

抑制农田土壤蒸发的研究进展*

张清涛 邱国玉** 李莉 王丽明

(北京师范大学资源学院 北京 100875)

陈素英

(中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 石家庄 050021)

摘要 阐述了节水农业措施(覆盖、耕作方式、种植方式和灌溉制度)对农田土壤蒸发的抑制效果,并分析其抑制土壤蒸发的机制和减少土壤蒸发的可行途径,指出今后该方面的研究重点。

关键词 农田土壤蒸发 节水农业措施 覆盖 耕作方式 灌溉制度

Advances in the inhibition of soil evaporation in farmland. ZHANG Qing-Tao, QIU Guo-Yu, LI Li, WANG Li-Ming (College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China), CHEN Su-Ying (Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China), *CJEA*, 2006, 14(1): 87 ~ 89

Abstract The effects and mechanisms of different water saving agricultural practices (mulching, cultivating practices, planting treatments and irrigation treatments) on preventing soil evaporation and the possible measures that should be emphasized in the future are discussed.

Key words Soil evaporation in farmland, Water saving agricultural practice, Mulching, Cultivating treatment, Irrigation treatment

(Received Oct. 9, 2004; revised Nov. 23, 2004)

我国人均占有水资源量仅及世界水平的 1/4, 农作物水分利用效率仅为发达国家的 1/2 左右^[1,2], 总体而言因缺水造成的经济损失超过洪涝灾害。贾大林^[1]认为若科学发展节水农业, 至 2030 年可使我国灌溉水利用率达 0.6~0.7, 可增产粮食 1.2 亿 t。研究表明冬小麦生长期间土壤蒸发耗水量约占总蒸散量的 30% 左右^[3,4], 土壤蒸发耗水不参与作物的生理活动, 为无效耗水, 为此研究了覆盖、耕作方式、种植方式、灌溉制度等不同农业措施对土壤蒸发的影响^[25~27], 为减少土壤蒸发提供依据。

1 覆盖方式对土壤蒸发的影响

朱自玺等^[5]从能量平衡角度解释了覆盖的保墒机理, 即土壤覆盖后农田乱流交换系数和显热通量增大, 潜热通量减小, 亦即用于土壤蒸发的能量减小, 从而减少了土壤蒸发。地膜覆盖和秸秆覆盖是 2 种常用覆盖方式, 地膜可隔断土壤与大气间的水分交换, 有效抑制土壤蒸发, 并保持均衡的土壤水分分布, 提高地温, 使作物成熟期提前。但地膜覆盖亦存在一定缺点, 刘小兰等^[6]研究表明, 不合理的长期覆盖会导致作物产量下降, 且未及时清除的废旧薄膜还会污染土壤和环境。姚建民等^[7]研究发现, 天然降水中 < 10mm/ 次的降雨发生频率占 70% 左右, 该部分水极易被蒸发掉, 多为无效降水, 渗水地膜即为提高小雨量降水资源利用率而研制的。王进鑫^[8]研究表明, 高分子吸水剂与渗水地膜在抑制土壤蒸发方面具有较强的互补性。土壤含水率较高的干湿交替阶段是吸水剂抑制土壤蒸发的最佳时期, 而渗水膜的抑蒸作用主要发生在土壤含水率较低的持续干旱期。对持续干旱与干湿交替并存的干旱、半干旱地区, 高分子吸水剂与渗水膜联合应用将大大减少土壤蒸发。秸秆覆盖能减少到达土壤表面的辐射和风速, 故能减少土壤蒸发^[28,29]。据王会肖等^[3]试验, 秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率高达 50%。张喜英等^[9]发现, 用秸秆对行距大的作物进行覆盖, 其

* 国家高技术研究(863)发展计划项目(2001AA242051)部分研究内容

** 通讯作者

收稿日期: 2004-10-09 改回日期: 2004-11-23

减少土壤蒸发的效果更为明显。留茬(30~35cm)是特殊覆盖耕作措施之一,麦茬对玉米田土壤蒸发的抑制作用一直延续到玉米成熟,玉米抽穗前的作用更为明显^[3]。秸秆覆盖的不利因素之一是春季可能会阻碍土壤温度的回升。陈素英等^[10]用玉米秸秆覆盖冬小麦试验结果表明,覆盖使小麦返青期地温下降,有可能引起减产。秸秆覆盖比地膜覆盖成本低,有利于环保,能更有效利用雨水、提高土壤肥力。考虑到环保和农业可持续发展的要求,应大力推广秸秆覆盖。

2 保护性耕作与种植方式对土壤蒸发的影响

保护性耕作包括旋耕(少耕)、免耕、种植覆盖植物等技术。旋耕(少耕)是针对深耕(传统耕作)而言的一种不用铧式犁耕翻、不破坏土壤、将耕作程序减少到作物生产所必需的耕作方法^[11],其耕作层为0~10cm。随农田耕作机械的改进,旋耕具有适耕期长、宜于整地和播种等优点,近年来在小麦产区被广泛应用。傅兆麟等^[12]发明了全田均匀旋耕播种技术,不仅有利于作物种苗成活和生长,且能有效抑制土壤蒸发。免耕是指用免耕播种机在茬地上豁开一条窄沟后播种,沟宽度和深度能达到给种子适当覆盖1层土即可,而作物残茬几乎原封不动保留在地面。相对于传统耕作而言,免耕能减少土壤表面蒸发,改善土壤湿度,保证浅播种子均匀发芽并满足作物早期生长需求^[11]。20世纪30~40年代美国将大量草原开垦成耕地,破坏了原生植被,造成严重的土地荒漠化,导致阿玛里罗草原发生黑风暴。大自然的报复使人们认识到人类与环境协调发展的重要性,从而提出保护性耕作这一命题^[11]。大力开展保护性耕作技术研究,建立试验示范区并推广到中国北方旱作农业区,将是防治土地荒漠化和保持土壤水分的有效途径之一^[11]。

不同种植方式对土壤蒸发和水分利用效率影响不同。相同种植密度下东西行向收入了较多的净辐射,东西行向玉米的土壤蒸发比南北行向多^[13]。任中兴等^[14]对沟麦和畦麦的研究表明,与畦麦相比沟麦蒸发耗热量减少2%~7%,田间蒸发量减少3%~11%。刘耀武等^[15]研究表明,垄植+地膜处理可减少土壤蒸发,改善作物根系周围的土壤水分状况。合理调整种植结构也可起到抑制土壤蒸发的作用。刘洪禄等^[16]提出,北京市作物种植结构调整趋势应为水稻类蒸发大、耗水多、单位面积净效益不突出的作物,其种植面积应削减为零;牧草类土壤蒸发小的作物,应扩大种植面积。包翔等^[17]研究表明,农、林、草结合的复合生态系统能显著改善农田小气候,林木可降低风速、减小蒸发速率,从而大幅降低土壤蒸发量,有利于干旱春季农作物种子萌发和幼苗生长。罗盛国等^[18]研究表明,种植作物时施用高分子树脂能抑制土壤蒸发,在蒸发开始后30d内,施用高分子树脂的砂土比未施砂土总蒸发量减少48.5~132.5g,平均日蒸发量减少17.17%~46.9%。室内蒸发条件下树脂用量高的处理其抑制蒸发的效果较佳。高分子树脂发挥保水作用的时间至少可长达2个月左右,可充分保证种子萌发及幼苗生长的需要。

3 灌溉制度对土壤蒸发的影响

灌溉制度包括灌溉时期、次数和方式等内容^[30,31],一般而言作物水分临界期灌溉比其他时期灌溉收效更高^[19,32]。非充分灌溉^[20,33]是指在作物需水非关键期不供水或少供水,把节省下来的水用于满足更大面积上作物关键期需水要求。相对于传统的大水漫灌而言,非充分灌溉由于采取了适时适量灌水,能大大减少土壤蒸发。张喜英等^[19]冬小麦盆栽试验表明,返青期各水分亏缺处理对小麦产量基本无影响,说明返青期不是冬小麦的水分临界期,若此时灌溉反而会由于表层土壤含水量升高而增加土壤蒸发。相关研究表明^[21],典型半干旱地区播前灌溉有利于土壤水分下渗,使生长期土壤表面干燥,能有效抑制土壤蒸发。我国农民群众在生产实践中创造了“坐水种”的方法,即在种穴内浇少量水、下种、覆干土,既湿润了种床,又防止了土壤水分蒸发。试验表明^[22]采用“坐水种”方法灌水量为45~75m³/hm²远低于普通灌水量,还可明显减少土壤蒸发。调亏灌溉是根据作物遗传学和生态学特征,在某一生长阶段人为施加一定程度的水分胁迫,以改变植物内部的生理、生化过程,达到提高水肥利用效率和改善作物果实品质的目的^[23]。郭相等^[23]研究发现,玉米调亏期(苗期)间由于供水量减少,土壤含水量降低,表层土壤含水量更低,通常在毛管断裂含水量以下,下层土壤中的水分只能以水蒸汽形式通过土壤孔隙向大气扩散,速度较慢,土壤蒸发量减少。张喜英等^[4]经过4年连续试验,建立了优化的冬小麦灌溉制度,减少生育期灌水次数1~2次,从而降低表层土壤含水量,抑制土壤蒸发。控制性作物根系分区交替灌溉法指灌溉过程中使土壤垂直剖面或水平面的某个区域保持干燥,另一部分区域灌水湿润,如此交替,可减少2次灌水间隙的土壤湿润面积,从而减少土壤蒸发^[24]。

综上所述,抑制农田土壤蒸发的研究已取得一定成果,但目前关于行距对土壤蒸发影响的研究尚较少,行距对土壤蒸发有一定影响,又极易控制,易为农民所接受,应研究确定能够抑制土壤蒸发的最佳行距;关

于覆盖量和播种量如何搭配才能最大限度抑制土壤蒸发的试验亦尚未见报道。此外深入研究哪种秸秆可避免降低冬小麦地温,有利于秸秆覆盖的大面积推广,且能达到作物增产的同时减少土壤蒸发的目的。

参 考 文 献

- 1 贾大林.农业用水危机与粮食安全对策.农业技术经济,1999(2):1~5
- 2 中国工程院“21世纪中国可持续发展水资源战略研究”项目组.中国可持续发展水资源战略研究综合报告.中国工程科学,2000,2(8):1~17
- 3 王会肖,刘昌明.农田蒸散、土壤蒸发与水分有效利用.地理学报,1997,52(5):447~454
- 4 张喜英,裴冬,由懋正.太行山前平原冬小麦优化灌溉制度的研究.水利学报,2001(1):90~95
- 5 朱自玺,赵国强,邓天宏等.覆盖麦田的小气候特征.应用气象学报,2000(6):112~118
- 6 刘小兰,李世清,王俊等.半干旱黄土高原地区春小麦地膜覆盖研究概述.西北植物学报,2001,21(2):198~206
- 7 姚建民,张宝林,殷海善.渗水地膜利用旱地小雨量资源研究.水土保持通报,1998,18(3):24~29
- 8 王进鑫.新型保墒材料对黄绵土水分运移的作用机制研究.西北林学院学报,2000,15(1):20~26
- 9 张喜英.作物根系与土壤水利用.北京:气象出版社,1999.135~136
- 10 陈素英,张喜英,刘孟雨.玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律.中国农业气象,2002,23(4):34~37
- 11 刘裕春,李钢铁,郭丽珍等.国内外保护性农业耕作技术研究.内蒙古林学院学报(自然科学版),1999,21(3):83~88
- 12 傅兆麟,马宝珍,赵玉华.小麦全田均匀旋耕播种技术的经济效益分析.农业技术经济,2001(2):30~32
- 13 马秀玲,刁瑛元,吴钟玲.农业气象.北京:中国农业科技出版社,1996.73~74
- 14 任中兴,刘克长,张继祥等.不同沟麦种植方式热量平衡及气象效应.山东农业大学学报,1999(9):236~240
- 15 刘耀武,吴宁强,袁光明等.渭北春玉米抑蒸集水防旱抗旱综合技术研究.陕西气象,1999(6):5~8
- 16 刘洪禄,车建明.北京市农业节水与作物种植结构调整.中国农村水利水电,2002(11):10~12
- 17 包翔,常金宝.干旱半干旱地区农林复合生态系统农田小气候变化研究.内蒙古林学院学报(自然科学版),1999,21(2):39~43
- 18 罗盛国,乔红霞,魏自民等.高分子树脂保水效果研究.东北农业大学学报,2000,31(1):7~13
- 19 张喜英,由懋正,王新元.不同时期水分调亏及不同调亏程度对冬小麦产量的影响.华北农学报,1999,14(2):79~83
- 20 陈玉民,肖俊夫,王宪杰等.非充分灌溉研究进展及展望.灌溉排水,2001,20(2):73~75
- 21 鄢,王俊.黄土高原地区春小麦对有限灌溉的反应及其生理生态基础.西北植物学报,2001,21(4):791~795
- 22 薛永生.发展抗旱服务组织为农牧业减灾服务.中国减灾,1997,7(4):6~9
- 23 郭相平,康绍忠.调亏灌溉——节水灌溉的新思路.西北水资源与水工程,1998,9(4):35~40
- 24 康绍忠,潘英华,石培泽等.控制性作物根系分区交替灌溉的理论及试验.水利学报,2001(11):80~86
- 25 Corbeels M., Hofman G., Van Cleemput O. Analysis of water use by wheat grown on a cracking clay soil in a semi-arid Mediterranean environment: weather and nitrogen effects. Agric. Water Manage, 1998, 38:147~167
- 26 Hunsaker D. J., Kimball B. A., Wall G. W., et al. CO₂ enrichment and soil nitrogen effects on wheat evapotranspiration and water use efficiency. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 104:85~105
- 27 Pandey R. K., Maranville J. W., Admou A. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. Agric. Water Manage, 2000, 46:1~13
- 28 Huixiao Wang, Lu Zhang, W. R. D. Liu. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain—Measurements and modeling. Agric. Water Manage, 2001, 48:157~167
- 29 Narender K., Sankhyan, Pritam K., et al. Effect of phosphorus, mulch and farm yard manure on soil moisture and productivity of maize in mid hills of Himachal Pradesh. Res. on Crops, 2001, 2(2):116~119
- 30 Al-Jamal M. S., Ball S., Sammis T. W. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. Agric. Water Manage, 2001, 46:253~266
- 31 Kang S., Lu Zhang, Yinli Liang, et al. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. Agric. Water Manage, 2002, 55:203~216
- 32 Heping Zhang, Theib Oweis. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agric. Water Manage, 1988, 38:195~211
- 33 Grismer M. E. Regional cotton lint yield, ETC and water value in Arizona and California. Agric. Water Manage, 2002, 54:227~242