

不同农田防护林配置结构下玉米水分来源研究

王一心¹, 冯天骄¹, 肖辉杰¹, 辛智鸣², 刘红霞³, 孙元博¹, 刘益辰¹

(1.北京林业大学水土保持学院,北京 100083;2.内蒙古磴口荒漠生态系统国家定位观测研究站,
内蒙古 磴口 015200;3.内蒙古自治区农牧业生态与资源保护中心,呼和浩特 010011)

摘要: 由于气候条件干旱,合理平衡防护林与农田作物水分需求是河套灌区农田防护林网体系建设的
关键问题。为研究河套灌区典型农田防护林对农田作物水分来源的影响,选择河套灌区 3 种典型配置
的防护林系统,测定并分析附近农田距农田边缘 0.3,0.4,0.6,2 H 处土壤含水率、土壤和作物茎秆水氢
氧同位素值。结果表明:(1)7—9 月各农田样地土壤含水率普遍较低,4,5 行样地在近林端处土壤含水率
均低于远林端处,8 行样地各处土壤含水率没有明显差异。(2)各样地土壤水氢氧同位素随着土层深度
的增加而贫化,其中,8 行样地距农田边缘 0.4~0.6 H 处 40—60 cm 土层的土壤出现较大的同位素富集。
(3)4 行样地内距农田边缘 0.3~0.4 H 处玉米主要利用 40—80 cm 土层土壤水,0.6~2 H 处玉米利用 0—
40 cm 土层土壤水。5 行样地 0.3 H 处玉米利用 20—60 cm 土层土壤水,0.4~2 H 处玉米利用 0—60 cm
土层土壤水。8 行 0.3,2 H 处玉米主要利用 0—40 cm 土层土壤水,0.4~0.6 H 处玉米则更多地利用 20—
80 cm 土层土壤水。研究认为,8 行配置的防护林对农田作物水分利用范围影响更广,在不影响防护效果
的前提下,4,5 行防护林对农田作物生长用水影响范围更小。研究结果可为当地合理配置农田防护林体系
提供理论参考。

关键词: 河套灌区; 农田防护林; 土壤水分; 农田水分竞争

中图分类号:S727.24

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2023)02-0329-07

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.02.038

Study on the Moisture Source of Maize Under the Configuration Structure of Different Farmland Shelterbelts

WANG Yixin¹, FENG Tianjiao¹, XIAO Huijie¹, XIN Zhiming²,

LIU Hongxia³, SUN Yuanbo¹, LIU Yichen¹

(1.School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2.Inner Mongolia
Dengkou Desert Ecosystem National Observation Research Station, Dengkou, Inner Mongolia 015200; 3.Inner Mongolia
Autonomous Region Agriculture and Animal Husbandry Ecology and Resource Protection Center, Hohhot 010011)

Abstract: It is a key problem to balance the water demand of shelterbelt and farmland crops reasonably in
the construction of shelterbelts forest network system in Hetao irrigation district due to the arid climate
conditions. In order to study the influence of typical farmland shelterbelts on the water source of farmland
crops in Hetao irrigation district, three typical shelterbelt systems in Hetao irrigation district were selected,
and the soil moisture content, hydrogen and oxygen isotope values of soil and crop stem water at 0.3 H, 0.4
H, 0.6 H and 2 H away from the edge of nearby farmland were measured and analyzed. The results showed
that: (1) From July to September, the soil moisture contents of all farmland plots were generally low. The
soil moisture contents of 4 and 5 row plots at the near end of forest were lower than that at the far end of
forest, and there was no significant difference in the soil moisture content of the 8 row plots. (2) The hydrogen
and oxygen isotopes of soil water in all plots were depleted with the increase of soil depth as a whole. Among
them, the 40—60 cm soil layer at 0.4~0.6 H away from the edge of farmland in the 8 row plots showed
greater isotope enrichment. (3) The soil water of 40—80 cm soil layer was mainly used for maize at 0.3~0.4

收稿日期:2022-07-22

资助项目:国家生态科学数据中心开放基金项目(NESDC20210201);国家重点研发计划政府间国际创新合作专项中国和美国政府间合作项
目(2019YFE0116500)

第一作者:王一心(1996—),女,硕士研究生,主要从事林业生态工程研究。E-mail:18843182659@163.com

通信作者:冯天骄(1991—),男,博士,讲师,主要从事生态系统水文过程研究。E-mail:fengtianjiao1991@bjfu.edu.cn

H away from the edge of farmland in the 4 row plots, and the soil water of 0—40 cm soil layer was used for maize at 0.6~2.0 H. The soil water of 20—60 cm soil layer was used for maize at 0.3 H and the soil water of 0—60 cm soil layer was used for maize at 0.4~2.0 H in row 5 plots. The maize in row 8 at 0.3 H and 2 H mainly used soil water in 0—40 cm soil layer, while the maize at 0.4~0.6 H mainly used more soil water in 20—80 cm soil layer. According to the study, the shelter forest with 8 row configuration had a wider impact on the water use range of farmland crops, while the influence range of 4 and 5 row of shelterbelts on the growth water of farmland crops was smaller on the premise of not affecting the protection effect. The results can provide theoretical reference for the rational allocation of farmland shelterbelt system.

Keywords: Hetao irrigation district; farmland shelterbelt; soil moisture; farmland water competition

在干旱半干旱地区,农田防护林在农田保水保土、防风减沙方面发挥着主要作用,研究农田防护林单元内防护林带与农田作物的水分平衡有助于提升农业产量,促进农林结合可持续发展^[1]。有研究^[2]发现,农田防护林景观单元内的木本植物和一年生作物间的竞争关系和相互促进作用同时存在。在干旱区,农田防护林网内的防护林和作物间既可能表现为生态位相同而产生竞争,又可能因各自生态位不同而不存在竞争关系。如果建设农田防护林时没有处理好林木和作物间的竞争关系,防护林在农田内分布的大量细根与农作物争夺水肥资源,影响农作物生长发育,直接造成农作物歉收,甚至绝产。Huo 等^[3]研究发现,黄土丘陵区黄花菜和油菜主要利用中浅层水,而同一系统内的枣树则将深层土壤水作为主要水分来源,表现出一种生态位分离的水分利用关系;燕利利^[4]对比了大豆和小麦、大豆和核桃间作后的水分生态位分布后认为,小麦和核桃的生态位发成重叠,种间水分竞争强,而大豆与核桃生态位分离,种间水分竞争弱。值得注意的是,即使有的农林复合系统中主要物种间原始生态位不同,受到实际水分条件的影响,物种间仍然可能出现水分竞争的情况。郭辉等^[5]研究了同一个农田防护林单元内棉花和邻近的农田防护林后发现,二者在水分利用方面存在明显的生态位分离,但由于浅层土壤长期受灌溉影响,防护林和棉花在浅层土壤中仍存在水分竞争现象。此外,由于植物存在生长节律,有研究^[6]发现,农林复合系统中存在生长季内物种间水分关系发生变化的情况。张露等^[7]研究了果—草复合系统后发现,在生长季前期(5—6月)系统内作物不存在水分竞争现象,而在生长旺季的7月,草本植物增加深层土壤水的利用,系统内的果树和草本存在水分竞争情况。因此在经营干旱区农田防护林时,结合生长节律考虑物种间生态位重叠问题可以有效改善作物产量。

内蒙古河套灌区是中国西北重要的农业生产区,由于当地气候条件干旱,水资源匮乏,合理平衡防护林与农田作物水分需求是河套灌区农田防护林林网体系建设的的关键问题^[5]。目前,国内外学者针对防护

林与农田作物水分利用关系的研究较多,但这些研究主要针对单独类型防护林的水分胁迫的观测,对于比较同一地区不同配置防护林和大田作物之间的水分来源问题研究较少。因此,本文选取磴口县 3 种典型配置防护林,结合稳定性氢氧同位素技术研究不同防护林配置下的农田土壤水分特征及作物水分利用特点,为当地防护林合理配置提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古磴口县中国林业科学研究院沙漠林业实验中心第二实验场内(106°35′—106°59′E,40°17′—40°29′N),海拔 1 040 m。研究区地处内蒙古西部河套平原源头,乌兰布和沙漠东北部边缘,地表被沙包和沙生植物覆盖,为温带大陆性季风气候,全年日照时间超过 3 300 h,年均蒸发量 2 397.6 mm,而年均降水量仅有 144.5 mm;年平均气温 7.6 °C,生长期昼夜温差 14.5 °C。研究区内农田防护林主要树种有新疆杨(*Populus alba var. pyramidalis* Bge)、二白杨(*Populus gansuensis* C. Wang et H. L. Yang)、箭杆杨(*Populus nigra var. thevestina* (Dode) Bean)、小美旱杨(*populus simonii* × (*Populus pyramidalis* + *Salix-matsudana*) cv. *Pop-laris*)。当地农作物种植以玉米为主,葵花和西葫芦为辅。研究区内农田均使用地下水灌溉,灌溉频率为 7~10 天/次。

1.2 样地设置

在研究区选取 3 种典型配置的防护林主林带,分别为 3 小美旱杨+1 沙枣(以下简称 4 行)、4 二白杨+1 小美旱杨(以下简称 5 行)和 8 新疆杨(以下简称 8 行),3 个林带树龄均为 10 年以上,根系平均深度为 2 m。选择与林带邻近的农田作为试验样地,农田作物均为统一大田种植的玉米,并在林带与农田的交界处挖 40~100 cm 深的断根沟,用于阻隔林带横向根系对农田作物的水肥竞争。王栋等^[8]在同一研究区内,以防护林带高度(H)为长度单位比较了距农田边缘不同距离的土壤水分关系后认为,距农田边缘 1.2 H 以外的农田土壤水分基本不受防护林的影响。基

于此,本研究在农田内距离农田边缘 0.3 H, 0.4 H, 0.6 H, 2 H 距离处选取采样点, 进行林带调查, 每个林带

选取能代表整体情况的防护林主要乔木树种各 20 株, 测量并加权平均后得到林带及农田基本信息见表 1。

表 1 样地基本信息

样地	树种分配	树高/ m	胸径/ cm	冠幅/ m	树间 间距/m	农田 作物	断根沟 深度
4 行	3 小美旱杨+1 沙枣	17	18.3	2.2×2.5	3.20	玉米	浅
5 行	4 二白杨+1 小美旱杨	14	5.0	1.0×2.0	1.75	玉米	中等
8 行	8 新疆杨	14	16.3	2.4×1.8	4.50	玉米	最深

1.3 样品采集与分析

1.3.1 取样时间与方法

(1) 玉米茎秆样品: 在 2021 年 7—9 月, 在各取样点采集玉米茎秆样品。考虑到样品空间差异性, 每个取样点选 50 cm×50 cm 大小的样方, 每个样方内选取 3 株长势相同的玉米植株作重复样点处理, 采样期间如果遇到农田灌溉或降雨, 根据前期实践经验^[8], 从灌溉后 5 天和降雨后 3 天开始采样, 实际采样时间分别为 7 月 18 日, 8 月 16 日, 9 月 10 日。采样时, 剪取样地内距地表 3~5 cm 处的新鲜玉米秸秆, 剥去表皮后快速将样品装入 12 mL 玻璃瓶中, 并用封口膜密封。

(2) 土壤样品: 采集植物样品的同时, 在所剪取植物茎秆下方使用内径 36 mm 的土钻钻取深度为 0—80 cm 的各层土壤样品, 以 0—20, 20—40, 40—60, 60—80 cm 土层深度分层取样, 将收集到的土壤样品去除细根后迅速装入 50 mL 离心管内, 用封口膜密封后冷冻保存。同时, 用环刀法采集土壤样品, 测定土壤含水率。

1.3.2 样品分析测定方法

(1) 样品液态水抽提和氢氧同位素测定: 所有水样稳定氢氧同位素的测定均在磴口县中国林业科学研究院沙漠林业实验中心氢氧同位素实验室完成。由于 δD 较 $\delta^{18}O$ 更容易分馏, 且更容易出现贫化现象, 因此只选取 $\delta^{18}O$ 判断农田作物水分来源。采用 LI-2000 真空抽提系统 (LICA, 中国) 抽提植物茎干和土壤样品水分, 用液态水同位素分析仪对作物茎秆水、土壤水进行稳定同位素测定。

测定的 $\delta^{18}O$ 的值用相对于维也纳标准平均大洋水的千分差值表示:

$$\delta^{18}O_{\text{‰}} = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (1)$$

式中: R_{sample} 为采集样品中氧的重同位素与轻同位素的丰度比; R_{standard} 为 VSOMW 中氧的重同位素与轻同位素的丰度比。 $\delta^{18}O$ 测量的不确定度为 $\pm 0.3\text{‰}$ 。

(2) 土壤含水率: 采集回来的土壤样品装入已记录重量的铝盒, 用电子天平 (0.01 g) 称重后使用 105 (± 2) °C 的烘箱烘干土样 6 h 以上至恒重, 称干重, 计算出土壤含水率 (SWC, %):

$$\text{SWC} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中: W_1 为烘干前铝盒加湿土的重量 (g); W_2 为烘干后铝盒加干土的重量; W_0 为空铝盒的重量 (g)。

1.4 数据处理与分析

1.4.1 IsoSource 模型 采用多元线性混合模型 (IsoSource) 对农田作物对不同水源的相对利用比例进行计算。当植物有 3 个及 3 个以上的水分来源时, 使用 IsoSource 来计算水源利用比例^[9], 计算原理为:

$$\delta X = c_1 \delta X_1 + c_2 \delta X_2 + c_3 \delta X_3 + \dots + c_n \delta X_n \quad (3)$$

$$c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n = 1 \quad (4)$$

式中: δX 为植物木质部水分的 δD 或 $\delta^{18}O$ 值 (‰); $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ 则表示植物对各潜在水源的利用比例 (‰); $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 分别为各潜在水源水分的 δD 或 $\delta^{18}O$ 值 (‰)。

1.4.2 数据分析 使用 Excel 对原始数据进行整理, 使用 IsoSource 模型计算各层土壤水对作物水源利用的贡献率, 图表制作使用 Origin 2021 软件。

2 结果与分析

2.1 农田土壤水分时空分布

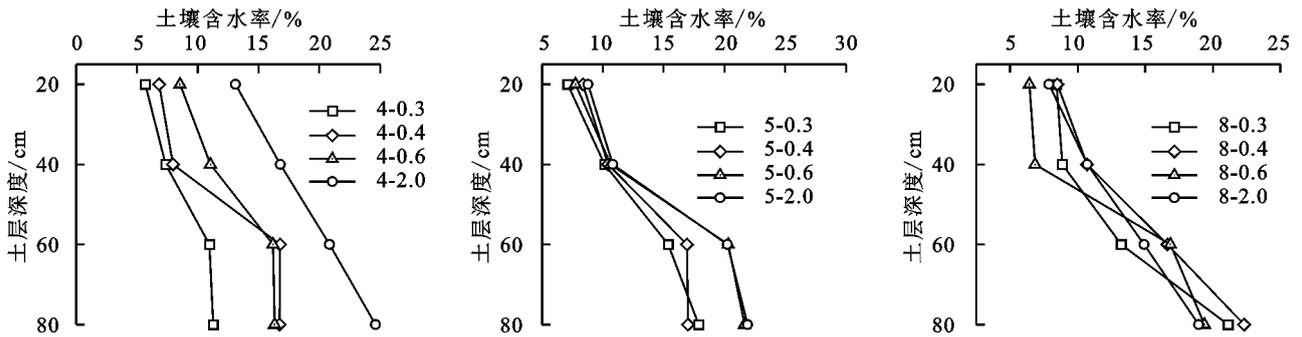
2021 年 7—9 月各取样点土壤剖面含水率 (SWC) 均值变化情况见图 1。从图 1 可以看出, 各样地土壤含水率较低, 且均表现出随土层深度增加而增加的趋势。4 行农田内土壤含水率最大, 5 行农田内土壤含水率最小。其中, 4, 5 行农田距农田边缘不同距离处取样点土壤含水率差别最大, 表现为距农田边缘越远, 土壤含水率越高, 4, 5 行距农田边缘 0.3~2 H 处农田土壤含水率均值分别为 8.81%, 12.07%, 13.02%, 18.85%。4, 5 行农田和 8 行农田近林端 (0.3~0.6 H) 和远林端 (2 H) 土壤含水率在空间分布上并无明显差异, 5 行农田距农田边缘 0.3~2 H 处土壤含水率均值分别为 12.63%, 13.17%, 15.19%, 15.44%, 8 行农田距农田边缘 0.3~2 H 处土壤含水率均值分别为 12.91%, 14.54%, 12.38%, 13.11%。

2.2 农田土壤水氧同位素空间分布

农田内各取样点土壤水氧同位素值 $\delta^{18}O$ 变化情况见图 2。不同农田样地内各样点浅层土壤水均存在同位素富集现象, 随着土层深度的增加, 土壤水的同位素富集情况有所减弱。4, 5 行农田土壤水 $\delta^{18}O$ 值表现出明显的空间差异, 其中 4, 5 行 0.3 H 处农田

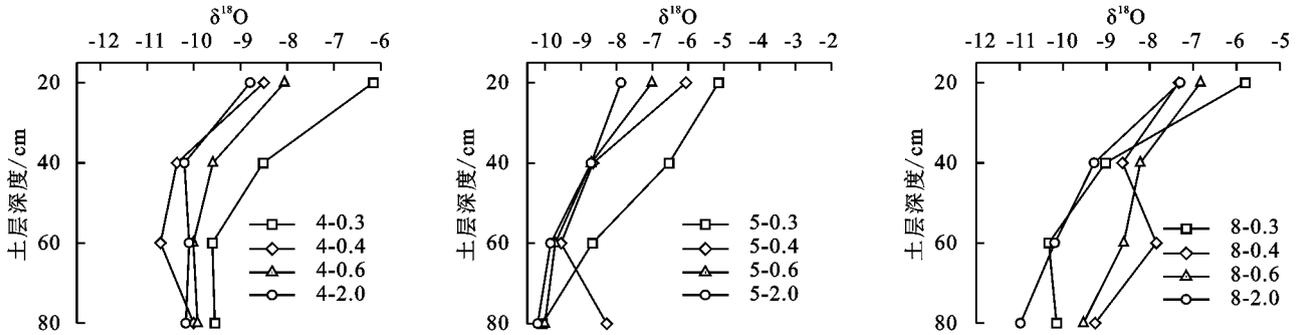
浅层土壤水同位素富集情况最明显,0.4~2 H 处的土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 随深度的变化幅度较 0.3 H 处的土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 小,4 行农田 0.3~2 H 处各样点 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围分别为 -9.60% ~ -6.60% , -10.71% ~ -8.50% , -10.01% ~ -8.06% , -10.22% ~ -8.79% ;5 行农田 0.3~2 H 处各样点土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围分别为 -10.08% ~ -5.80% , -9.56% ~ -6.06% , -10.01% ~

-7.01% , -10.21% ~ -7.88% 行农田各样点土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化范围分别为 -10.33% ~ -5.80% , -9.26% ~ -7.33% , -9.53% ~ -6.83% , -10.98% ~ -7.30% 。8 行农田各取样点 0~20 cm 土层均表现出同位素富集的情况,但 0.4 H、0.6 H 处的样点土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 较 0.3 H 和 2 H 处样点富集情况更强,且在 40~60 cm 处发生不同程度的同位素富集现象。



注:4-0.3 表示 4 行农田内距农田边缘 0.3 H 处取样点。下同。

图 1 距农田不同距离农田土壤剖面含水率随土层深度的变化



注:4-0.3 表示 4 行农田内距农田边缘 0.3 H 处取样点。下同。

图 2 距农田边缘不同距离农田土壤水 $\delta^{18}\text{O}$ 随土层深度的变化

2.3 作物水分来源时空分布

利用直接对比法判断 7—9 月作物主要水源,将各月土壤和茎秆水样的氧同位素取均值进行分析(图 3)可知,4,5 行农田作物在 0.3 H 处的主要水分来源均为 40—60 cm,0.4 H、0.6 H 的作物主要水分来源均为 20—40 cm,4 行农田 2 H 处作物主要利用 20—40 cm 土层的水,5 行农田 2 H 处作物主要利用 40—60 cm 土层的水。8 行农田在 0.3 H 和 2 H 处作物主要水源为 20—40 cm 土层,0.4 H 和 0.6 H 处作物主要利用 40—60 cm 深度土层的水分。分析结果说明各农田作物主要吸水层随与农田边缘距离的变化而有所差异。

2.4 不同样点农田土壤水对作物的水分贡献率

利用 IsoSource 模型进一步计算各土层土壤水源对作物生长的贡献率,所得 7—9 月各水源贡献率均值直方图(图 4)。由图 4 可知,各农田土壤水源贡献率随距农田边缘距离的减小呈现不同的变化趋势。4 行农田距农田边缘 0.3 H、0.4 H、0.6 H、2 H 处的玉米主要水分来源为 40—80,0—20 cm 和 40—80,0—40,0—20 cm,贡献率分别为 74.73%,80.51%,78.04%,56.70%。5 行农田距农

田边缘 0.3 H、0.4 H、0.6 H、2 H 处的玉米主要水分来源分别为 20—60,0—20 cm 和 40—80,0—40,0—60 cm,贡献率分别为 70.90%,81.84%,65.80%,81.23%。8 行农田距农田边缘 0.3 H、0.4 H、0.6 H、2 H 处的玉米主要水分来源为 0—40,0—40 cm 和 60—80,20—80,0—40 cm,贡献率分别为 59.83%,82.66%,82.84%,62.43%。

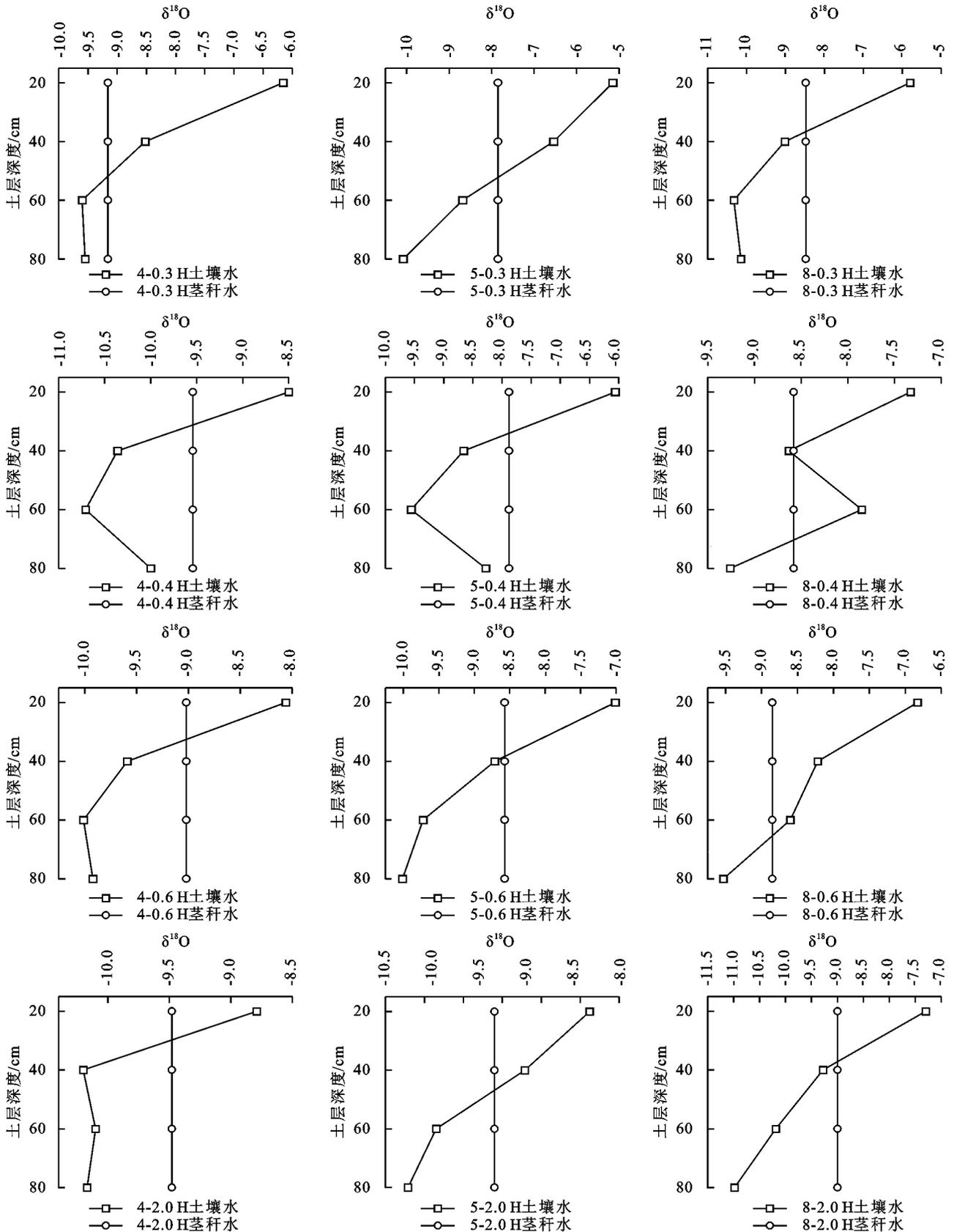
3 讨论

3.1 农田土壤水分特点

土壤含水率的变化一方面受降雨、蒸发等气候条件的影响,另一方面也受植物生长影响。有学者^[10]发现,土壤含水率一般随土层深度的增加而增加,这种规律不受地表植被覆盖度的影响。植被覆盖度较高的区域由于根系分布更大,土壤含水率往往更小。然而,当植被根系分布范围变大时,土壤含水率也会降低。王丹等^[11]研究在苹果树和花生的间作条件下土壤含水率的变化发现,土壤含水率在花生成熟期时最小,这是因为二者都处于生长迅速的时期,水分需求大,竞争激烈。在本研究中,4,5 行农田土壤从水平方向上表现出距农田边缘越远,土壤含水率越高的

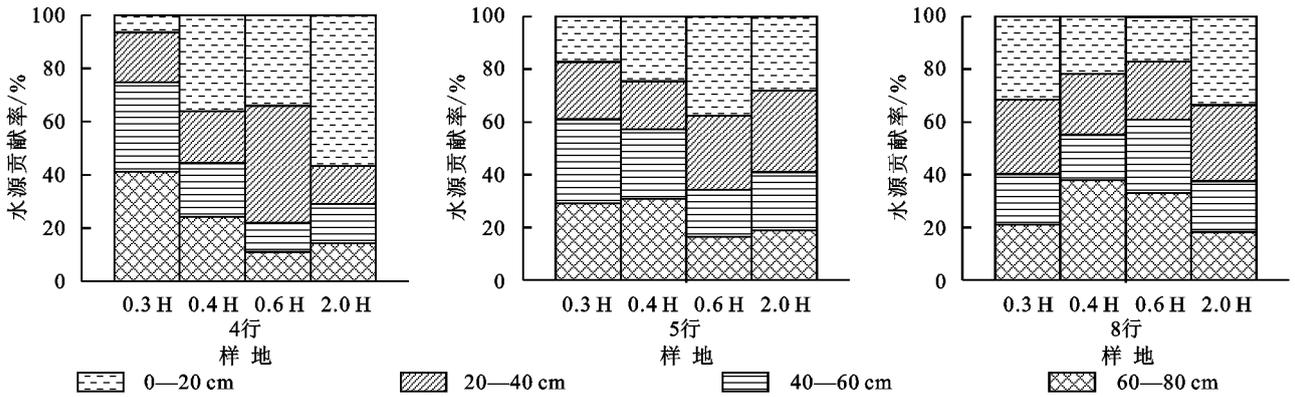
水分特点,而 8 行农田近林缘端(0.3~0.6 H)和远林缘端(2 H)土壤含水率在空间分布上并无明显差异。4,5,8 行农田中出现这一土壤含水率差异的原因可

能是因为 4,5 行农田的防护林断根沟较浅,防护林根系在农田内的伸展受断根沟影响较小,因此,表现出距农田边缘越近土壤含水率越小的情况。



注:4—0.3 H 土壤水表示 4 行农田内距农田边缘 0.3 H 处取样点的土壤水;4—0.3 H 茎秆水表示 4 行农田内距农田边缘 0.3 H 处取样点的茎秆水。下同。

图 3 距农田边缘不同距离样地内农田土壤水和茎秆水 $\delta^{18}O$ 的变化特征



注:0.3 H—20 cm 表示距农田边缘 0.3 H 处 0—20 cm 深度土壤对作物的水源贡献率。

图 4 距农田边缘不同距离的农田各潜在土壤水源作物对作物的贡献率

由于富集程度不同的土壤水混合、地表蒸发分馏、植物对土壤水的利用等因素,土壤水中的稳定同位素富集情况发生变化^[12]。本研究中各样地农田土壤在水平方向上的水同位素富集程度随着与农田边缘距离的不同而发生变化,也可能是受到其他植物的吸收利用,从而导致样点内中深层土壤分馏异常^[13],这也说明农田内可能存在防护林的水分争夺情况。在土壤垂直方向上,土壤含水率随土层深度的加深而增大,浅层土壤水由于蒸发分馏的影响,氢氧同位素更容易富集^[14-15]。赵志鹏等^[16]和邓文平等^[17]通过分析引黄灌区土壤剖面水分氢氧同位素值后发现,土壤水随着土层深度的增加发生氢氧同位素富集的现象。此外,8行农田距农田边缘 0.4~0.6 H 处土壤水同位素在 40—60 cm 深度土层处出现较大的富集。这可能是由于该区域水分利用较多,同位素富集的浅层土壤水下渗,最后与深层由于毛管作用向上运移的水分在干燥面混合导致的^[15]。

3.2 作物水分来源

玉米作为季节性作物,随着时间推移会根据生长需要调节自身的水分来源^[18]。本研究中所有农田中作物均为玉米,因此在不受其他干扰的条件下,同一时期玉米的水分来源规律应一致。本研究发现,在生长旺季,4行样地距农田边缘 0.6~2 H 处、5行样地距农田边缘 0.3 H、0.6~2 H 处,以及 8行样地距农田边缘 0.3 H 和 2 H 处玉米水分来源均为中浅层土壤水,这是由于断根沟阻断林带浅层根系水平延伸至农田内部^[19],近林缘农田内浅层土壤中林带细根分布较少,水分竞争程度较轻,因而玉米更多地利用浅层的土壤水,这与郭慧文^[19]在民勤绿洲的研究结果大致相同,而 4行样地距农田边缘 0.3~0.4 H 处、5行样地距农田边缘 0.4 H 处,以及 8行样地距农田边缘 0.4~0.6 H 处玉米主要水分来源均为深层土壤水,这是因为防护林树种中杨树占主要部分,

耗水量巨大,其根系横向扩展且具有可塑性,由于林带内部水分竞争激烈,林带根系延伸到农田内部,以削弱林带内部竞争。因此防护林不可避免地对近林缘生长的玉米产生水分方面的影响,而由于 8行林带林木竞争更加激烈,8行样地农田玉米水分来源受防护林影响更大。

结合直接对比法和 IsoSource 模型分析结果发现,4行农田距农田边缘 0.3~0.4 H 处玉米较其他位置的玉米利用更多的深层土壤水,这可能是由于过浅的断根沟无法阻挡防护林根系横向延展,郑智礼等^[20]对比同一防护林农田单元内有无断根沟农田的产量的方式后认为,在林带和农田间挖断根沟有助于提高农作物产量;但周文权^[21]通过对比黑龙江农田防护林有断根沟处理与无断根沟处理的林带细根分布认为,断根沟处理只能暂时阻止林带对农田的胁迫作用,但从长远考虑,经断根沟处理的防护林带将在农田中发展出更发达的根系,且胁迫效果可能强于无断根沟措施的防护林带。此种情况在 5行林带中也有发现,推测是由于断根沟的作用,作物水源变动较不明显。8行农田在作物 0.4 H 和 0.6 H 处较多利用深层水,但在 0.3 H 处的水分利用情况和 2 H 处相似,8行农在 0.4~0.6 H 范围内主要水分来源较异常,在 0.6 H 处尤为显著,表明该地玉米在生长旺季几乎不利用浅层土壤水,其他水平距离内浅层土壤水虽然是玉米的主要水源,但贡献率相对于 4,5行低,由此认为,8行农田土壤水受干扰范围最广,程度最强。

4 结论

(1)7—9月各样地农田土壤含水率普遍较低,4,5行农田距农田边缘不同距离处取样点土壤含水率差别最大,表现为距农田边缘越远,土壤含水率越高,而 8行农田近林缘端(0.3~0.6 H)和远林缘端(2 H)土壤含水率在空间分布上并无明显差异。

(2)不同农田样地内各样点浅层土壤水均存在同位素富集现象,随着土层深度的增加,4,5行农田各样点土壤水氢氧同位素随着土层深度的增加表现出不同程度的贫化,8行农田距农田边缘0.4 H和0.6 H处土壤水同位素在40—60 cm土层处出现较大的富集。

(3)农田玉米水分利用特点出现明显空间分异性。在生长旺季,4行样地内距农田边缘0.3~0.4 H处玉米主要利用40—80 cm土层土壤水,0.6~2 H处玉米利用0—40 cm土层土壤水。5行样地内距农田边缘0.3 H处玉米利用20—60 cm土层土壤水,0.4 H、0.6 H、2 H处玉米利用0—60 cm土层土壤水。8行样地0.3 H、2 H处玉米主要利用0—40 cm土层土壤水,0.4~0.6 H处玉米则更多利用20—80 cm土层土壤水。

(4)8行配置的防护林对农田作物水分利用范围影响更广,在不影响防护效果的情况下,4,5行防护林对农作物生长影响更小。此外,可结合维护农田断根沟的方式,以阻挡防护林浅层根系再次进入农田并破坏农田内水分平衡。

本文在玉米生长需水量较大的7—9月分析了防护林带对玉米的水分来源影响,时间跨度较短,在今后的研究可以增加观测时间跨度,积累逐年数据,进一步探讨防护林在整个生长季内对农田作物的水分利用影响。

参考文献:

- [1] 康绍忠,马孝义.21世纪中国西北旱区农业可持续发展的水问题及其对策[J].中国科学基金,1999,13(1):9-12.
- [2] 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.
- [3] Huo G P, Zhao X N, Gao X D, et al. Seasonal effects of intercropping on tree water use strategies in semiarid plantations: Evidence from natural and labelling stable isotopes[J].Plant and Soil,2020,453:229-243.
- [4] 燕利利.核桃—小麦/大豆复合系统种间水分关系研究[D].郑州:河南农业大学,2019.
- [5] 郭辉,赵英,蔡东旭,等.氢氧同位素示踪法探测新疆地区防护林和棉花体系水分来源与竞争[J].生态学报,2019,39(18):6642-6650.
- [6] 何春霞,陈平,孟平,等.华北低丘山区果药复合系统种间水分利用策略[J].植物生态学报,2016,40(2):151-164.
- [7] 张露,赵妮,戈建珍,等.基于稳定同位素技术的果草吸水深度研究:以洛川塬不同果—草复合系统为例[J].草业科学,2021,38(4):726-737.
- [8] 王栋,肖辉杰,辛智鸣,等.不同配置农田防护林对田间土壤水分空间变异的影响[J].水土保持学报,2020,34(5):223-230.
- [9] Phillips D L, Gregg J W. Source partitioning using stable isotopes: Coping with too many sources[J].Oecologia,2003,136(2):261-269.
- [10] 吕婷.黄土丘陵区典型天然灌丛和人工灌丛优势植物土壤水分利用策略[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [11] 王丹,毕华兴,许华森,等.苹果花生间作系统土壤水分动态及主要竞争区域[J].干旱地区农业研究,2018,36(1):89-94.
- [12] 马雪宁,张明军,李亚举,等.土壤水稳定同位素研究进展[J].土壤,2012,44(4):554-561.
- [13] 韩磊,韩永贵,黄晓宇,等.氢氧稳定同位素示踪旱区植物水分来源与利用策略[J].安徽农业大学学报,2020,47(3):435-441.
- [14] 靳宇蓉,鲁克新,李鹏,等.基于稳定同位素的土壤水分运动特征[J].土壤学报,2015,52(4):792-801.
- [15] 徐英德,汪景宽,高晓丹,等.氢氧稳定同位素技术在土壤水研究上的应用进展[J].水土保持学报,2018,32(3):1-9,15.
- [16] 赵志鹏,杨丽虎,公亮,等.永宁引黄灌区土壤水分运移的同位素特征研究[J].灌溉排水学报,2020,39(10):42-49.
- [17] 邓文平,余新晓,贾国栋,等.北京西山鹫峰地区氢氧稳定同位素特征分析[J].水科学进展,2013,24(5):642-650.
- [18] 陈国栋,万素梅,柴强,等.密植小麦间作玉米水分竞争互补的生态位分离机制[C].中国农学会耕作制度分会,2018年度学术年会,2018:14.
- [19] 郭慧文.基于氢氧稳定同位素的民勤绿洲玉米耗水规律研究[D].兰州:西北师范大学,2020.
- [20] 郑智礼,张宝国,刘志远.农田防风林的胁地现象及补救措施[J].山西林业科技,2001(1):38-40.
- [21] 周文权.农田防护林地下结构特征研究[D].北京:中国林业科学研究院,2001.