

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

侯贤清^{1,2}, 韩清芳^{1,2}, 贾志宽^{1,2}, 李永平³, 杨宝平^{1,2}

(1. 西北农林科技大学干旱半干旱研究中心, 陕西 杨凌 712100; 2. 农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100;

3. 宁夏固原市农业科学研究所, 宁夏 固原 756100)

摘 要: 在宁南旱平地进行了夏闲期深松、免耕及传统翻耕(对照)对土壤水分及后作冬小麦水分利用效率影响的研究。结果表明, 夏闲期深松和传统翻耕能有效地蓄雨保墒, 提高旱平地冬小麦播前的土壤贮水量, 深松和翻耕土壤蓄墒率极显著高于免耕处理, 深松处理较翻耕高 0.79%; 夏闲期末深松处理 0~200 cm 土壤贮水量(310.78 mm)分别较免耕、传统翻耕高 8.23 mm、1.61 mm。深松和免耕较传统翻耕显著改善了冬小麦苗期的土壤水分状况, 对越冬期 0~60 cm 耕层土壤水分状况的改善有利于冬小麦的越冬。苗期 0~200 cm 土壤贮水量深松、免耕分别较传统翻耕(351.05 mm)高 35.9 mm、28.8 mm, 不同的耕作处理对后作冬小麦苗期的土壤水分影响差异主要在 80 cm 以上土层。冬小麦返青期降雨主要使 0~80 cm 土层土壤贮水量有所增加, 处理间的差异减小。夏闲期深松处理能有效地增加对降雨的蓄保能力, 提高旱地冬小麦播前及整个生长阶段 0~200 cm 的土壤贮水量。不同耕作方式的冬小麦产量以夏闲期翻耕处理最高(3 475.9 kg/hm²), 与深松处理(3 322.0 kg/hm²)无显著差异, 免耕显著低于其它 2 种耕作处理; 水分利用效率以翻耕最高[14.12 kg/(hm²·mm)], 深松次之[13.62 kg/(hm²·mm)], 免耕处理显著低于前二者[10.64 kg/(hm²·mm)]。

关键词: 半干旱区; 耕作方式; 土壤水分; 水分利用效率; 冬小麦

中图分类号: S344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0052-07

长期以来, 为提高作物水分的利用效率及降低水分的无效损耗, 旱作区广泛采用免耕、深松、翻耕等耕作技术, 这些措施对旱作农业发展产生了重要影响^[1]。尤其是免耕、深松等少、免耕技术作为保护性耕作的主体内容在土壤环境整治中越来越受到重视, 普遍认为少、免耕可减少土壤水分蒸发, 达到节水保墒、提高作物水分利用率的目的。早在 20 世纪 30 年代, 美国就对保护性耕作的内容、方式及经济效益等进行了研究^[2], 并认为采取夏季休闲(summer fallow)和保护耕作(conservation tillage)是比较成功的两项措施。据调查, 耕作次数由 1990 年前每年 7~10 次减少到 1 次或少、免耕, 休闲期贮水量由 102 mm 增加到 183 mm, 占休闲期降水量比率由 19% 提高到 40%。我国对保护性耕作的单项研究从 50 年代开始^[3,4], 郭清毅^[5]等研究发现保护性耕作能够显著改善 0~200 cm 土层土壤贮水量, 随着降水量的增多土壤对降水的保蓄能力增强, 尤其在降水较少的年份这种作用表现突出, 免耕及免耕覆草较常规耕作土壤贮水量分别提高 1.93%~7.25% 和

0.06%~3.58%; 李友军^[6]等指出深松覆盖和免耕覆盖休闲期间土壤贮水量较传统耕作提高了 8.79%~13.39% 和 7.72%~8.05%, 降水蓄墒率提高 13.72% 和 11.28%, 降水利用效率提高 25.55% 和 11.83%, 水分利用效率提高 16.37% 和 10.62%; 张海林^[7]等多年研究结果同样表明, 免耕比传统耕作增加土壤贮水量 10%, 减少土壤蒸发约 40%, 耗水量减少 15%, 水分利用效率提高 10%。针对连续少免耕出现的土壤变紧实, 土壤有机质含量减少, 耕作表层富化而下层贫化, 肥料的利用率低, 氮素的损失加重, 杂草虫害增多等一系列问题, 黄细喜^[8]和陈君达^[9]等提出以少耕为主体, 少、免耕交替、定期耕翻有机结合的轮耕制, 较好地解决了少、免耕连续应用所带来的弊端, 为稻麦持续高产提供了科学耕作新技术。但对不同耕作措施的长期蓄水效应及相应的时间间隔等缺乏深入的探究。

在半干旱区, 夏季休闲期正处于多雨季节, 合理的耕作措施对农田水土保持有十分重要的意义。科学的耕作措施, 可改善土壤结构, 充分利用自然降

收稿日期: 2009-05-22

基金项目: “十一五”国家科技支撑课题“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03); “节水共性技术研究”(2007BAD88B10)

作者简介: 侯贤清(1981—), 男, 硕士研究生。主要从事旱地农业研究。

通讯作者: 韩清芳(1969—), 女, 副教授, 博士, 主要从事旱区农业水分高效利用研究。E-mail: hanqf88@126.com。

水,减少土壤水分的无效蒸发与径流损失,从而达到蓄水保墒,提高水分利用率的目的,另外,还具有增加土壤肥力、节省投入和提高作物产量等效果。宁南旱区农业生产主要依赖于天然降水,降水不足和土壤水分蒸发强烈是导致农田水分供需矛盾的主要因子^[10],减少土壤水分蒸发,提高对降水资源的利用率成为旱作农业研究的重要内容。为此,本试验以传统翻耕、深松、免耕为研究对象,探索夏闲期不同耕作方式对土壤的保蓄水分能力及对后作冬小麦水分利用效率的影响,以期为该区域不同耕作措施的合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2007 年 7 月~2008 年 6 月年在宁夏回族自治区彭阳县旱地农业试验区进行。该区海拔 1 800 m,年均降水量 435 mm,年均蒸发量 1 536 mm,全年 56%降水集中分布在 7~9 三个月,无效、微效降水日数多。年平均气温 6.13℃,气候干燥,蒸发强烈,土壤蓄墒率不足 30%。试验期间降雨量 354.05 mm,较年均降雨量少 18.6%,小麦整个生育期降水量约 205.4 mm,占全年降雨量的 58.01%,≤5 mm 的降雨天数为 30 d,其降水总量占生育期降雨量的 7.69%。

试验田为旱平地,土壤质地为黄绵土,前茬作物为冬小麦。后茬小麦播种前耕层 0~40 cm 有机质含量为 7.18 g/kg,碱解氮 50.32 mg/kg,速效磷 8.55 mg/kg,速效钾 84.82 mg/kg,pH 值为 8.5,属低等肥力水平。

1.2 试验方法

试验设免耕(NT)、深松(ST)、传统翻耕(CT)3 个处理,随机区组设计,每处理区面积 135 m²(长 15 m×宽 9 m),3 次重复,以传统翻耕作为对照。2007 年 7 月上旬前茬冬小麦收获后分别进行免耕、深松及翻耕,深松深度 33 cm,间隔 40 cm;翻耕深度 15~20 cm。后作冬小麦品种为西峰 26,于 2007 年 9 月 18 日播种,2008 年 6 月 27 日收获。

1.3 测定指标

记录各生育期降雨量,采用烘干法测定不同耕作处理在夏闲期(7~9 月)及小麦播种、出苗、越冬、返青、拔节、成熟等关键时期 0~200 cm 土层的土壤含水量,每 20 cm 土层分层取样,小麦成熟期取 1 m²测定产量,土壤水分及产量测定均为每处理小区取样 1 次。

1.4 计算方法

1.4.1 土壤贮水量的计算^[5]

W = \sum_{i=1}^{10} W_i \cdot D_i \cdot H_i \times 10/100

式中, W 为土壤贮水量(mm); W_i 为第 i 层土壤重量含水量(%); D_i 为第 i 层土壤容重(g/cm³); H_i 为第 i 层土层厚度(cm)。

1.4.2 土壤入渗蓄墒率的计算^[11] 土壤入渗蓄墒率是指在一定时间内土壤贮水增量占降水量的百分比:

P(\%) = (V_2 - V_1)/R \times 100\%

式中, P 为土壤入渗蓄墒率(%); V₁ 为降雨前土壤贮水量(mm); V₂ 为降雨后土壤贮水量(mm); R 为降雨量(mm)。

1.4.3 水分利用效率(WUE)的计算^[12] 水分利用效率(WUE)指蒸散的每单位(mm)水分在单位面积上所生产的经济产量(kg/hm²)

WUE[kg/(mm \cdot hm^2)] = Y/ET

作物生长期间的蒸散量 ET(mm),用 ET = P - ΔS 式计算,其中 P 是作物生长期间的降水量(mm),ΔS 是收获期与播种期 0~200 cm 土壤贮水量之差(mm)。

1.5 统计方法

用 DPS3.1 处理软件进行样本方差分析及 Duncan's 新复极差检验。

2 结果与分析

2.1 夏闲期不同耕作方式对 0~200 cm 土层土壤水分的影响

半干旱区夏闲期土壤耕作的一个重要目的,就是多接纳并保蓄天然降雨,以利秋播作物生长。前作 6 月份收获后土壤水分含量较低,夏闲期经免耕、深松、翻耕处理后,0~200 cm 土层的土壤贮水量呈明显上升趋势(如图 1),夏闲期结束后 0~200 cm 土壤总贮水量深松最高,达 310.78 mm,分别较免耕、传统翻耕处理高 8.23 mm、1.61 mm。夏闲期不同耕作措施处理的不同土层土壤水分状况存在差异(表 1),0~20 cm 土层深松、翻耕处理土壤贮水量分别提高了 71.32%、69.02%,极显著高于免耕的提高幅度 60.19%;0~40 cm、60~100 cm 深松处理和翻耕均极显著高于免耕处理;40~60 cm 翻耕处理土壤水分极显著高于深松处理;140 cm 以下各处理的土壤水分差异减小。

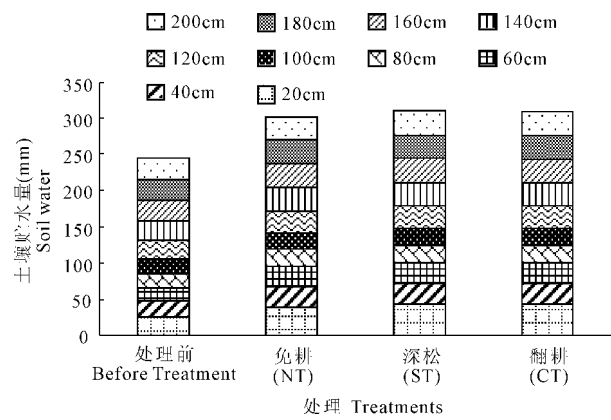


图 1 旱地夏闲期不同耕作方式下 0~200 cm 土壤贮水量变化的影响

Fig.1 Effects of different tillage treatments on water storage of 0~200 cm soil in the period of summer fallow

7~9 月份是宁南旱区降水集中的季节,2007 年 7 月至 9 月中旬降雨量为 77.6 mm,通过对整个夏闲期 0~200 cm 土层土壤蓄墒率和贮水量增幅来分析(表 1),深松和翻耕极显著高于免耕处理,差异深松高于翻耕,土壤蓄墒率深松处理较对照高 0.79%,免耕较对照低 4.08%。这说明深松和传统翻耕在

夏闲期能有效地蓄雨保墒,提高旱平地冬小麦播前的土壤贮水量。

2.2 冬小麦不同生长阶段 0~200 cm 土层土壤水分变化分析

2.2.1 冬小麦苗期 0~200 cm 土层土壤水分的变化情况 冬小麦播种(9 月 18 日)~越冬前的苗期(10 月 15 日)降雨量 57.5 mm,冬前测定各处理 0~80 cm 土层的土壤水分明显增加(如图 2),不同耕作方式间差异极显著,深松、免耕和翻耕土壤贮水量分别为 176.1、167.6 和 164.7 mm。和播前相比,各处理 0~80 cm 土层的土壤贮水量分别增加 57.0、62.4、41.6 mm,以深松处理的增加幅度最大。80 cm 以下土层土壤贮水量在苗期变化不大。说明夏闲期不同的耕作处理对后作冬小麦苗期的土壤水分影响差异主要在 80 cm 以上土层。

夏闲期不同耕作处理对冬小麦冬前苗期 0~200 cm 土壤水分状况的影响差异显著,深松、免耕和翻耕 0~200 cm 土壤贮水量分别为 351.1、344.0 和 315.2 mm,深松处理显著高于免耕,免耕显著高于翻耕,说明深松和免耕较传统翻耕显著改善了冬小麦苗期的土壤水分状况。

表 1 不同耕作方式下旱地夏闲期 0~200 cm 土层土壤水分增幅和水分蓄墒率的变化情况

Table 1 Effects of different treatments on the range of soil water and infiltration rate of soil moisture chang of 0~200 cm soil layer during summer fallow period

土层 Layer	土壤贮水量增幅(%) Range of soil water increase			蓄墒率(%)Infiltration rate of soil moisture		
	免耕 NT	深松 ST	翻耕 CT	免耕 NT	深松 ST	翻耕 CT
0~20 cm	60.19 ^{bB}	71.32 ^{aA}	69.02 ^{aA}	7.39 ^{cB}	8.76 ^{bB}	10.46 ^{aA}
20~40 cm	24.37 ^{bB}	28.84 ^{aA}	28.66 ^{aA}	2.73 ^{bB}	3.23 ^{bB}	4.86 ^{aA}
40~60 cm	31.72 ^{cC}	35.4 ^{bB}	38.08 ^{aA}	1.9 ^{aA}	2.11 ^{aA}	2.17 ^{aA}
60~80 cm	20.22 ^{bB}	26.7 ^{aA}	27.37 ^{aA}	1.93 ^{bB}	2.55 ^{aA}	2.62 ^{aA}
80~100 cm	20.51 ^{bB}	22.76 ^{aA}	23.4 ^{aA}	3.31 ^{aA}	3.7 ^{aA}	3.98 ^{aA}
100~120 cm	21.06 ^{bB}	23.01 ^{aA}	22.15 ^{bA}	3.66 ^{aA}	3.91 ^{aA}	3.8 ^{aA}
120~140 cm	22.62 ^{bB}	23.92 ^{aA}	23.01 ^{abA}	3.93 ^{aA}	4.1 ^{aA}	3.98 ^{aA}
140~160 cm	15.03 ^{cA}	16.15 ^{aA}	15.56 ^{bA}	2.13 ^{aA}	2.29 ^{aA}	2.21 ^{aA}
160~180 cm	12.48 ^{bB}	13.97 ^{aA}	11.92 ^{cB}	1.78 ^{aA}	2.0 ^{aA}	1.7 ^{aA}
180~200 cm	11.75 ^{bB}	13.18 ^{aA}	11.17 ^{cB}	1.71 ^{aA}	1.92 ^{aA}	1.63 ^{aA}
0~200 cm	25.31 ^{bB}	28.69 ^{aA}	28.03 ^{aA}	30.49 ^{bB}	34.57 ^{aA}	33.78 ^{aA}
降雨量(mm) Precipitation	77.6					

注:表中同一行数字后不同大小写字母分别表示 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 水平的差异显著性。下同。

Note: Values followed by different capital and small letters within a column are significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively. They are the same as below.

2.2.2 冬小麦越冬期和返青期 0~200 cm 土层土壤水分变化 在宁南地区,10 月底土壤封冻至次年 3 月中旬冬小麦进入越冬期,降雨量仅 12.40 mm,2008 年 3 月中旬测定各处理 0~200 cm 土壤水分。由图 3(A)可以看出,越冬期 0~40 cm 土层土壤贮

水量深松和免耕处理分别高出对照(34.9 mm)9.7 mm、4.0 mm;0~60 cm 分别高出对照(58.7 mm)10.1 mm、2.6 mm;0~80cm 深松高出对照(83.2 mm)11.0 mm,免耕低于对照 1.1 mm;0~100 cm 深松高出对照(109.4 mm) 11.8 mm,免耕低于对照 5.8 mm。免

耕和深松对耕层土壤水分状况的改善有利于冬小麦的越冬。0~200 cm 土层总贮水量深松最高,达 262.4 mm,高出对照 10.6 mm,免耕处理低于对照 23.3 mm。

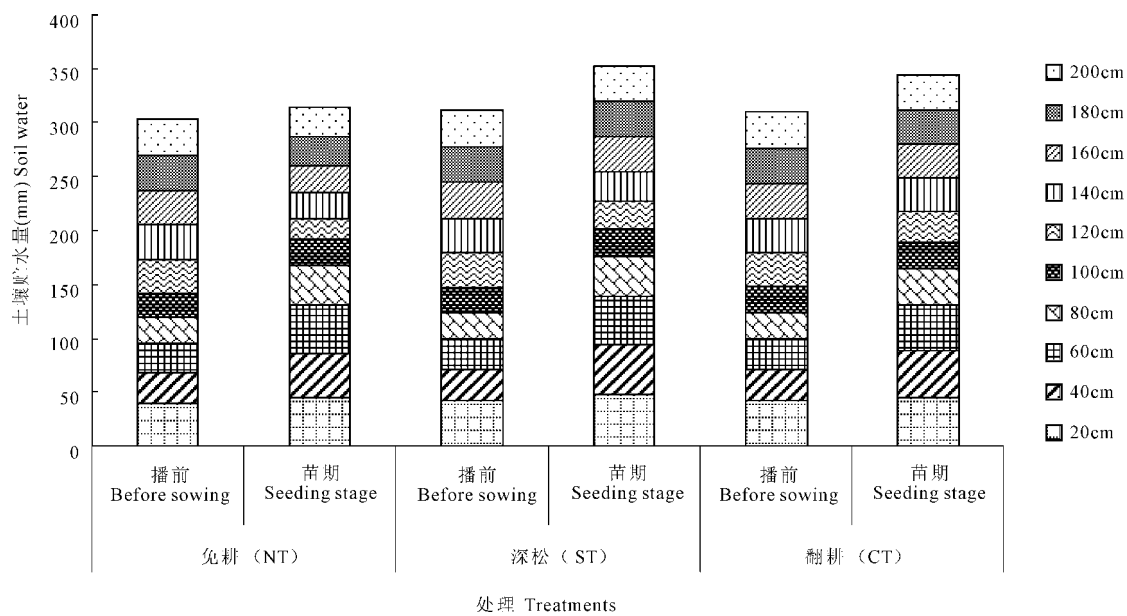


图 2 不同耕作方式对小麦苗期 0~200 cm 土壤贮水量变化的影响
Fig.2 Effects of different tillage treatments on water storage of 0~200 cm soil at winter wheat seeding stage

3 月下旬冬小麦开始返青至 4 月中旬小麦拔节期,总降雨量 40.7 mm,早春雨雪使表层土壤水分及时得到补充,4 月 10 日测定各处理 0~200 cm 土壤水分(图 3(B)),0~40 cm 土层土壤贮水量深松仅高出对照(66.3 mm) 1.9 mm,免耕处理为 66.1 mm,和翻耕无差异;0~60 cm 深松高出对照(95.4 mm) 3.3 mm,免耕低于对照 1.8 mm;0~80 cm 深松高出对照(122.9 mm) 4.0 mm,免耕低于对照 4.3 mm;0~100 cm 深松高出对照(146.9 mm) 5.4 mm,免耕低

于对照 7.9 mm。和越冬期相比,返青期降雨主要使 0~80 cm 土层土壤贮水量增加,不同耕作处理间的差异减小。100~200 cm 土层土壤贮水量深松处理高出对照 2.2 mm,免耕处理较对照低 20.9 mm。0~200 cm 土层总贮水量深松最高,达 298.9 mm,高出对照 8.4 mm,免耕低于对照 27.8 mm。这说明深松处理冬小麦返青期 0~200 cm 土壤水分状况好于翻耕,免耕 40 cm 以下的土壤水分状况差于翻耕。

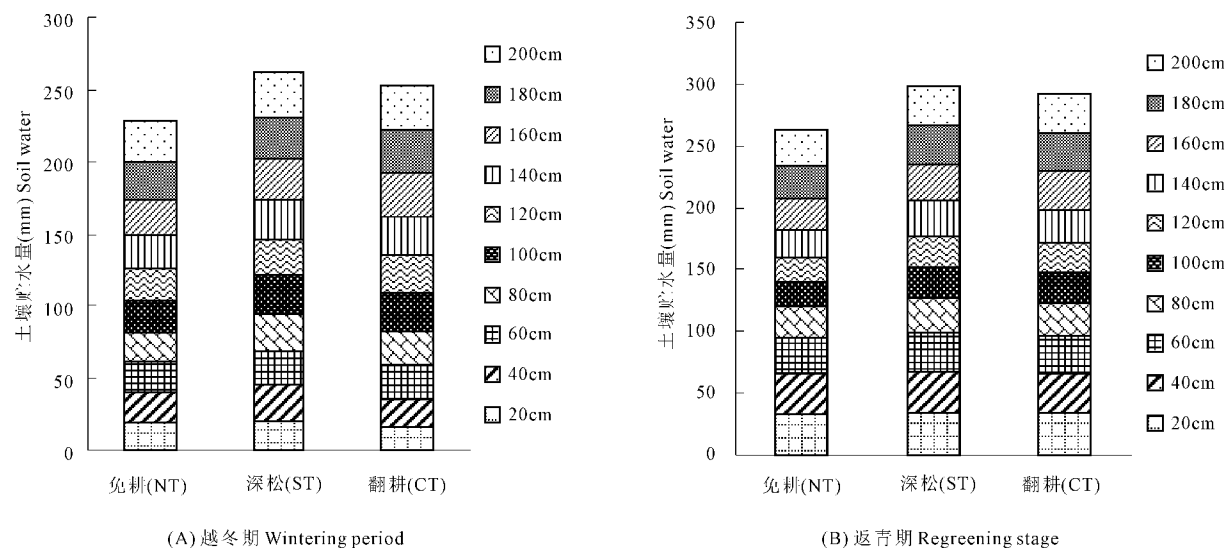


图 3 不同耕作方式旱平地冬小麦返青期 0~200 cm 土壤贮水量变化
Fig.3 Effects on the water of 0~200 cm soil under different tillage treatments in winter wheat regreening stage

2.2.3 冬小麦孕穗~成熟期 0~200 cm 土层土壤水分变化分析 次年 4 月下旬冬小麦进入孕穗期,到 6 月下旬成熟期历时 2 个多月,总降雨量仅 17.25 mm,而冬小麦生长进入旺盛期,叶面积增大,蒸散强度加大,耗水逐渐增多,土壤贮水量急剧下降。冬小麦孕穗期〔图 4(A)〕,5 月 12 日测定,0~200 cm 土层总贮水量深松处理高出对照 10.1 mm,免耕处理低于对照 27.8 mm。0~40 cm 土层土壤贮水量深松、免耕处理分别较对照低 1.8、3.9 mm;20~60 cm 土壤贮水量各处理间无明显差异;60~140 cm 土壤贮水量深松处理高出对照 3.85 mm,免耕处理低于对照 11.87 mm;140~200 cm 层各处理土壤贮水量差异不明显。

灌浆期〔图 4(B)〕,5 月 25 日测定 0~200 cm 土壤贮水量各处理均略高于孕穗期,总贮水量深松处理高出对照 11.1 mm,免耕处理低于对照 14.2 mm。0~40 cm 各处理土壤水分差异不明显,0~80 cm 深

松与免耕间无差异,翻耕土壤贮水量高出 4.8 mm,0~100 cm 土壤贮水量以深松<免耕<翻耕。20~100 cm 土壤贮水量深松、免耕、翻耕较孕穗期分别增加 10.91、4.31、9.79 mm,100~200 cm 土层无明显增加。

成熟期〔图 4(C)〕,6 月 14 日测定各处理 0~200 cm 土壤贮水量有所回升,0~20 cm 土层土壤贮水量深松处理高出对照 1.35 mm,免耕处理低于对照 1.3 mm;20~100 cm 土壤贮水量深松处理高出对照 0.55 mm;免耕处理低于对照 12.81 mm。100~200 cm 土壤贮水量深松处理较对照低 0.76 mm,免耕处理低于对照 30.2 mm。0~200 cm 土层总贮水量,深松贮水量达 230.6 mm,高出对照 2.1 mm,免耕处理低于对照 48.3 mm。从孕穗到收获期的土壤贮水情况来看深松处理表现出良好的贮水效果,其次为传统翻耕处理。

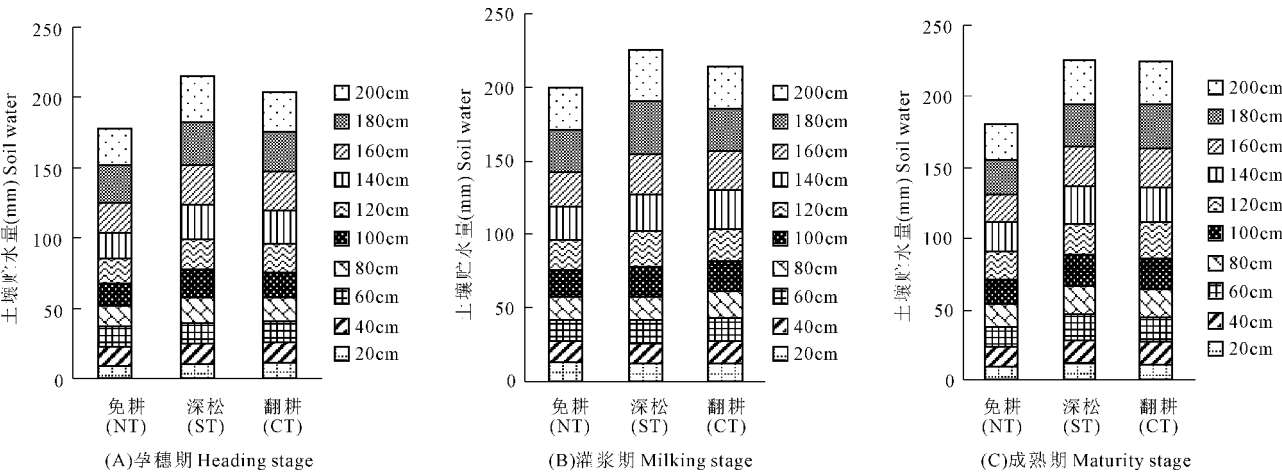


图 4 不同耕作方式对旱平地冬小麦孕穗~成熟期 0~200 cm 土层土壤水分变化的影响

Fig. 4 Effects of the water of 0~200 cm soil in the period of heading~maturity of winter wheat under different tillage treatments

2.3 不同耕作方式对小麦产量和水分利用效率的影响

对 3 种不同耕作方式下的冬小麦产量、耗水量和水分利用效率的分析结果表明(表 2),对照产量最高,达 3 475.9 kg/hm²,其次为深松处理 3 322.0 kg/hm²,免耕产量最低,为 2 519.74 kg/hm²,与对照差异呈极显著水平。这说明夏闲期深松处理和传统翻耕冬小麦产量具有优势,二者无显著差异,免耕处理产量极显著低于翻耕处理。

不同耕作方式处理的冬小麦水分利用效率以翻耕最高,达 14.12 kg/(hm²·mm),深松次之,为 13.62 kg/(hm²·mm),免耕水分利用效率最低,为 10.64 kg/(hm²·mm),较对照差异显著。

表 2 不同处理对冬小麦经济产量和水分利用效率的影响

Table 2 Effects of different tillage treatments on yield and WUE of winter wheat

处理 Treatment	产量(kg/hm ²) Yield	生育期耗水量(mm) Water consumption	水分利用效率 WUE[kg/(hm ² ·mm)]
免耕 NT	2519.7bB	236.9cB	10.6cB
深松 ST	3322.0aAB	243.6abA	13.6abA
翻耕 CT	3475.9aA	246.4aA	14.1aA

3 结论与讨论

1) 夏闲期深松和传统翻耕能有效地蓄雨保墒,提高旱平地冬小麦播前的土壤贮水量,深松处理蓄墒效果最好,0~200 cm 土壤总贮水量最高(310.8

mm),土壤蓄墒率深松和翻耕极显著高于免耕处理,深松高于翻耕,深松处理较翻耕高0.79%,免耕较翻耕低4.08%。这与王小彬^[13]等指出的麦田夏闲期免耕和深松的保水效果最佳,土壤贮水量较对照分别增加12~33 mm和9~24 mm的结论并不相同,其原因可能与试验当地夏闲期降雨状况(降雨强度、降雨次数、降雨量)有关。

2) 夏闲期不同耕作处理对冬小麦不同生长阶段0~200 cm土壤水分影响差异显著。深松和免耕较传统翻耕显著改善了冬小麦苗期的土壤水分状况,0~200 cm土壤贮水量深松处理显著高于免耕,免耕显著高于翻耕,不同的耕作处理对后作冬小麦苗期的土壤水分影响差异主要在80 cm以上土层。越冬期0~200 cm土层贮水量深松最高(262.4 mm),高出对照10.6 mm,而免耕处理低于对照23.3 mm免耕和深松对0~60 cm耕层土壤水分状况的改善有利于冬小麦的越冬。深松处理冬小麦返青期0~200 cm土壤水分状况好于翻耕,免耕0~40 cm的土壤水分状况与翻耕差异不大,40 cm以下差于翻耕,返青期降雨主要使0~80 cm土层土壤贮水量增加,不同耕作处理间的差异减小。孕穗期至成熟期0~200 cm土壤贮水量深松处理高出对照2.1 mm,免耕处理低于对照48.3 mm。孙敬克^[14]等研究表明,在冬小麦整个生育期,免耕覆盖处理土壤含水量最高,深松覆盖次之,传统耕作最低,免耕覆盖和深松覆盖小麦生育前期差异大,后期差异小。该结论与本试验结果不同是否由于覆盖而造成需要进一步研究验证。

3) 夏闲期不同耕作方式的冬小麦产量以传统翻耕最高(3 475.9 kg/hm²);和深松处理(3 322.0 kg/hm²)无显著差异,免耕显著低于其它2种耕作处理。李洪文等^[15]通过连续四年的玉米保护性耕作研究,认为免耕覆盖与深松覆盖处理的产量都明显高于传统耕作,深松平均比传统耕作增产13%,免耕平均比传统增产23%。Domzal H和SlowinskaA^[16]对冬小麦免耕同耕翻的效果相比,免耕的冬小麦减产,国内也有类似报告^[17]。本试验结果也表明:免耕处理冬小麦产量低于传统翻耕956.16 kg/hm²,说明不同的耕作处理对后作种植不同的作物产量影响并不一致。休闲期不同耕作处理对后作其它作物的产量影响尚需进行研究。

4) 不同耕作方式处理的冬小麦以传统翻耕水分利用效率最高[14.12 kg/(hm²·mm)],深松次之[13.62 kg/(hm²·mm)],免耕显著低于前二者[10.64 kg/(hm²·mm)]。晋小军^[12]等在定西地区的研究发

现,免耕秸秆覆盖比传统耕作秸秆覆盖土壤贮水量少,但水分利用效率较高。杜兵^[18]等认为冬小麦免耕、深松的水分利用效率最好,均高于传统耕作;其中深松的平均水分利用效率14.25 kg/(hm²·mm),比免耕的水分利用效率[14.15 kg/(hm²·mm)]略高。冬小麦保护性耕作平均水分利用效率比传统耕作高约13.2%。该试验在夏闲期土壤贮水量传统翻耕最高,冬小麦不同生长阶段深松处理最高,而水分利用效率传统翻耕最高,深松、免耕略低于传统翻耕0.5、3.48 kg/(hm²·mm)。土壤贮水量的提高与作物水分利用效率的提高并不完全一致。不同耕作处理的土壤贮水能力有明显差异,在雨季深松和翻耕对照处理蓄水保水效果明显,春旱季节深松和对照处理的土壤贮水量也稍高于免耕处理。这些仅限于一年的数据结果。关于不同耕作措施对旱作农田的长期蓄水保墒增产效应需要进行多年连续性的试验。

参考文献:

- [1] 丁昆仑, Hann M J. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 49—52.
- [2] UNDP—CPR/91/114 项目赴美、墨旱农考察团. 美国—墨西哥旱地农业考察报告[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(3): 98—104.
- [3] 杨晶秋. 秸秆对北方耕地土壤有机碳的贡献[J]. 干旱地区农业研究, 1991, 9(1): 46—51.
- [4] 郑元红. 毕节地区小麦秸秆覆盖还田技术试验研究初报[J]. 耕作与栽培, 2002, (3): 6—7.
- [5] 郭清毅, 黄高宝. 保护性耕作对旱地麦—豆双序轮作农田土壤水分及利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 165—169.
- [6] 李友军, 黄明, 吴金芝, 等. 不同耕作方式对豫西旱区坡耕地水肥利用与流失的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 42—45.
- [7] 张海林, 陈阜, 秦耀东, 等. 覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 36—40.
- [8] 黄细喜. 江苏省稻麦复种合理轮耕制的研究[J]. 土壤学报, 1993, 30(1): 9—17.
- [9] 陈君达, 王兴文, 李洪文. 旱地农业保护性耕作体系与免耕播种技术[J]. 北京农业工程大学学报, 1993, 13(1): 27—33.
- [10] 王俊鹏, 马林, 蒋骏, 等. 宁南半干旱偏旱区农田微集水种植技术研究[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(3): 20—27.
- [11] 李永平, 贾志宽, 刘世新, 等. 旱作农田微集水种植产流蓄墒扩渗特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, (2): 25—29.
- [12] 晋小军, 黄高宝. 陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 108—112.
- [13] 王小彬, 蔡典雄, 金轲, 等. 旱坡地麦田夏闲期耕作措施对土壤水分有效性的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(9): 1044—1049.
- [14] 孙敬克. 豫西旱坡地不同耕作方式土壤与小麦生物学效应研究[J]. 河南农业大学学报, 2007, (6): 20—22.

- [15] 李洪文,陈君达,高焕文.旱地农业三种耕作措施的对比研究[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):7—11.
- [16] Domzal H, Slowinska-Jurkiewica A. Effects of tillage and weather conditions on structure and Physical properties of soiland yield of winter wheat [J]. Soil and Tillage Research, 1987, (10):225—241.
- [17] 庄恒扬.长期少免耕对稻麦产量及土壤有机质与容重的影响[M].北京科学技术出版社,1991:234—237.
- [18] 杜兵,李问盈,邓健,等.保护性耕作表土作业的田间试验研究[J].中国农业大学学报,2000,5(4):65—67.

Effects of different tillage practices in summer fallow period on soil water and crop water use efficiency in semi-arid areas

HOU Xian-qing^{1,2}, HAN Qing-fang^{1,2*}, JIA Zhi-kuan^{1,2}, LI Yong-ping^{1,3}, YANG Bao-ping^{1,2}

(1. The Arid and Semi-arid Areas Research Center of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Key Laboratory of Crop Production and Ecology, Chinese Ministry of Agriculture, Northwest A & F University,

Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Guyuan Institute of Agricultural Sciences, Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: Study on the subsoiling tillage(ST), no-tillage(NT) and conventional tillage(CT) on soil water and water use efficiency of aftercrop winter wheat in the flat field during the summer fallow period was conducted in southern Ningxia semi-arid area. The result showed that the subsoiling and conventional tillage could save soil water effectively to rainfall during summer fallow period, so as to enhance soil water storage before sowing. Compared with no-tillage, the infiltration rate of subsoiling and conventional tillage to maintain soil water was extremely significant, and the subsoiling was higher than conventional tillage by 0.97%. During summer terminal stage, the soil water storage of the subsoiling (310.78 mm) in 0~200 cm soil layer was higher than both conventional tillage and no-tillage, which is 8.23 mm and 1.61 mm respectively. Compared with conventional tillage, the soil water could be improved by subsoiling and no-tillage during seedlings period of winter wheat. Subsoiling and no-tillage also advantage to winter wheat during wintering period in the depth of 0~60 cm. During seedling stage, the soil water in 0~200 cm soil layer could be increased by subsoiling (35.9 mm) and no-tillage(28.8 mm), which was higher than conventional tillage control. During aftercrop winter wheat seedlings, the major influence of different tillage treatments to soil water was in the depth of 0~80 cm. During winter wheat regreening stage, the soil water storage had been increased by rainfall in 0~80 cm soil layer. The difference among the three treatments was decreased. During summer fallow period, the subsoiling enhanced effectively, the capacity of both saving soil water and winter wheat soil water storage of dry land in the depth of 0~200 cm before sowing and during the period of the main growth stage. Among different tillage treatments, the highest yield of winter wheat was the treatment of conventional tillage in summer fallow period which reached 3 475.9 kg/hm² and there was no obvious difference between conventional tillage and subsoiling(3 322.0 kg/hm²). The best treatment in the aspect of water use efficiency was conventional tillage, and the following was subsoiling, which were 14.12 kg/(hm²•mm) and 13.62 kg/(hm²•mm) respectively, while no-tillage dropped to 10.64 kg/(hm²•mm), significantly lower than the other two.

Keywords: semi-arid area; tillage practice; soil moisture; water use efficiency; winter wheat