

干旱区盐渍化荒地不同开垦年限 土壤碳氮储量研究

雷 军, 张凤华, 林海荣, 韩春丽, 赵瑞海

(石河子大学/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要: 在天山北坡绿洲区分别选取连续开垦 3 a、8 a、15 a 盐渍化棉田和未开垦的盐渍化荒地, 采集 0~10、10~20、20~40、40~60、60~100 cm 土层土壤样品, 测定土壤有机碳、全氮含量。结果表明: 盐荒地开垦后棉田 0~100 cm 土层土壤有机碳含量随开垦年限呈逐渐增加的趋势; 开垦后棉田土壤全 N 含量随开垦年限的增加而增加, 但处理间无显著差异; 盐荒地开垦后棉田土壤有机碳、全 N 含量随土层深度增加而降低, 其中盐荒地不同土层间土壤有机碳含量差异显著, 0~40 cm 土层土壤有机碳、全 N 含量明显高于 40 cm 以下土层; 开垦棉田土壤 C/N 随开垦年限的增加呈现增加的趋势, 盐荒地和开垦棉田土壤 C/N 随土层深度的增加而降低, 二者之间差异不显著; 开垦棉田土壤有机碳储量随开垦年限的增加呈先减少后增加的趋势。结论: 干旱区盐荒地开垦后, 棉田土壤有机碳、全 N 含量均随开垦年限的增加而增加, 而土壤有机碳储量随开垦年限的增加先减小后增加。盐荒地开垦后棉田土壤有机碳和全 N 含量随土层深度增加而减少。

关键词: 盐荒地; 开垦农田; 土壤有机碳; 土壤全 N; 土壤有机碳储量

中图分类号: S153.6⁺1 **文献标志码:** A

Soil carbon and nitrogen storage of different reclamation years in salinized wasteland in arid region

LEI Jun, ZHANG Feng-hua, LIN Hai-rong, HAN Chun-li, ZHAO Rui-hai

(Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Construction Crops, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Salinization soil of cotton farmland reclaimed from salinized wasteland in the north area of Tianshan Mountain with three reclamation year: 3 years, 8 years and 15 years, was chosen and salinized wasteland was the control. Soil organic carbon and total nitrogen, and carbon storage in 0~10, 10~20, 20~40, 40~60 cm and 60~100 cm were measured. Results showed that soil organic carbon and total nitrogen content in 0~100 cm of cotton field increased with years of reclamation in salinized wasteland. There was no significant difference in total nitrogen content among salinized wasteland and reclaimed farmland with different years of reclamation. Soil organic carbon and total nitrogen content decreased with soil depth in both reclaimed cotton farmland and salinized wasteland. In salinized wasteland, soil organic carbon and total nitrogen content in 0~40 cm soil layer were significantly higher than those below 40cm soil layer. Soil C/N in reclaimed farmland increased with years of reclamation. Soil C/N in salinized wasteland and reclaimed farmland decreased with soil depth. The difference of soil C/N in salinized wasteland and reclaimed farmland was insignificant. Soil organic carbon storage in reclaimed cotton farmland decreased at first and then increased with reclamation years. In conclusion, soil organic carbon and total nitrogen content of cotton field increased with years of reclamation in salinized wasteland. However, soil organic carbon storage showed a trend of decrease-increase with reclamation years. Soil organic carbon and total nitrogen content in salinized wasteland and reclamation farmland decreased with soil depth increasing.

Keywords: salinized wasteland; farmland reclaimed from salinized wasteland; soil organic carbon; soil total nitrogen; soil organic carbon storage

新疆是我国重要的耕地资源后备基地,其中绿洲面积占新疆国土总面积的4%却承载了新疆95%以上的人口,绿洲农田土壤质量评价至关重要。农田土壤有机碳含量不仅反映了土壤有机质水平,而且还与农田质量的可持续能力密切相关^[1]。由于人类活动的干扰、土地的大面积开垦、过度放牧和森林的滥砍滥伐等原因,导致土壤生产力发生严重的退化现象^[2]。土壤退化是土壤碳平衡遭到破坏及土壤碳库亏缺的重要原因^[3]。退化土壤损失土壤碳库的60%~75%能够通过生态恢复重新固定^[4-5]。欧美国家对农田土壤实行保护性耕作使得农业土壤碳库呈现稳定增长的趋势^[6],退耕还林具备提升土壤碳库及其质量的潜力^[7],农业土壤固碳不仅是提高土壤肥力和作物高产稳产的需要,而且对补偿我国工业温室气体减排有重要意义。

随着盐渍化荒地开垦为棉田,人为耕作措施必然会影响土壤养分及碳汇储备的变化。Wu和Tiessen^[8]通过研究草场开垦为农田后土壤有机碳的变化表明,土壤有机碳含量随着开垦年限的增加呈显著下降趋势,且开垦年限越长土壤有机碳含量下降幅度越大。在干旱区荒地主要是由于土壤盐渍化较重,有研究表明盐碱土开垦后能吸收60%~75%土壤流失的碳,土壤有机碳呈急剧增加的趋势^[9-10]。不同生境条件和开垦后种植作物类型等对土壤碳的固定与释放有显著影响。这方面的研究目前相对较少,同时新疆荒地资源大量开发为农田,因此研究新疆盐荒地开垦后土壤有机碳、氮含量随开垦年限的变化,对于新疆绿洲农田土壤质量评价、防止土壤退化、农业生态系统的可持续发展及土壤有机碳潜力与生产力稳定长效机制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于天山北坡玛纳斯河流域干旱区绿洲农田(84°43'~86°35'E,43°21'~45°20'),地处新疆准噶尔盆地南缘,为典型的冲积洪积扇—冲积平原型人工绿洲。研究区内地形平坦,地势东南高、西北低,海拔450~480 m。多年平均气温为6.6℃,多年平均年降水110~200 mm,年蒸发潜力为1 500~2 100 mm(1956—2010),属于典型的中温带大陆干旱气候^[11]。试验区位于玛纳斯河流域的十户滩镇,该区土壤类型为盐化灰漠土,土壤质地为中壤土,地下水位较高,埋深为1~3 m,地下水矿化度为5~7 g·L⁻¹,强烈的蒸发加上不合理灌溉加剧了土壤盐分表聚,形成大面积的次生盐渍化农田。研究区土壤盐渍化为中度盐渍化(3~6 g·kg⁻¹),盐渍化类型为

硫酸盐—氯化物型^[12]。盐渍化荒地开垦前地表植被主要有碱蓬草、盐爪爪、芦苇等,其盖度低。玛纳斯河流域经过近60年的水土开发和建设,地表景观已逐渐演变为以人工植被为主体的绿洲景观,土地利用类型也趋于复杂,种植作物也由开发初期种植一年生作物(小麦、玉米、棉花等)为主逐渐向以多年生作物(葡萄和啤酒花)种植转变。

1.2 试验设计

在研究区内选择开垦的盐渍化农田和盐渍化荒地(以下简称盐荒地)共110 hm²作为研究样地,其中,盐荒地面积为15 hm²,该区域作为开垦农田的对照处理;开垦3 a的盐渍化农田(15 hm²),开垦8 a的盐渍化农田(30 hm²);开垦15 a的盐渍化农田(50 hm²),共4个处理。开垦时进行一次大水漫灌压盐,开垦后连续种植棉花,棉花品种主要为新陆早13号,种植株距为10 cm,密度约为18万株·hm⁻²;棉花种植模式采用“30—50—30—50—30 cm”宽窄行覆膜种植,其中全生育期氮、磷肥施用量分别为N 238 kg·hm⁻²、P₂O₅ 168 kg·hm⁻²;灌溉方式为滴灌,总灌水量5 200 m³·hm⁻²,分5次滴灌。每年秋季棉花收获后,棉花秸秆全部粉碎翻入土壤,开垦后棉田除正常灌水施肥外,没有进行额外的土壤改良措施。盐荒地处理无施肥、灌溉。

土壤样品采集时间主要在当年种植棉花前和棉花生长关键时期:苗期(04—29—06—06),蕾期(06—06—07—03),花期(07—03—07—24),铃期(07—24—08—26),吐絮期(08—26—09—19)。当年种植棉花前的采集样品主要测试土壤基本理化性质作为研究背景值(见表1)。土壤样品田间采集采用S型分布和随机多点混合原则,每个采样点设置3个重复,用环刀法测定土壤容重。取样土层为0~10、10~20、20~40、40~60 cm和60~100 cm,土壤样品采集后,风干、剔除杂质、研磨、过100目筛。

1.3 测试指标和方法

每个土壤样品分别测定3个重复,土壤有机碳含量采用重铬酸钾外加热法测定^[13];土壤全氮使用半微量凯氏定氮法测定;某一土层*i*的有机碳储量(SOC_i , kg·hm⁻²)的计算方法如公式(1)。

$$SOC_i = C_i \times D_i \times E_i \times (1 - G_i) \times 10^{-2} \quad (1)$$

式中,*i*表示土壤层次, C_i 为土壤有机碳含量(g·kg⁻¹), D_i 为容重(g·cm⁻³), E_i 为土层厚度(cm), G_i 为土壤中直径大于2 mm的石砾所占的体积百分比(%),10⁻²为转换系数。

本研究中试验数据处理及计算采用Excel 2007和SPSS18.0软件,作图采用Excel 2007和SigmaPlot10.0。

表 1 播种前土壤基本理化性质

Table 1 Soil physico-chemical property before sowing cotton

处理 Treatment	pH	碱解氮 Alkali-hydrolyzale nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Olsen phosphourus /(mg·kg ⁻¹)	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	容重 Bulk density /(g·cm ⁻³)	电导率 Electric conductivity /(mS·cm ⁻¹)
盐荒地 Salinized wasteland	7.98	37.78	22.13	5.16	1.53	6.82
开垦 3 a 3 year after tillage	8.06	32.55	13.23	4.61	1.40	4.62
开垦 8 a 8 year after tillage	7.95	41.28	18.23	5.33	1.42	3.12
开垦 15 a 15 year after tillage	8.69	40.36	14.65	5.82	1.39	0.66

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳

干旱区盐渍化农田 0~100 cm 土层土壤有机碳含量随开垦年限呈现逐渐增加的趋势(图 1)。盐荒地开垦后原有的植被群落被破坏,新的棉花群落代替了原有 A 的自然群落,棉花生物量远远大于开垦前的自然群落生物量,秋季棉花收获后,棉花秸秆粉碎后翻入土壤,增加了土壤有机碳来源。盐荒地开垦 8 a 和 15 a 后,土壤和植被群落趋于稳定,人工开垦为微生物提供了适宜的温度和湿度条件,土壤有机碳含量随着开垦年限的增加越来越高^[14]。说明干旱区盐荒地开垦可显著提高土壤有机碳含量,种植年限越长,对土壤有机碳的提升作用越明显。随着开垦年限的增加,秸秆还田使得植物残体以及代谢分泌物与土壤充分混合,改变原有的土壤结构和生物、化学性质,土壤有机碳含量增加。

从不同土层来看,表层(0~40 cm)土壤有机碳含量变化幅度显著高于底层(40~100 cm)土壤有机碳。其中 0~10 cm 和 10~20 cm 土层土壤有机碳含量随开垦年限呈现逐渐增加的趋势,10~20 cm 土壤有机碳含量增加趋势显著高于 0~10 cm。20~40 cm 土壤有机碳含量随开垦年限呈现先上升后下降的趋势,开垦 8 a 达到最高值。这可能是由于开垦 8 a 后该层土壤中的微生物含量增加,分解速度加快。

2.2 土壤全氮

由图 2 可知,盐荒地土壤全 N 和开垦 3 a、8 a 和 15 a 棉田土壤全 N 含量之间无明显差异,且自上而下随土壤深度的增加呈现降低趋势(图 3),0~40 cm 土层土壤全 N 含量显著高于 40~100 cm 土层土壤全 N 含量,0~10 cm、10~20 cm 和 20~40 cm 土层之间土壤全 N 含量差异不大。

棉花在不同生育时期对 N 的需求有所不同,蕾期和花期土壤全 N 含量较低,吐絮期较高,与表层土壤有机碳含量的变化趋势相似(图 3)。蕾期和花

期,棉田和盐荒地土壤全 N 含量较高,此时棉花处于快速生长期,对 N 素和其它养分吸收较快所致。在棉花生育后期,对 N 的需求减少,并且棉花凋落物增加,土壤全 N 含量明显增加,且与盐荒地差异不显著。说明在干旱区植被生长对养分吸收利用的时期相似。总之,土壤全 N 含量在棉花的整个生长期变化很小,这与土壤垂直剖面全 N 含量变化的研究结果^[15]相似。

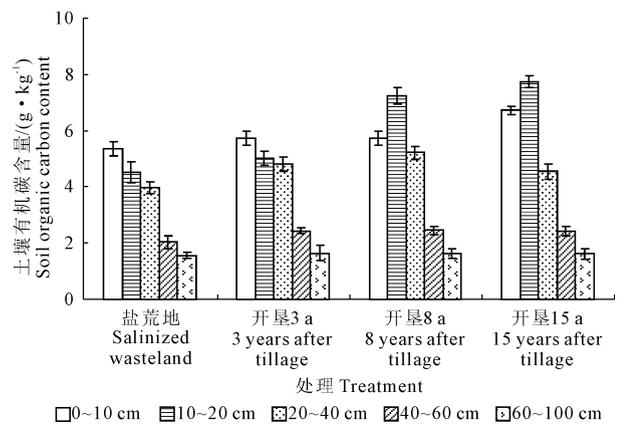


图 1 不同处理不同土层土壤有机碳含量变化

Fig. 1 Soil organic carbon content of different treatments in different soil layers

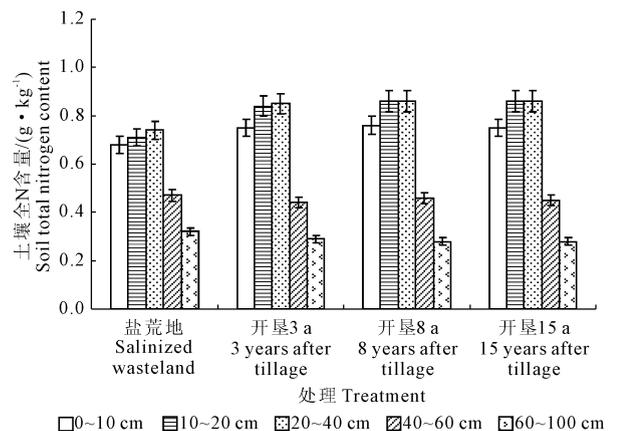


图 2 不同处理不同土层土壤全氮含量变化

Fig. 2 Total soil nitrogen content of different treatments in different soil layers

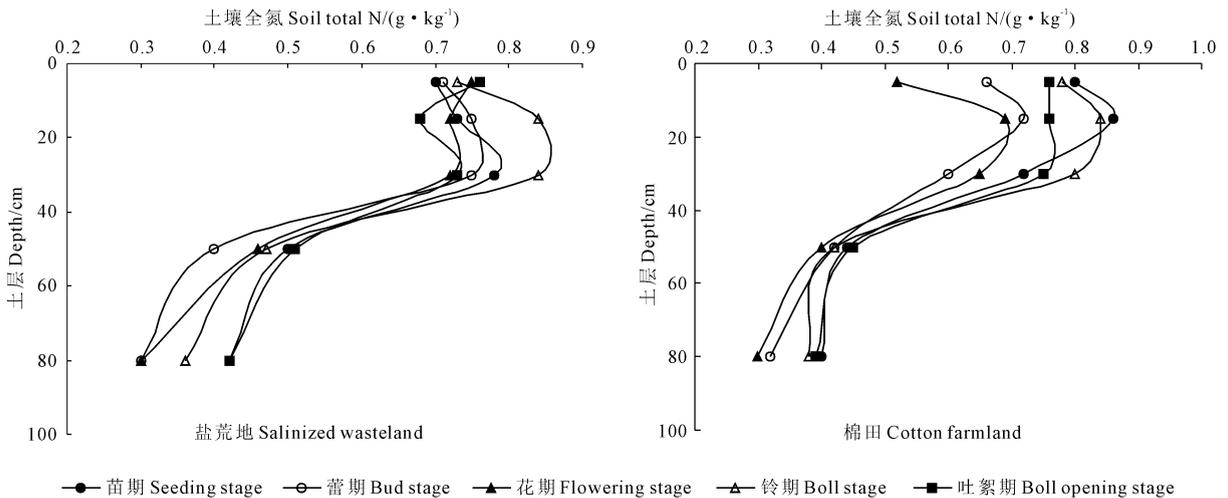


图3 新垦农田土壤全 N 含量的统计结果

Fig.3 Total soil N content in reclamation farmland

注:棉花土壤全氮含量变化值为多个开垦年限处理的平均值。下同。

Note: Total soil N content in cotton farmland was the average of those for different years after tillage. The same as below.

2.3 土壤棉田 C/N

由不同处理不同土层土壤 C/N 变化可以看出,开垦后棉田土壤 C/N 随开垦年限的增加呈现增加的趋势,除了开垦 3 a 棉田的 10~20 cm 土层以外,盐荒地 与开垦后棉田耕层(0~20 cm)土壤 C/N 均明显高于 20 cm 以下土层(图 4)。由土壤棉田 C/N 垂直分布可知,土壤 C/N 随土壤深度的增加而降低,盐荒地和开垦后棉田之间差异不显著(图 5)。从棉花生长期看,花期、蕾期(7—8 月)是棉花生长最快的时期,C/N 相对高于其它时期,期间土壤有机 C 的积累速度显著高于土壤全 N 的积累。棉田各生育期的土壤 C/N 直接导致土壤有机质的分解和矿质 N 的增加。0~40 cm 土壤有机碳含量高,土壤全 N 的含量也高^[16],且该土层土壤 C/N 高于下层(60~100 cm)。苗期时棉田与盐荒地 0~10 cm C/N 差异不显著,但花期和蕾期时,两者 C/N 差异显著,出现这一差异的原因可能是由于 C/N 大小主要取决于全氮含量的变化,随着棉花生长对氮的吸收增加,棉田中全氮含量显著低于盐荒地。从不同处理看,不同生育期间盐荒地土壤 C/N 差异显著,棉田土壤 C/N 差异不显著。

2.4 土壤有机碳储量

由图 6 可知,开垦棉田 0~40 cm 土层土壤有机碳储量占 0~100 cm 土层内有机碳储量的 60% 以上,而盐荒地相对较低占 55%~60%;开垦棉田花期有机碳储量最低,花期 0~100 cm 土层深度内总有机碳储量为 34.78 t·hm⁻²。棉花生长后期土壤有机碳储量显著高于盐荒地,是因为棉花生长后期,棉花枯枝落叶和根系是土壤有机质的主要来源,土壤

有机碳储量略有增加。部分农田在棉花生长期结束时,仍留有大量枯死的棉株,待深翻时将棉秆粉碎埋入地下,使得土壤有机碳储量略有增加;另有农田在棉花生长后期即将结束时施用足量化肥,来保证明年初期春播时土地的肥力,故其有机碳含量显著高于不施肥的盐荒地。

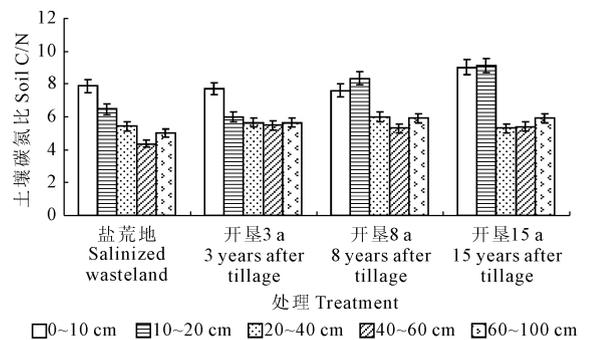


图4 不同处理不同土层土壤 C/N 变化

Fig.4 Soil C/N for different treatments in different soil layers

3 结论与讨论

大量研究表明,在绿洲开垦的农田生态系统中,棉田土壤有机碳含量变化随开垦年限呈现逐渐增加的趋势,但是对作物而言,理清作物在整个生育期内土壤有机碳含量的动态变化对提高土壤肥力、判断合理的施肥时间和增加作物产量有直接影响^[17]。新疆绿洲处于干旱荒漠区,盐荒地受水资源等条件限制,生物积累少,有机碳初始值低;开垦后土壤水分等条件得到改善,进而改变土壤理化性状,随着垦殖年限的延长,地上、地下生物量增多,增加了土壤有机碳含量。盐荒地开垦后增加了化肥和有机肥投入,且实施秸秆还田措施,使土壤有机碳含量增加。

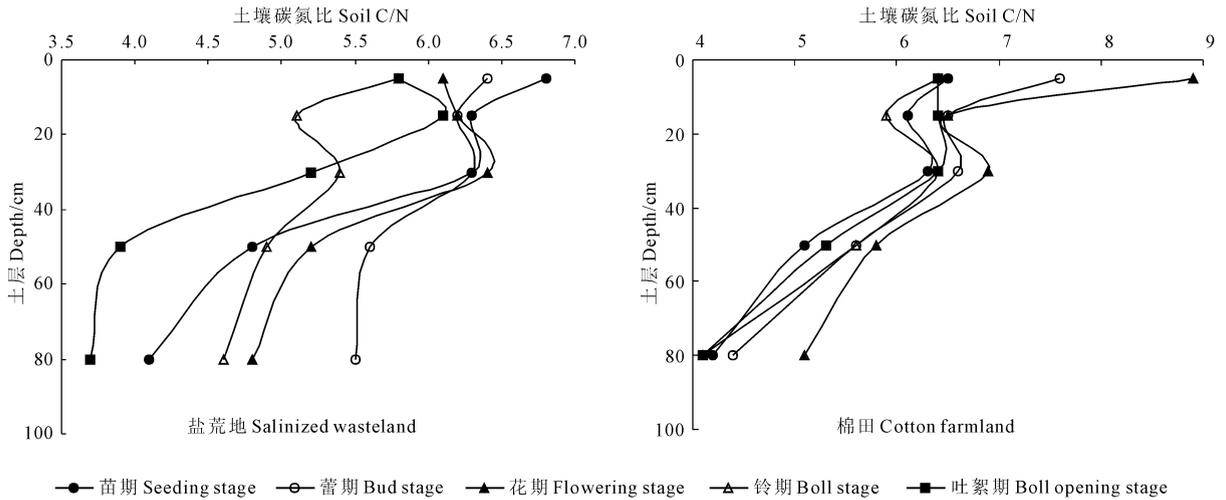


图 5 不同土层土壤 C/N 随生育期垂直分布

Fig.5 Vertical soil C/N distribution during cotton growth period

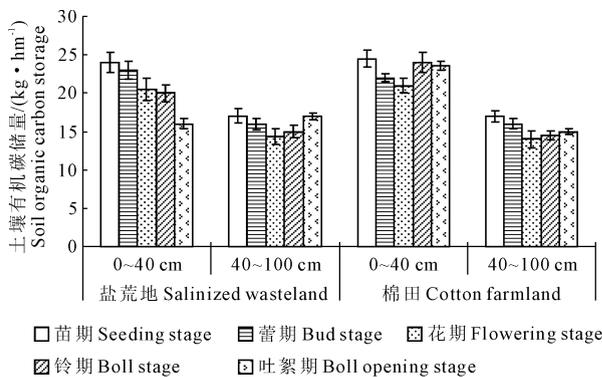


图 6 不同生育期不同土层深度盐荒地和棉田土壤有机碳储量

Fig.6 Soil organic carbon storage of salinized wasteland and cotton farmland in different growth period and soil depth

在绿洲开垦棉田生态系统中,土壤有机碳、全 N 含量随土层深度增加而显著降低,0~40 cm 土层含量显著高于下层,40~60 cm、60~100 cm 土层土壤有机碳和全氮含量差异不显著,这与土壤剖面有机碳和全氮含量变化研究成果相似^[18]。从棉花生育期看,绿洲开垦棉田土壤有机碳、全氮含量在剖面上情况则不同,各生育期土壤有机碳总体呈下降趋势,其中在棉花蕾期和花期 0~40 cm 土层中有机碳、全氮含量最低。

相对于盐荒地,在 0~40 cm 土层土壤有机碳含量和碳储量明显小于棉田;而在 40 cm 土层以下,两者差异不明显,盐荒地土壤因没有增加新的植物残体使得土壤中有机碳的降解加速。通过研究绿洲不同开垦年限农田土地利用对作物碳储量的影响可以看出,人为改变土壤覆盖度、改变土壤有机质的分解速率均可以改变对土壤的碳输入,最终影响土壤有机碳储量。

综上所述,新疆作为我国重要的耕地资源后备基地,随着节水滴灌措施的大面积推广和水资源合理开发利用,大面积盐渍化荒地开垦,研究开垦后的土壤有机碳和全氮含量随开垦年限的土壤剖面分布特征及含量变化情况,对于进一步深入了解绿洲开垦棉田土壤碳库分布情况,及时准确评价绿洲区开垦棉田土壤碳储量和土壤碳循环模型研究均具有重要意义。根据本研究结果可以推测,新疆绿洲盐荒地开垦会增加土壤总有机碳的含量,但是随着种植年限的延长,增加趋势减缓,土壤自身生产力存在下降趋势,土壤质量有下降或退化风险。

参考文献:

- [1] Zhang G S, Huang G B, Yin Chun. Soil organic carbon sequestration potential in cropland[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(2): 351-357.
- [2] 赵生才. 我国农田土壤碳库演变机制及发展趋势[J]. 地球科学进展, 2005, 20(5): 587-590.
- [3] Lai R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect[J]. Progress in Environmental Science, 1999, 1(4): 307-326.
- [4] Takata Y, Funakawa S, Yanai J, et al. Influence of crop rotation system on the spatial and temporal variation of the soil organic carbon budget in northern Kazakhstan[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2008, 54(1): 159-171.
- [5] West T O, Post W M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation[J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66(6): 1930-1946.
- [6] 韩新辉, 佟小刚, 杨改河, 等. 黄土丘陵区不同退耕还林地土壤有机碳库差异分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 223-229.
- [7] 吴仲民, 李意德, 曾庆波, 等. 尖峰岭热带山地雨林 C 素库及皆伐影响的初步研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 341-344.
- [8] Wu R, Tiessen H. Effect of land use on soil degradation in Alpine

- grassland soil, China[J]. Soil Science Society of American Journal, 2002, 66: 1648-1655.
- [9] 徐万里,唐光木,盛建东,等.垦殖对新疆绿洲农田土壤有机碳组分及团聚体稳定性的影响[J].生态学报,2010,30(7):1773-1779.
- [10] 闫靖华,张风华.盐渍化弃耕地不同恢复年限土壤有机碳及其碳库管理指数变化[J].干旱地区农业研究,2015,2:203-207,213.
- [11] 杨海昌,张风华,王东方,等.近60年玛河流域绿洲蒸散量变化趋势及其影响因素分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(7):18-23.
- [12] 刘玉国,杨海昌,王开勇,等.新疆浅层暗管排水降低土壤盐分提高棉花产量[J].农业工程学报,2014,30(16):84-90.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [14] Prentice K C, Fung I Y. The sensitivity of terrestrial carbon storage to climate change[J]. Nature, 1990, 346:48-51.
- [15] 隋跃宇,张兴义,焦晓光,等.长期不同施肥制度对农田黑土有机质和氮素的影响[J].水土保持学报,2005,6(19):190-200.
- [16] 张兴义,隋跃宇,于 莉.薄层农田黑土速效氮磷钾含量的空间异质性[J].水土保持学报,2002,18(4):85-88.
- [17] 柳梅英,包安明,陈 曦,等.近30年玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对植被碳储量的影响[J].自然资源学报,2010,25(6):926-938.
- [18] 赖冬梅,李志国,田长彦.干旱区棉田土壤剖面有机碳和全氮含量垂直分布特征及碳储量变化[J].中国棉花,2012,39(7):24-28.

(上接第52页)

参 考 文 献:

- [1] 党占海,赵 玮.胡麻产业技术[M].兰州:兰州大学出版社,2015:1-4.
- [2] 安维太.宁夏油料作物[M].银川:宁夏人民出版社,2009:14-27.
- [3] 田保明,杨光圣.农作物倒伏及其评价方法[J].中国农学通报,2005,21(7):111-114.
- [4] 郭玉明,袁红梅,阴 妍,等.茎秆作物抗倒伏生物力学评价研究及关联分析[J].农业工程学报,2007,23(7):14-18.
- [5] 陈双恩,杜汉强.亚麻抗倒伏性状分析及培土对亚麻抗倒伏的影响[J].中国油料作物学报,2010,32(1):83-88.
- [6] 高珍妮,郭丽琢,李 丽,等.氮肥对胡麻茎秆木质素合成酶活性及其抗倒性的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(5):610-615.
- [7] 杨东贵,陆万芳.倒伏对胡麻农艺性状及品质的影响[J].甘肃农业科技,2012,(11):15-17.
- [8] 潘瑞焱.植物生长延缓剂的生化效应[J].植物生理学通讯,1996,32(3):161-168.
- [9] 杨文钰,樊高琼,任万军,等.烯效唑干拌种对小麦根叶生理功能的影响[J].中国农业科学,2005,38(7):1339-1345.
- [10] 李玥莹,陈凤玉.水稻烯效唑浸种对秧苗影响的解剖学观察[J].中国水稻科学,2001,15(4):330-332.
- [11] 刘星贝,汪 灿,胡 丹,等.烯效唑干拌种对甜荞茎秆抗倒性能的影响[J].作物学报,2016,42(1):93-103.
- [12] 郜舒蕊,赵志刚,侯俊玲,等.植物生长延缓剂烯效唑对丹参植株形态及生物量分配的影响[J].中国中药杂志,2015,40(10):1925-1929.
- [13] 张 倩,张海燕,谭伟明,等.30%矮壮素·烯效唑微乳剂对水稻抗倒伏性状及产量的影响[J].农药学报,2011,13(2):144-148.
- [14] 龚万灼,张正翼,杨文钰,等.烯效唑干拌种对大豆形态特征和产量的影响[J].大豆科学,2007,26(3):369-372.
- [15] 刘春娟,宋双伟,冯乃杰,等.干旱胁迫及复水条件下烯效唑对大豆幼苗形态和生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(6):222-227.
- [16] 王东霞,杨宏羽,张 峰,等.甘露醇和烯效唑对培育马铃薯试管壮苗的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(4):94-100.
- [17] 吴永成,倪 勇,张 川,等.烯效唑施用方式对高密度直播油菜农艺性状和产量的影响作物研究[J].作物研究,2014,28(4):354-357.
- [18] 朱志武,刘雪基,陈 震,等.烯效唑对油菜植株及产量性状的影响[J].江苏农业科学,2013,41(5):77-78.
- [19] 樊高琼,杨恩年,郑 亭,等.烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及子粒蛋白质品质的影响[J].生态学报,2012,32(12):3940-3949.
- [20] 杨文钰,于振文,余松烈,等.烯效唑干拌种对小麦的增产作用[J].作物学报,2004,30(5):502-506.
- [21] 杨文钰,韩惠芳,任万君,等.烯效唑干拌种对小麦分蘖期间内源激素及糖氮比的影响[J].作物学报,2005,31(6):760-765.
- [22] 王玉富,等.亚麻种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006:1-99.
- [23] 田伯红.禾谷类作物抗倒性的研究方法与其抗倒性评价[J].植物遗传资源学报,2013,14(2):82-85.
- [24] 刘传飞,金乐红,曾晓春,等.烯效唑和多效唑在大豆叶片和土壤中的降解动态比较[J].植物生理学通讯,1998,34(5):350-352.
- [25] 廖尔华,丁 丽,罗延宏,等.烯效唑浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].西南农业学报,2014,27(6):2339-2344.
- [26] 金喜军,张盼盼,屈春媛,等.烯效唑浸种对盐胁迫下糜子萌发和幼苗质量的调控效应[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):149-154.
- [27] 陈丽芬,李凌飞,陈 晔.烯效唑拌种对苦荞生长的影响[J].江西农业学报,2008,20(9):38-39.