

免耕留茬秸秆覆盖对河西走廊荒漠化 土壤改土培肥效应的研究

秦嘉海

(甘肃省河西学院农业资源与环境科学系 甘肃张掖 734000)

摘 要 在荒漠化土壤上进行了免耕留茬秸秆覆盖、免耕留茬、传统土壤耕作的田间比较试验。结果表明,免耕留茬秸秆覆盖对河西走廊荒漠化土壤农田生态环境具有良好的影响。免耕留茬秸秆覆盖与传统土壤耕作比较,0~20 cm 耕层土壤全盐、孔隙度、pH 分别降低 1.86 g/kg、5.28 %和 0.32;团粒结构,自然含水量,土壤贮水量分别增加 72.5 g/kg、32.95 g/kg 和 111.98 m³/hm²;玉米产量、产值、利润分别增加 1.95 t/hm²、1600 元/hm²和 600 元/hm²;增产率达 21.56 %;土壤有机质、全 N、速效 N、P、K 和 CEC 亦随之增加。

关键词 免耕留茬; 秸秆覆盖; 荒漠化; 改土培肥

中图分类号 S157.4; S34

河西走廊位于甘肃省内的黄河以西,东经 93°23′~104°12′,北纬 37°11′~40°09′,东西长约 1000 km;土地总面积 27.53 万 km²,耕地面积 63.40 万 hm²;海拔 1200~2400 m;年降水量 29~490 mm,年蒸发量 1800~3000 mm;全年日照时数 3000~3400 h,无霜期 160 天,干旱、大风、干热风、扬沙浮尘和沙尘暴等灾害性天气年年都有发生。走廊内 3 大内陆河流,即石羊河、黑河、疏勒河均发源于海拔 4500 m 以上的祁连山,3 河径流量 73.4×10⁸ m³,灌溉着走廊内 59.3 万 hm² 的农田。武威、张掖和酒泉分布着 178 万 hm² 的荒漠化土壤,它是在荒漠生物气候条件下发育的地带性土壤。地表生长着稀疏的旱生、超旱生植被,植被覆盖度<15%,生物成土作用微弱,土壤干燥、盐化、沙化、瘠薄、质地粗、肥力水平很低,是河西走廊的低产土壤^[1]。长期以来人们延用古老的传统耕作模式(深耕、耙地、耱地),松动土壤次数多,使土壤疏松,保水肥能力、粘结力、固结能力削弱,结构破坏,土壤易干旱,潜在肥力递减。疏松的土粒为西北地区的沙尘暴和扬沙浮尘等灾害性天气提供了粉尘资源。本文于 1998~2003 年进行了免耕留茬秸秆覆盖对河西走廊荒漠化土壤的改土培肥效应试验,达到改土、节水、抑盐、减轻沙尘暴和水土流失之目的。现将研究结果分述如下。

1 材料与方法

1.1 试验区概况和试验材料

试验于 1998~2003 年在甘肃省张掖市临泽县板桥乡进行,该区海拔高度 1520 m,年均温 7.4℃,≥10℃积温 2300~2800℃,年降水量 115~128 mm,年蒸发量 1800~2200 mm,全年日照时数 2860~3020 h,年太阳辐射量 160~180 Cal/cm²,无霜期 150~160 天。土壤类型为灰棕荒漠土,0~20 cm 耕层理化性质是:土壤有机质含量 8.42 g/kg,全 N 0.27 g/kg,碱解 N 41.61 mg/kg,速效 P (P₂O₅) 4.27 mg/kg,速效 K (K₂O) 138.49 mg/kg,阳离子交换量 (CEC) 7.18 cmol/kg,全盐 5.97 g/kg, CaCO₃ 133.10 g/kg, CaSO₄ 14.20 g/kg, pH 值 8.07;土壤体积质量 (容重) 1.06 g/cm³,总孔隙度 60.00 %, >0.25 mm 团粒结构 262.7 g/kg,土壤质地是砂质土,土层厚度 1.25 m。代表植物是梭梭 (*Haloxylon ammodendrom*)、黑柴 (*Sympegma regelii*)、紫莞木 (*Asterothamnus centraliasiticus*)、琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*)、木本猪毛菜 (*Salsola arbuscula*)、红沙 (*Reaumuria soongorica*)、泡泡刺 (*Nitraria phaeocarpa*)、刺叶柄棘豆 (*Oxytropis aciphylla*)、唐古拉白刺 (*Nitraria tangutorum*)、木本猪毛菜 (*Salsola arbuscula*)、骆驼蓬 (*Peganum harmala* L.)、骆驼刺 (*Alhagi*

①河西学院重点科研项目 (02-A2) 资助。

sparifolia)、合头草 (*Sympegme chinellsia*)，怪柳 (*Tamarix chinellsis*) 和胡杨 (*Populus euphratica*)；植被覆盖度 5 % ~ 10 %，成土母质是洪积-冲积母质。参试材料：玉米秸秆；参试作物：玉米（中单 2 号）；参试肥料： $\text{NH}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ (N 180 g/kg, P_2O_5 460 g/kg)， NH_4NO_3 (N 350 g/kg)。

1.2 试验方法

试验设 3 个处理，处理 I：免耕留茬（玉米收获后免耕留茬）；处理 II：免耕留茬秸秆覆盖（玉米收获后免耕留茬 + 玉米秸秆覆盖）；处理 III：传统耕作（耕地、耙地、耱地）为对照 (CK)，各 3 次重复；随机区组排列，小区面积 32 m^2 ($8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$)。玉米秆留茬高度 10 cm，玉米秆覆盖量 30 t/hm^2 ，玉米播种后将玉米秸秆覆盖在行间，传统耕作是玉米收获后秋耕 1 次，播种前浅耕、耙地、耱地各 1 次。播种量 0.12 t/hm^2 ，密度 6.75 万株/ hm^2 ，株行距 $25 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ 。施肥方法是穴施，播种时施用种肥，在玉米大喇叭口期和抽穗期分别追肥，每个处理施肥量相等。种肥 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0.23 t/hm^2 ，追肥 NH_4NO_3 0.45 t/hm^2 。灌水时期：苗期、大喇叭口期、抽穗期、乳熟期各灌水 1 次，每个处理灌水量相等，每次灌水 $1125 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

测定项目及方法：土壤体积质量（环刀法）、孔隙度（计算法）、自然含水量（烘干法）、贮水量（计算法）、pH 值（酸度计法，水提）、阳离子

交换量（醋酸钠-火焰光度法）、有机质（重铬酸钾法）、碱解 N（扩散法）、速效 P（碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法）、速效 K（火焰光度计法）^[2, 3]。

2 结果与分析

2.1 对土壤物理性质的影响

由表 1 可知，处理 II 免耕留茬秸秆覆盖，土壤体积质量、总孔隙度分别为 1.20 g/cm^3 和 54.72 %，与处理 III 传统耕作比较，土壤体积质量增加 0.14 g/cm^3 ，总孔隙度降低 5.28 %。而处理 III 与处理 I 免耕留茬比较，土壤体积质量、 $>2.5 \text{ mm}$ 的团粒结构分别降低 0.12 g/cm^3 和 65.7 g/kg ，总孔隙度增大 4.53 %。说明传统耕作，耕地、耙地次数多，削弱了土壤的粘结性和凝聚力，破坏了土壤结构^[4, 5]，使土壤孔隙度大。土壤过于疏松和细碎，易于形成粉尘，为沙尘暴发生提供了物质基础。免耕留茬秸秆覆盖土壤后，增加了地表覆盖度，减轻了土壤水分蒸发，提高了土壤贮水功能，对节水灌溉具有重要的意义^[6, 7]。处理 II $0 \sim 20 \text{ cm}$ 耕层自然含水量、水层厚度和土壤贮水量分别为 136.19 g/kg 、 34.31 mm 和 $343.41 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，与处理 I 比较，分别增加 13.62 g/kg 、 3.68 mm 、 $36.89 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ；与处理 III 传统耕作比较，分别增加 32.95 g/kg 、 11.18 mm 、 $111.98 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。不同处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平（表 1）。

表 1 不同处理对土壤物理性质和水分的影响

Table 1 Effect of treatments on soil physical properties and moisture

试验处理	土壤体积质量 (g/cm^3)	总孔隙度 (%)	$>0.25 \text{ mm}$ 团粒 (g/kg)	自然含水量 (g/kg)	水层厚度 (mm)	贮水量 (m^3/hm^2)
处理 I	1.18 bc B	55.47 bc B	328.4 ab A	122.6 b B	30.64 b B	306.5 b B
处理 II	1.20 c B	54.72 c B	335.2 a A	136.2 a A	34.31 a A	343.4 a A
处理 III	1.06 a A	60.00 a A	262.7 c B	103.2 c C	23.13 c C	231.4 c C

注：英文大写字母为 $\text{LSR}_{0.01}$ 显著差异水平，小写字母为 $\text{LSR}_{0.05}$ 显著差异水平（下表同）。

2.2 对土壤化学性质的影响

采用免耕留茬秸秆覆盖后，增加了地表覆盖度，降低了土壤水分蒸发，抑制了土壤返盐。从表 2 可知，处理 II $0 \sim 20 \text{ cm}$ 耕层土壤全盐含量、pH 值分别为 4.11 g/kg 和 7.75，与处理 I 比较，分别降低 1.03 g/kg 和 0.16；与处理 III 比较，分别降低 1.86 g/kg 和 0.32。免耕留茬秸秆覆盖，由于留茬的根系和秸秆覆盖的残落物进入土壤，增加了土壤有机物的来

源，对培肥土壤具有十分重要的意义。处理 II 与处理 III 比较，其 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 耕层土壤有机质、全 N、碱解 N、速效 P、速效 K、CEC 分别增加 2.01 g/kg 、 0.10 g/kg 、 8.71 mg/kg 、 1.64 mg/kg 、 29.48 mg/kg 、 6.14 cmol/kg 。而处理 III 与处理 I 比较，土壤有机质、全 N、碱解 N、速效 P、速效 K、CEC 分别降低 1.50 g/kg 、 0.05 g/kg 、 7.68 mg/kg 、 1.40 mg/kg 、 24.49 mg/kg 、 3.69 cmol/kg 。说明传统耕作次数多、土壤

疏松、孔隙度大、空气多、矿质化作用强、有机物分解快，不利于土壤养分的积累，土壤肥力有递减的趋势。而免耕留茬秸秆覆盖，将根茬秸秆留在土壤中，能够增加有机质，有机质发生分解作用形成

土壤腐殖质，土壤腐殖质与荒漠土中的石英（ SiO_2 ）结合形成有机无机复合胶体，从而提高了土壤的保肥性^[8~11]。不同处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平（表 2）。

表 2 不同处理对土壤化学性质的影响

Table 2 Effect of treatments on soil chemical properties

试验处理	全盐 (g/kg)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (P_2O_5 , mg/kg)	速效 K (K_2O , mg/kg)	CEC (cmol/kg)	pH
处理 I	5.14b A	9.92abA	0.32abA	49.29abA	5.67ab A	162.98abA	10.57abA	7.91bcA
处理 II	4.11c B	10.43a A	0.35a A	50.32a A	5.91a A	167.97a A	12.65a A	7.75b A
处理 III	5.97a A	8.42c B	0.27c B	41.61c B	4.27c B	138.49c B	7.18c C	8.07a A

2.3 对玉米经济性状和经济效益的影响

经 5 年试验资料统计分析，免耕留茬秸秆覆盖，对玉米生长发育、经济性状都具有良好的影响。从表 3 可知，处理 II 与处理 I、处理 III 比较，玉米穗粒数增加 8.77 粒和 24.24 粒，穗粒重增加 11.17 g 和 18.06 g，百粒重增加 0.37 g 和 2.31 g，产量增加 1.54

t/hm^2 和 $1.95 \text{ t}/\text{hm}^2$ ，增产率 15.87 % 和 20.99 %，产值增加 1700 元/ hm^2 和 2200 元/ hm^2 ，利润增加 200 元/ hm^2 和 600 元/ hm^2 。处理间的利润是免耕留茬秸秆覆盖 > 免耕留茬 > 传统耕作。不同处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平。

表 3 不同处理对玉米经济性状及经济效益的影响

Table 3 Effect of treatments on corn economic properties and economic benefits

试验处理	穗粒数 (粒)	穗粒重 (g)	百粒重 (g)	产量 (t/hm^2)	产值 (万元/ hm^2)	机耕费 (万元/ hm^2)	秸秆费 (万元/ hm^2)	利润 (万元/ hm^2)
处理 I	532.18abA	181.21abA	33.08abA	9.70bA	1.07bA	—	—	1.07
处理 II	540.95aA	192.38aA	33.45aA	11.24aB	1.24aB	—	0.15	1.09
处理 III	516.71cB	174.32cB	31.14cB	9.29cC	1.02cC	0.045	—	1.03

3 结论

免耕留茬秸秆覆盖对荒漠土改土培肥具有十分重要的意义，充分利用了农村家家户户的秸秆资源，增加了地表覆盖度，减轻了土壤水分蒸发，抑制了土壤返盐，提高了土壤有机质、速效 N、P、K 的含量，增强了土壤保水肥能力、粘结力、固结能力，改善了灰棕荒漠土区域农田生态环境，减轻了沙尘暴对人类的危害，具有较好的社会、生态、经济效益。

参考文献

- 秦嘉海，吕彪. 河西土壤与合理施肥. 兰州：兰州大学出版社，2001，68 ~ 70
- 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海：上海科学技术出版社，1978，110 ~ 218

- 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析法. 北京：科学出版社，1983，106 ~ 208
- 李小刚，崔志军，王玲英. 施用秸秆对土壤有机碳组成和结构稳定性的影响. 土壤学报，2002，39 (3): 421 ~ 428
- 李德成，Velde B，Delevue JF，张桃林. 免耕制度下耕作土壤结构演化的数字图像分析. 土壤学报，2002，39(2): 214 ~ 208
- 张海林，秦耀东，朱文珊. 覆盖免耕土壤棵间蒸发的研究. 土壤通报，2003，34 (4): 259 ~ 266
- 牟正国，朱文珊. 中国少免耕与覆盖技术研究. 北京：科学出版社，1991，11 ~ 18
- 徐阳春，沈其荣，冉炜. 长期免根与试用不同有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. 土壤学报，2002，39 (1): 89 ~ 95
- 张娟，沈其荣，冉炜，徐勇，徐阳春. 试用预处理秸秆对土壤供氮特征及菠菜产量和品质的影响. 土壤，2004，36

- (1): 37 ~ 42
- 10 刘海军, 谭坤, 罗尊长. 论湖南耕地资源的保养与可持续利用. 土壤, 2004, 36 (3): 232 ~ 234
- 11 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 郝艳和, 张昌爱. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响. 土壤学报, 2003, 40 (4): 618 ~ 623

EFFECTS OF NON-TILLAGE AND MULCHING ON SOIL BUILDING OF DESERTIFIED SOIL IN THE HEXI CORRIDOR

QIN Jia-hai

(*Agricultural Resources and Environment Science Department, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000*)

Abstract Field experiments on desertified soil in the Hexi Corridor were carried out to compare soil building effects between Treatment I (non-tillage + leaving stubbles + mulching with straws), Treatment II (non-tillage + leaving stubbles) and Treatment III (traditional farming produce). Results showed that Treatment I had the best soil building effect, reducing total salt, porosity and pH of the plow layer (0 ~ 20 cm) by 1.86 g/kg, 5.28 % and 0.32, respectively and increasing aggregate structure, natural moisture and moisture holding capacity of the soil by 72.5 g/kg, 32.95 g/kg and 111.98 m³/hm², respectively and yield, output value and profit of the crop of corn by 1.95 t/hm² or 21.56 %, 1600 yuan/hm² and 600 yuan/hm², respectively. Besides, its soil organic matter, total N, readily available N, readily available P, readily available K and CEC all increased correspondingly.

Key words Non-tillage and leaving stubbles, Mulching with straws, Desertification, Soil building