12.19 | 12.34 | 14.30 | 14.89 | 13.43 |
| | 20—60 | 13.08 | 13.48 | 15.79 | 15.07 | 14.36 |
| | 60—100 | 14.62 | 14.66 | 17.84 | 15.21 | 15.58 |
| 对照 | 0—20 | 13.91 | 13.21 | 10.71 | 15.84 | 13.42 |
| | 20—60 | 12.51 | 14.04 | 11.54 | 15.30 | 13.35 |
| | 60—100 | 11.89 | 12.72 | 12.03 | 10.50 | 11.78 |

注:3 月份土壤水分数据是试验区的本底值。

3.2 土壤水分含量空间分布特征

在生物因子(植被盖度、根系数量和分布、树冠幅等)和非生物因子(降水、光照、风速等)共同作用下,土壤含水量空间分布表现出较大差异,具体情况见表 2,图 1。由表 2 可以看出,在垂直方向上,核桃花生复合类型土壤水分整体规律属于增长型,即随着土壤深度的增加土壤水分含量增加。从变异系数可以得出核桃花生复合系统在 0—40 cm 土层内水分变化较为激烈,尤其是 0—20 cm,这是花生根系在相应土层内分布以及相应的物候期需水引起的^[15]。

在水平方向上,土壤水分分布具有一定的梯度特征,核桃花生复合系统内 0—100 cm 土壤平均含水量随带距的变化趋势大致均呈抛物线状分布,具体见图 2(规定林带南侧为负方向、北侧为正方向)。以 5 月

份资料为例,对核桃花生复合的 0~350 cm 带距范围各测点 0—100 cm 土层内平均土壤水分 (S_M :%) 和带距 (D :cm) 的关系进行回归统计,回归分析表明有非常显著的相关关系,相关系数为,相关方程为:

$$S_M = -3 \times 10^{-5} D^2 + 0.018D + 11.308, 0 \leq D \leq 350 \quad (1)$$

复合系统土壤水分的水平分布各个时期虽然具有

明显的差异特征,但总体趋势均是距果树带越近,土壤水分含量越少,但随着带距的增加水分增加直至趋于稳定,这与 2007 年核桃花生复合观测结果相似^[16]。林带区水分低是由于核桃根系集中造成的,而随着带距的增加水分增加是由于核桃的根系随着与树干距离的增加,各级根系数量均呈直线减少之势造成的^[17]。

表 2 土壤含水量测定结果统计特征

| 时间 | 土壤层次/cm | 平均值/ % | 标准差 | 标准误差 | 变异系数 | 最小值/ % | 最大值/ % |
|-----|---------|--------|------|------|------|--------|--------|
| 5 月 | 0—20 | 11.63 | 1.63 | 0.30 | 0.14 | 7.64 | 14.18 |
| | 20—40 | 12.28 | 1.57 | 0.29 | 0.13 | 9.23 | 14.23 |
| | 40—60 | 13.81 | 0.88 | 0.16 | 0.06 | 12.26 | 15.76 |
| | 60—80 | 14.63 | 0.84 | 0.15 | 0.06 | 13.04 | 16.25 |
| | 80—100 | 14.24 | 0.90 | 0.16 | 0.06 | 12.57 | 16.01 |
| 7 月 | 0—20 | 14.26 | 1.41 | 0.21 | 0.10 | 10.76 | 17.08 |
| | 20—40 | 14.65 | 0.87 | 0.13 | 0.06 | 11.88 | 16.35 |
| | 40—60 | 16.59 | 0.83 | 0.13 | 0.05 | 14.11 | 18.65 |
| | 60—80 | 17.45 | 0.84 | 0.13 | 0.05 | 15.52 | 18.68 |
| | 80—100 | 17.81 | 0.76 | 0.11 | 0.04 | 15.57 | 19.01 |
| 9 月 | 0—20 | 14.85 | 2.42 | 0.36 | 0.16 | 11.05 | 21.13 |
| | 20—40 | 14.52 | 2.28 | 0.34 | 0.16 | 10.10 | 20.08 |
| | 40—60 | 15.42 | 2.44 | 0.36 | 0.16 | 10.20 | 21.99 |
| | 60—80 | 15.28 | 2.36 | 0.35 | 0.15 | 9.87 | 19.97 |
| | 80—100 | 15.05 | 2.09 | 0.31 | 0.14 | 8.94 | 19.17 |

统计分析表明,对整个生长期核桃花生复合在距核桃树带 0—350 cm、土层深度 0—100 cm 范围内土壤水分二维分布等值线图如图 2 所示。从图 2 可知,复合在林带区(带距为 0—100 cm)土壤水分等值线较为密集,在农作物区(带距为 100—350 cm)土壤水分等值线相对较为稀疏,也能明显看出随着深度的增加水分有增长的趋势。

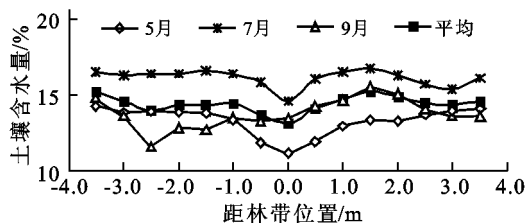


图 1 核桃花生复合不同层次土壤水分含量分布状况

3.3 复合系统花生土壤水分效应

由于核桃树的介入,使之和花生水分因子场^[18-19]发生重叠。一方面,由于核桃树和花生根系的生态位有重叠,所以会产生对土壤水分的竞争利用,导致土壤水分含量减少,产生亏损;另一方面,核桃树可以遮荫,可以产生小气候效应,同时核桃根系具有提水作用^[20],又有对土壤水分的增益作用,减少和增益的综

合影响,形成了土壤水分之间新的平衡,核桃花生复合系统中核桃对花生土壤水分这种综合影响的程度即农林复合系统的土壤水分效应,计算公式为:

$$E = (S_M - S_{MR}) / S_{MR} \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_M ——花生相应生长期 0~100 cm 的平均土壤水分值, S_{MR} ——相应的对照花生单作的土壤水分值; E ——土壤水分效应(%)。

利用(2)式计算核桃花生复合系统作物区(花生)土壤水分效应值,得出 5 月,7 月和 9 月的土壤水分效应均为正效应,即所测生长期内核桃花生复合系统土壤水分(0—100 cm)总体来说是正效应,平均效应值为 15.47%。正效应的原因是作为当地的主要树种核桃,其根系主要集中分布于 20—60 cm 的土层中,约占总根量的 80% 以上,在 100 cm 以下由于核桃根系极少,使含水量不因果树带的介入而发生明显变化,花生的根系则主要分布在浅层土壤内(0—40 cm),由于核桃树的介入,使之和农作物水分因子场发生重叠。一方面,由于核桃树和农作物根系的生态位有重叠,所以会产生对土壤水分的竞争利用,但竞争影响并不明显,相反间作系统中的树木的减光照、降温、减风速等作用,使农田蒸散减弱,起到保墒作

用。土壤水分正效应的存在说明在 2008 年试验观测时期该模式不会恶化土壤水分生态环境,然而从土壤

水分的角度而言,核桃花生复合在晋西黄土区复合经营的理念是否可行仍需要进行长期定位观测。

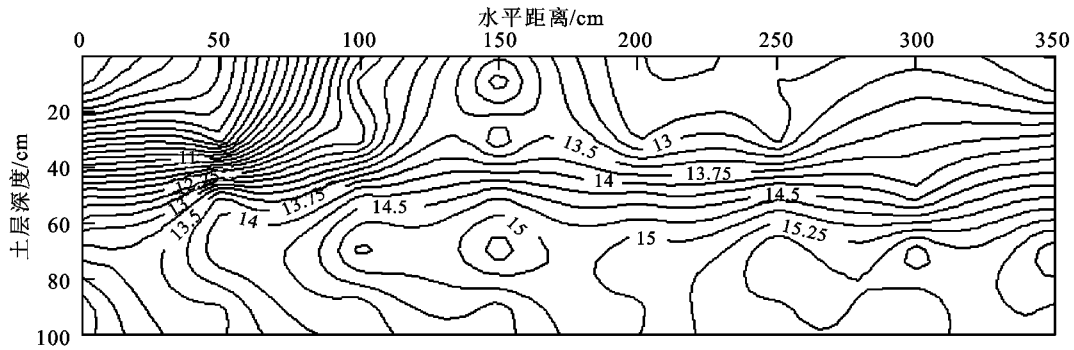


图 2 复合系统土壤水分含量的二维分布等值线图

4 结论

(1) 核桃花生复合系统作物区(花生)的土壤含水量的季节变化极显著,各月份核桃花生复合系统作物区花生(0—100 cm)的土壤含水量,与对照地的花生单作相比,含水量提高了 0.38%~5.25%。

(2) 核桃花生复合系统土壤水分在不同时期空间分布的整体规律是:在垂直方向上,土壤水分随着土壤深度的增加土壤水分含量增加。在 0—40 cm 土层内水分变化较为激烈,尤其是 0—20 cm。在水平方向上,核桃花生复合中距果树带越近,土壤水分含量越少,随着带距的增加水分增加直至趋于稳定,呈抛物线状,这主要由于核桃根系吸水和核桃冠幅遮蔽等因素共同作用的结果。

(3) 通过对核桃花生复合系统土壤水分效应值的计算,得出所测生长期土壤水分效应值均为“正”,说明虽然核桃树和花生根系的生态位有重叠,会产生对土壤水分的竞争利用,但并不明显。

(4) 农林复合模式经营合理与否,是土壤水分这个重要指标与其它因素(如光照、养分等)共同作用的结果。只有进行长期的定位监测,只有将地上部分和地下部分种间关系有机结合,才能得出更加科学合理的结论。

[参 考 文 献]

- [1] Shulte S. Agroforestry and soil conservation: adoption and profitability in EL Salvador[J]. *Agroforestry Today*, 1997, 9(4): 16-17.
- [2] Leakey. 复合农林业进行再定义[J]. 熊国炎译. 当代复合农林业, 1997(2): 41.
- [3] 杨修. 农林复合经营在农村可持续发展中的地位和作用[J]. *农村生态环境*, 1996, 12(1): 37-41.
- [4] 张劲松, 孟平, 宋兆民, 等. 复合农林业与中国农业的可持续发展[J]. *世界林业研究*, 2000, 13(3): 33-37.
- [5] 孟平, 张劲松, 高峻. 中国复合农林业发展机遇与研究展望[J]. *世界林业研究*, 2004, 17(6): 30-34.
- [6] Kowalchuk T E. Shelterbelts the their effect on crop yield[J]. *Canada Journal of Soil Science*, 1995, 75(4): 543-550.
- [7] McIntyre R D, Riha S J, Ong C K. Competition for water in a hedge-intercrop system[J]. *Field Crops Research*, 1997, 52(1/20): 151-160.
- [8] Rao M R, Nair P K, Ong C K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems[J]. *Agroforestry Systems*, 1997, 38(1/3): 3-50.
- [9] Smith D M. Physiological and environmental control of transpiration by trees in windbreaks. *Forestry Ecology and Management*. 1998, 105(1/3): 159-173.
- [10] 刘兴宇, 曾德慧. 农林复合系统种间关系研究进展[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1464-1470.
- [11] 翟进升, 周静, 王明珠, 等. 低丘区红壤南酸枣与花生复合系统种间水肥光竞争的研究: 南酸枣与花生利用水分状况分析[J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(4): 91-94.
- [12] 张劲松, 孟平. 农林复合系统水分生态特征的模拟研究[J]. *生态学报*, 2004, 24(6): 1172-1177.
- [13] 张劲松, 孟平, 尹昌君, 等. 农林复合系统的水分生态特征研究述评[J]. *世界林业研究*, 2003, 16(1): 10-14.
- [14] Tournebize R, Sinoquet H and Bussiere F. Modelling evapotranspiration partitioning in a shrub/grass alley crop. *Agri For Meteorol*, 1996, 81: 255-272.
- [15] 古建中, 李传强, 姚清志, 等. 花生高产高效栽培及病虫害防治[M]. 北京: 台海出版社, 2001: 1-13.
- [16] 云雷, 毕华兴, 任怡, 等. 黄土区果农复合系统种间水分关系研究[J]. *水土保持通报*, 2008, 28(6): 110-114.
- [17] 郝荣庭, 张毅萍. 中国果树志核桃卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 54-67.
- [18] 王德利. 植物生态场导论[M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1994: 153-155.
- [19] 王德利. 关于生态场的几点评述[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(3): 472-476.
- [20] 杨培岭, 罗远培, 石元春. 土壤—植物根系统的水分传输[J]. *北京农业大学学报*, 1993, 19(2): 25-30.