

晋西苹果与大豆间作系统土壤养分分布特征

廖文超, 毕华兴, 高路博, 许华森, 常译方

(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, 北京 100083)

摘要: 为了研究晋西黄土区果农间作系统中土壤养分分布特征, 选取研究区具有典型代表性的4、6和8年生苹果(*Malus pumila*) + 大豆(*Glycine max*)间作系统为研究对象, 对间作系统土壤养分(速效钾、速效磷、有机质、全氮)含量进行了定位、定量监测。结果表明: (1) 在垂直方向上, 不同树龄苹果 + 大豆间作系统速效钾、速效磷和有机质含量均随着土层深度增加而减少, 而全氮含量表现为先增加再减少; (2) 在水平方向上, 随着距树行距离的增加, 4年生间作系统与6年生间作系统土壤养分总体上呈现“W”型分布, 而在8年生间作系统中呈现“M”型分布(全氮除外), 极值分别出现在距树行1.5、2.5、3.5 m处, 且极大值点养分含量与极小值点含量有显著差异($p < 0.05$); (3) 随着树龄增长, 果树与农作物的养分竞争关系逐渐发生变化, 且在8年生间作系统中养分竞争最激烈。基于间作系统土壤养分特征, 建议在田间施肥管理时, 应以施氮肥为主, 且随着树龄的增长应该适时增大复合界面的距离或停止复合经营。

关键词: 不同树龄; 苹果 + 大豆间作; 土壤养分; 分布特征; 晋西黄土区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0252-05

中图分类号: S158.2

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.050

Soil Nutrients Distribution in Intercropping System of Apple and Soybean on West Shanxi Loess Plateau

LIAO Wen-chao, BI Hua-xing, GAO Lu-bo, XU Hua-sen, CHANG Yi-fang

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to investigate the spatial distribution characteristics of soil nutrients in fruit + crop intercropping system, *Malus pumila* + *Glycine max* intercropping pattern, typical and representative in the loess region of West Shanxi Province, was studied and soil nutrients in the intercropping system of different ages were monitored separately for comparison. Results showed that: (1) In vertical direction, with the increasing soil depth, available K, available P and organic matters decreased, while total N increased at first and then decreased. (2) In horizontal direction, with the increase in the distance from tree row, soil nutrient contents in 4-year-old intercropping system and 6-year-old intercropping system showed a “W” type distribution, while the 8-year-old intercropping system had a “M” type distribution(except total N). Coincidentally, all the extreme values appeared in the distances of 1.5, 2.5 and 3.5 m from tree row, and soil nutrient contents at the maximum points were significantly different from those at the minimum points($p < 0.05$). (3) Nutrients competition relations between fruit trees and crops changed gradually with the growth of the trees, and the competition of soil nutrients in the 8-year-old intercropping system was fiercest. In accordance with the distribution characteristics of soil nutrients in intercropping systems, nitrogen fertilizer should be the main fertilization, the distance of fruit tree and crops should be increased or planting crops in 8-year-old apple orchard should be prohibited.

Keywords: ladder age; *Malus pumila* + *Glycine max* intercropping; soil nutrient; distribution characteristics; the loess region of West Shanxi Province

果农间作是晋西黄土区农林复合的主要模式之一, 由于其具有较高的经济收益^[1], 因此深受当地农

民的欢迎。但是果树的引入, 必然导致果树与作物对于资源的竞争, 降低作物产量^[2-3]。作物减产的主要

收稿日期: 2013-10-17

修回日期: 2013-10-29

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“高效可持续农林复合系统构建及调控技术研究”(2011BAD38B02)

作者简介: 廖文超(1992—), 男(汉族), 四川省宜宾县人, 硕士研究生, 研究方向为林业生态工程。E-mail: liaowenchao2009@163.com。

通信作者: 毕华兴(1969—), 男(汉族), 陕西省米脂县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事林业生态工程方面的研究。E-mail: bhx@bjfu.edu.cn。

原因为果树的地上遮光^[4-5]和地下的水肥竞争^[6-7]。部分研究发现,间作系统中种间竞争主要由地下部分体现^[8-9],即水分和养分资源的竞争、互补和化感作用^[10]。在晋西黄土区,由于全年无灌溉,所以作为植物生长所必需的营养元素——土壤养分,其变化是作物产量的决定因素^[11]。因此,对果农间作系统中土壤养分分布特征进行研究,认识果树和作物种群间对土壤养分资源的竞争与互补关系是果农间作系统能否实现高效可持续经营的关键问题^[12]。近年来,对果农间作系统种间竞争关系的研究不断在国内外开展并取得了一定的研究成果^[13-14]。然而对不同树龄果农间作系统土壤养分分布特征及规律的研究相对匮乏。本文以晋西黄土区具有代表性的苹果+大豆间作模式为研究对象,选取不同树龄的苹果+大豆间作模式,研究间作系统内由于树龄增长而导致的土壤养分分布特征及规律的变化,旨在为改善该地区土壤养分环境、苹果+大豆间作系统的可持续经营管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于山西省吉县地理坐标为 35°53'10"—36°21'02" N, 110°27'30"—111°07'20" E,地处山西省西南部,是典型的黄土残塬沟壑区。该地区属暖温带大陆性气候,四季分明,雨热同期。据吉县气象站资料,吉县多年平均降水量 571 mm,且降雨量季节分配不均,降雨主要集中在 6—9 月,约占全年总降雨量的 70%,年均蒸发量 1 729 mm,年平均气温 9.9 °C,年均太阳总辐射量 5 424 MJ/m²,光照时数 2 563.8 h,≥10 °C 的积温 3 358 °C,无霜期 172 d。主要土壤类型为褐土,黄土母质,土质均匀,较适合作物生长。主要的果农间作树种为苹果(*Malus pumila*)、核桃(*Juglans regia*)、桃(*Amygdalus persica*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)和梨(*Pyrus ximichauxii*),主要间作作物为大豆(*Glycine max*)、花生(*Arachis hypogaea*)和玉米(*Zea mays*)。

1.2 研究对象

根据黄土残塬沟壑区果农间作经营特点,结合对当地果农间作系统实际经营情况的调查,在山西省吉县东城乡柏东村黄土残塬面,选择果树树龄为 4, 6, 8 年生的苹果与大豆间作系统为试验对象。果树品种为矮化富士,均采用相同砧木,大豆品种为晋豆 36。研究样地基本情况见表 1。间作大豆与果树行之间的距离均为 0.75 m,走向与果树行相同(东西走向),株行距为 0.45 m×0.50 m,密度为 44 400 株/hm²,

大豆种植于 2012 年 5 月。各样地耕地、除草及病虫害防治等管理措施一致,全年无灌溉。

表 1 山西省吉县东城乡柏东村样地基本情况

树龄/ a	株行距/ m	基径/ cm	树高/ m	南北 冠幅/m	东西 冠幅/m
4	4×5	7.83	3.56	3.15	2.69
6	4×5	8.90	3.58	3.20	3.33
8	4×5	8.87	3.69	3.74	4.55

1.3 研究方法

土壤养分监测样点布设以 6 棵果树为一个矩形样方,在 2 行果树之间,垂直于果树树行布设 3 条调查样线。样线 1 位于两行果树中间两棵果树连线上,样线 2 与样线 3 分别位于样线 1 两侧,与样线 1 距离为 2 m,且平行于样线 1。在每条样线上布设 5 个监测样点,各监测点距离果树行的距离分别为 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 m(由南到北)。每个年龄间作系统各取 3 个重复。

在大豆生长的关键物候期盛花期(7 月),在上述土壤养分监测点采用土钻法取土,由于本研究主要着力于揭示苹果与大豆之间的竞争关系,所以取土时以大豆根系主要集中土层为下限,深度为 60 cm,每 20 cm 为一层。为使土样具有代表性,每个样点同一层土样为 3 条样线上距树行等距离处 3 点的混合样(四分法取样),每个样地设 3 个重复。测定土壤速效钾、速效磷、有机质和全氮含量:速效钾用火焰光度计法测定;速效磷采用 0.5 mol/L 的 NaHCO₃ 溶液浸提—硫酸铝锑抗混合比色法;有机质用油浴加热消煮—重铬酸钾法;全氮采用蒸馏法测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤养分垂直分布

不同树龄苹果+大豆间作系统土壤养分垂直分布特征见图 1。由图 1 可以看出,不同树龄间作系统土壤养分垂直分布具有相似规律。4, 6 和 8 年生间作系统的速效钾含量、速效磷含量、有机质含量均表现为:0—20 cm>20—40 cm>40—60 cm 土层,即随着土层深度增加而减小,这与果树根系由上至下逐渐减少有关^[15];而全氮含量随着土层深度的变化表现为先增大再减小,即相对于 20—40 cm 土层,在 0—20 cm 土层全氮含量显著偏低($p<0.05$),表明苹果树与大豆对于氮素消耗较大,竞争相对激烈,所以对于不同树龄的间作系统在田间管理施肥时应以氮肥为主。在 0—60 cm 土层,速效钾含量、速效磷含量、

有机质含量和全氮含量在各土层均表现为 6 年生间作系统 > 4 年生间作系统 > 8 年生间作系统, 只有在 20—40 cm 土层速效磷含量表现为: 6 年生间作系统 > 8 年生间作系统 > 4 年生间作系统。表明在 8 年生间作系统中各养分元素竞争较为激烈; 在 6 年生间作系统中速效钾、速效磷和有机质竞争相对较弱, 氮素

竞争较强; 在 4 年生间作系统中则氮素竞争最弱。表明随着果树树龄的增长, 苹果树与大豆对各养分元素的竞争关系逐渐发生变化, 且在 8 年生间作系统中养分竞争最激烈。这主要是由于随着树龄增长, 果树根系进一步发达, 对于养分的吸收加强, 造成竞争更为激烈。

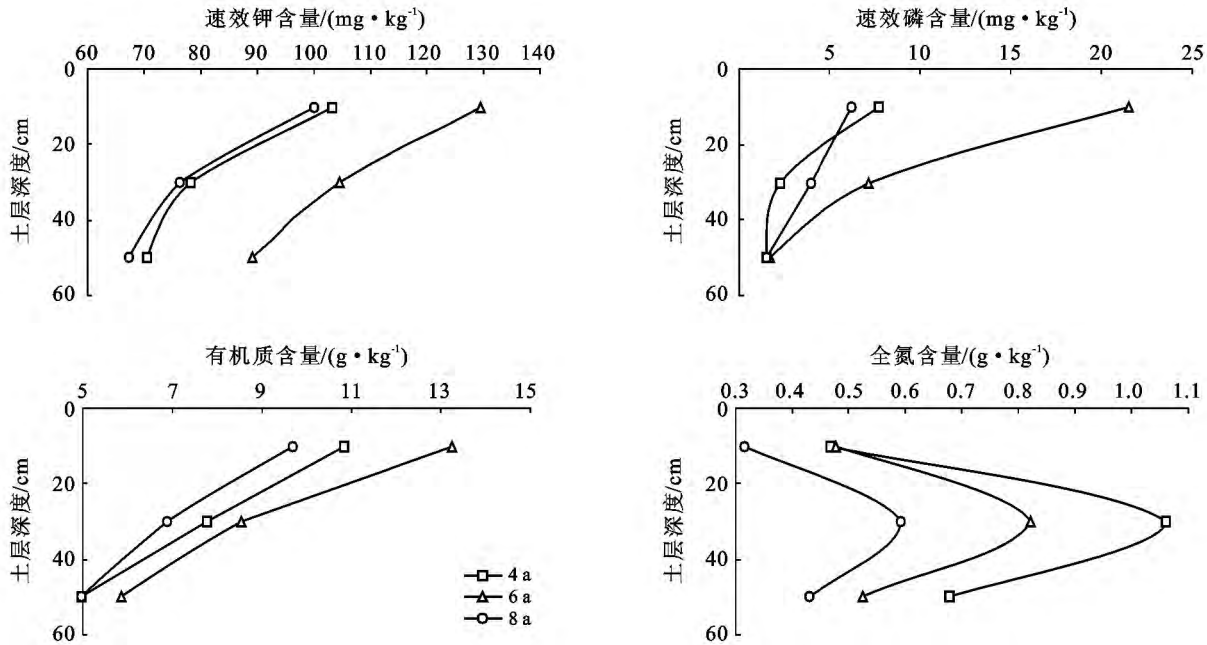


图 1 土壤养分垂直分布特征

2.2 土壤养分水平分布

不同树龄苹果+大豆间作系统土壤养分水平分布见图 2。由图 2 可以看出, 4 和 6 年生间作系统土壤养分水平分布特征一致, 均表现为“W”型, 即随着距树行距离的增加, 速效钾、速效磷、有机质和全氮含量均先后出现两个减少和增加的过程, 且两个极小值均出现在距树行 1.5 和 3.5 m 处, 在距树行 2.5 m (作物中心线) 处出现极大值, 且极大值点速效钾、速效磷、有机质和全氮含量与极小值点含量差异显著 ($p < 0.05$)。表明在 4 和 6 年生间作系统中, 苹果树与大豆在距树行 1.5 和 3.5 m 处养分竞争较为激烈。这主要是由于在距树行 1.5 和 3.5 m 处果树与大豆的根系分布集中所致^[16]。8 年生间作系统速效钾、速效磷和有机质含量水平分布特征一致, 表现为“M”型, 即两个极大值出现在距树行 1.5 和 3.5 m 处, 一个极小值出现在作物中心线处, 极大值点与极小值点养分含量差异显著 ($p < 0.05$)。这主要是因为 8 年生间作系统中大豆生长受到严重限制, 果树根系分布向作物中心线扩展^[17], 将竞争最激烈点由距树行 1.5 和 3.5 m 处向作物中心线转移。在 8 年生间作系统

中, 全氮含量水平分布特征与其余 3 个指标不同, 在距树行 1.5 m 处出现一个极小值, 在距树行 2.5 m 处出现一个极大值, 极大值点与极小值点总氮含量差异显著 ($p < 0.05$), 这可能是由于大豆 (固氮植物) 的固氮作用使得土壤中的氮素含量发生变化。

2.3 果树树龄对间作系统土壤养分的影响

不同树龄间作系统 0—60 cm 土层土壤养分含量统计结果见表 2。由表 2 可以看出, 速效钾含量、有机质含量均表现为: 6 年生间作系统 > 4 年生间作系统 > 8 年生间作系统, 其中 6 年生间作系统比 4 和 8 年生间作系统速效钾含量分别高出 28.10% 和 32.46%, 有机质含量分别高出 17.67% 和 28.61%。速效磷含量表现为: 6 年生间作系统 > 8 年生间作系统 > 4 年生间作系统, 6 年生间作系统比 8 和 4 年生间作系统分别高出 15.75% 和 16.46%。全氮含量表现为: 4 年生间作系统 > 6 年生间作系统 > 8 年生间作系统, 4 年生间作系统比 6 和 8 年生间作系统分别高出 21.17% 和 65.71%。差异性分析显示, 4 和 8 年生间作系统速效磷、速效钾、有机质含量无显著差异 ($p > 0.05$), 6 和 8 年生间作系统全氮含量无显著差异 ($p > 0.05$)。

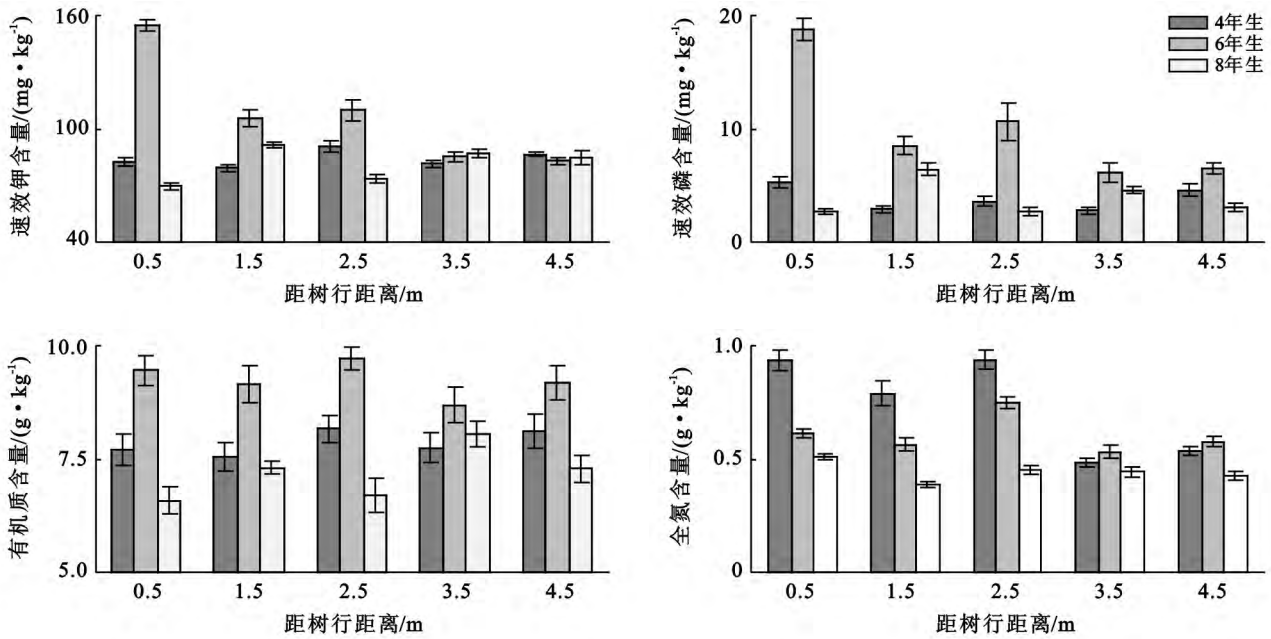


图 2 土壤养分水平分布特征

表 2 不同树龄间作系统土壤养分含量

树龄/a	速效钾/(mg · kg ⁻¹)	速效磷/(mg · kg ⁻¹)	有机质/(g · kg ⁻¹)	全氮/(g · kg ⁻¹)
4	84.000 ± 3.995a	3.818 ± 0.826a	7.853 ± 0.639a	0.736 ± 0.090a
6	107.600 ± 10.035b	10.103 ± 2.856b	9.241 ± 0.853ab	0.607 ± 0.053ab
8	81.233 ± 5.171a	3.923 ± 0.797a	7.185 ± 0.575ac	0.444 ± 0.037b

注:土壤养分含量均为平均值 ± 标准误差;同一列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

在 4 年生间作系统中,果树处于幼龄期,果树与大豆之间相互影响较小,养分竞争较弱;在 6 年生间作系统中,随着果树冠幅与根系的扩展,大豆生长受到抑制^[18],养分消耗变低,导致土壤养分含量大于 4 年生间作系统;而在 8 年生间作系统中,由于果树冠幅与根系进一步扩展,果树生长具有绝对优势,大豆生长受到严重抑制,养分主要被果树消耗,造成 8 年生间作系统养分含量严重偏低。所以建议随着果树树龄的增长,应该适时增大复合界面的距离或停止复合经营。而全氮含量在 4 年生间作系统中最高,这主要是由于在该系统中大豆生长较好,其固氮作用导致土壤全氮含量较大。

3 结论

(1) 在垂直方向上,不同树龄果农间作系统养分分布具有相似规律,其中速效钾含量、速效磷含量、有机质含量均随着土层深度增加而减少;而全氮含量随着土层深度的变化表现为先增大再减小。各土层速效钾、速效磷和有机质含量均表现为:6 年生间作系统 > 4 年生间作系统 > 8 年生间作系统,只有在 20—40 cm 土层速效磷含量表现为:6 年生间作系统 > 8 年生

间作系统 > 4 年生间作系统;而全氮含量在各土层表现为:4 年生间作系统 > 6 年生间作系统 > 8 年生间作系统。

(2) 在水平方向上,4 和 6 年生间作系统土壤养分分布特征一致,均表现为“W”型,即随着距树行距离的增加,在距树行 1.5 和 3.5 m 处出现两个极小值,在距树行 2.5 m(作物中心线)处出现一个极大值,8 年生间作系统速效钾、速效磷和有机质含量水平分布特征一致,表现为“M”型,即两个极大值出现在距树行 1.5 和 3.5 m 处,一个极小值出现在作物中心线处。差异性分析显示,极大值点养分含量与极小值点有显著差异($p < 0.05$)。而全氮含量水平分布特征与其余 3 个指标不同,在距树行 2.5 m(作物中心线)处并没有出现极小值。

(3) 总体上,在 0—60 cm 土层,速效钾含量、速效磷含量、有机质含量均为 6 年生间作系统最高,其中速效钾含量、速效磷含量 4 年生间作系统和 8 年生间作系统无显著差异($p > 0.05$);全氮含量为 4 年生间作系统最高,6 年生间作系统和 8 年生间作系统无显著差异($p > 0.05$)。

本试验研究重点定量分析了不同树龄苹果十大

豆间作系统土壤养分空间分布特征,进一步丰富和完善了果农间作系统土壤养分的研究。但不同树龄果农间作系统土壤养分空间分布特征及其差异是由果树密度、类型、施肥管理以及果树和作物的物候期吸收养分状况等因素共同决定的。因此,下一步研究重点应是综合各种因素开展果农间作系统土壤养分特征,结合土壤水分、地下根系特征、光环境等数据对果农间作系统继续进行深入研究,从而为果农间作系统配置、可持续经营管理提供一定的理论依据,实现系统综合收益最大化。

[参 考 文 献]

- [1] 宋西德,刘粉莲,张永. 黄土丘陵沟壑区农林复合生态系统立体经营模式研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(4):43-46.
- [2] 张斌,张桃林. 低丘红壤区农林间作系统的水分生态特征及生产力[J]. 生态学杂志,1997,16(4):1-5.
- [3] Lowan T L, Kang B T. Yield of maize and cowpea in alley cropping system in relation to available light[J]. Agric. For. Meteorol., 1990,52(3/4):347-350.
- [4] 王兴祥,何园球,张桃林,等. 低丘红壤花生南酸枣间作系统研究(Ⅳ):光能竞争与剪枝作用[J]. 土壤,2003,35(4):320-324.
- [5] Peng Xiaobang, Zhang Yuanying, Cai Jing, et al. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau[J]. Agroforestry Systems, 2009,76(3):569-577.
- [6] 云雷,毕华兴,任怡,等. 晋西黄土区核桃玉米间作界面土壤水分变化规律及其对玉米产量的影响[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):47-51.
- [7] 王兴祥,张桃林,张斌,等. 低丘红壤花生南酸枣间作系统研究(Ⅱ):氮素竞争[J]. 土壤,2003,35(1):66-68.
- [8] Monteith J L, Ong C K, Corlett J E. Microclimatic interactions in agroforestry systems[J]. Forest Ecology and Management, 1991,45(1):31-44.
- [9] 蔡崇法,王峰,丁树文,等. 间作及农林复合系统中植物组间养分竞争机理分析[J]. 水土保持研究,2000,7(3):219-222.
- [10] Jose S, Gillespie A R, Pallardy S G. Interspecific interactions in temperate agroforestry[J]. Agroforestry Systems, 2004,61(1):237-255.
- [11] 叶彦辉,宋西德,张永,等. 黄土丘陵林区草景观界面土壤养分分布特征和空间变异性研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(3):1-6.
- [12] Thevathasan N V, Gordon A M. Ecology of tree intercropping systems in the north temperate region: Experiences from Southern Ontario, Canada[J]. Agroforestry Systems, 2004,61(1/3):257-268.
- [13] 赵英,张斌,王明珠. 农林复合系统中物种间水肥光竞争机理分析与评价[J]. 生态学报,2006,26(6):1792-1801.
- [14] Ong C K, Wilson J, Deans J D, et al. Tree-crop interactions; manipulation of water use and root function[J]. Agricultural Water Management, 2002,53(1/3):171-186.
- [15] 许华森,云雷,毕华兴,等. 核桃—大豆间作系统细根分布及地下竞争[J]. 生态学杂志,2012,31(7):1-5.
- [16] 张劲松,孟平,尹昌东. 果农间作系统中果树根系空间分布特征[J]. 林业科学,2002,38(4):30-33.
- [17] 杨培岭,罗元培,石元春. 土壤—植物根系的水分传输[J]. 中国农业大学学报,1993,19(2):25-30.
- [18] 史晓丽,郭小平,毕华兴,等. 晋西果农间作光竞争及产量研究[J]. 北京林业大学学报,2009,31(2):115-118.

(上接第 251 页)

- [4] 马柱国,符凉斌,谢力,等. 土壤湿度和气候变化关系研究中的某些问题[J]. 地球科学进展,2001,16(4):563-568.
- [5] Chahine T M. The hydrological cycle and its influence on climate[J]. Nature, 1992,359(11):373-380.
- [6] 孟春雷,崔建勇. 干旱区土壤蒸发及水热耦合运移模式研究[J]. 干旱区研究,2007,24(2):141-145.
- [7] 孙中峰,张学培,刘卉芳,等. 晋西黄土区坡面林地土壤持水性能研究[J]. 干旱区研究,2004,21(4):343-347.
- [8] 杨绍富,刘志辉,闫彦,等. 融雪期土壤湿度与土壤温度、气温的关系[J]. 干旱区研究,2008,25(5):642-646.
- [9] 高红贝,邵明安. 温度对土壤水分运动基本参数的影响[J]. 水科学进展,2011,22(4):484-494.
- [10] 杨与广,刘志辉,乔鹏. 天山北坡融雪期土壤湿度特征及其影响因子[J]. 干旱区研究,2012,29(1):173-178.
- [11] 汪志荣,张建丰,王文焰,等. 温度影响下土壤水分运动模型[J]. 水利学报,2002(10):46-50.
- [12] 汤家法,蒋家沟流域土壤湿度变化模拟[J]. 山地学报,2009,27(2):217-222.
- [13] 张婕,张文煜,王晓妍,等. 半干旱地区土壤湿度变化特征[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2012,48(2):57-61.
- [14] 赵逸舟,马耀明,马伟强,等. 藏北高原土壤温湿度变化特征分析[J]. 冰川冻土,2007,29(4):578-583.