

黄土区保护性耕作对春玉米产量和土壤肥力的影响

王缠军¹, 郝明德^{2,3}, 折凤霞³, 鲍艳杰⁴

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 在黄土区春玉米地实施免耕和传统耕作的基础上, 研究了秸秆覆盖、地膜覆盖、秸秆地膜双覆盖以及不覆盖下春玉米产量和土壤肥力的变化。结果表明: 传统耕作下不覆盖的产量为 6 212.75 kg/hm², 秸秆覆盖比不覆盖增产 45.67%, 地膜覆盖增产 47.24%, 秸秆地膜双覆盖增产幅度可达 73.24%; 免耕下秸秆覆盖比不覆盖仅增产了 3.07%, 地膜覆盖产量增加了 28.91%, 秸秆地膜双覆盖增产 38.74%。不覆盖时免耕较传统耕作增产 19.69%, 秸秆覆盖下免耕的产量比传统耕作减少了 15.31%。在同一耕作方式下水分利用效率表现为秸秆地膜双覆盖 > 地膜覆盖 > 秸秆覆盖 > 不覆盖, 相同覆盖时免耕水分利用效率比传统耕作平均降低了 11.56%。秸秆覆盖土壤有机质含量较不覆盖平均增加了 0.62 g/kg, 地膜覆盖则降低了 0.30 g/kg。地膜覆盖速效磷含量最低, 较不覆盖平均下降了 2.93 mg/kg。免耕时土壤速效钾含量较传统耕作增加了 9.54 mg/kg, 而全磷含量与传统耕作的差异最小。

关键词: 保护性耕作; 春玉米; 水分利用效率; 土壤肥力

中图分类号: S157.4; S513.048 文献标识码: A 文章编号: 1009 7601(2011)04-0193 06

土壤耕作是农业生产中的重要组成部分, 合理的土壤耕作能够协调土壤中的水、肥、气、热的关系, 解决作物和土壤环境之间的矛盾, 有利于作物的生长发育, 对保证作物持续高产与稳产具有重要的意义^[1]。传统耕作的局限性随着农业耕作技术的发展日益凸显。传统耕作深翻后, 水分较易散失, 使得耕层的土壤含水量下降。我国北方地区干旱缺水, 免耕覆盖将有助于提高粮食产量, 免耕耕种是我国北方地区农业生产和生态环境建设中的一种选择^[2]。

国内外大量研究证明秸秆覆盖可以蓄水保墒、改良土壤和提高水分利用效率^[3-6]。单覆地膜消耗地力过重, 而单覆秸秆会导致地温下降, 秸秆地膜双覆盖则可以有效地调节地温, 提高土壤贮水能力和降水利用效率^[7], 从而使产量增长。免耕措施下玉米产量比对照可增产 1 556 kg/hm²^[8]。

黄土高原地区降水总量有限, 且年际和季节变率大, 作物生产力水平低下, 水土流失严重制约了农业发展^[9]。针对旱区农业的特点, 黄土区采用了免耕、秸秆覆盖等保护性耕作措施。通过对保护性耕作措施下春玉米产量和土壤水肥状况的分析, 可以揭示出影响作物产量及土壤肥力的因素, 从而找到适应旱区农业生产的保护性耕作措施。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验从 2005 年起在长武县洪家镇王东村中国科学院长武农业生态试验站进行, 该地区年均降雨量 578.5 mm, 年均气温 9.1℃, 海拔 1 200 m, > 10℃积温 3 029℃, 无霜期 171 d, 属暖温带半湿润大陆性季风气候, 是典型的雨养农业区, 农作物以一年一熟小麦、玉米为主。玉米生育期年均降雨量为 412.8 mm, 2007 年生育期降雨量为 384 mm。

试验设 8 个处理: (1) 传统耕作(T): 播种前翻耕; (2) 传统耕作+ 秸秆覆盖(TS): 在上茬玉米收获后用秸秆整秆覆盖; (3) 传统耕作+ 地膜覆盖(TP): 播种前覆膜, 膜上种植玉米; (4) 传统耕作+ 秸秆+ 地膜覆盖(TSP): 膜上种植玉米, 行间秸秆整秆覆盖; (5) 免耕(NT): 不翻耕; (6) 免耕+ 秸秆覆盖(NTS): 不翻耕, 上茬玉米收获后秸秆整秆覆盖; (7) 免耕+ 地膜覆盖(NTP): 不翻耕, 播前覆膜, 膜上种植玉米; (8) 免耕+ 秸秆+ 地膜覆盖(NTSP): 不翻耕, 播前覆膜, 膜上种植玉米, 行间用秸秆整秆覆盖。秸秆覆盖量为每小区玉米收获后全部秸秆用于覆盖。地膜覆盖为平作, 免耕地覆膜时人工开沟, 将对耕层土壤的扰动减小到最少。各处理播种行距为 62.5 cm, 播种

收稿日期: 2010 09 02

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目“耕地保育与持续高效现代农业试点工程(KSCX-YW-09-02, KSCX-YW-09-07); 国家重点基础研究发展计划“主要粮食作物高产栽培与资源高效利用的基础研究”(2009CB118604); 国家科技支撑计划重大项目“农田水土保持关键技术研究与示范农田水土保持工程与耕作关键技术研究”(2011BAD31B01)

作者简介: 王缠军(1984—), 男, 河南焦作人, 在读硕士研究生, 主要从事保护性耕作方面的研究。E-mail: wangchanjun220@126.com.

通信作者: 郝明德, E-mail: hmiao@mails.nwafu.ac.cn. Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

密度为 3 048 株/667m²。小区面积为 7×5=35 m²，顺序排列，3 次重复。本文采用 2007 年试验结果。春玉米品种为沈单 10 号，4 月 20 日播种，9 月 25 日收获。施肥量为纯 N 150 kg/hm²，P₂O₅ 90 kg/hm²。氮肥用尿素，含氮 46%，磷肥用过磷酸钙，含 P₂O₅ 16%，于作物播种前撒施翻入土壤，免耕地将肥料施于沟中，田间管理同大田。

1.2 测定指标及方法

收获后获取实际产量并进行考种；采用烘干法测定播种前和收获后 0~4 m 土壤水分。土壤养分测定：土壤全 N（开氏定氮法）；全磷（酸溶-钼锑抗比色法）；速效磷（0.5 mol 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法）；碱解氮（碱解扩散法）；速效钾（火焰光度法）；有机质（重铬酸钾外加热法）。

1.3 分析计算方法

土壤储水量表达式为： $S_w = d \times r \times w / 10$ ，式中 S_w 为土壤储水量（mm）； d 为土层厚度（cm）； r 为土壤容重（g/cm³）； w 为土壤含水量（%）。

耗水量（mm）= 播前土壤储水量（mm）+ 降雨量（mm）- 收获后土壤储水量（mm），（不灌溉，径流可以忽略）。

土壤水分利用率 $[\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)] = \text{玉米籽粒产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) / \text{耗水量}(\text{mm})$ 。

采用 SAS 软件分析不同处理之间的差异性。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式下覆盖对春玉米产量性状的影响

传统耕作时不同覆盖的产量性状差异较大。不覆盖产量为 6 212.75 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 45.67%，地膜覆盖增加了 47.24%，秸秆地膜双覆盖产量为 10 763.03 kg/hm²，增产了 73.24%。

双覆盖下春玉米生物量增加最为显著，较不覆盖增加了 28.30%。不同覆盖中双覆盖的穗粗最大。不覆盖时穗粒数为 561 个，秸秆覆盖比不覆盖穗粒数下降了 28 个，而地膜覆盖增加了 19 个，双覆盖穗粒数最大，比不覆盖增加了 43 个。不覆盖下百粒重仅为 31.50 g，秸秆覆盖比不覆盖增加了 1.97 g，地膜覆盖增加了 5.33 g，双覆盖的百粒重为 42.37 g，增幅可达 34.51%。

免耕下不覆盖的春玉米产量为 7 436.25 kg/hm²，地膜覆盖比不覆盖产量增加了 28.91%，而秸秆覆盖仅增产 3.07%，双覆盖增产 38.74%。不同覆盖下生物量和穗粗的增减趋势与产量一致。秸秆覆盖和双覆盖的穗粒数比不覆盖都有增加，地膜覆盖的穗粒数比不覆盖下降了 11 个。不覆盖的百粒重为 33.30 g，秸秆覆盖比不覆盖增加了 1.00 g，地膜覆盖增加了 4.57 g，双覆盖百粒重增加了 22.43%。

不覆盖时免耕的春玉米产量比传统耕作增加了 19.69%，生物量增加了 11.80%，穗粗、穗粒数和百粒重无明显差异。秸秆覆盖下免耕的春玉米产量比传统耕作下降了 15.31%，生物重、穗粗、穗粒数和百粒重无明显差异。地膜覆盖下免耕的产量、生物重、穗粗和百粒重要高出传统耕作，但均未达到显著水平。双覆盖下免耕的春玉米产量比传统耕作下降了 4.15%，各产量构成因素差异都不显著。

2.2 不同耕作方式下覆盖对春玉米养分吸收量的影响

2.2.1 不同耕作方式下覆盖对春玉米氮吸收量的影响 在传统耕作条件下，不覆盖的籽粒吸氮量为 50.86 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 48.01%，地膜覆盖增加了 48.35%，秸秆地膜双覆盖增加了 70.57%。不覆盖的茎秆吸氮量为 6.89 kg/hm²，秸

表 1 保护性耕作对春玉米产量性状的影响

Table 1 Effects of different conservation tillage measures on spring maize yield characters

处理 Treatments	产量 Yield (kg/hm ²)	生物量 Biy yield (kg/hm ²)	穗粗 Ear diameter (cm)	穗粒数 Kemel number per ear	百粒重 100 grain weight (g)
T	6212.75e	13761.86d	5.5d	561a	31.50c
TS	9050.25c	16666.71abc	5.7bc	533a	33.47bc
TP	9147.75c	16757.14ab	5.7bc	580a	36.83abc
TSP	10763.03a	17657.14ab	5.9a	604a	42.37a
NT	7436.25l	15385.71c	5.6cd	535a	33.30bc
NTS	7664.75l	16319.00bc	5.7bc	548a	34.30bc
NTP	9586.25bc	16876.14ab	5.8ab	524a	37.87ab
NTSP	10316.75ab	17776.14a	5.9a	556a	40.77a

注：同列数字标注不同字母者差异显著（ $P < 0.05$ ）

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences at $P < 0.05$ level.

秆覆盖比不覆盖增加了 37.30%，地膜覆盖增加了 21.77%，双覆盖增加了 48.77%。不覆盖的叶片吸氮量仅为 9.81 kg/hm²，秸秆覆盖和地膜覆盖比不覆盖有显著增加，双覆盖的吸氮量最大。

免耕条件下，不覆盖的籽粒吸氮量为 59.23 kg/hm²，秸秆覆盖与不覆盖差异不显著，而地膜覆盖增加了 33.97%，双覆盖增加了 38.11%。不覆盖的茎秆吸氮量最低，秸秆覆盖仅增加了 0.6 kg/hm²，而双覆盖的增量也较小，地膜覆盖增加了 54.40%。不覆盖的叶片吸氮量为 8.98 kg/hm²，秸秆覆盖、地膜覆盖和双覆盖之间的差异不明显，但较不覆盖均显著增加了吸氮量。

在传统耕作及免耕条件下，不同覆盖措施下春玉米籽粒、茎秆和叶片的吸氮量均较不覆盖有不同程度增加，说明覆盖可以增加作物的吸氮量，且双覆盖的增量最显著。

2.2.2 不同耕作方式下覆盖对春玉米磷吸收量的影响 传统耕作时，不覆盖籽粒的吸磷量为 8.87 kg/hm²，秸秆覆盖、地膜覆盖和秸秆地膜双覆盖较不覆盖都增加了 50.00% 以上，其中双覆盖的吸磷量最大。各处理间的茎秆吸磷量差异较小。不覆盖的叶片吸磷量为 0.77 kg/hm²，秸秆覆盖与不覆盖差异不显著，地膜覆盖增加了 38.96%，双覆盖增幅为 58.44%。

免耕时，不覆盖的籽粒吸磷量为 9.33 kg/hm²，秸秆覆盖、地膜覆盖和双覆盖显著高于不覆盖。不

同覆盖的茎秆吸磷量差异不显著。不覆盖的叶片吸磷量为 0.65 kg/hm²，秸秆覆盖、地膜覆盖和双覆盖较不覆盖均显著增加了叶片的吸磷量，但 3 种覆盖间的差异却极小。

在传统耕作及免耕条件下，不同覆盖措施对籽粒和叶片的吸磷量影响显著，说明覆盖措施可以增加作物的吸磷量，但对茎秆的吸磷量影响却较小。

2.2.3 不同耕作方式下覆盖对春玉米钾吸收量的影响 传统耕作下不覆盖的籽粒吸钾量为 11.53 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 62.62%，地膜覆盖增加了 37.29%，秸秆地膜双覆盖增加了 75.63%。不覆盖的茎秆吸钾量为 10.79 kg/hm²，秸秆覆盖与不覆盖的差异不明显，地膜覆盖比不覆盖增加了 70.25%，双覆盖增加了 124.37%。秸秆覆盖、地膜覆盖和双覆盖较不覆盖均显著增加了叶片吸磷量。

免耕下不覆盖的籽粒吸钾量为 12.46 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 22.95%，地膜覆盖增加了 46.71%，秸秆地膜双覆盖增加了 47.67%。免耕下不同覆盖的茎秆吸钾量差异均不显著。不覆盖的叶片吸钾量为 7.98 kg/hm²，秸秆覆盖和地膜覆盖与不覆盖的差异未达显著水平，双覆盖则显著增加了叶片吸钾量。

传统耕作条件下，不同覆盖措施籽粒、茎秆及叶片的吸钾量均较不覆盖增加，说明覆盖可以增加作物吸钾量，而免耕下茎秆吸钾量覆盖却较不覆盖增加不显著。

表 2 保护性耕作对春玉米不同器官养分吸收的影响

Table 2 Effects of conservation tillage methods on nutrient uptake by grain, straw and leaves

施肥 Treatments	吸氮量 N uptake(kg/hm ²)			吸磷量 P uptake(kg/hm ²)			吸钾量 K uptake(kg/hm ²)		
	籽粒 Grain	茎秆 Straw	叶片 Leaf	籽粒 Grain	茎秆 Straw	叶片 Leaf	籽粒 Grain	茎秆 Straw	叶片 Leaf
T	50.86d	6.89b	9.81c	8.87d	0.56a	0.77bc	11.53e	10.79c	9.72cd
TS	75.19b	9.46a	13.23b	14.42bc	0.60a	1.01ab	18.75ab	15.41bc	14.21ab
TP	75.36b	8.39ab	13.62b	13.45bc	0.62a	1.07a	15.83bc	18.37ab	14.16ab
TSP	86.65a	10.25a	15.88a	16.97a	0.73a	1.22a	20.25a	24.21a	15.44a
NI	59.23c	6.36b	8.98c	9.33d	0.51a	0.65c	12.46de	14.28bc	7.98d
NTS	62.63c	6.96b	12.20b	12.29c	0.49a	1.05a	15.32cd	14.59bc	9.23cd
NTP	79.35ab	9.82a	13.13b	14.05bc	0.71a	1.06a	18.28abc	17.86abc	9.86cd
NTSP	81.80ab	7.15b	13.23b	15.09ab	0.65a	1.04a	18.40abc	19.66ab	11.55bc

2.2.4 不同耕作方式下覆盖对春玉米养分总吸收量的影响 传统耕作条件下，不覆盖的春玉米总吸氮量为 67.56 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 44.87%，地膜覆盖增加了 44.12%，秸秆地膜双覆盖增加了 66.93%。不覆盖的总吸磷量为 10.20 kg/hm²，秸秆覆盖比不覆盖增加了 57.16%，地膜覆

盖增加了 48.43%，双覆盖增加了 85.49%。不覆盖的总吸钾量为 32.03 kg/hm²，秸秆覆盖和地膜覆盖较不覆盖均显著增加了总吸钾量，双覆盖的总吸钾量最高，可达 59.90 kg/hm²。说明传统耕作下覆盖可以提高春玉米总吸氮量、吸磷量和吸钾量，双覆盖的增量最大。

免耕下不覆盖的总吸氮量最小, 秸秆覆盖与不覆盖的差异不显著, 地膜覆盖和秸秆地膜双覆盖明显高于不覆盖。不覆盖的总吸磷量为 10.49 kg/hm², 秸秆覆盖比不覆盖增加了 31.84%, 地膜覆盖增加了 50.81%, 双覆盖的总吸磷量最大。不覆盖的总吸钾量为 34.72 kg/hm², 秸秆覆盖与不覆盖的差异不显著, 地膜覆盖增加了 32.46%, 双覆盖增加了 42.89%。说明免耕下不同覆盖措施可以增加春玉米总吸氮量、吸磷量和吸钾量并以双覆盖的增加量最为显著。

表 3 保护性耕作对春玉米养分总吸收量的影响

Table 3 Effects of different conservation tillage methods on total nutrient uptake by spring maize

处理 Treatments	总吸氮量 N uptake (kg/hm ²)	总吸磷量 P uptake (kg/hm ²)	总吸钾量 K uptake (kg/hm ²)
T	67.56d	10.20d	32.03c
TS	97.88b	16.03bc	48.36b
TP	97.37b	15.14bc	48.36b
TSP	112.78a	18.92a	59.90a
NT	74.57cd	10.49d	34.72c
NFS	81.79c	13.83c	39.14bc
NTP	102.29b	15.82bc	45.99b
NTSP	102.17b	16.78ab	49.61b

不覆盖时免耕的总吸氮量较传统耕作增加了 10.38%, 总吸磷量增加了 2.84%, 总吸钾量增加了 8.40%, 而秸秆覆盖时则分别降低了 16.44%, 13.72% 和 19.07%。地膜覆盖时免耕的总吸氮量比传统耕作增加了 5.05%, 总吸磷量增加了 4.49%, 总吸钾量减少了 4.90%。双覆盖时免耕的总吸氮量、吸磷量和吸钾量比传统耕作降低了 16.44%, 13.72% 和 19.07%。所以, 不同耕作方式下覆盖对春玉米养分总吸收量的影响与产量变化趋于一致。

2.3 不同耕作方式下覆盖对春玉米耗水量及水分利用效率的影响

在实施不同覆盖的第三年播种期, 传统耕作不同覆盖 0~4 m 土层贮水量差异较大, 而免耕下不同覆盖 0~4 m 土层贮水量极差仅为 2.36 mm。成熟期不同覆盖 0~4 m 土层贮水量的差异免耕和传统耕作下秸秆地膜双覆盖 > 秸秆覆盖 > 地膜覆盖 > 不覆盖, 因此覆盖可以在一定程度上增加成熟期春玉米地 0~4 m 土壤贮水量。在同一耕作方法下, 不同覆盖对春玉米耗水量的影响规律性不强。不同覆盖下传统耕作总耗水量为 1541.59 mm, 免耕为 1753.52 mm, 所以免耕下的耗水量总体上要高于传

统耕作。

传统耕作下不覆盖的水分利用效率为 16.53 kg/(hm²·mm), 秸秆覆盖比不覆盖增加了 21.29%, 地膜覆盖增加了 57.47%, 双覆盖增加了 79.43%, 变化趋势为秸秆地膜双覆盖 > 地膜覆盖 > 秸秆覆盖 > 不覆盖, 免耕下的变化趋势一致, 所以覆盖可以有效提升作物的水分利用效率。相同覆盖下春玉米的水分利用效率免耕小于传统耕作, 平均降低了 11.56%, 这表明免耕并不能增加春玉米的水分利用效率。

表 4 保护性耕作对春玉米水分利用效率的影响

Table 4 Effects of different conservation tillage methods on water use efficiency of spring maize

处理 Treatments	播种期 0~4 m 贮水量(mm) Seeding pondage	收获期 0~4 m 贮水量(mm) Harvest pondage	耗水量 (mm) Water consume	水分利用 效率 WUE [kg/(hm ² ·mm)]
T	894.13	902.21	375.92	16.53e
TS	1016.5	949.23	451.27	20.05cd
TP	879.23	911.76	351.47	26.03b
TSP	953.63	974.70	362.93	29.66a
NT	973.64	883.55	474.09	15.09e
NTS	971.28	929.87	425.41	18.02de
NTP	972.67	886.66	470.01	20.40c
NTSP	972.18	972.17	384.01	26.87b

注: 生育期降雨量为 384 mm。

Note: Precipitation is 384 mm during spring maize's growth.

2.4 不同耕作方式下覆盖对土壤养分的影响

传统耕作下不同覆盖的土壤养分含量存在明显变化。秸秆覆盖的土壤有机质含量最高, 比不覆盖增加了 0.61%, 地膜覆盖相较于不覆盖则减少了 1.61%。全氮和碱解氮含量均以不覆盖时的含量最高。不覆盖的全磷含量为 0.77 g/kg, 与覆盖时的差异不大。地膜覆盖下的速效磷含量最小。速效钾含量的变化为不覆盖 > 秸秆覆盖 > 地膜覆盖 > 秸秆地膜双覆盖。

免耕时不同覆盖的土壤养分含量表现为秸秆覆盖下的各养分含量均最高, 这是由于秸秆覆盖在土壤温度较高时具有降温作用^[10], 导致秸秆覆盖不能快速将肥料有效化, 土壤残留养分较多。秸秆覆盖较不覆盖增加了土壤中有有机质和全氮的含量, 而地膜覆盖下含量则减少。双覆盖的全磷含量最低, 仅为 0.73 g/kg。秸秆覆盖碱解氮的含量较不覆盖增加了 16.03%, 双覆盖和地膜覆盖则低于不覆盖。免耕时地膜覆盖的土壤速效磷含量仍为最低。双覆

盖较不覆盖降低了土壤全氮、碱解氮、全磷和速效磷的含量,这与双覆盖条件下作物生育期对N、P的大量吸收利用有关。

不覆盖下有机质含量免耕比传统耕作减少了5.44%,速效磷含量降低了25.04%,速效钾高出传统耕作0.88%,全磷和碱解氮差异较小。秸秆覆盖下土壤的所有养分含量免耕均高于传统耕作。地膜

覆盖下免耕的速效钾含量比传统耕作增加了5.79%,而有机质和N、P养分含量均下降。秸秆地膜双覆盖下免耕的有机质和速效钾含量高于传统耕作,而全磷、速效磷、全氮和碱解氮含量则下降。相同覆盖下免耕对土壤全磷含量影响不大,免耕土壤速效钾含量平均比传统耕作高9.54 mg/kg。

表5 保护性耕作对耕层土壤养分含量的影响

Table 5 Effects of different conservation tillage methods on subsoil nutrients

处理 Treatments	有机质 O.M (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	碱解氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
T	13.05	0.91	0.75	53.90	18.49	148.49
TS	13.13	0.87	0.74	52.71	16.27	145.50
TP	12.84	0.90	0.77	51.05	15.57	134.83
TSP	12.60	0.86	0.75	50.64	17.35	133.77
NT	12.34	0.88	0.77	53.26	13.86	149.79
NTS	13.50	0.91	0.77	61.80	20.34	158.83
NTP	11.95	0.84	0.77	50.66	10.92	142.63
NTSP	13.06	0.84	0.73	50.16	12.19	149.48

3 结论与讨论

1) 在同一耕作方法下,秸秆覆盖、地膜覆盖和秸秆地膜双覆盖都能显著增加春玉米产量。传统耕作下不覆盖的产量为6 212.75 kg/hm²,秸秆覆盖比不覆盖增产45.67%,地膜覆盖增产47.24%,秸秆地膜双覆盖增产73.24%;免耕下不覆盖的产量为7 436.25 kg/hm²,秸秆覆盖仅增产了3.07%,地膜覆盖产量增加了28.91%,双覆盖增产38.74%。双覆盖的产量、生物量和百粒重均为最高。不覆盖时免耕较传统耕作增产19.69%,秸秆覆盖下免耕的产量比传统耕作减少了15.31%。地膜覆盖、双覆盖下免耕的产量与传统耕作差异不显著。相同覆盖下免耕的穗粗、穗粒数和百粒重与传统耕作无显著差异。

2) 秸秆覆盖、地膜覆盖和双覆盖能显著增加籽粒、茎秆和叶片的吸氮量,双覆盖的增幅最为显著。覆盖对春玉米养分总吸收量的影响与产量变化趋于一致。不覆盖时免耕的总吸氮量比传统耕作增加了10.38%,总吸磷量增加了2.84%,总吸钾量增加了8.40%,而秸秆覆盖时则全部降低。地膜覆盖时免耕的总吸氮量比传统耕作增加了5.05%,总吸磷量增加了4.49%,总吸钾量减少了4.90%。双覆盖时免耕的总吸氮量、吸磷量和吸钾量比传统耕作降低了16.44%、13.72%和19.07%。

3) 播种期传统耕作不同覆盖0~4 m土层贮水量差异较大,而免耕下不同覆盖0~4 m土层贮水量极差仅为2.36 mm。成熟期贮水量的差异为秸秆地膜双覆盖>秸秆覆盖>地膜覆盖>不覆盖,免耕0~4 m土层贮水量低于传统耕作。传统耕作下不同覆盖总耗水量为1 541.59 mm,免耕下为1 753.52 mm,免耕的耗水量总体上要高于传统耕作。覆盖可以有效提升作物的水分利用效率,不同覆盖下水分利用效率的变化为秸秆地膜双覆盖>地膜覆盖>秸秆覆盖>不覆盖,而免耕的水分利用效率较传统耕作平均降低了11.56%。

4) 秸秆覆盖较不覆盖平均增加了土壤有机质含量0.62 g/kg,而地膜覆盖平均降低了0.30 g/kg。地膜覆盖下速效磷的含量最低,较不覆盖平均下降了2.93 mg/kg。秸秆地膜双覆盖土壤N、P元素的消耗明显高于其它覆盖,这与双覆盖条件下作物生育期对N、P的大量吸收利用有关,因此不同覆盖方式的施肥量也应不同。免耕的速效钾较传统耕作平均增加了9.54 mg/kg,但对土壤中全磷的影响很小。

参考文献:

- [1] 刘立晶,高焕文,李洪文.一年两熟地区全程保护性耕作体系试验与效应研究[D].北京:中国农业大学,2000.
- [2] 彭文英,张雅彬.免耕对粮食产量及经济效益的影响评述[J].干旱地区农业研究,2006,24(4):115-118.
- [3] Blevins R L, Smith M S, Thomas G W, et al. Influence of conserva

- tion tillage on soil properties[J]. Soil Water Conserv., 1983, 38: 301—305.
- [4] Goss M J, Ehlers W, Boone F R, et al. Effect of soil management production on soil physical conditions affecting root growth[J]. J Agric Eng Res, 1984, 30: 131—140.
- [5] Anderson W B, Kemper W D. Com growth as affected by aggregate stability, soil temperature, and soil moisture[J]. Agron J, 1964, 56: 453—456.
- [6] Unger P W. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum yield[J]. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42: 486—491.
- [7] 张喜文, 王桂兰, 黄明镜, 等. 高寒区旱地玉米不同覆盖方式的生态效应[J]. 山西农业科学, 2000, 28(4): 21—24.
- [8] 宫秀杰, 钱春荣, 于洋, 等. 深松免耕技术对土壤物理玉米产量的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(5): 134—137.
- [9] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 94—95.
- [10] 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.

Effects of different conservation tillage measures on spring maize yield and soil fertility in the Loess Plateau

WANG Charr jun¹, HAO Ming de^{2,3}, SHE Feng-xia³, BAO Yarr jie⁴

(1. College of Forest, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

4. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This research is based on the implement of tillage and no-tillage farming with straw mulching, plastic film mulching, straw and plastic film mulching or without mulching to study the changes of spring maize yield and soil fertility. The result shows: On the basis of tillage without mulching spring maize yield is 6 212. 75 kg/hm², straw mulching increases yield by 45. 67% compared with no mulching, plastic film mulching increases yield by 47. 24%, straw and plastic film mulching increases yield by 73. 24%; On the basis of no tillage with straw mulching the yield increases only by 3. 07% compared with no mulching, and plastic film mulching increases yield by 28. 91%, while straw and plastic film mulching increases yield by 38. 74%. Compared with tillage farming, no tillage farming increases yield by 19. 69% in no mulching condition, but it decreases yield by 15. 31% in straw mulching condition. Under the same farming method, water use efficiency trend is straw and plastic film mulching > plastic film mulching > straw mulching > no mulching, water use efficiency of no-tillage farming reduces at an average of 11. 56% compared with tillage farming. Soil organic matter content under straw mulching rises by 0. 62 g/kg compared with no mulching while that under plastic film mulching drops by 0. 30 g/kg. The content of available P under plastic film mulching is the lowest, it declines at an average of 2. 93 mg/kg compared with no mulching. The content of available K of no-tillage farming increased 9. 54 mg/kg compared with tillage farming, but there is no significant changes of total P.

Keywords: conservation tillage; spring maize; water use efficiency; soil fertility