

豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究

——III. 综合效益分析

王育红¹, 姚宇卿¹, 蔡典雄², 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: 分析豫西旱地保护性耕作的经济、社会、生态等综合效益, 筛选出适宜的耕作措施, 可为河南省建立粮丰工程技术平台, 实现农业可持续发展提供参考依据。本研究就中国农科院洛阳旱作试验基地孟津县送庄观测场, 保护性耕作(免耕覆盖与深松覆盖)与传统耕作 1999~2006 年长期定位田间试验与模拟试验资料进行了系统分析。结果表明: 深松覆盖和免耕覆盖每公顷分别节本 412 元和 562 元, 7 年平均增产 8.78% 和 3.70%, 净增效益 888.2 元和 762.7 元, 水分利用效率提高 $1.0 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 和 $0.4 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$, 夏休闲降水贮蓄率可提高 15.8% 和 12.5%。自然降水和模拟降水条件下, 保护性耕作保水保土效果随着实施年份的增加而增加。在保护性耕作实施初期, 深松覆盖的水土保持效果优于免耕覆盖的, 2 年后免耕覆盖的水土保持效果略优于深松覆盖的。土坡耕地养分流失最严重的是钾, 其次是氮, 磷的流失相对较小; 免耕覆盖和深松覆盖对 N 和 K 的流失有不同程度的减少作用。

关键词: 保护性耕作; 综合效益; 豫西旱坡地

中图分类号: S345 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0052-07

保护性耕作(Conservation tillage, CT)是在保护环境、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。我国自 20 世纪 70 年代就开始了少免耕等保护性耕作技术的研究, 经过近 20 多年的发展和完善, 该项技术日趋成熟, 各地方相继探索出适应本地区的技术体系^[1-4]。随着保护性耕作重要性的逐渐显现, 有关保护性耕作的研究得到了各级政府和研究机构的重视。据 FAO 公布的数据, 仅 2004~2005 年度中国的保护性耕作土地面积是 100 万 hm^2 ^[5]。大量的研究表明保护性耕作具有促进农业发展和抑制沙尘暴、减少水土流失、遏制水体富营养化和促进农业生产发展的双重效果, 是当今世界上应用最广、效益最好的一项旱地农业耕作技术, 是人类与自然协调发展过程中的必然选择^[6]。自 20 世纪 30 年代北美遭遇了前所未有的“黑暴”肆虐开始保护性耕作研究至今, 国内外在理论研究和生产实践中积累了丰富的经验。由于各地气候、作物、土壤、种植制度等存在很大差异, 不同国家不同区域根据其自身的特点, 研究和推广的保护性耕作也大相径庭^[7-12], 其效果也千差万

别^[13-20]。仅作物就涉及 15 种, 增产或减产的现象都是客观存在的^[21-25]。河南省是人口和农业大省, 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, 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 年建立了长期定位的研究基地, 对保护性耕作技术采用田间试验与模拟试验相结合、试验研究与示范推广相结合、专项研究与综合研究相结合的方法进行了系统研究。本文就豫西旱地保护性耕作技术的经济、社会、生态等综合效益进行分析, 对豫西旱地保护性耕作做出客观、科学的评价, 为改革传统耕作实现该地区农业的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

豫西地区位于黄土高原的东南边缘, 是黄土高原向黄淮海平原过渡的交错地带, 也是我国亚热带气候向温带气候过渡的地带, 属温带半湿润偏旱季风气候。山高坡陡, 沟壑纵横, 水土流失十分严重。光热资源充足, 年平均气温 14.6°C , 日均温通过

收稿日期: 2009-05-10

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(2002AA623311)

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。

10℃的活动积温 4 200℃,日照时数 2 200 h,干燥度 1.34,无霜期 215~219 d。降水量常年 643.4 mm,降水季节分配不均,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 mm/h~242 mm/h,水土和养分流失比较严重,干旱发生频率较高。

1.2 试验设计

该试验设在洛阳市北部 20 km 的孟津县送庄村“洛阳旱地农业田间试验观测场”,该地区山高坡陡,沟壑纵横,水土流失十分严重。土壤中粘粒、粉粒和沙粒的含量见表 1。由表 1 可以看出,土壤粉粒含量占了 74%以上,属于粉砂土。

表 1 洛阳实验基地土壤特性
Table 1 Soil characteristics of the trial base in Luoyang

剖面 Soil section	深度 (cm) Soil layer	沙粒 (%) Sand	粉粒 (%) Dust	粘粒 (%) Clay	CaCO ₃ (%)	pH - KCl
Ao	0~2	10.9	74.8	14.3	11.3	7.7
Ap	2~30	11.6	74.3	14.1	12.9	7.8
B1	30~60	11.7	74.5	13.8	14.2	7.7
B2	60~85	11.6	73.6	14.8	14.6	7.8
C	85~130	11.5	74.5	14.0	13.5	7.9

试验场从 1999 年开始采取长期定位保护性耕作试验,分自然降雨试验区 and 模拟降雨试验区,坡度 8°。自然降雨试验区设 3 个处理:A)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;B)深松覆盖(SS):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;C)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。自然降雨试验区主要用来研究自然降雨条件下,不同耕作措施对冬小麦产量以及土壤侵蚀的影响。模拟降雨试验区处理同自然降雨试验区,主要用来研究不同耕作措施下不同降雨强度和历时黄土坡耕地土壤侵蚀规律。

1.3 测定方法和数据处理

(1) 水土流失:自降雨和人工模拟降雨试验。模拟降雨试验装置采用比利时引进的田间移动式模拟降雨器,模拟降雨器共设两组喷头,喷头离地面的高度为 1.8 m,喷头压力为 0.1 Pa,纵向距离为 1.7 m,横向距离为 1.0 m,喷洒覆盖半径为 2.55 m,降雨模拟器的降雨量可通过选定的喷头的数量来完成,每次模拟降雨试验持续 30 min。模拟过程,记录降雨和径流的起止时间,在径流开始后连续记录径流量,同时在 0、2.5、5、7.5、10、15、20、25、30 min 时间

采集径流样经流产,沙量利用烘干法测定。自然降雨条件所产生的径流用 flume 和自动数据采集器进行同步动态监测。(2) 土壤水分含量(V/V):中子仪 TDR 法,定点,每 10 天测定 1 次,雨后加测,测定深度为 160 cm,分为 9 层,依次为 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~70、70~90、90~120 cm 与 120~160 cm。(3) 土样分析及其他:采用常规法。

2 结果与分析

2.1 保护性耕作节本增收的生产效益

表 2 表明,不同年份保护性耕作增产效果不同,深松覆盖稳产增产效果优于免耕覆盖。深松覆盖无论何种年份均增产,增产幅度为 4.88%~20.9%,平均增产 8.78%,每公顷增效平均 476.2 元;免耕覆盖在实施初表现出减产,且减产显著。7 年平均增产 3.70%,每公顷增效平均 200.7 元。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 4),夏休闲期(2002 年夏休闲降水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。深松覆盖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。免耕覆盖同深松覆盖处理一样,特别于旱年份增产显著,但在丰水年份略有减产。

表 2 保护性耕作不同年份冬小麦产量和产量效益的分析(kg/hm²)

Table 2 Analysis of different tillage treatments on yield and its benefits of winter wheat in the following years

处理 Treatment	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	平均 Average
免耕覆盖 NT	3856.5b	4107.0a	5297.5a	4777.5b	4270.5a	5292.0b	5217.0a	4688.3
深松覆盖 ST	4593.0b	4245.0b	5479.5b	4857.0b	4560.0a	5245.5b	5445.0a	4917.9
传统耕作 CK	4218.0a	3921.0a	5169.0a	4018.5a	4347.0a	4801.5a	5172.0a	4521.0
较 CK	NT	- 8.57	4.74	2.49	18.89	- 1.76	10.22	3.70
增减(%)	ST	8.89	8.26	6.01	20.87	4.90	9.25	8.78
较 CK 增产	NT	- 433.8	223.2	154.2	910.8	- 91.8	588.6	200.7
效益(元/hm ²)	ST	450.0	388.8	372.6	1006.2	255.6	532.8	476.2

注:小麦种子:2.4 元/kg;小麦商品价:1.4 元/kg;不同字母表示差异达显著水平(P<0.05)。

Note: Wheat seed: 2.4 yuan/kg; Commercial wheat: 1.4 yuan/kg. Different letters mean significant difference at 5% level of probability.

表 3 列出了不同耕作方式生产成本对比结果。当综合考虑整地种子、化肥、地膜、人工等生产投入时,传统耕作小麦收获后秸秆人工拉走或焚烧,7 月初耕翻和旋耙,九月中下旬耕翻一次,旋耙 2 次然后

播种,播量一般为 135 kg/hm²,保护性耕作由于土壤没经过平整出苗质量差,播量较传统耕作增加 20%,平均公顷节本 412~562 元,净增效益 762.7~888.2 元。

表 3 保护性耕作模式效益分析(元/hm²)

Table 3 Efficiency analysis of different conservation tillages per year

处理 Treatment	机耕费 Machine plough cost	种子费 Seed cost	人工费 Labor cost	农药费 Insecticide cost	节本增效 Saving cost	增产值 Income increase	净增效益 Net income
传统耕作 CK	1050	189	450	150			
免耕覆盖 NT	450	227	375	225	562	200.7	762.7
深松覆盖 ST	600	227	375	225	412	476.2	888.2

注:深耕:300 元/hm²;旋耕:150 元/hm²;秸秆粉碎播种:150 元/hm²;免耕播种:450 元/hm²;深松播种:600 元/hm²;除草剂:19.6 元/kg,用量为 1.5 kg/hm²;人工费:12 元/d;农药:150 元/hm²。

Note: Deep tillage:300 yuan/hm²; Revolved tillage: 150 yuan/hm²;Straw shattering: 150 yuan/hm²;No-till seeding: 450 yuan/hm²;Subsoiling seeding: 600 yuan/hm²; Herbicide:19.6 yuan/kg, using 1.5 kg/hm²;Labor cost:12 yuan/day; Insecticide cost: 150 yuan/hm².

2.2 保护性耕作技术的节水效益

从表 4 可以看出:该地区小麦生育期平均降水为 179.9 mm,耗水量为 350 mm,夏休闲降水为 381 mm。深松覆盖处理下的冬小麦水分利用效率一直高于对照;免耕覆盖在前 3 年水分利用效率低于传统耕作,3 年之后水分利用效率高于传统耕作,说明免耕初期有负面影响。与传统耕作比,保护性耕作实施 7 年免耕覆盖和深松覆盖水分利用效率平均提高 0.4 kg/(mm·hm²)和 1.0 kg/(mm·hm²),雨季夏休闲降水贮藏蓄率可提高 12.5%~15.8%。表 4 还表明保护性耕作越是干旱年份保水保墒效果越显著。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%,水分是制约该地

区冬小麦生长发育的关键因素。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,同时又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又培肥了地力,为冬小麦生长发育提供较多的水分和养分。而免耕覆盖实施初期土壤不翻动,土壤表层过紧,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,导致产量效果差,水分利用效率较传统耕作的低;随着免耕实施年份的增加,秸秆还田,培肥了地力,提高土壤结构,改善了土壤理化特性,特别是降低了土壤容重,促进了土壤水肥的利用,从而提高了水分利用效率。

表 4 不同耕作措施对水分利用效率及水分贮存效率的影响

Table 4 Effect of different tillages on water use efficiency and soil saving up water in summer fallow

小麦生育期 The growth period of wheat				夏休闲 Summer fallow					
处理 Treatment	降水量 Rainfall (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	水分利用效率 WUE [kg/(mm·hm ²)]	降水量 Rainfall (mm)	雨季初土壤 含水量 Soil water in the initial stage (mm)	雨季末土壤 含水量 Soil water in the end stage (mm)	土壤蓄水量 Soil water store(mm)	降水贮蓄率 Rainfall store ratio in soil(%)	
2000	NT	127.6	255.5	15.0	344	265.0	445.5	180.5	52.5
	ST	127.6	264.2	17.4	344	253.6	435.6	182.0	53.0
	CK	127.6	256.0	16.5	344	248.3	409.3	161.0	46.9
2001	NT	205.2	419.3	9.8	308	231.4	374.3	142.9	52.1
	ST	205.2	418.6	10.1	308	222.2	403.5	181.3	58.9
	CK	205.2	386.4	10.2	308	228.1	386.2	158.1	51.5
2002	NT	240.6	319.2	15.3	133	235.3	281.5	46.2	34.8
	ST	240.6	332.8	16.5	133	213.0	265.0	52.0	39.1
	CK	240.6	315.4	16.4	133	223.3	253.8	30.5	22.9
2003	NT	227.6	263.2	18.2	767	181.5	467.1	285.6	37.2
	ST	227.6	275.1	17.7	767	163.2	460.1	296.9	38.7
	CK	227.6	256.4	15.7	767	166.6	454.4	287.8	37.5
2004	NT	154.0	428.4	10.4	542	194.0	422.7	228.7	42.2
	ST	154.0	426.5	10.7	542	188.9	426.0	237.1	43.8
	CK	154.0	436.1	10.0	542	173.6	412.0	238.4	44.1
2005	NT	125.1	403.8	13.1	326	144.0	395.9	251.9	77.4
	ST	125.1	401.9	13.1	326	149.2	393.4	244.2	75.0
	CK	125.1	380.7	12.6	326	156.4	337.3	180.9	55.6
2006	NT	179.5	356.5	14.6	250	214.2	383.2	169.0	67.6
	ST	179.5	356.2	15.3	250	225.2	390.6	165.4	66.2
	CK	179.5	418.4	12.4	250	200.9	363.0	162.1	64.8
平均 Average	NT	179.9	349.4	13.8	381	209.3	395.7	186.4	52.0
	ST	179.9	353.6	14.4	381	202.2	396.3	194.1	53.5
	CK	179.9	349.9	13.4	381	199.6	373.7	174.1	46.2

2.3 保护性耕作的生态效益

保护性耕作能减少坡耕地水土流失、减低径流水土中养分的浓度、特别是遏制了土壤中硝态氮的淋溶,从在一定程度上缓解了水体的富营养化。另一方面近年来,随着经济的发展,作物秸秆不再成为农村生活中依赖燃料,田间焚烧现象非常普遍。据估计,我国每年生产的秸秆量约 6 亿 t, 尽管各级政府已采取有关禁烧措施,但仍有 30%~80% 的秸秆被烧。秸秆焚烧带来了大量烟雾,造成空气污染和环境危害。保护性耕作将秸秆全部还田,大大减少了 CO₂ 的排放量,有效控制了温室效应,保护了环境,其生态效益不可估量的作用。

2.3.1 保护性耕作技术对水土流失的影响

(1) 田间人工模拟降雨条件下。

在坡度和雨强相同的情况下,不同耕作措施下

黄土坡耕的产流特征见表 5。由于免耕覆盖处理在降雨 30 min 没有产生径流,延迟到 60 min。与传统耕作相比,保护性耕作地表产流起始时间延迟,免耕覆盖与深松覆盖处理分别延迟 38.6 min 和 9.5 min; 产流延时二者则大幅度缩短,分别缩短了 76.19% 和 61.90%; 径流系数分别降低了 97.49% 和 81.20%。免耕覆盖处理在 1h 的降雨时间内,径流量仅为传统耕作的 2.51%,土壤流失量为 220 kg/hm²,减少了 98.58%。深松覆盖减少水土流的效果也十分相分显著,在相同的降雨历时,径流量和土壤流失量分别较传统耕作减少 81.17% 和 89.32%。这主要是由于免耕覆盖和深松覆盖麦茬的拦水和根茬固土作用,相应的减少了田间径流和冲刷,同时减轻了雨水侵蚀和片蚀^[26]。而传统耕作没有秸秆覆盖,土壤在于地的分散及打击作用下,土壤团聚体被

分散,促使地表结皮,很快产生径流。

表 5 模拟降雨下不同耕作措施对水土流失的影响 (雨强 123 mm/h,2005 年)

Table 5 Effect of different tillages on water and soil loss under rainfall simulation (Rainfall: 123 mm/h, 2005)

处理 Treatment	降雨历时 Rainfall time (min)	产流时刻 The time of runoff (min)	产流延时 Time detention (min)	径流深度 Depth (mm)	径流系数 Coefficient (%)	土壤流失量 Soil loss (10 ³ kg/hm ²)
NT	60	40.0	0.5	0.28	0.23	0.22
ST	30	10.9	0.8	1.06	1.72	1.65
CK	30	1.4	2.1	5.63	9.15	15.45

(2) 自然降水条件下。

耕作措施与径流次数和径流量有着极为密切的关系。在自然降水条降下,保护性耕作开始实施对水土保持有明显的作用,保水效果随着耕作年份的增加而增加。与传统耕作比,第 1 年,免耕覆盖减少径流 17.39%,深松覆盖减少 30.43%,第 2 年分别减少 82.56%和 100%,5 年以后保护性耕作处理在

雨季几乎没产生径流。从表 5 上可以看出,免耕覆盖在第 4 年雨季强的降水过程保水效果比深松覆盖好,提高了 14.29%。这是由于免耕覆盖不翻动土壤,实施初期透水性比深松覆盖差;而经过长期免耕而没有人干扰,形成良好自然土体结构,利于水分快速下渗。

表 6 不同年份耕作措施对坡耕地径流量的影响 (mm)

Table 6 Effect of different tillages on runoff of experiment plots during the following years

处理 Treatment	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
免耕覆盖 NT	1.9	0.6	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0
深松覆盖 ST	1.6	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0
传统耕作 CK	2.3	3.5	0.0	> 35.0*	48.0	7.11	0.0

2.3.2 保护性耕作对土壤养分流失的影响 对径流样和沉淀样分析表明(表 7):养分流失最严重的是钾,其次是氮,磷的流失相对较小;免耕覆盖和深松覆盖对 N 和 K 的流失有不同程度的减少作用。免耕覆盖下 N 侵蚀量减少 8.11%,P 侵蚀量减少

37.50%,K 侵蚀量减少 31.51%;深松覆盖下 N 侵蚀量减少 69.37%,P 侵蚀量减少 58.33%,K 侵蚀量减少 61.10%。说明保护性耕作实施初期对减少养分流失、遏制面源污染就有很好的效果。

表 7 不同耕作措施对养分流失的影响

Table 7 Effect of different tillages on nutrient loss

处理 Treatment	氮 N			磷 P			钾 K		
	沉淀 Deposition (g/kg)	径流 Runoff (mg/kg)	侵蚀量 Erosion (kg/hm ²)	沉淀 Deposition (g/kg)	径流 Runoff (mg/kg)	侵蚀量 Erosion (kg/hm ²)	沉淀 Deposition (g/kg)	径流 Runoff (mg/kg)	侵蚀量 Erosion (kg/hm ²)
免耕覆盖 NT	2.25	12.03	1.02	0.86	0.22	0.15	22.04	14.96	4.00
深松覆盖 ST	1.98	9.69	0.34	0.93	0.30	0.10	20.58	13.25	2.33
传统耕作 CK	3.13	15.21	1.11	1.00	0.31	0.24	22.60	25.53	5.84

注:2000 年 9 月 25 日一次降水 48 mm,最大降雨强度为 64 mm/h 测定的结果。
Note: the results was measured after rainfall 48 mm,max rainfall intensity 64 mm/h on 25th Sep. in 2000 year.

3 讨 论

Riley 等比较了国外 130 组翻耕和免耕试验的结果,认为免耕对产量几乎没有不利影响,90%的免耕产量与翻耕没有差异,而谢瑞芝等^[5]收集了 82 篇组保护性耕作的研究论文中,51 篇报道对作物增

产,31 篇报道减产。本研究在长达 7 年的长期定位试验表明,无论是免耕覆盖还是深松覆盖保护耕作,减少土壤耕作次数,有效降低了农业生产成本,提高水分率用效率和降水贮藏率,具有明显的经济效益。免耕处理初期具有减产的负效应,随着实施年份的增加表现增产效果,但在个别年份(2004 年)还存在

减产。深松处理丰产稳产效果较好,在平均增产8.78%,50%以上年份增产达显著水平。特别是2种保护性耕作对减少坡耕地水土和养分流失具有显著的效果,在该区应用具有良好的生态效益和经济效益。

4 结 论

本研究表明,豫西旱坡地保护性耕作具有明显节本增效、提高作物水分利用效率和降水贮藏率、减少水土流失、遏止面源污染等效果。深松覆盖和免耕覆盖分别节本公顷节本412元和562元,7年平均增产8.78%和3.70%,净增效益888.2元和762.7元,水分利用效率提高 $1.0 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 和 $0.4 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$,夏休闲降水贮藏率可提高15.8%和12.5%。自然降水和模拟降水条件下,保护性耕作保水保土效果随着实施年份的增加而增加。在保护性耕作实施初期,深松覆盖的水土保持效果优于免耕覆盖的,2年后免耕覆盖的水土保持效果略优于深松覆盖的。黄土地耕地养分流失最严重的是钾,其次是氮,磷的流失相对较小;免耕覆盖和深松覆盖对N和K的流失量有不同程度的减少作用。

参 考 文 献:

- [1] 佟培生,李 勇,何奇镜.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.
- [2] 杨思存,霍 琳,王建成.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.
- [3] 袁建国,李变梅,万俊梅,等.晋西北干旱地区保护性耕作的研究[J].山西农业大学学报,2004,24(4):347—350.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Wang Xiaobin, Cai Danxiong, Hoogmoed W B, et al. Scenario analysis of tillage, residue and fertilization management effects on organic carbon dynamics[J]. Pedosphere, 2005,15(4):478—483.
- [7] West TO, Gregg M. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States, Agric[J]. Ecosys. & Environ., 2002,91(3):217—232.
- [8] Ferreras L A. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina[J]. Soil Tillage Res, 2000,(54):31—39.
- [9] Cornelis, Wang XiaoBin, Hartmann R, et al. The water balance as affected by conservation and conventional tillage practices on slope fields in the drylands of North China[R]. Proceedings of the 12th International Soil Conservation Organization Conference, 2002:26—31.
- [10] Wang XB, Cai D X, Hoogmoed WB, et al. Developments in conservation tillage in rainfed regions of North China[J]. Soil & Tillage Research, 2007,93:239—250.
- [11] 贾延明,尚长青,张振国.保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J].农业工程学报,2002,18(1):78—81+8.
- [12] 吴崇友,金诚谦,魏顺敏,等.保护性耕作的本质与发展前景[J].中国农机化,2003,(6):8—11.
- [13] 方日亮,同延安,赵二龙,等.渭北旱原不同保护性耕作方式水肥增产效应研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):54—57.
- [14] 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.
- [15] 卜玉山,邵海林,王建成.不同覆盖材料对玉米幼苗生长和土壤养分含量及分布的影响[J].水土保持学报,2002,17(3):40—42.
- [16] 董文旭,陈素英,胡春胜,等.少免耕模式对冬小麦生长发育及产量性状的影响[J].西北农业学报,2007,17(2):141—144.
- [17] 胡春胜,陈素英,赵四申,等.玉米整秸覆盖地小麦免耕播种技术初步研究[J].农业工程学报,2005,21(3):38—41.
- [18] 周应友,曾令琴.油菜秸秆还田免耕抛秧效果初报[J].耕作与栽培,2005,(2):42—44.
- [19] 智建奇,贾志森,郑联寿,等.不同保护性耕作方式对旱地玉米的增产效应[J].玉米科学,2006,21(2):112—114.
- [20] 马春梅,纪春武,唐远征,等.保护性耕作土壤肥力动态变化的研究——秸秆覆盖对土壤温度的影响[J].农机化研究,2006,(4):137—139.
- [21] 张晓平,方华军,杨学明.免耕对黑土春夏季节温度和水分的的影响[J].土壤通报,2005,36(3):313—316.
- [22] Jacinthe P A, Lal R, Kimble J M. Carbon dioxide evolution in runoff from simulated rainfall on long-term no-till and plowed soils in southwestern Ohio[J]. Soil & Tillage Research, 2002,66:23—33.
- [23] 秦红灵,高旺盛,李春阳.北方农牧交错带免耕对农田耕层土壤温度的影响[J].农业工程学报,2007,23(1):40—47.
- [24] 冯佰利,代惠萍,柴 岩,等.小杂粮保护性耕作技术探讨[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):206—211.
- [25] 李玲玲,黄高宝,张仁陟.不同保护性耕作措施对旱作农田土壤水分的影响[J].生态学报,2005,(9):2326—2332.
- [26] 金 轲,蔡典雄,吕军杰.耕作对坡耕地水土流失和冬小麦产量的影响[J].水土保持学报,2006,20(4):1—6.

Study on site-specific long-term conservation tillage on dry sloping farmland in Western He'nan

—III. Analysis of conservation tillage on comprehensive benefits

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

(1. Luoyang Academy of Agricultural Sciences, Luoyang, Henan 471022, China;

2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10082, China)

Abstract: This paper analyzed economical benefit, social benefit and environmental benefit of conservation tillage in western part of Henan so that proper tillage treatments can be selected to implement sustaining agricultural development. The research took use of field plots trial, field simulation rainfall trial and demonstration in farm field at the Songzhuang experiment station of Luoyang Dryland Farming Experiment Base of the Chinese Academy of Agricultural Sciences from 1999 ~ 2006. Compared with conventional tillage (CK), subsoil tillage with straw stubble mulch (ST) and no-tillage with straw stubble mulch (NT) could decrease production cost by 412 yuan and 562 yuan per hm^2 , increase wheat yield (average of 7 years) by 8.78% and 3.70%, net income by 888.2 yuan and 762.7 yuan, heighten WUE by 1.0 $\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ and 0.4 $\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$, and boost rainfall storage ratio by 15.8% and 12.5%. Under natural rainfall and simulated rainfall experiments, conservation tillage had better effect on soil and water conservation with its implementation time continuing. The effect of ST was better than that of NT. But 2 years later, the effect of NT was little better than that of ST. Soil nutrient kalium loss of the sloping loess farmland was the most, secondly soil nitrogen, while soil phosphorus was the smallest. ST and NT could decrease runoff of nutrient concentration and quantity.

Keywords: conservation tillage; comprehensive benefits; dry sloping farmland in Western Henan

(上接第 37 页)

Effects of atmospheric CO_2 enrichment and nitrogen application rate on photosynthetic parameters and water use efficiency of spring wheat

WANG Run-jia¹, ZHANG Xu-cheng^{2,3}, GAO Shi-ming², YU Xian-feng², MA Yi-fan²

(1. College of Agriculture, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of Northwest Crop Drought-resistant Farming, Chinese Ministry of Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The top - open chamber was used to simulate elevating atmospheric CO_2 concentration, where wheat (*Triticum aestivum* L.) was grown under different N application levels and atmospheric CO_2 concentration to study the response of wheat photosynthesis and water use efficiency (WUE) to the change of these two factors and the regulation mechanism of nitrogen application. The results showed that the net photosynthetic rate (P_n), intercellular CO_2 concentration (C_i), stomatal limitation value (L_s) and WUE were increased, but stomatal conductance (G_s) decreased gradually, while, transpiration rate (Tr) decreased first and then increased with nitrogen levels increasing under high atmospheric CO_2 concentration conditions. Compared to ambient atmospheric CO_2 treatments, P_n was decreased significantly in 0 and 0.1 g N/kg(soil) treatments and significantly increased in 0.2 g N/kg treatment with different atmospheric CO_2 concentration, while G_s , C_i and Tr were decreased. L_s and WUE got to the highest in 0.2 g N/kg, and the differences were significant compared to the other treatments. P_n and L_s were significantly increased with nitrogen levels under the condition of different atmospheric CO_2 concentration. but the response of C_i and Tr were inconsistent. So, WUE and L_s was significantly increased under long-term high CO_2 concentration. The photosynthetic down-regulation occurred in 0 and 0.1 g N/kg, but not under 0.2g N/kg treatment.

Keywords: CO_2 enrichment; nitrogen application; photosynthetic parameters; stomatal limitation value; water use efficiency