

播期和深松对冬小麦越冬期土壤水分及 籽粒蛋白质量的影响

代新俊, 夏清, 杨珍平, 高志强*, 孙敏

(山西农业大学 农学院, 山西 太谷 030801)

摘要:【目的】明确休闲期深松耕作的蓄水效果及深松下旱地小麦的最佳播种时期,合理安排旱地小麦播种时间。【方法】采用裂区试验的方法,以休闲期是否深松为主处理,9月20日(早播)、10月1日(适期)、10月10日(晚播)3个播种时间为副处理,于2012—2014年在山西省闻喜县邱家岭村旱地小麦试验基地开展连续2 a田间试验,研究了不同年际下休闲期深松和播种时间对旱地小麦越冬期土壤水分和籽粒蛋白质量的影响。【结果】休闲期深松后,2012—2013年和2013—2014年的土壤蓄水量和土壤蓄水效率均显著高于对照(CK)。休闲期深松(SS)模式较CK提高了越冬期0~300 cm的各土层土壤蓄水量,2012—2013年提高了26.90 mm,2013—2014年提高了45.54 mm,休闲期土壤蓄水效率分别提高了39.92%和19.04%,枯水年蓄水效果优于平水年。SS模式下,适期播种越冬期土壤水分和成熟期籽粒蛋白质量及其组分量都高于早播和晚播,早播又高于晚播。随着播期推迟,组分蛋白量和谷醇比显著提高,当播期继续推迟时,组分蛋白量和谷醇比又显著降低。方差分析表明,播期和深松对越冬期土壤蓄水量及成熟期籽粒产量有显著的调控作用,播期和深松对籽粒蛋白质量一定的互作效应。相关分析表明,收获期籽粒蛋白质量及籽粒产量与越冬期深层土壤水分有密切关联。【结论】旱地小麦休闲期深松有利于蓄积降水,改善底墒,增加越冬期各土层蓄水量,10月1日(适期)播种能明显提高小麦越冬期土壤水分和成熟期籽粒蛋白质量及其组分量,提高籽粒产量,是最佳的播种时期。

关键词:旱地小麦;深松;播期;土壤水分;籽粒蛋白质量

中图分类号:S512.1

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.20170045

代新俊,夏清,杨珍平,等.播期和深松对冬小麦越冬期土壤水分及籽粒蛋白质量的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(8):51-57.

0 引言

山西省是典型的黄土高原半干旱地区,多年平均降水量在400~600 mm内变动,年内降水分布很不均匀,集中分布在7—9月的休闲期内。旱地麦田休闲期深耕能加厚耕层,提高降水渗透速率,通过栽培措施蓄积休闲期降水,是满足小麦生育期水分需求的重要途径之一^[1]。郑侃等^[2]研究表明,在华北地区深松能提高小麦产量,连续2 a深松增产效果较佳。刘战东等^[3]研究表明,深松能显著提高土壤20~60 cm根层和60~120 cm深层水分,深松后玉米增产明显。郭海英等^[4]研究表明,越冬期为非生长季节,期间土壤水分的无为消耗降低了土壤水分利用效率,影响小麦产量。越冬期土壤水分蒸发等无效损耗不仅造成水资源浪费,而且会影响小麦根系和地上部分生长。越冬期充足的土壤蓄水量可以缓解春旱对冬小麦生长造成的不利影响,对旱地冬小麦稳产增产有重要作用。蛋白质量是评价小麦营养品质和加工品质的重要指标,近年来关于播期对冬小麦蛋白质量的影响成为研究的热点。张定一等^[5]研究表明,播期对小麦籽粒产量的效应比较显著。闫

收稿日期:2017-12-17

基金项目:国家自然科学基金项目(31771727);公益性行业科研专项经费(201303104);现代农业产业技术体系建设专项经费(CARS-03-01-24);山西省回国留学人员重点科研资助项目(2015-重点4);山西省科技创新团队项目(201605D131041);国家科技支撑计划课题(2015BAD23B04-2)

作者简介:代新俊(1993-),男。硕士研究生,主要从事旱作栽培及生理方面的研究。E-mail: 18735423170@163.com

通信作者:高志强(1964-),男。教授,博士生导师,主要从事旱作栽培及生理方面的研究。E-mail: gaozhiqiang1964@126.com

翠萍等^[6]研究表明,播期不同会引起各组分蛋白的比例改变,可以改善小麦品质。李新强等^[7]研究表明,早播有利于提高小麦产量,晚播有利于提高蛋白质量等品质性状。兰涛等^[8]研究结果显示,推迟播期,籽粒蛋白质量虽然增加,但籽粒产量有所下降。杨佳霞等^[9]研究表明,播期对蛋白质量、清蛋白量和醇溶蛋白量有显著影响,籽粒产量和蛋白质量均以适期播种时最高。综上所述,关于耕作方式对旱地冬小麦的蓄水保墒技术和播期对冬小麦蛋白质量的研究较多,但把耕作方式和播期结合起来,研究旱地小麦籽粒蛋白质量和越冬期水分的较少。兹以深松和播期相结合,研究分析冬小麦越冬期水分和蛋白质量的效果,确定适宜的播期和耕作方式,为旱地冬小麦的高产优质栽培提供一定理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验地基本概况

试验于2012—2014年在山西省闻喜县邱家岭村旱地小麦试验基地(111°28'E, 35°35'N)进行。该地区属于暖温带大陆性季风气候,年均气温12.9℃,年均日照时间2 242.0 h,年均降雨量489.9 mm,降雨量的60%集中于7—9月。试验田无灌溉条件,为丘陵旱地,一年一作,夏季为休闲期。2012—2013年度,6月10日测定20 cm土层土壤肥力,其中碱解氮质量分数38.62 mg/kg,速效磷质量分数14.61 mg/kg,有机质量11.88 g/kg;2013—2014年度,6月10日测定20 cm土层土壤肥力,其中碱解氮质量分数39.32 mg/kg,速效磷质量分数16.62 mg/kg,有机质量10.18 g/kg。

采用国内常用的降水年型划分标准^[10]进行水文年型划分。图1为闻喜试验点的降水情况,数据来源于山西省闻喜县气象站。2002—2014年的年均降雨量为484.0 mm,可以作为该区域中长期降雨参数。2012—2013年度总降水量为355.7 mm,低于年均降水量27.4%,因此属于枯水年,其中休闲期和开花—成熟期降水较多。2013—2014年度总降水量为474.2 mm,接近多年平均降水量,属于平水年,其中休闲期和拔节—开花期降水量较高。

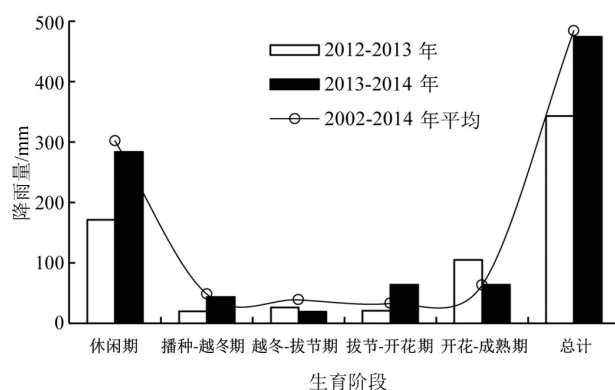


图1 闻喜试验点降水情况

1.2 试验设计

供试小麦品种为“运旱20410”,由运城市闻喜县农委提供。前茬小麦收获时残茬高度20~30 cm。试验采用二因素裂区设计,以7月上旬是否耕作为主区,设休闲期深松(SS,耕作深度30~40 cm)和对照(CK,休闲期免耕)2个处理。以播种时间为副区,设9月20日(B1)、10月1日(B2)和10月10日(B3)3个水平。共2×3=6个处理组合,重复3次,小区面积150 m²(3 m×50 m)。

2012—2013年度,7月15日进行深松处理,8月28日耙耱收墒,并于9月20日、10月1日、10日3个时期播种;2013—2014年度,7月10日进行深松处理,8月25日耙耱收墒,并于9月20日、10月1日、10日3个时期播种。播种前施纯氮、P₂O₅和K₂O,施量均为150 kg/hm²。播种采用机械条播,行距为20 cm,基本苗225×10⁴株/hm²,常规管理。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤水分的测定

2012—2013年度于休闲期初期(2012年7月13日)、休闲期末期(2012年9月18日)和越冬期(2012年12月28日)取土,采用5点取样法取土,在每个小区中心和对角线(不包括边界)上选取5个点,5个点测得的土壤含水率的平均值即为这个小区的土壤含水率。2013—2014年度于休闲期初期(2013年7月8日)、休闲期末期(2013年9月16日)和越冬期(2013年12月30日)取土,用土钻取0~300 cm(每20 cm为1层)土样,采用环刀法测定土壤体积质量^[11],采用烘干法测定土壤质量含水率,采用文献[12]的方法计算土壤蓄水量。

1.3.2 籽粒蛋白质及其组分量的测定

将收获后的小麦籽粒置于烘箱中,80℃下烘干至恒质量,然后在微型万能粉碎机粉碎,采用连续提取法测定籽粒清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白量,采用半微量凯氏定氮法测定含氮量,含氮量乘以5.7即为籽粒蛋白质量^[13]。

1.3.3 产量测定

收获前调查单位面积穗数,每小区测定20株生物产量,收割16 m²计算经济产量。收获后考种测定穗粒数及千粒质量。

1.4 数据处理与分析

采用EXCEL 2010 软件处理数据和作图,用STATA 12.0 软件进行统计分析,采用LSD 法检验处理间差异显著性,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 深松对休闲期土壤蓄水效率的影响

图2为休闲期深松的土壤蓄水效率,图中不同字母表示处理间差异显著。从图2可知,休闲期进行土壤深松后,2012—2013年和2013—2014年的土壤蓄水量和土壤蓄水效率均显著高于CK。2012—2013年的休闲期蓄水量和蓄水效率分别较CK增加了67.02%和39.92%,2013—2014年较CK增加了57.61%和19.04%,枯水年深松的蓄水效果优于平水年。

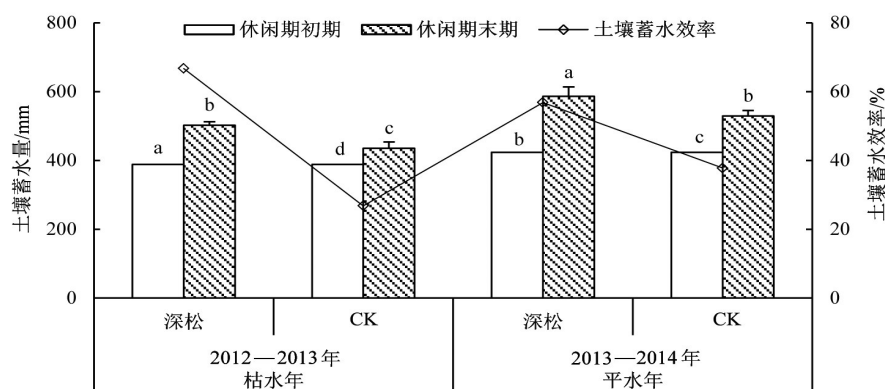


图2 休闲期深松的土壤蓄水效率

2.2 播期和深松对越冬期土壤水分的影响

图3为不同处理组合冬小麦越冬期土壤蓄水量。从图3可以看出,SS处理较CK提高了小麦越冬期0~300 cm土层蓄水量,2012—2013年和2013—2014年SS处理较CK分别提高了26.90 mm和45.54 mm。可见,休闲期深松有利于提高旱地小麦越冬期蓄水量,同时越冬期蓄水量因降水年型的影响而存在差异。2012—2013年越冬期20~200 cm土层蓄水量表现为“高-低-高”的变化趋势,80~120 cm土层蓄水量较低;2013—2014年越冬期20~180 cm土层土壤蓄水量表现为“高-低-高”的变化趋势,100~120 cm土层较低。这表明,随着降水量的增加,0~300 cm土层土壤蓄水量少的土层下移且范围缩小。

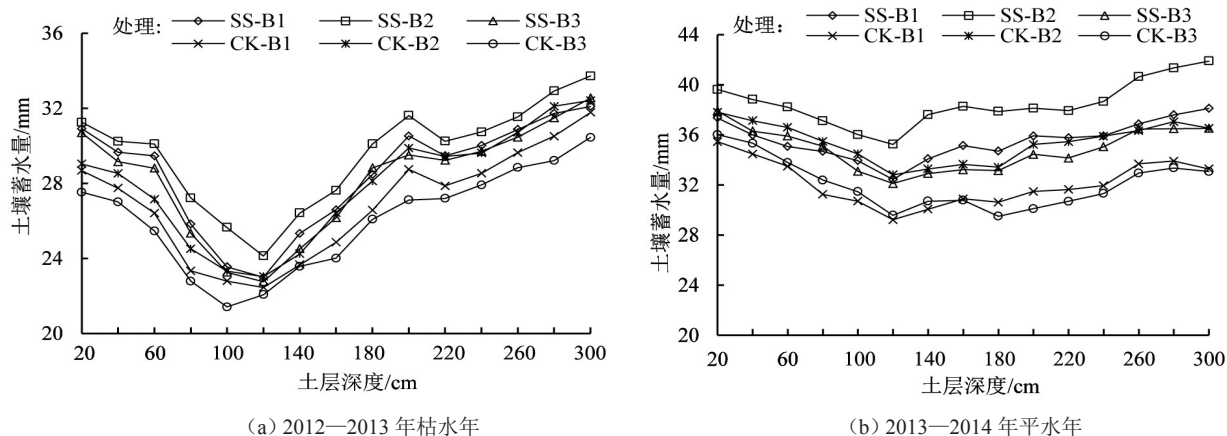


图3 播期和深松对小麦越冬期水分的影响

播期对旱地小麦越冬期土壤蓄水量也有显著影响。在不同降水年际里,越冬期土壤蓄水量均以深松模式配套适期播种最高。在同一降水年际里,无论是SS处理还是CK,适期播种处理均大于早播和晚播,早播

大于晚播。可见,适宜的播期对于旱地小麦越冬期土壤水分蓄积有很大影响,适期播种处理可以在越冬期最大限度的蓄积土壤水分,为植物越冬期以及之后的生长发育提供充足的水分。

2.3 播期和深松对冬小麦收获期籽粒产量、蛋白质及其组分量的影响

表1为播期和深松对旱地小麦收获期蛋白质量及其组分的影响。从表1可以看出,SS处理下的小麦产量显著高于CK,2012—2013年SS处理下早播、适期、晚播小麦产量比CK分别提高了566.95、464.98和647.94 kg/hm²,2013—2014年分别提高了754.27、796.20和776.95 kg/hm²。休闲期进行深松耕作后,清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白量显著提高,提高了谷醇比。2012—2013年的收获期籽粒蛋白质量高于2013—2014年,说明在不同降水年际里,深松不仅能增加籽粒产量,达到增产稳产,而且能够改变各组分蛋白比例,提升小麦的品质,在干旱年际里深松更有利于籽粒蛋白质的积累。

表1 播期和深松处理旱地小麦收获期蛋白质量及其组分

年型	耕作方式	播期	清蛋白量/%	球蛋白量/%	醇溶蛋白量/%	谷蛋白量/%	谷醇比	蛋白质量/%	籽粒产量/(kg·hm ²)	蛋白质产量/(kg·hm ²)
2012—2013 枯水年	SS	B1	2.52b	1.42c	4.27b	4.33b	1.01c	13.45c	3 353.44b	247.80b
		B2	2.67a	1.59a	4.39a	4.65a	1.06a	14.39a	3 796.70a	260.39a
		B3	2.45b	1.50b	4.25b	4.39b	1.03b	13.39c	3 283.21b	246.75b
	CK	B1	2.33c	1.34d	3.87d	3.65d	0.94e	13.20d	2 816.26c	209.65d
		B2	2.49b	1.40c	3.96c	3.98c	1.00c	13.73b	2 781.72b	231.71c
		B3	2.25d	13.1d	3.75e	3.71d	0.99d	13.21d	2 455.50c	200.95e
2013—2014 平水年	SS	B1	2.49b	1.32b	4.30b	4.34b	1.01b	13.41c	4 940.65b	397.79b
		B2	2.72a	1.44a	4.53a	4.66a	1.03a	14.38a	5 453.05a	413.98a
		B3	2.43b	1.22cd	4.19c	4.20c	1.00b	13.38c	5 184.30c	380.47c
	CK	B1	2.31c	1.24c	4.23c	4.12d	0.97c	13.19d	4 180.03d	347.37d
		B2	2.49b	1.33b	4.33b	4.35b	1.01b	13.60b	4 656.85bc	379.18c
		B3	2.31c	1.18d	4.18c	4.10d	0.98c	13.12d	4 263.70e	328.90e

注 不同年型同列不同字母表示差异显著($p<0.05$)。

表1同时表明,对于所有处理组合,随着播期的推迟,清蛋白、球蛋白(2013—2014年B3除外)、醇溶蛋白(2013—2014年B3除外)和谷蛋白量显著提高,同时谷醇比显著增加;当播期继续推迟时,各组分蛋白量显著降低,同时谷醇比也显著降低。可见,播期对旱地小麦蛋白质有一定的影响,适期播种(10月1日)既能提高小麦蛋白质及其各组分量,也能显著增加小麦籽粒产量。

2.4 播期和深松对土壤蓄水量和产量品质的影响

2.4.1 不同年际播期和深松对冬小麦影响的方差分析

表2为不同年际播期和深松对冬小麦影响的方差分析 F 值。由表2可知,2012—2013年和2013—2014年不同播期之间的籽粒产量均达到显著水平,2012—2013年不同播期的越冬期蓄水量和蛋白质量达到极显著水平。可见,在降水量较少的年份里,播种时期的选择尤为重要。同时,深松对不同年际的越冬期蓄水量和籽粒产量均达到显著水平,播期和深松有一定的互作效应,其中对蛋白质量的互作效应较为显著,说明合适的播种日期与深松耕作相结合在提高产量的同时能够改善小麦品质。

表2 不同年际播期和深松对冬小麦影响的方差分析(F 值)

年型	变量	越冬期蓄水量	籽粒产量	蛋白质量
2012—2013 枯水年	播期	0.94**	4.92*	7.11**
	深松	11.31*	5.08*	12.35
	播期×深松	25.52**	11.71*	20.86*
2013—2014 平水年	播期	5.85*	9.18*	1.85
	深松	1.21*	9.49*	24.22
	播期×深松	2.17**	24.22**	10.41*

注 *和**表示5%显著水平和1%极显著水平,下同。

2.4.2 越冬期土层蓄水量与产量品质的相关性分析

表3为越冬期不同土层土壤蓄水量与籽粒产量品质的相关性。由表3可知,旱地小麦在不同播期和深松条件下,小麦籽粒产量品质与越冬期土层蓄水量有一定的相关性。随着土层深度下降,蓄水量与各个指标的相关系数呈下降趋势,200~300 cm土层蓄水量与产量品质相关性较小,球蛋白和谷醇比与土层

蓄水量负相关。0~40 cm 土层蓄水量与清蛋白、谷醇比显著相关($p<0.05$),与醇溶蛋白、谷蛋白极显著相关($p<0.01$)。蛋白质量与0~160 cm 的土壤蓄水量显著相关,籽粒产量与0~40、40~80、80~120 cm 土层蓄水量极显著相关,与120~160、160~200 cm 土层蓄水量显著相关,可见,收获期产量和蛋白质量与越冬期土壤深层水有分密切关系,蓄积越冬期深层土壤水分有利于小麦产量品质的提高。

表3 越冬期不同土层土壤蓄水量与籽粒产量品质的相关性

土层深度/cm	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	谷醇比	蛋白质量	籽粒产量
0~40	0.858 0*	-0.885 6*	0.912 2**	0.905 1**	-0.899 8*	0.935 1*	0.989 4**
40~80	0.882 6*	-0.7815	0.908 1**	0.889 0*	-0.878 0*	0.912 4*	0.977 0**
80~120	0.763 2	-0.771 8	0.899 7*	0.895 1*	-0.879 3*	0.880 4*	0.951 0**
120~160	0.581 1	-0.553 3	0.871 0*	0.862 2	-0.860 6	0.869 1*	0.923 7*
160~200	0.553 4	-0.521 7	0.652 2	0.620 4	-0.632 0	0.697 7	0.906 8*
200~300	0.501 0	-0.471 9	0.609 4	0.582 7	-0.495 8	0.644 1	0.889 3

3 讨 论

3.1 播期和深松对冬小麦越冬期水分的影响

干旱少雨是旱地小麦生产实践中面临的严峻问题之一,采取适宜的栽培措施,弥补由于干旱造成的小麦产量和品质降低是急需解决的问题。付国占等^[14]研究表明,传统翻耕措施会加大土壤水分蒸发,不利于形成合适的播种墒情,深松与残茬覆盖相结合,可以改善土壤通透性,增加土壤保水和蓄水能力。李友军等^[15]在河南西部旱地的研究表明,相比较于传统耕作,深松提高了水分利用效率。本研究发现,休闲期深松后,土壤蓄水量和土壤蓄水效率均显著高于对照,这与已有的“半干旱区夏闲期不同耕作方式对土壤水分及小麦水分利用效率的影响”^[16]的研究结果一致。本研究还发现,深松较对照提高了小麦越冬期0~300 cm 土层蓄水量,蓄积的降水可以供小麦各生育阶段的水分消耗,在旱作麦区深松措施的增产效果尤为明显。

播期是导致小麦墒情的主要原因,从而对土壤和作物产量产生影响。丁锐钦等^[17]研究表明,适期播种能提高旱地小麦水分利用效率,确保高产稳产。杨宁等^[18]研究表明,推迟播期会增加小麦各生育期的日耗水量。本试验发现,无论是2012—2013年(枯水年)还是2013—2014年(平水年),10月1日(适期)播种时,小麦越冬期土壤蓄水量和各土层水分均高于9月20日(早播)和10月10日(晚播),这是因为早播小麦由于温光条件较为充足,冬前分蘖增加,无效分蘖增多,小麦群体通风性较差,增加了营养消耗,较多的吸收土壤水分,使得越冬期土壤蓄水量减少。这与已有研究成果“种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响”^[19]一致。同时晚播因为日照时间减少,冬前积温较低,土壤墒情不如适期播种,造成旱地小麦播种时水分的无效耗散,降低了越冬期土壤蓄水量。可见,10月1日(适期)播种能有效降低播种期到越冬期的水分无效耗散,使得越冬期水分能够维持在一定的水平,为拔节期提供水分贮备,促进小麦的营养生长,降低由于干旱造成的减产风险的发生。

3.2 播期和深松对冬小麦籽粒产量和蛋白质积累的影响

产量和蛋白质量是评价小麦栽培技术的重要指标。本研究发现,休闲期深松后,与对照模式相比,籽粒产量和蛋白质量显著提高。可见,深松有利于提高小麦产量和籽粒蛋白质量。休闲期深松增产是因为深松耕作改变了耕层土壤的团粒结构,形成更多的水稳定性团聚体,打破了传统耕作形成的犁底层,有利于土壤水分的下渗和水分的蓄积,扩大了土壤水库。同时深松增大了土壤孔隙,有利于微生物的活动,耕层土壤酶活性增加,土壤的保肥能力提高,有利于小麦植株地上部分干物质质量的积累,进而提高了籽粒产量,影响了组分蛋白量。

刘艳阳等^[20]研究指出,播期对籽粒产量有显著的调节作用。SUN等^[21]研究表明,合适的播种时间可以积累更多的干物质,进而提高产量。李筠等^[22]研究表明,籽粒蛋白质的量随着播期的推迟而增加。本试验表明,随着播期的推迟,清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白量显著提高,谷醇比显著增加。当播期继续推迟时,各组分蛋白量显著降低,同时谷醇比显著降低。这可能是因为早播小麦冬前分蘖较多,营养消耗过大,导致小麦需水需肥关键时期养分供应不足,晚播导致小麦生育期后延,灌浆期的后延会影响蛋白质的积累。可见,合适的播种时间对于旱地小麦的产量和蛋白质积累有重要影响,本试验发现,10月1日是降水稀

少地区旱地小麦的最佳播种时间。

3.3 冬小麦越冬期水分和小麦产量品质的相关性

水分是旱地小麦籽粒蛋白质积累的重要影响因素。组分蛋白量和谷醇比是小麦营养品质和加工品质的重要指标。赵辉等^[23]研究指出,干旱条件下籽粒蛋白质的量增加,谷醇比升高,而渍水条件下籽粒蛋白质和谷醇比都降低。许振柱等^[24]研究表明,适度干旱能促进灌浆初期清蛋白和球蛋白的积累,但至灌浆末期转为抑制作用,严重干旱时则不利于贮藏蛋白的积累。本试验研究发现,旱地小麦籽粒蛋白质及其组分量与越冬期土层水分密切相关。越冬期水分与球蛋白、谷醇比负相关,与籽粒产量和蛋白质产量极显著正相关。表明越冬期土壤水分影响了籽粒蛋白质的积累,谷醇比与80~120 cm土壤水分关系密切,这是因为深松耕作后,深层土壤蓄积的水分储备到了土壤水库中,当小麦返青后遇到干旱时,越冬期深层水分可以为拔节期和灌浆期所利用,进而影响了籽粒蛋白质的积累与产量。由此可见,旱地小麦增产稳产提质的关键因素之一是最大限度的蓄积降水供小麦后期生长利用,休闲期深松结合10月1日播种能够蓄积较多的水分,这种蓄积作用直到越冬期仍较为显著,提高了小麦产量。

4 结 论

休闲期进行深松能显著增加土壤蓄水量,提高土壤蓄水效率。增加越冬期土壤0~300 cm各土层水分,改变各组分蛋白的比例,增加蛋白质量和籽粒产量。适期播种相较于早播和晚播,增加小麦越冬期蓄水量,有利于小麦为后期的生长发育提供充足的水分条件,一定程度上缓解了小麦全生育期干旱。同时,适期播种能够显著提高蛋白质量和籽粒产量,提高组分蛋白量和小麦的营养品质。休闲期开展深松耕作后,在10月1日播种是旱地小麦增产优质的一项栽培措施。

参考文献:

- [1] LI S X, WANG Z H, LI S Q, et al. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China[J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 116(2):39-49.
- [2] 郑侃, 何进, 李洪文, 等. 中国北方地区深松对小麦玉米产量影响的Meta分析[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(22):7-15.
- [3] 刘战东, 刘祖贵, 宁东峰, 等. 深松耕作对玉米水分利用和产量的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2015, 34(5):6-12.
- [4] 郭海英, 马鹏里, 杨兴国, 等. 陇东黄土高原塬区冬小麦越冬期土壤水分损耗规律浅析[J]. *土壤通报*, 2005, 36(2):165-168.
- [5] 张定一, 张永清, 闫翠萍, 等. 基因型、播期和密度对不同成穗型小麦籽粒产量和灌浆特性的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2009, 15(1):28-34.
- [6] 闫翠萍, 张永清, 张定一, 等. 播期和种植密度对强、中筋冬小麦蛋白质组分及品质性状的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(8):1 733-1 740.
- [7] 李新强, 高阳, 黄玲, 等. 播期和播量对冬小麦产量和品质的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2014, 33(2):17-20.
- [8] 兰涛, 潘洁, 姜东, 等. 生态环境和播期对小麦籽粒产量及品质性状间相关性的影响[J]. *麦类作物学报*, 2005, 25(4):72-78.
- [9] 杨桂霞, 赵广才, 许轲, 等. 播期和密度对冬小麦籽粒产量和营养品质及生理指标的影响[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(4):687-692.
- [10] 张北赢, 徐学选, 刘文兆, 等. 黄土丘陵沟壑区不同降水年型下土壤水分动态[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(6):1 234-1 240.
- [11] 郭国双. 谈谈土壤容重的测定[J]. *灌溉排水*, 1983, 2(2):38-40.
- [12] 侯贤清, 王维, 韩清芳, 等. 夏闲期轮耕对小麦田土壤水分及产量的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(10):2 524-2 532.
- [13] 苏珮, 蒋纪云, 王春虎. 小麦蛋白质组分的连续提取分离法及提取时间的选择[J]. *河南科技学院学报(自然科学版)*, 1993(2):1-4.
- [14] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(1):52-56.
- [15] 李友军, 吴金芝, 黄明, 等. 不同耕作方式对小麦旗叶光合特性和水分利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(12):44-48.
- [16] 侯贤清, 韩清芳, 贾志宽, 等. 半干旱区夏闲期不同耕作方式对土壤水分及小麦水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(5):52-58.
- [17] 丁锐钦, 丁亨, 裴雪霞, 等. 不同年份下播期对旱地小麦产量及水分利用率的影响[J]. *山西农业科学*, 2013, 41(4):342-344, 350.
- [18] 杨宁, 潘学标, 张立祯, 等. 适宜播期提高农牧交错带春小麦产量和水氮利用效率[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(8):81-90.
- [19] 屈会娟, 李金才, 沈学善, 等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J]. *作物学报*, 2009, 35(1):124-131.
- [20] 刘艳阳. 不同播期对小麦产量和品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(35):17 425-17 428.
- [21] SUN H, SHAO L, CHEN Y, et al. Effects of sowing time and rate on crop growth and radiation use efficiency of winter wheat in the North China Plain [J]. *International Journal of Plant Production*, 2012, 7(1):117-137.
- [22] 李筠, 王龙, 任立凯, 等. 播期、密度和氮肥运筹对冬小麦连麦2号产量与品质的调控[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(2):303-308.
- [23] 赵辉, 荆奇, 戴廷波, 等. 花后高温和水分逆境对小麦籽粒蛋白质形成及其关键酶活性的影响[J]. *作物学报*, 2007, 33(12):2 021-2 027.
- [24] 许振柱, 于振文, 王东, 等. 灌溉条件对小麦籽粒蛋白质组分积累及其品质的影响[J]. *作物学报*, 2003, 29(5):682-687.

Combined Effect of Sowing Time and Deep Plough on Soil Moisture and Protein Content of Winter Wheat Grain

DAI Xinjun, XIA Qing, YANG Zhenping, GAO Zhiqiang*, SUN Min
(College of Agriculture, Shanxi Agriculture University, Taigu 030801, China)

Abstract: **【Objective】** The purpose of this paper is to study the change in soil moisture after deep plough during summer fallow and its consequent impact on growth of winter wheat sown at different dates. **【Method】** Experiments with split-plot design were conducted following a deep plough during summer fallow in the Experimental Station at the Village of Qiu Jialing in Wenxi Country, Shanxi Province. We examined three sowing dates: September 20 (earlier sowing), October 1 (suitable sowing) and October 10 (later sowing); the experiment lasted two years from July 2012 to June 2014. **【Result】** Compared to the CK, the deep plough increased both water storage and its efficiency, increasing the 0~300 cm soil water by 26.90 mm in 2012—2013 and 45.54 mm in 2013—2014, which is equivalent to an increased storage efficiency by 39.92% and 19.04% respectively. Deep plough also increased soil moisture in winter and the protein content of grain of the wheat sown on October 1 compared with other two sowing dates. Slightly postponing the sowing date can significantly increase protein compositions and glu/gli, but postponing too much would have an adverse consequence. Variance analysis showed that sowing date and deep plough combined to affect soil water content in winter and the ultimate grain yield. Correlation analysis revealed that subsoil water content in winter was significantly related to yield and protein content of the grain. **【Conclusion】** Deep plough during summer fallow is beneficial to store the precipitation into soil, thereby improving soil moisture. This, along with sowing on October 1, can significantly improve soil water content in winter and yield and protein content of the grains.

Key words: dryland wheat; deep plough; sowing date; soil water; grain protein

责任编辑:赵宇龙