

保护性耕作对土壤水分利用与小麦需水特性和产量影响研究

孟自力 朱倩 倪雪峰 王祁 吕侠雷 闫向泉 朱伟

(商丘市农林科学院,河南商丘 476000)

摘要: 气候变暖导致冬小麦整个生育期内潜在蒸散量显著增加,致使水分利用率显著降低,进一步加剧了水资源供需矛盾。耕作方式可以调控土壤中水、肥、气、热,对冬小麦产量产生显著影响。通过总结保护性耕作对土壤水分及水分利用效率、小麦需水特性和产量影响的研究进展,提出了弥补免耕缺陷的研究方向和区域性选择深松的建议,展望了实现节水高产低碳的可持续发展种植模式,为冬小麦高效保水耕作提供了系统的理论依据。

关键词: 耕作方式;小麦;水分利用;特性;产量

Impact of Conservation Tillage on Soil Moisture Utilization, Wheat Water Requirements and Yield

MENG Zili, ZHU Qian, NI Xuefeng, WANG Qi, LYU Xialei, YAN Xiangquan, ZHU Wei

(Shangqiu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shangqiu 476000, Henan)

以免耕和深层松土为核心的保护性耕作方法,能够提高土壤的透气性,增强土壤的有机质含量,优化土壤的排水性能和结构,从而改善生态环境,对于推动土地资源的持续利用具有关键性的作用^[1]。免耕方法相较于常规耕作方式,能够在土壤表层累积更多的水分,同时提高作物对水分的利用效率。这样的变化可能会引起土壤微生物的活动与常规耕作条件下的活性存在某种程度的区别^[2-3],需要指出的是,免耕法与旋耕法相比,冬小麦生长期间所受的平均土壤温度较低,这种情况可能会妨碍作物的正常成长,导致冬小麦的生长期延后。低温环境会使植株的生长速度放慢,进而减少地上部分的生物总量,最终对冬小麦的产量造成不利影响^[4-5]。冬小麦实现高光合作用和水分利用效率的基础

在于叶绿素含量的增加、质膜稳定性的提升以及光能捕获能力的增强。这些生理特性的改善,对冬小麦地上部分生物量的合成与运输产生了积极影响,从而促进了高产和高效水分利用的实现,探讨保护性耕作方法如何影响冬小麦的生理特征及其水分利用效率,对于促进小麦产量增加具有至关重要的意义。

1 保护性耕作对土壤水分及水分利用效率的影响

保护性耕作是一种有效的土壤管理方法,它能够增强土壤的保水和保墒能力^[6]。采用保护性耕作方法,通过改良传统的耕作模式及实施秸秆还田措施,能够促进雨水的有效下渗,达到保持土壤水分和肥料的效果,进而优化土壤环境,确保耕地的高效利用^[7]。有研究指出,当气温较低时,采用保护性耕作方法能起到为土壤加温的效果;而在高温环境下,则能够有助于降低温度。采取保护性耕作措施能够极大地促进土壤水分与养分的积累,使得土地更具肥

基金项目: 河南省小麦产业技术体系专项资助项目(HARS-22-01-Z5); 河南省农业(小麦)良种联合攻关项目(2022010103); 商丘市科技计划项目

通信作者: 朱伟

沃度,特别是加入了秸秆覆盖的情况下,这种效果更为显著^[8]。与惯例的农业劳作方式相比,保护性耕作技术能够有效地降低土壤的密度,增加其孔隙率,从而显著提升土壤的水分含量及其储水能力^[9]。

保护性耕作技术,如免耕和深松,能够显著提升土壤的保水能力,进而优化冬小麦对水分的利用^[10]。研究结果显示,免耕和深层松土可以有效地增加小麦生长期间的土壤湿度保持率。与常规耕作方法相比,免耕方法对提高小麦在其生命周期各阶段的平均土壤含水量更为有效。特别是在干旱年份,免耕在蓄水和保持土壤湿度方面的成效显著优于深松法。这表明,不同的土壤处理方式对土壤中的水分含量产生了显著的影响^[11]。

免耕可以减少对土壤表层的扰动,可以有效减少土壤中水分的流失,提高水分利用率^[12]。在免耕的环境中,将秸秆覆盖在地面上,不仅促进了水分的渗透,还有效地遏制了水流冲刷和地表水分的蒸发。土壤表层的湿度得以保持甚至提升,同时也提高了土壤对水分的利用效率^[13]。在传统农耕方式的基础上,如果采用相同的施肥手段,免耕法能显著降低土壤水分的流失,特别是在0~20cm的土壤层中,可以观察到土壤含水量的增加,这种现象与免耕对作物生物量的影响密切相关。此外,当田地表面覆盖着秸秆时,免耕法还能够通过调整作物生态系统的构成,从而增加植物可以利用的水资源^[14]。作物的根系扩展及其布局直接受到作物水分消耗的影响,为了应对这一情况,探索提升作物水分利用效率的策略至关重要,将对土壤水资源的优化利用产生深远影响,实现土壤水的高效利用^[15]。作物耗水受到棵间蒸发这一环节的重要影响^[16]。研究结果显示,采用无耕作方式并覆盖作物秸秆,能够在作物生长后期显著减少土壤水分的蒸发,从而有效提升作物水资源的利用效率^[17]。

深松(耕)对于改善土壤结构、推动小麦根系发展以及提升作物对水分的利用效率具有积极影响,而且相比深松,深耕带来的效果更为显著。当深耕与深松结合时,能够进一步增强对土壤耕层特性的改善,这种组合方式在促进作物根系增长和提升作物对水分利用方面表现得尤为突出^[18]。不难看出,恰当的土壤耕作方法能优化土壤的生态环境,同时提高对水分的利用效率,最终有助于保持土壤湿度

并增加农作物产量。

2 保护性耕作对小麦需水特性的影响

小麦的需水特性包括小麦需水量的大小及其变化规律,决定于耕作方式、小麦的特性、土壤性质和气象条件等。耕作方式对于土壤的水分、温度以及其他物理和化学特性有着显著的影响,这些因素又会直接作用于小麦的生长周期。研究发现,耕作活动能够直接调整土壤的孔隙度和含水量等关键指标,进而对作物的生长和发育产生重要影响^[19]。此外,小麦在水分短缺的情况下,因品种的不同可能会展现出多样化的适应性对策^[20]。小麦的蒸腾作用与土壤的含水量有着直接的联系^[21]。在小麦生长的季节,免耕可以有效提高土壤表层的湿度^[22],使得小麦在蒸腾作用方面会有所变化。然而,在逆境条件下,采用免耕措施往往难以维持土壤的良好渗透调节性能,进而触发一连串负面效应:土壤的渗透调节功能减弱,细胞膜的稳定性遭到破坏,同时光合作用的效率也跟着下降。这些改变最终会引起叶片水分的势能降低,进而影响到冬小麦的光合作用进程。在免耕条件下,冬小麦叶片的离体失水速率超过了深松(耕)和常规耕作条件下的失水速率,揭示出免耕可能导致叶片水分丧失更多。与此同时,深松(耕)和常规耕作似乎能优化叶片的内在结构,有效地减少水分的流失。这种改进有助于优化冬小麦叶片的含水量,进而增强其在后期的光合作用能力,从而促进其整体生长和生理活动。研究发现,深松(耕)有助于让冬小麦在渗透调节和光合作用这两个关键环节上表现得更加出色和稳定。可见,保护性耕作中深松(耕)更符合小麦的需水规律,有利于实现增产。

3 保护性耕作对小麦产量和产量构成要素的影响

保护性耕作法在实施过程中所取得的效果因地区的降水量及气候条件而有所不同,对农作物的产量会产生一定的负面或正面作用。例如,免耕法有利于增加土壤表层的湿度,这样就会造成作物植株之间在水分含量上的不一致性,这种不一致性有可能干扰植物叶片的气体交换效率、减损其光合作用的强度,以及改变田间的微气候环境,这些因素综合作用于作物的生长过程,进而影响其最终的产量及对水分的利用效率。不同地区的小麦产量受保护

性耕作影响各不相同。我国北方小麦主产区对免耕研究不多,内蒙古地区小麦免耕研究结论显示,免耕小麦产量较常规耕作低 20%,原因可能是春播加剧了表层土壤水分散失,出苗率下降,另外,在地表无秸秆覆盖的半干旱地区,免耕效果也不明显。在黄土高原的各个区域里,有两种主要的农业耕作技术能够有效地提高小麦的产量和对水资源的利用率。具体来说,在黄土高原的北部和中部地区,不进行耕作(免耕)的方法显著增加了小麦的产量,并提高了水资源的利用效率;而在黄土高原的东南部和西北部,深度耕作(深松耕作)的技术也显示出了同样的效果,即能显著提高作物的产量和对水资源的利用效率^[23]。黄淮区域在秸秆覆盖不同处理的试验中认为,虽然保护性耕作播种质量不如传统耕作,但由于提高了水分利用效率,小麦千粒重比传统耕作有显著提高,增产 10% 以上。

小麦的产量最终取决于若干关键因素,包括穗的数量、每穗的粒数以及每粒的重量^[24]。冬小麦的产量可能会因为免耕耕作方式而明显减少,因为这种方式可以减少穗数,但不同的基因型能够部分地弥补这种损失^[25]。深松(耕)法对于冬小麦的生长后期具有显著的正面影响,通过促进植物的光合作用,进而提高干物质的积累。这种耕作方式确立了支撑作物灌浆期维持较高速度所需的物质基础,提高了粒重,最终实现了冬小麦产量的增加^[26]。尽管根据科学研究发现,免耕法与其他农业耕作方法相比可以有效地降低土壤的温度,对小麦的生长周期有着积极的促进作用,还可以延长作物的关键生长期,但免耕秸秆覆盖后播种质量不高也会带来一定的缺陷,即可能会降低冬小麦的穗数,对农作物的总产量产生一定的影响。因此,关于免耕法是否可持续提升冬小麦产量的看法尚未统一。

4 展望

本文归纳了在水资源短缺的情况下,将小麦自身的需水规律与保护性耕作方式相结合,探讨了土壤水分和小麦需水规律的变化。从前人研究结论来看,保护性耕作方式虽然在保水方面效果显著,但是其中免耕条件下小麦的产量不一定能够提高,为了弥补免耕的负效应,未来需要开展免耕模式下不同基因型冬小麦生理特性的研究,筛选叶绿素含量高、

质膜稳定和抗旱性好等生理特性较好的冬小麦品种,从而维持高效水分利用,提升小麦产量。目前,在黄淮南片区域,生产上还是以应用深松(耕)来提高土壤蓄水保肥能力,促进小麦节水高产为主。另外,由于全球气候变暖,我国黄淮南片区域不仅存在着水资源量逐渐减少的状况,而且面临着二氧化碳排放量日益增加的现实^[27]。然而,目前相关研究结论均没有考虑大气二氧化碳日益增加的事实,运用土壤中的碳排放和水分结合的作用,进而探讨减少麦田碳排放的方式。因此,找到一种合理的方式来减少二氧化碳排放十分重要,通过选择碳排放量相对较低的小麦轮作种植模式,在减少水分消耗的基础上实现碳、水定量分析,可以为实现节水高产低碳的可持续发展提供思路。

参考文献

- [1] 刘世平,庄恒扬,陆建飞,沈新平,陈后庆,黄细喜. 免耕法对土壤结构影响的研究. 土壤学报,1998,35(1): 33-37
- [2] 何建宇,于振文,石玉,赵俊晔,张永利. 长期耕作方式对小麦光合特性和产量的影响. 应用生态学报,2012,28(4): 1204-1210
- [3] 任景全,王连喜,陈书涛,胡正华,张勇,沈小帅. 免耕与翻耕条件下农田土壤呼吸的比较. 中国农业气象,2012,33(3): 388-393
- [4] 陈继康,李素娟,陈阜,张海林. 华北平原免耕土壤积温特征对冬小麦的影响. 土壤通报,2010,41(3): 547-551
- [5] 李素娟,陈继康,陈阜,李琳,张海林. 华北平原免耕冬小麦生长发育特征研究. 作物学报,2008,34(2): 290-296
- [6] 肖沅,窦同宇. 基于农户调查的农村耕地资源利用与影响研究. 绿色科技,2017(9): 139-141
- [7] 丁兆凤. 北方保护性耕作技术的作用与推广. 农业与技术,2019(6): 25-26
- [8] 李利平,郭宏伟,马少荣. 不同保护性耕作方式对土壤理化性质的影响. 现代农业,2016(3): 26-28
- [9] 王改玲,郝明德,许继光,洪坚平. 保护性耕作对黄土高原南部地区小麦产量及土壤理化性质的影响. 植物营养与肥料学报,2011,17(3): 539-544
- [10] Ali A B, Elshaikh N A, Li H. Conservation tillage as an approach to enhance crops water use efficiency. Acta Agricultura Scandinavica, 2017,67(3): 252-262
- [11] 丁晋利,魏红义,杨永辉,张洁梅,武继承. 保护性耕作对农田土壤水分和冬小麦产量的影响. 应用生态学报,2018,29(8): 2501-2508
- [12] Jabro J D, Iversen W M, Stevens W B L. Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices. Soil and Tillage Research, 2016,159: 132-143
- [13] 彭文英. 免耕措施对土壤水分及利用效率的影响. 土壤通报, (下转第 41 页)

种子、配套机械、农资等补助扶持政策,确保谷子种植保险全覆盖,以降低谷子生产风险,设立陕西省省级小米品牌,进一步加强“延安小米”和“米脂小米”品牌建设,稳定谷子市场波动,增强企业和种植大户的积极性。

参考文献

- [1] 袁宏安,王飞,妙佳源,韩芳. “延安小米”品牌建设思路与对策. 农业科技管理,2015,34(3): 83-86
- [2] 黄正林. 抗战时期陕甘宁边区粮食问题研究. 抗日战争研究,2015(1): 40-70,159
- [3] 韩芳,韩向东,苏乐平,周雪,李星星,郭玮,牛宏伟,袁宏安. 叶面喷施纳米硒对不同基因型谷子农艺性状、硒含量及其产量和品质的影响. 江苏农业科学,2024,52(12): 89-95
- [4] 郑长庚. 陕西省志·农牧志. 西安:陕西人民出版社,1993
- [5] 榆林市统计局,国家统计局榆林调查队. 2022年榆林市国民经济和社会发展统计公报. 榆林日报,2023-04-06(004)
- [6] 延安市统计局,国家统计局延安调查队. 2023年延安市国民经济和社会发展统计公报. 延安日报,2024-04-09(004)
- [7] 刁现民. 育种创新造就谷子种业新发展. 中国种业,2022(4): 4-7
- [8] 山西省农业科学院. 中国谷子品种资源目录·上册. 太原:山西省农业科学院,1979
- [9] 陆平,刘敏轩. 中国谷子品种志(1986-2010). 北京:中国农业出版社,2016
- [10] 马广兴. 延安时期光华农场研究. 西安:西北大学,2011
- [11] 万立明. 聚合与效能:抗战时期陕甘宁边区的农学专家群体考论. 中国农史,2023,42(3): 3-14
- [12] 吴恬. 延安时期中国共产党农业科技发展实践研究. 经济研究导刊,2022(12): 22-24,103
- [13] 彭克敬,陈加贞,延安地区农科所谷子组. 谷子新品种秦谷1号、2号与延谷6号简介. 陕西农业科学,1985(3): 46-47
- [14] 杜翠萍,俞国华,韩淑云. 浅谈延安地区谷子杂交育种. 陕西农业科学,1996(4): 35,38
- [15] 韩淑云,刘明贵. 陕北的谷子品种资源. 陕西农业科学,1984(5): 23-25
- [16] 谢克忠,段春兰,党存安. 谷子新品种秦谷3号简介. 陕西农业科学,1986(3): 46,49
- [17] 井苗,王孟,李振姣,强羽竹,王彩兰,付治忠,张芳,李海录. 抗除草剂谷子品种榆谷11的选育与轻简化栽培. 陕西农业科学,2023,69(2): 11-12,59
- [18] 鲁清林,马忠明,杨文雄,张开乾,张礼军,曹世勤,张文涛,周刚. 甘肃小麦育种现状及对策. 甘肃农业科技,2022,53(5): 1-5
- [19] 孙其信. 作物育种学. 北京:中国农业大学出版社,2019
- [20] 李萌梅. 谷子育种学. 北京:中国农业出版社,1997

(收稿日期: 2024-07-01)

(上接第37页)

- 2007,38(2): 379-383
- [14] Ranaivoson L, Naudin K, Ripoche A. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development, 2017, 37: 112-125
- [15] 郭晓霞,刘景辉,田露,张星杰,李立军,张向前. 免耕轮作对内蒙古地区农田贮水特性和作物产量的影响. 作物学报,2012,38(8): 1504-1512
- [16] 赵娜娜,刘钊,蔡甲冰,于福亮,李传哲. 夏玉米棵间蒸发的田间试验与模拟. 农田工程学报,2012,28(21): 66-73
- [17] 彭正凯,李玲玲,谢军红,邓超超, Eunice E, 王进斌, 颜健辉, 沈吉成, 康彩睿. 不同耕作措施对旱地作物生育期农田耗水结构和水分利用效率的影响. 水土保持学报,2018,32(5): 214-221
- [18] 赵亚丽,刘卫玲,程思贤,周亚男,周金龙,王秀玲,张谋彪,王群,李潮海. 深松(耕)方式对砂姜黑土耕层特性、作物产量和水分利用效率的影响. 中国农业科学,2018,51(13): 2489-2503
- [19] Malicki L, Nowicki J, Szwejkowski Z. Soil and crop responses to soil tillage systems: a polish perspective. Soil and Tillage Research, 1997, 43: 212-219
- [20] 罗丹丹,王传宽,金鹰. 植物水分调节对策:等水与非等水行为. 植物生态学报,2017,41(9): 1020-1032
- [21] 董宝娣,刘会灵,王亚凯,乔匀周,张明明,杨红,靳乐乐,刘孟雨. 作物高效用水生理生态调控机制研究. 中国生态农业学报,2018,26(10): 1465-1475
- [22] 张文丽,贾淑霞,张延,郭亚飞,张士权,阚海波. 长期保护性耕作对农田土壤水分和呼吸的影响. 土壤与作物,2019,8(1): 23-31
- [23] 魏欢欢,王仕稳,杨文稼,孙海妮,殷俐娜,邓西平. 免耕及深松耕对黄土高原地区春玉米和冬小麦产量及水分利用效率影响的整合分析. 中国农业科学,2017,50(3): 461-477
- [24] 于振文,田奇卓,潘庆民,岳寿松,姜东,王东. 黄淮麦区冬小麦超高产栽培的理论与实践. 作物学报,2002,28(5): 577-585
- [25] Ren Y J, Gao C, Han H F. Response of water use efficiency and carbon emission to no-tillage and winter wheat genotypes in the north China plain. Science of the Total Environment, 2018, 635: 1102-1109
- [26] 赵竹,乔玉强,杜世州,李玮,陈欢,曹承富. 不同土壤耕作方式对小麦旗叶光合特性干物质积累及品质的影响. 中国农学通报,2018,34(30): 7-11
- [27] 王建林,温学发,赵风华,房全孝,杨新民. CO₂对8种作物叶片光合作用、蒸腾作用和水分利用效率的影响. 植物生态学报,2012,36(5): 438-446

(收稿日期: 2024-07-09)