

深松对苏打盐碱化旱田改良与利用的影响

刘长江¹, 李取生², 李秀军¹

(1 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 哈尔滨 150040; 2 暨南大学环境工程系, 广州 510632)

摘要: 通过对不同深度深松对经过微咸水淋洗改良的中度和轻度苏打盐碱化旱田的土壤体积质量(容重)、含盐量和 pH 等理化性状及作物产量等相关性状的影响研究, 结果表明: 深松措施能够有效地降低经过淋洗改良的中度和轻度苏打盐碱化旱田的土壤体积质量、含盐量和 pH, 明显改善其土壤理化性状, 有效地促进作物根系发育, 显著提高作物产量。深松措施可作为苏打盐碱土改良与持续利用的有效耕作方式加以实施; 深松方法以效果极为显著且具有可操作性的原垄垄沟深松 40 cm, 中耕时垄沟深松 30 cm 为佳。

关键词: 苏打盐碱化旱田; 改良与利用; 深松

中图分类号: S156.4

松嫩平原西部盐碱化土地面积达 373 万 hm^2 , 是世界上三大片苏打盐碱土集中分布区之一。该区域生态环境脆弱, 由于气候干旱、地表排水不畅、地下水位高等自然因素, 加上过度开垦等人为因素, 使这里成为中国北方土地荒漠化最严重的地区之一。近半个世纪以来, 土地盐碱化面积每年增加 1.3%, 许多地块在 20 世纪 50 至 60 年代初期可以种植玉米, 到 80 年代后被迫改种向日葵等耐盐碱但耗地力的作物, 当地农民收入水平很难提高, 严重制约区域经济发展^[1-3]。本区大面积的苏打盐碱土黏粒含量较高, 土壤体积质量(容重)大、结构紧实、渗透性差, 是该区碱化土壤改良与利用的难点^[4]。“十五”以来我们在利用微咸水淋洗苏打盐碱土方面已取得了初步效果^[5-7]。本试验旨在针对已经过淋洗改良的中度和轻度苏打盐碱地, 以巩固淋洗改良效果, 持续高效利用苏打盐碱地为目标, 探求苏打盐碱化旱田科学、合理的耕作方式, 为松嫩平原西部苏打盐碱化旱田治理改良与持续高效利用提供科学依据。

1 材料与方法

选择经过两年微咸水淋洗改良的中度和轻度苏打盐碱地进行试验。

试验设 4 个处理, 3 次重复, 随机区组设计。处理 1 为垄沟深松 40 cm, 中耕深松 30 cm (原垄垄沟深松 40 cm, 撒施底肥, 破开原垄合成新垄, 并结合大豆子叶展开后的首次中耕垄沟深松 30 cm); 处理 2 为垄沟深松 40 cm, 中耕不深松 (原垄沟深松 40~45 cm, 施底肥, 破开旧垄合成新垄, 中耕时不深松); 处理 3

为垄沟深松 30 cm, 中耕深松 30 cm (原垄垄沟深松 30 cm, 施底肥, 破开原垄合成新垄, 并结合大豆子叶展开后的首次中耕垄沟深松 30 cm); 处理 4 (CK) 为当地常规耕作、不深松 (破开原垄合成新垄, 施底肥, 常规中耕, 不深松)。于试验开始前 (4 月 28 日) 进行试验区各处理土壤含盐量、土壤 pH 值及盐分组成测定, 结果见表 1。

表 1 土壤含盐量、土壤 pH 值及盐分组成

Table 1 Soil salinity, pH and salt composition

	含盐量 (g/kg)	pH	共同盐分组成 (mg/kg)	
处理 1	0.144	9.84	NO_3^- : 25.0	Cl^- : 53.3
处理 2	0.141	9.81	HCO_3^- : 1244.4	K^+ : 37.8
处理 3	0.146	9.85	Na^+ : 268.9	Ca^{+2} : 80.2
处理 4	0.143	9.82	Mg^{+2} : 73.0	

试验区面积 1200 m^2 , 示范区面积 100 hm^2 。种植作物为高粱 (敖杂 1 号)。5 月 3 日垄沟深松, 5 月 6 日播种, 密度为 76965.0 株/ hm^2 ; 中耕深松在出苗后半个月进行, 除各处理要求的耕作方法外, 其他栽培措施按常规进行。

试验过程中于 4 月 28 日 (深松、播种前)、7 月 1 日 (高粱拔节期初期) 和 10 月 18 日 (收获期) 进行土壤体积质量、含盐量及 pH 值取样测定并进行作物产量及相关性状调查。

2 结果与分析

2.1 深松对苏打盐碱化旱田作物 (高粱) 产量的影响

由表 2 可知: 处理 1、2、3 与处理 4 相比, 均达

①基金项目: 国家“十五”科技攻关课题“松嫩平原西部盐碱地治理及高效利用模式与技术研究项目 (2001BA508B05)”资助。

作者简介: 刘长江 (1962—), 男, 副研究员, 主要从事区域可持续农业研究。E-mail: lcjhrb@yahoo.com.cn

到极显著增产水平, 增产幅度分别为 84.22%、78.73% 和 32.27%, 表明 40 cm 和 30 cm 深松措施能够极显著地提高苏打盐碱化土壤上作物产量; 其他相关性状指标也表现出同样规律。其主要原因是深松促进了作物根系生长, 提高了作物养分吸收能力, 进而促进作物生长发育; 同时深松使表层土壤疏松, 减少土壤水分蒸发, 按照“盐随水来, 盐随水去”的盐分运移规律^[8-9], 深松抑制了盐分向表层土壤集中。

处理 1、2 较处理 4 达到极显著增产水平; 同时较处理 3 亦达到了极显著增产水平, 增产幅度分别为: 39.28%、35.13%。此外, 处理 1 较处理 2 也达到显著增产水平, 幅度为 3.07%。说明就深松措施对苏打盐碱地作物产量影响而言, 整地时原垄垄沟深松 40 cm, 极显著好于不深松和垄沟深松 30 cm, 而结合首次中耕进行的 30 cm 中耕也有增产效果, 且达到显著水平。

表 2 考种及测产结果

Table 2 Yield composition and yield prediction

	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
处理 1	124.2	23.33	8.32	3308	21.47	5331.1 aA
处理 2	116.8	22.67	7.98	3169	21.41	5172.5 bA
处理 3	112.9	20.83	6.21	2367	21.15	3827.7 cB
处理 4	95.1	15.52	5.53	1901	20.02	2894.0 dC

注: 表中小写字母表示各处理在 P<0.05 水平显著, 大写字母表示各处理在 P<0.01 水平显著, 下同。

2.2 深松对苏打盐碱地作物(高粱)根系的影响

由表 3 可知, 处理 1、2、3 与处理 4 相比, 高粱根系及根干重数量明显增加, 其中处理 1 根系量及根

干重增加最为明显, 与处理 2、3、4 相比根系数量分别增加 39.02%、83.87% 和 137.5%; 根系干重分别增加 88.78%、188.91% 和 259.87%。

表 3 不同耕作处理高粱根系调查(条)

Table 3 Sorghum root systems under different tillage treatments

	总条数	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80 cm 以上	根干重 (g)
处理 1	118	57	48	21	8	2	133.62
处理 2	87	41	34	16	6	1	70.78
处理 3	65	31	27	15	4	0	46.25
处理 4	32	24	15	4	0	0	37.13

从根系分布深度来看, 40 cm 深松处理区 (处理 1、2) 高粱根系可达 80 cm 以上; 30 cm 深松区 (处理 3) 根系不超过 80 cm; 无深松处理 (处理 4) 根系不超过 60 cm; 深松处理 1、2、3 的高粱根系分别集中分布在 60 cm、40 cm、40 cm 土层内, 无深松处理的根系则集中分布在 20 cm 土层内。

2.3 深松对 100 cm 和 40 cm 土层土壤体积质量的影响

2.3.1 各处理 100 cm 土层土壤体积质量调查分析

通过对不同时期各处理 100 cm 土层土壤体积质量测试分析知 (表 4), 除处理 4 (CK) 外, 处理 1、2、3 在收获期土壤体积质量较深松前均有所降低, 幅度分别为 0.045、0.027 和 0.022 g/cm³。表明深松措施确在全生育期内降低 100 cm 土层平均体积质量的作用, 且以处理 1 最为显著, 表现出随着深松深度增加土壤体积质量降低幅度增大的趋势。

表 4 100 cm 土层土壤体积质量 (g/cm³)

Table 4 Soil bulk density of the soil layer 100 cm in depth

	4月28日 (垄台)	7月1日 (垄台)	10月18日 (垄台)	10月18日 (垄沟)
处理 1	1.389	1.370	1.344	1.412
处理 2	1.411	1.377	1.384	1.395
处理 3	1.383	1.380	1.361	1.387
处理 4	1.397	1.385	1.405	1.411

高粱拔节初期各处理土壤体积质量较深松前也有所降低, 幅度分别 0.019、0.034、0.003 和 0.012 g/cm³, 其原因有耕作所起的作用, 也有根系穿插松土的作用。从高粱收获后土壤体积质量看, 处理 1、3 较高粱拔节初期土壤体积质量降低较为明显, 幅度分别为 0.026 g/cm³ 和 0.019 g/cm³, 处理 2 略有增加 (幅度为 0.007

g/cm³), 处理 4 则明显增加(幅度为 0.02 g/cm³)。说明整地时 40 cm 深松并结合中耕垄沟深松 30 cm 可更有效地降低高粱主要生长发育时期 100 cm 深土层平均体积质量; 垄沟体积质量则因受机车作业碾压而增加, 并随中耕次数增加而明显加大。

2.3.2 各处理 40 cm 土层土壤体积质量调查及统计分析 由表 5 可知, 与高粱拔节初期(7 月 1)相比, 收获期(10 月 18 日)处理 1、2 土壤体积质量均有所降低, 幅度分别为: 0.067 g/cm³ 和 0.057 g/cm³; 处理 3 有所增加, 幅度 0.059 g/cm³; 处理 4 土壤体积质量增加更明显, 幅度为 0.19 g/cm³。说明 40 cm 深松措施可明显降低作物主要生长期有效耕层土壤体积质量; 30 cm 深松对降低有效耕层土壤体积质量效果则不明显, 这可能是由于松动土层深度不够, 加之机械碾压的缘故; 不进行深松的 CK 区体积质量则明显加大。

表 5 40 cm 土层土壤体积质量 (g/cm³)
Table 5 Soil bulk density of the soil layer 40 cm in depth

	7 月 1 日 (垄台)	10 月 18 日 (垄台)
处理 1	1.300	1.233 C
处理 2	1.286	1.229 C
处理 3	1.295	1.354 B
处理 4	1.319	1.509 A

表 6 土壤含盐量、pH

Table 6 Soil salinity and pH

	4 月 28 日 (垄台)		7 月 1 日 (垄台)		10 月 18 日 (垄台)	
	含盐量 (g/kg)	pH	含盐量 (g/kg)	pH	含盐量 (g/kg)	pH
处理 1	0.144	9.84	0.136	9.29	0.121 aA	9.03 aA
处理 2	0.141	9.81	0.143	9.38	0.132 aA	9.13 abA
处理 3	0.146	9.85	0.147	9.68	0.133 aAB	9.52 bAB
处理 4	0.143	9.82	0.146	9.79	0.151 bB	9.86 bB

pH 值的有效耕作措施。其原因应主要是深松打破土壤犁底层, 增加土壤渗透性, 促进盐碱淋溶, 改善苏打盐碱化旱田土壤的理化性状, 利于根系生长、发育和代谢的缘故。此外, 处理 4 (CK) 土壤含盐量及土壤 pH 值的升高, 应为作物生长期间水分蒸散作用导致的盐分上移效应大于自然降雨淋溶盐碱效应的缘故^[10-11], 这也是多年来干旱、半干旱的松嫩平原西部苏打盐碱化旱田区土壤含盐量及土壤 pH 值有所升高的重要因素之一。

统计分析结果表明, 经过一个生长周期后, 不同深松处理 40 cm 土层土壤含盐量和 pH 均较 CK 明显降低, 且达到显著或极显著水平, 进一步说明垄沟深松

收获期处理 1、2、3 土壤体积质量较处理 4 (CK) 极显著降低, 表现出深松有极显著降低苏打盐碱土 40 cm 土层土壤体积质量的作用。处理 1、2 与处理 3 相比也都达到了极显著降低 40 cm 土层土壤体积质量的效果, 而处理 1 与处理 2 间则无显著差异。表明垄沟深松 40 cm, 对降低 40 cm 土层土壤体积质量效果最佳, 而深松 30 cm 的效果次之。由于处理 1、2 的垄沟深松 (40 cm) 经过破开原垄合成新垄后深松部位恰好位于新垄的垄台; 而中耕深松 (30 cm) 是在新合成垄的垄沟进行, 故对降低 40 cm 土层体积质量 (垄台) 的效果而言, 处理 1 未表现优于处理 2。

2.4 深松对各处理 40 cm 土层土壤含盐量及 pH 值影响分析

由表 6 可知, 经过一个作物生长周期, 处理 1、2、3 的平均土壤含盐量及土壤 pH 值均较深松 (播种) 前有所降低, 其中土壤含盐量降低幅度分别为 15.97%、6.38% 和 8.90%; 土壤 pH 值降低幅度分别为 0.81、0.68 和 0.33; 处理 4 (CK) 土壤含盐量及土壤 pH 值均较深松 (播种) 前则有所升高, 幅度分别为 5.59% 和 0.04。可见, 无论土壤含盐量还是 pH 值均以处理 1 降低幅度为最大, 说明垄沟深松 40 cm 中耕深松 30 cm 是降低苏打盐碱化旱田有效耕层土壤含盐量和土壤

对苏打盐碱化旱田的改良效果。

3 结论与讨论

综上所述, 深松措施确能够有效地降低苏打盐碱化旱田土壤体积质量、含盐量和 pH 值, 促进作物根系生长发育, 显著提高作物产量。究其原因, 土壤深松可打破 15%~40% 的犁底层; 可熟化不透水、不透气, 缺少微生物、养分的生土层, 加厚耕作层; 改善盐碱化土壤中固体、液体、气体“三相”比例, 增加土壤孔隙度 (5%~10%), 减少土壤固相 (5%~10%), 增加土壤渗透性, 进而降低土壤含盐量、pH, 改善苏打盐碱化旱田土壤的理化性状^[10-12], 此外, 有资料表明,

深松对作物根系活力和植株抗逆能力也有积极作用^[13]。

深松措施很有必要作为土壤紧实、体积质量较高、渗透性差等土壤理化性状恶劣的苏打盐碱土改良与持续高效利用的有效耕作方式加以实施。深松方法以效果极显著且具有可操作性的原垄沟深松 40 cm, 中耕时垄沟深松 30 cm 为佳。建议实施方法为: 原垄沟深松 40 cm→撒施底肥→破开原垄合成新垄→出苗后 15 天内垄沟深松(中耕) 30 cm。

参考文献:

- [1] 李取生, 裘善文, 邓伟. 松嫩平原土地次生盐碱化研究. 地理科学, 1998, 18 (3): 268-272
- [2] 李取生, 庞治国, 宋玉祥. 加快立法进程, 治理吉林西部盐碱荒漠化. 农村生态环境, 2000, 16 (2): 53-55
- [3] 宋长春, 邓伟. 松嫩平原土壤次生盐渍化过程模型研究. 水土保持学报, 2002, 16 (5): 23-26
- [4] 李秀军, 李取生, 王志春, 刘兴土. 松嫩平原西部盐碱地特点及合理利用研究. 农业现代化研究, 2002, 23 (5): 361-364
- [5] 李取生, 李晓军, 刘长江, 吴乐知. 松嫩平原旱地碱化土壤改良与淋洗制度研究. 水土保持学报, 2003, 17 (2): 145-148
- [6] 刘长江, 李取生, 吴乐知, 李晓军. 苏打盐碱土微咸水淋洗改良对玉米产量和性状的影响研究. 干旱地区农业研究, 2003, 21 (4): 134-136
- [7] 王志春, 李取生, 李秀军, 宋长春, 张光新. 松嫩平原盐碱化土地治理与农业持续发展对策. 中国生态农业学报, 2004, 12 (2): 161-163
- [8] 李韵珠, 胡克林. 蒸发条件下黏粒层对土壤水和溶质运移影响的模拟. 土壤学报, 2004, 41 (4): 493-502
- [9] 牛灵安, 郝晋珉, 覃莉, 孟鹏, 李栓怀, 隋鹏飞. 盐渍土改造区土壤养分的时空变异性研究. 土壤学报, 2005, 42 (1): 84-90
- [10] Bhatti AU, Khan Q, Gurmani AH, Khan MJ. Effect of organic manure and chemical amendments on soil properties and crop yield on a salt affected entisol. Pedosphere, 2005, 15 (1): 46-51
- [11] 张海林, 秦耀东, 朱文珊. 耕作措施对土壤物理性状的影响. 土壤, 2003, 35 (2): 140-144
- [12] 宋日, 吴春胜, 牟金明, 徐克章. 深松对玉米根系生长发育的影响. 吉林农业大学学报, 2000, 22 (4): 73-75.80
- [13] 白广明, 富刚, 周宙. 深松促进农作物丰产机理综述. 黑龙江水专学报, 2001, 28 (1): 14-15

Effect of Deep Tillage on Amelioration and Utilization of Soda-Alkaline Upland Fields

LIU Chang-jiang¹, LI Qu-sheng², LI Xiu-jun¹

(1 Northeast Institute of Geography and Agro-Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150040, China;

2 Department of Environmental Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: In soda-alkaline upland fields that had been washed and leached with brackish water and were different in alkalinity, moderate and slight, an experiment was carried out on effect of deep tillage on physic-chemical properties of the soil, including bulk density, soil salinity, pH etc., crop yield and related characters. Results showed that deep tillage reduced soil bulk density, salinity and pH effectively, stimulated root development and increased crop (*Sorghum*) yield. Deep tillage might be applied as a effective way to ameliorate and utilize soda-alkaline land. Deep tillage to the depth of 40 cm in old furrows and 30 cm in furrows for intertillage is the most effective and workable.

Key words: Soda-alkaline upland fields, Amelioration and utilization, Deep tillage