

豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究

—— I. 连年免耕和深松覆盖对冬小麦生育及产量的影响

王育红¹, 蔡典雄², 姚宇卿¹, 王小彬², 吕军杰¹, 李俊红¹, 丁志强¹, 张洁¹

(1. 洛阳市农业科学研究院, 河南 洛阳 471022; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100082)

摘要: 利用长期定位试验方法(1999~2006年), 在豫西旱区坡耕地上进行了不同保护耕作冬小麦生育及产量效应研究。结果表明: 深松覆盖和免耕覆盖随着实施年限增加, 均有增产效果。深松覆盖稳产、增产效果好于免耕覆盖。与传统耕作比, 深松覆盖增产幅度为4.88%~20.90%, 平均增产8.77%。免耕覆盖在实施初表现出显著减产, 但免耕覆盖在生育期内干旱及夏休闲干旱年份能显著提高小麦产量, 平均增产3.70%。免耕覆盖和深松覆盖下冬小麦前期生长发育迟缓, 株高降低、主茎叶龄、单株分蘖、次生根数和叶面积减少, 根重和生物量减轻; 拔节后, 冬小麦生长发育快, 各项指标(除单株分蘖)逐渐赶上并超过传统耕作。从灌浆特性分析, 免耕覆盖和深松覆盖能提高最大灌浆速率, 延缓后期灌浆速率下降, 延长灌浆时间, 进而提高小麦的千粒重。

关键词: 保护性耕作; 长期定位试验; 旱区坡耕地; 产量

中图分类号: S343.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0047-05

保护性耕作(Conservation tillage)在保护环境、提高环境质量的前提下, 以保护性耕作为主体, 有效地对可利用的土壤、水分及生物资源进行综合管理, 实现农业的可持续发展^[1]。我国自“六五”期间开始进行保护性耕作的研究工作, 涉及的作物和栽培模式几乎覆盖了我国所有农作物及其耕作方式。由于各地气候、作物、土壤、种植制度等存在很大差异, 保护性耕作增产、平产或减产的现象都是客观存在的, 甚至同一种保护性耕作模式在不同的试验条件下获得的试验结果完全矛盾, 也屡见不鲜^[2~5]。而我国是13亿人口农业大国, 河南省又是人口和农业大省, 农业的发展不仅要注重生态效应, 粮食安全是我们必须面对的。因此, 作物的稳产、丰产、增效是该地区保护性耕作推广应用的前提, 也是该地区保护性耕作研究的特色之一。洛阳市农业科学研究院从1999年建立了长期定位保护性耕作的研究基地, 研究和筛选适宜当地推广的保护性耕作技术体系。本文就7年保护性耕作对冬小麦产量及生长发育和生理的影响进行分析, 探明产量效应的机理, 为客观、科学的评价该地区的保护性耕作效果提供技术平台。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在位于黄土高原东部, 河南省洛阳市北

部20 km的孟津县送庄村中国农科院洛阳旱作农业观测场(东经113°, 北纬34.5°, 坡度为8°), 海拔200多米。土壤类型为黄土, 土体深厚, 质地均匀, 粘粒、粉粒和沙粒的含量分别是14.4%, 74.2%和11.4%。基础肥力有机质13.6 g/kg, 全氮0.11%, 碱解氮74.94 mg/kg, 有效磷13.2 mg/kg, 速效钾85.5 mg/kg。常年降雨为643.4 mm, 属于半湿润偏旱区。由于受季风气候的影响, 年内降雨分布不均, 其中60%~80%的降雨集中在6~9月份, 且降雨强度大, 历时短, 最大日降雨强度为101~242 mm/d, 容易造成土壤侵蚀, 水分和养分流失严重。

1.2 试验设计

试验场从1999年开始进行长期定位保护性耕作试验, 设3个处理: (1) 免耕覆盖(NT): 小麦收获时留茬35~40 cm, 秸秆脱粒后还田, 10月初直接播种并同时施用肥料; (2) 深松覆盖(ST): 小麦收获时留茬35~40 cm, 秸秆脱粒后还田。7月初间隔60 cm深松一道, 深松深度为40 cm, 深松带为20 cm, 10月初直接播种并同时施用肥料; (3) 传统耕作(CT): 小麦收获时留茬10~15 cm, 秸秆不还田。7月初, 翻耕20 cm, 不耙耱, 9月中下旬耕翻第2次, 10月初播种。小区面积3 m×10 m, 3次重复, 各处理肥料施用量: N 135 kg/hm², P₂O₅ 90 kg/hm², K₂O 75 kg/hm²。

收稿日期: 2008-12-16

基金项目: 中国—比利时国际科技合作项目(13V33948); 国际CIMMYT“水和粮食挑战计划”项目(2002AA6Z3311)

作者简介: 王育红(1972—), 女, 河南邓州人, 在读硕士, 副研究员, 主要从事旱农节水研究。E-mail: wyh7666@126.com。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量及产量构成因素 小麦成熟时每小区取定点 1 m 双行样段, 进行室内考种, 整区收获计产, 折 hm^2 的产量。

1.3.2 小麦群体 按定点调查法在小区内选有代表性的 1 m 双行定点, 在生长发育的主要时期进行调查; 单株分析按常规法, 取生长一致且有代表性的 10 株在室内进行考查。测定项目为生物量、叶面积、叶龄、次生根、根重等。其中叶面积采用重量法, 根重为 10 株 0~30 cm 土层内根的干重, 次生根数量计算方法为: 长度大于或等于 1.5 cm 的次生根数。

1.3.3 灌浆速率的测定 开花期选同一日开花的单茎进行标记, 每隔 5 d 取样一次, 3 次重复, 每重复取 10 穗, 每个小麦穗的 5~14 小穗的第一位与第二位小花形成的籽粒为强势粒, 第三与第四位小花形

成的籽粒为弱势粒, 分别剥取籽粒, 105℃ 杀青 10 min 后, 60℃ 烘干至恒重, 称重并计算单个籽粒重与籽粒灌浆速率。

2 结果与分析

2.1 耕作方式对冬小麦产量及产量构成的影响

表 1 表明, 保护性耕作对冬小麦产量的影响主要取决于降水量和降水分布情况, 表现出夏休闲期(2002 年夏休闲降水为 133.0 mm, 仅为常年同期降水量的 32.31%) 或生育期内降水量(2004~2005 年冬小麦生育期降水为 125.1 mm, 仅为常年同期降水量的 53.97%) 极端偏少, 增产显著; 在充足的降水年型(2003~2004 年夏休闲和冬小麦生育期降水总量 921.0 mm 为近 40 年最高), 缩小了不同耕作处理蓄水保墒能力的差异, 因此不同处理间冬小麦的产量差异不显著, 其它年型深松覆盖和免耕覆盖对冬

表 1 保护性耕作不同年份冬小麦产量和产量结构								
Table 1 Effects of different tillage treatments on yield and its three elements of winter wheat								
年份 Year	P_f (mm)	P_g (mm)	P_w (mm)	处理 Treatment	穗数(万/ hm^2) Number (10^4 Ears/ hm^2)	穗粒数 Grains	千粒重(g) 1000-grain weight	产量 Yield (kg/hm^2)
常年 Normal year	411.6	231.8	643.4	—	—	—	—	—
1999~2000	225.3	127.6	352.9	NT	394.5	31.9	42.0	3856.5 _b
	枯水	枯水	枯水	ST	529.5	32.1	39.8	4593.0 _b
	Low water	Low water	Low water	CT	439.5	33.4	38.0	4218.0 _a
2000~2001	343.6	205.2	548.8	NT	415.5	28.1	40.0	4107.0 _a
	偏枯水	平水	平水	ST	463.5	29.5	39.3	4245.0 _b
	Liable to low water	Normal	Normal	CT	428.4	28.2	38.5	3921.0 _a
2001~2002	308.0	240.6	548.6	NT	328.4	31.5	47.7	5297.5 _a
	偏枯水	平水	平水	ST	480.0	31.3	46.9	5479.5 _b
	Liable to low water	Normal	Normal	CT	445.1	29.0	46.5	5169.0 _a
2002~2003	133.0	227.6	360.6	NT	402.0	31.4	49.2	4777.5 _b
	枯水	平水	枯水	ST	384.0	31.5	47.8	4857.0 _b
	Low water	Normal	Low water	CT	417.0	30.6	46.4	4018.5 _a
2003~2004	767.0	154.0	921.0	NT	295.1	35.8	45.6	4270.5 _a
	丰水	枯水	丰水	ST	355.1	36.7	45.9	4560.0 _a
	High water	Low water	High water	CT	335.0	34.1	45.2	4347.0 _a
2004~2005	542.0	125.1	667.1	NT	485.0	35.4	44.2	5292.0 _b
	丰水	枯水	平水	ST	441.5	37.5	44.8	5245.5 _b
	High water	Low water	Normal	CT	440.0	33.0	42.8	4801.5 _a
2005~2006	325.5	179.5	505.0	NT	401.6	29.1	54.3	5217.0 _a
	枯水	枯水	枯水	ST	406.7	29.6	54.0	5445.0 _a
	Low water	Low water	Low water	CT	404.1	27.8	51.8	5172.0 _a

注: 不同字母表示差异达显著水平, $P<0.05$ 。 P_f 为冬夏休闲降水量, P_g 冬小麦生育期降水量, P_w 为 P_f+P_g 。

Note: Different letters mean significant difference at 5% level of probability. P_f and P_w were precipitation of summer fallow stage and wheat growth stage (from planting to harvest) respectively, P_w was P_f+P_g .

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

小麦产量效应的影响不同。

深松覆盖自实施初期就具有显著的增产效果,增产幅度为 4.88%~20.9%,7 年平均增产 8.77%。在平水年和降水量低于常年降水量的 60%的枯水年,表现出显著的增产效果。这是由于豫西地区小麦生育期常年降水量(231.8 mm)不足需水量(420.5 mm)的 60%,特别是冬小麦越冬至拔节期降水满足率仅为 27.5%。而深松覆盖处理在 7 月上旬雨季来临之前对土壤进行了深松覆盖,这样既打破了犁地层,增加了土壤蓄水保墒能力,同时最大限度减少对土壤结构的破坏,利于土壤微生物的活动。另一方面秸秆覆盖与还田,减少了土壤水分散失,培肥了地力,因而深松覆盖在实施 4 年后的特别干旱年份 2002~20003 年增产达 20.87%。免耕覆盖在实施初期表现出显著减产,随着实施年份的增加具有由平产逐渐增产的效果。同深松覆盖处理一样特别干旱年份增产显著,达 18.89%,但在丰水年份略有减产,7 年平均增产 3.70%。这主要是因为免耕覆盖不翻动土壤,实施初期透水性差,影响了微生物的活力和养分的有效性,根伸阻力大,使免耕覆盖的增产能力低于深松覆盖。从产量结构分析,免耕覆盖和

深松覆盖能提高穗粒数和千粒重,免耕覆盖处理的单位面积上的穗数有所减少,这是造成其在实施初期产量下降的关键因素。

2.2 不同耕作方式对冬小麦生长发育的影响

2.2.1 对冬小麦生物学性状的影响 由表 2 可以看出,从越冬到拔节,免耕覆盖和深松覆盖下冬小麦生长发育比传统耕作迟缓,地上部表现株高降低,分蘖和主茎叶龄减少。免耕覆盖平均株高降低 1.6 cm,单株分蘖和主茎叶龄分别减少 0.4 个和 0.5 片叶,深松覆盖平均株高降低 1.3 cm,单株分蘖和主茎叶龄分别减少 0.5 个和 0.6 片叶;越冬至拔节,地下部表现次生根数减少,耕层(0~20 cm)根重减轻。与传统耕作比,单株次生根数和根重免耕覆盖平均减少 1.6 条和 4.2 g,深松覆盖平均减少 1.4 条和 2.4 g。拔节以后,随着气温的升高,2 种保护性耕作处理下的冬小麦生长发育加快,至抽穗期除分蘖外,其余各项指标逐渐赶上并超过传统耕作。冬小麦生物量的变化趋势也同上述各项指标相一致,免耕覆盖和深松覆盖冬小麦生育前比传统耕作小,中后期比传统耕作大。

表 2 不同耕作方式对冬小麦生长发育的影响(2004~2005 年)
Table 2 Effects of different tillage systems on growth of winter wheat (2004~2005)

处理 Treatment		株高(cm) Height	分蘖 Tillers	主茎叶龄 Leaves/main stem	次生根(条) Second roots	根干重(g) Dry root weight	生物量(g) Biomass
越冬前 Before winter	NT	32.4	2.6	4.9	4.0	0.054	0.542
	ST	34.3	2.5	5.1	4.3	0.056	0.428
	CT	32.4	2.7	5.5	4.8	0.054	0.556
越冬 Winter	NT	33.5	3.5	5.7	4.6	0.060	0.630
	ST	34.9	3.1	5.8	4.7	0.056	0.580
	CT	35.5	3.6	5.9	5.5	0.082	0.656
返青 Turning green	NT	25.5	3.1	6.0	5.5	0.054	0.680
	ST	26.2	3.1	5.9	4.1	0.042	0.714
	CT	27.2	3.6	6.9	5.8	0.062	1.006
拔节 Jointing	NT	40.8	2.9	7.7	8.0	0.088	1.0337
	ST	39.6	3.0	7.6	9.8	0.104	1.1081
	CT	41.9	3.5	8.1	12.2	0.090	1.3384
抽穗 Earring	NT	81.4	1.2	11.0	11.3	0.242	4.0290
	ST	80.7	1.2	11.1	11.2	0.243	4.2705
	CT	79.5	1.3	10.6	10.2	0.210	3.8891

2.2.2 对叶面积指数动态变化的影响 3 种耕作方式冬小麦叶面积指数的变化均呈单峰曲线(图 1),冬前较小,返青以后逐渐增大,拔节期达到最大值,之后逐渐降低。3 耕作方式比较,在拔节期以

前,传统耕作叶面积指数增加最快,深松覆盖次之,免耕覆盖最低;叶面积指数的峰值免耕覆盖最高,深松覆盖次之,传统耕作最低。越冬前到拔节期,深松覆盖由于基本苗较少,叶面积指数较低;拔节期到开

花期,免耕覆盖能维持较高的叶面积指数,降低速度较慢,深松覆盖次之,传统耕作下降最快;开花后,免耕覆盖叶面积指数最高,深松覆盖次之。经方差分析,在开花期到成熟期,深松覆盖叶面积指数显著高于传统耕作,低于免耕覆盖,但差异不显著。由此可见,免耕覆盖和深松覆盖能有效延缓小麦生育后期叶片衰老进程,维持较高的绿叶面积,延长籽粒灌浆时间,提高千粒重。

2.2.3 对小麦籽粒灌浆速率的影响 由图 2 可以看出,冬小麦强势粒和弱势粒的增长速率均呈单峰曲线变化。开花后 15 d 之前传统耕作的灌浆速率较大,深松覆盖次之,免耕覆盖最小。开花后 15 d 之后传统耕作灌浆速率增长相对缓慢,深松覆盖和免耕覆盖则以较大的速率上升,20 d 达到峰值时,传统耕作强势粒增长速率最低。灌浆速率峰值过后,传统耕作的下降最快,从花后 25 d 直到成熟期强势粒的增长速率都表现为深松覆盖>免耕覆盖>传统

耕作。不同耕作方式对弱势粒增长速率的影响,峰值出现比强势粒推迟 5 d 左右,在花后 25 d 达到最大值,此时,深松覆盖和免耕覆盖间差异不显著,但比传统耕作提高 23.2%。说明深松覆盖和免耕覆盖在小麦籽粒灌浆中后期,植株对籽粒的供应源充足,提高了籽粒干物质积累量,从而提高了千粒重。

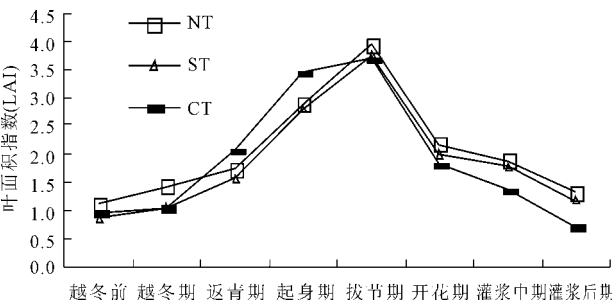


图 1 不同耕作方式对小麦叶面积指数的影响(2004~2005 年)

Fig.1 Effects of different kinds of tillage on leaf area index in wheat growth stages(2004~2005)

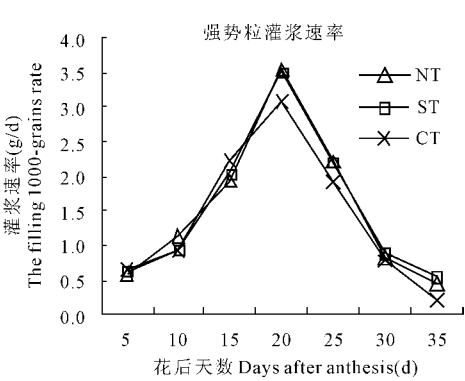
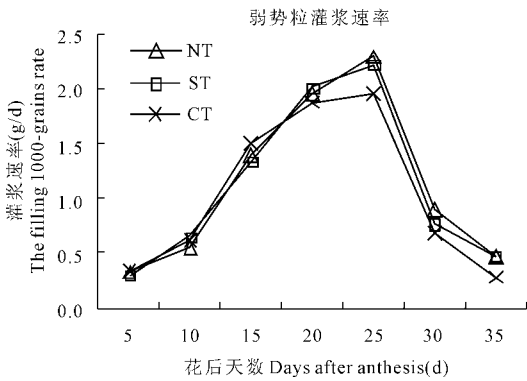


图 2 不同耕作方式对小麦籽粒灌浆速率的影响(2004~2005 年)

Fig.2 Effects of different tillage systems on the grain filling rate in winter wheat (2004~2005)

3 结论与讨论

保护性耕作直接作用于农田土壤,改变了土壤的理化性质,从而影响作物生长发育,最终在产量上体现出来^[6~8]。谢瑞芝^[2]统计 141 篇研究论文,以当地传统耕作为对照,实施保护性耕作技术的作物产量平均增产 12.25%,但有 10.92%数字显示减产。本研究的结果为:① 深松覆盖和免耕覆盖随着实施年份增加,均有增产效果。深松覆盖稳产、增产效果好于免耕覆盖。与传统耕作比,深松覆盖增产幅度为 4.88%~20.90%,平均增产 8.77%。免耕覆盖在实施初表现出显著减产,但免耕覆盖在生育期内、夏休闲干旱及干旱年份也能显著提高小麦产量,平均增产 3.70%。② 保护性耕作由于低温效应^[9~11],免耕覆盖和深松覆盖下抑制了冬小麦前期生长发育,株高降低;分蘖发生时间推迟,数量减少;

叶片数减少、叶面积小,地下部分生长也受到抑制,0~20 cm 根重小,次生根数少,导致干物质积累缓慢。拔节后,地温逐渐升高,温度对冬小麦生长的制约也随之减弱,且拔节后是冬小麦生长最旺盛的时期,需水量剧增,土壤水分含量成为制约冬小麦生长的主要限制因子。由于保护性耕作蓄水保墒作用^[12~15],加上前期消耗土壤水分少,因此拔节后冬小麦生长发育加快,各项指标(除单株分蘖)逐渐赶上并超过传统耕作。③ 从灌浆特性分析,免耕覆盖和深松覆盖能提高最大灌浆速率,延缓后期灌浆速率下降,延长灌浆时间,进而提高小麦的千粒重。

参考文献:

[1] 常旭红. 保护性耕作的效益及应用前景分析[J]. 耕作与栽培, 2004, (1): 1-3, 44.
[2] 谢瑞芝, 李少昆, 李晓军, 等. 中国保护性耕作研究分析——保

护性耕作与作物生产[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1914—1924.

[3] 邹应斌. 国外免耕栽培的研究与应用[J]. 作物研究, 2004, (3): 127—132.

[4] Blevins R I, Thmas G W, Smith M S, et al. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn [J]. Soil and Tillage Research, 1983, (3): 135—146.

[5] Lal R. No-tillage effects on soil properties under different crops in western[J]. Nigenia Soil Sci, Soc Am Proc, 1997, (2): 48—76.

[6] 佟培生, 李 勇, 何奇镜, 等. 吉林省中部地区玉米少耕法研究报告 II. 少耕有效年限试验报告[J]. 吉林农业科学, 1999, 24(1): 8—11.

[7] 杨思存, 霍 琳, 王建成, 等. 秸秆还田的生化他感效应作用研究初报[J]. 西北农业学报, 2005, 14(1): 52—56.

[8] 李洪文, 高焕文, 周兴祥, 等. 旱地玉米保护性耕作经济效益分析[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 44—49.

[9] 党占国, 刘文国, 周济名, 等. 魏北旱地冬小麦不同覆盖模式增温效应研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(2): 24—27.

[10] 马宗斌, 李伶俐, 房卫平, 等. 麦秸覆盖对土壤温湿度变化和夏棉生长发育的影响[J]. 河南农业大学学报, 2004, (4): 379—383.

[11] 张晓平, 方华军, 杨学明. 免耕对黑土春夏季节温度和水分的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 313—316.

[12] 吕军杰, 姚宇卿, 王育红, 等. 不同耕作方式对坡耕地土壤水分及水分生产效率的影响[J]. 土壤通报, 2003, (1): 74—76.

[13] 陈素英, 张喜英, 刘孟雨, 等. 玉米秸秆覆盖下的土壤温度和土壤水分动态规律[J]. 中国农业气象, 2002, 23(4): 34—37.

[14] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 保持耕作技术对旱区坡耕地水土流失的影响[J]. 西北农业学报, 2003, (2): 41—43.

[15] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 豫西旱坡地高留茬深松对冬小麦生态效应的研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, (2): 146—148.

Study on long-term site-specific conservation tillage on
sloping dryland in the western part of Henan

— I. Effects of No-till and subsoiling with mulching on growth characteristics and yield of winter wheat

WANG Yu-hong¹, CAI Dian-xiong², YAO Yu-qing¹, WANG Xiao-bin², LU Jun-jie¹,
LI Jun-hong¹, DING Zhi-qiang¹, ZHANG Jie¹

(1. Luoyang Academy of Agricultural Sciences, Luoyang, He'nan 471022, China;
2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of
Agricultural Sciences, Beijing 10082, China)

Abstract: Based on long-term site-specific trials from 1999 to 2006, this paper studied the effects of subsoiling (ST) with mulching and no-till with mulching (NT) on yield and growth characteristics of winter wheat. The results were as following: compared with conventional tillage (CK), ST and NT could increase the yield of winter wheat with their application going on, and ST was better than NT. Compared with CK, ST increased yield by 4.88%~20.90%, averaging 8.77% for 7 years. NT decreased yield in early application, but it could boost significantly yield in dry years, with an average increasing rate of 3.70% over CK. Under ST and NT treatments, winter wheat grew more slowly, which behaved as falling of plant height, decreasing of leaves of the main stem, tillers per plant, second roots, weight and leaf area index in early growth period. After jointing, winter wheat developed faster under the two kinds of conservational tillage. Except tillers per plant, the others were beyond that of CK. The maximum filling rate was enhanced under the conservational tillage, delaying last filling slowing and prolonging tilling time, so that 1000-grain weight was improved.

Keywords: conservational tillage; long-term site-specific trial; sloping dryland; yield