

长期施肥对灌淤土养分状况变化的影响

吕粉桃¹, 田有国², 徐明岗¹, 卢昌艾¹, 任 意²

(1. 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 农业部作物营养与施肥重点开放实验室, 北京 100081; 2. 农业部全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要: 探明灌淤土耕地在常规施肥下土壤养分状况变化及其与施肥关系, 为灌淤土培肥及养分资源管理提供理论依据。采取统计分析的方法, 阐明灌淤土 4 个代表性监测点常规施肥 20 年 (1987 - 2006) 来土壤养分含量变化及其与施肥量的关系。灌淤土长期耕作施肥 20 年后, 土壤养分状况变化较为明显。其中, 土壤有机质和土壤氮磷养分含量均表现出上升趋势, 土壤有机质含量平均累计增加 6.16 g/kg, 年均增加 0.32 g/kg, 土壤全氮含量累计增加 0.083 g/kg, 年均增加 0.004 g/kg, 土壤碱解氮、有效磷含量的年均增量分别为 1.98, 3.9 mg/kg; 土壤速效钾含量呈现出下降趋势, 平均累计减少 63 mg/kg, 年均减少 3.3 mg/kg。灌淤土 20 年施肥监测结果表明, 该土壤应采用有机、无机肥料相结合的施肥方式, 合理调整化学肥料施肥比例, 适当控制磷肥用量, 增加氮素和钾素肥料用量, 达到施肥平衡, 提高耕地生产能力和培肥土壤的目的。

关键词: 长期施肥; 灌淤土; 土壤养分

中图分类号: S155.44 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 7091(2009)04 - 0142 - 05

Influence of Long-term Fertilization on the Nutrient Status in Irrigation Silting Soils

LU Fen-tao¹, TIAN You-guo², XU Ming-gang¹, LU Chang-ai¹, REN Yi²

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China; 2. National Agro-Tech Extension and Service Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China)

Abstract: Soil nutrients and the amount of fertilizer under constant fertilization in irrigation silting soils were studied in 20 years. Fertilization and administration suggestion were indicated based on the study in irrigation silting soils. Four long-term experiment sites of irrigation silting soils were monitored in Xinjiang province from 1987 to 2006. The changes of soil nutrients were investigated. The relationship between soil nutrients and the amounts of fertilization application was analyzed on the four sites. The result showed that soil organic matter, nitrogen and phosphorus contents increased under long-term fertilizer for 20 years. Soil organic matter, total nitrogen contents increased 6.16 g/kg, 0.083 g/kg. Averaging increment is 0.32 g/kg per annum and 0.004 g/kg respectively. Moreover, the values of alkali hydrolyzed nitrogen and available phosphorus contents increased per year were 1.98 mg/kg and 3.9 mg/kg. On the other hand, soil available potassium decreased 63 mg/kg for the 20 years, the average annual reduction is 3.3 mg/kg. The results indicated that it is an appropriate way to combine mineral fertilizer and application in this soil. It is suggested that increasing N and K fertilizers and controlling P fertilizer and reasonably adjusting fertilization ratio should be considered. Therefore, the fertility of irrigation silting soils and production capacity would be maintained or improved.

Key words: Long-term fertilization; Irrigation silting soils; Soil nutrients

灌淤土是长期耕作、施肥、灌溉淤积而形成的耕作土壤, 广泛分布于我国半干旱与干旱平原地区, 全

收稿日期: 2009 - 02 - 28

基金项目: 国家基础性工作专项项目 (2007FY220400); “十一五”重点科技支撑计划项目 (2006BAD05B09; 2006BAD02A14)

作者简介: 吕粉桃 (1978 -), 女, 内蒙古托克托人, 博士, 主要从事土壤质量提升与评价研究。

通讯作者: 徐明岗 (1961 -), 男, 陕西杨凌人, 研究员, 主要从事土壤肥力演变与培育研究。

国灌淤土面积 152.7 万 hm^2 , 其中新疆的灌淤土占总面积的 60%^[1,2]。灌淤土养分含量状况决定着其农作物产量的高低, 是灌淤土施肥的重要参考依据。全国第二次土壤普查结果显示, 灌淤土主要养分状况是缺氮、少磷、钾丰富^[1]。经过近 20 多年的耕作施肥, 灌淤土的养分状况发生了不少的变化。一些研究者认为灌淤土 N、P 仍较缺乏, 如李娟等^[3]对兰州灌淤土的养分限制因素进行了研究, 认为 N 是玉米产量的主要限制因子; 李新虎等^[4]对银川平原灌淤土中几种元素研究认为, 除 K 外, N、P 都有一定程度的缺乏。也有研究表明长期耕作使土壤有机质、N、P 含量有增加趋势, 钾含量出现下降趋势, 如马兴旺等^[5]认为现代人类活动使灌淤土有机质、全氮、碱解氮和有效磷含量增加, 速效钾含量降低; 杨芙蓉等^[6]对内蒙古巴彦淖尔地区灌淤土养分状况总体评价分析, 表明土壤养分氮、磷的含量较全国第二次土壤普查有所提高, 钾含量有所下降。张惠文等^[7]对新疆和田灌淤土 5 年的长期定位监测资料的分析结果表明, 土壤有机质与全氮含量处于基本稳定状态, 碱解氮含量上升, 有效磷含量总体呈上升趋势, 土壤含钾量下降。李友宏等^[8]的研究则认为灌淤土有机质、氨态 N 和速效 P、K 含量较临界值普遍较低。综上所述, 目前对于灌淤土养分状况的研究时间长短不一, 研究结果存在异同, 再加上监测数据跟踪尚不够, 特别是近 20 年的连续试验研究鲜见报道。本研究对国家级耕地土壤监测数据中具有代表性的 4 个灌淤土监测点连续 20 年土壤养分长期定位试验的部分数据进行统计分析, 试图探讨研究长期施肥条件下灌淤土养分状况的变化及其影响因素, 以期为绿洲农田的土壤培肥与作物增产提供理论依据, 为研究绿洲农田长期施肥管理措施下灌淤土养分的变化趋势积累数据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

灌淤土是我国内陆灌溉农业区的一种重要灌溉耕作土壤类型, 其分布以新疆和田与喀什地区的灌溉绿洲以及内蒙古、宁夏、甘肃境内的引黄灌区面积

最大, 最为集中。灌淤土 70% 左右处于无雨和少雨的干旱荒漠生境, 不能依赖天然降水, 是没有灌溉就没有农业的地区。

本研究区的粮食生产模式主要为: 灌溉一年一熟小麦 玉米轮作制; 灌溉一年两熟小麦复种玉米轮作制。

本研究将对国家级耕地土壤肥力监测点中 4 个具有代表性的灌淤土监测(新疆和田 3 个和昌吉 1 个) 20 年的数据进行统计分析, 就长期施肥对灌淤土养分状况变化的影响进行分析讨论。其中和田县 3 个监测点 XI X84-01、XI X84-02、XI X84-03 的土壤肥力较低, 昌吉阜康县 XI X84-08 监测点土壤肥力属较高水平。各监测点的建点年度均为 1987 年, 阜康县监测点的数据监测年限范围 1988 - 2001 年, 和田 3 个监测点的数据监测年限范围 1987 - 2006 年。各点基本情况如表 1 所示。

表 1 灌淤土不同监测点位基本情况

Tab. 1 Introduction of 4 monitor sites in fertilizer plot for irrigation silting soils

监测点 Site	经度 Longitude	纬度 Latitude	轮作制度 Cropping system
XI X84-01	79 46 77	37 24 00	小麦 - 玉米
XI X84-02	79 46 77	37 24 00	小麦 - 玉米
XI X84-03	79 46 77	37 24 00	小麦 - 玉米
XI X84-08	88 03 00	44 13 00	小麦 - 玉米

1.2 田间试验设计

施肥方式为常规施肥, 可代表当地大多数农田的施肥水平, 肥料种类分别为尿素、磷酸二铵、羊粪与粪尿类, 面积不小于 300 m^2 , 采用当地典型种植制度, 施肥主要集中在小麦种植季。

自 1987 年建点以来, 新疆和田县 3 个监测点几乎每年施用有机肥, 年均折合施 N 量 244.0 kg/hm^2 , P_2O_5 151.6 kg/hm^2 , K_2O 228.3 kg/hm^2 , 新疆昌吉阜康县监测点只在个别年份施用; 各监测点每年都施用氮、磷化肥, 和田县农科所 3 个监测点 1987 - 2006 年 N 肥年均施用量为 243.4 kg/hm^2 , P_2O_5 年均 237.7 kg/hm^2 , 阜康县监测点从 1988 - 2001 年 N 肥年均施用量为 120.5 kg/hm^2 , P_2O_5 年均 60.5 kg/hm^2 。各监测点均未施用化学钾肥。各点具体年度总施肥量情况见表 2。

表 2 灌淤土不同监测点位各监测年份间总施肥量

Tab. 2 Change of the annual fertilizer applied of 4 monitor sites in fertilizer plot for irrigation silting soils kg/hm^2

年度 Year	XI X84-01			XI X84-02			XI X84-03			XI X84-08	
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5
1987 - 1991	433.5	374.2	233.9	447.5	292.6	266.4	267.6	171.3	187.5	69.4	27.6
1992 - 1996	429.2	269.0	219.3	384.4	227.5	221.8	330.1	217.2	213.3	78.5	24.7
1997 - 2001	502.7	424.2	230.1	351.9	298.7	145.3	296.2	271.6	76.2	141.3	92.9
2002 - 2006	629.4	833.3	242.9	735.6	521.4	303.7	748.7	536.7	261.9		

1.3 样品的采集与分析

于每年秋季收获后,进行整地采取耕层土壤。分析项目为土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾含量。土壤养分的分析均采用国家标准方法测定:有机质-重铬酸钾滴定法;全氮-硫酸-硫酸钾-硫酸铜消煮蒸馏滴定法;碱解氮-扩散法;有效磷-碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速效钾-醋酸铵浸提-火焰光度计法。

1.4 统计分析

用 MS-Excel 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 长期施肥耕层土壤有机质含量的变化

内陆灌淤土地区以物理风化为主,有机质和氮素营养由于有机物质矿化速度快,一般稳定在一个较低的水平上^[9]。

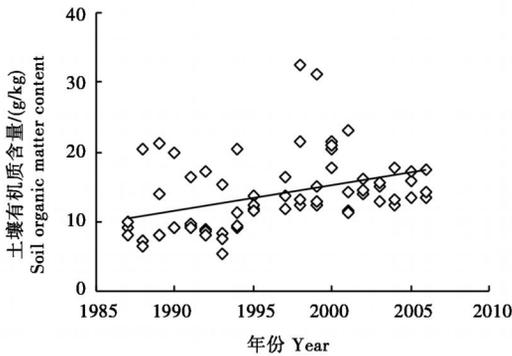


图1 灌淤土不同年度土壤有机质含量的变化趋势

Fig.1 Change of soil organic matter content of 4 monitoring sites on irrigation silting soils

土壤有机质是土壤肥力的重要物质基础,是评价土壤肥力高低的重要指标之一^[10]。从现有的数据来看,长期施肥条件下灌淤土有机质含量呈极显著上升趋势(图1),相关系数为 0.394(n=68),平均从 1987 年建点初期的 9.03 g/kg 增加到 2006 年的

15.19 g/kg,变异系数为 23.01%,累计增量 6.16 g/kg,年均增量 0.32 g/kg,累计增幅 68.2%,年均增幅 3.59%。灌淤土有机质平均含量最高值出现在 2000 年,为 20.13 g/kg。从整体分布上来看,土壤有机质含量在 20.0 g/kg 以下较集中,平均含量为 (13.76 ±5.34) g/kg。

2.2 长期施肥耕层土壤全氮、碱解氮含量的变化

土壤全氮是土壤中各种形态氮素含量之和,在一定程度上可代表土壤的供氮水平^[11],其含量的变化主要决定于生物累积和分解作用的相对强弱。灌淤土的氮素平均含量以灌淤耕层最高,其次是犁底层,60 cm 以下变化趋于平缓。配施有机肥的土壤全氮在 40 cm 以上,特别是在耕作层积累明显^[12-14]。

常规施肥条件下灌淤土土壤全氮含量总体没有明显变化,基本维持稳定,土壤全氮平均从 1987 年的 0.487 g/kg 增加到 2006 年的 0.570 g/kg,变异系数为 20.80%,累计增量 0.083 g/kg,年均增量 0.004 g/kg,累计增幅 17.0%,年均增幅 0.90%。其中 2000 年全氮平均含量最高,达 1.023 g/kg。从图 2 看出,各点全氮含量主要集中在 1.500 g/kg 以下水平,平均含量为 (0.674 ±0.31) g/kg。

灌淤土碱解氮含量的变化趋势同土壤全氮变化趋势基本一致,总体上基本维持稳定,碱解氮含量平均为 (50.7 ±16.78) mg/kg,属低产田范围(图 2)。从各监测年度的平均含量来看,碱解氮从 1987 年的 27.9 mg/kg 逐渐增加到 2005 年的 63.5 mg/kg,变异系数为 25.22%,累计增量 35.6 mg/kg,年均增量 1.98 mg/kg,累计增幅 127.6%,年均增幅 7.09%。1992 年达到最高值 66.8 mg/kg,其后碱解氮含量降低,平均保持在 40~60 mg/kg。根据全国第二次土壤普查灌淤土碱解氮含量丰缺指标^[1],现有土壤碱解氮含量属缺乏状态,增施氮肥依然非常重要。

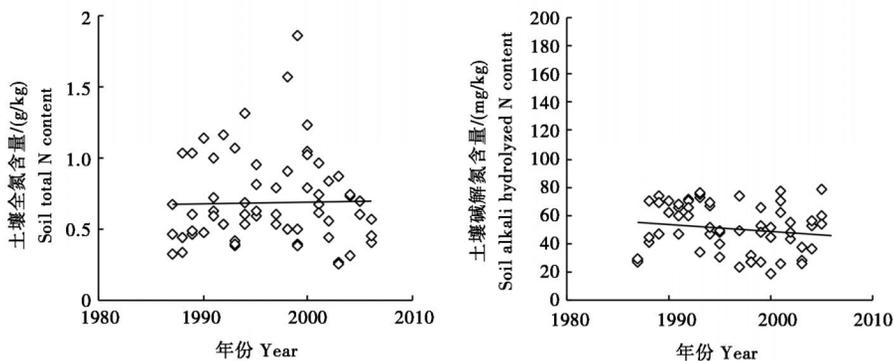


图2 灌淤土不同年度土壤全氮、碱解氮含量的变化趋势

Fig.2 Changes of soil total N and soil alkali-hydrolyzable N content of 4 monitoring sites on irrigation silting soils

2.3 长期施肥耕层土壤有效磷含量的变化

由于磷在土壤中的移动性较差,损失相对较少,在连续多年施磷的情况下,灌淤土有效磷含量随监测年份的延长而呈现出显著上升趋势(图3),从1987年的7.2 mg/kg 逐渐增加到2006年的81.9 mg/kg,变异系数为61.41%,20年累计增量74.7 mg/kg,年均增加3.9 mg/kg,累计增幅1 037.5%,年均增幅54.6%。从图3可以看出,灌淤土各监测点的起始阶段土壤有效磷含量在5~20 mg/kg,随着磷肥长期施用,有效磷含量逐渐升高,灌淤土有效磷平均含量保持在(42.7 ±29.71) mg/kg。由于作物吸收利用的主要是土壤中的有效磷^[15],因此,土壤有效磷含量的增加,有利于作物产量的提高。同时,根据全国第二次土壤普查灌淤土有效磷含量丰缺指标^[1],现有土壤有效磷含量大大超过丰富级别,控制磷肥施用量非常重要。

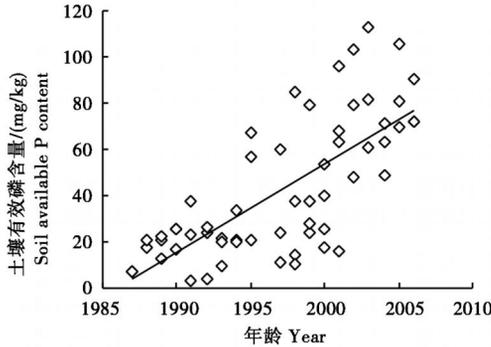


图3 灌淤土不同年度土壤有效磷含量的变化趋势

Fig.3 Change of soil available P content of 4 monitoring sites on irrigation silting soils

2.4 长期施肥耕层土壤速效钾含量的变化

1987 - 2006年间,灌淤土速效钾含量变化结果表明,在长期施用氮磷肥,而施钾很少的情况下,土壤速效钾含量表现出下降趋势,但未达到显著水平(图4),其含量范围在134~197 mg/kg,变异系数为24.32%,累计减少63 mg/kg,年均减量3.3 mg/kg,

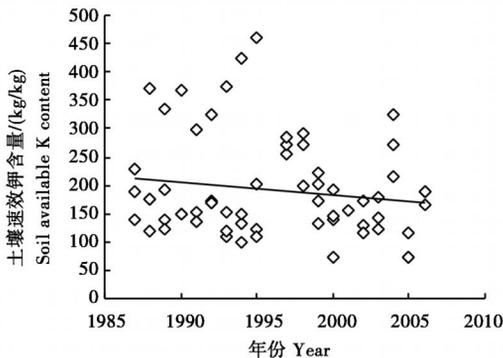


图4 灌淤土不同年度土壤速效钾含量的变化趋势

Fig.4 Change of soil available K content of 4 monitoring sites on irrigation silting soils

累计减幅47.01%,年均减幅2.47%,平均含量为(192 ±87.22) mg/kg。大体上可以分为3个变化阶段:从1987年的184 mg/kg 逐渐增加到1997年的271 mg/kg,随后又逐年降到2000年的138 mg/kg,并保持在相对稳定的范围内。

3 讨论

土壤养分是土壤的重要组成部分,是土壤肥力的内部表征^[16]。灌淤土20年的连续监测结果显示,长期施肥耕作下,土壤有机质含量极显著上升,从1987年的9.03 g/kg 上升到2006年的15.19 g/kg,累计增加6.16 g/kg;土壤全氮含量总体无明显变化,从1987年的0.487 g/kg 增加到2006年0.570 g/kg,基本维持稳定;土壤碱解氮含量从1987年的27.9 mg/kg 增加到2005年63.5 mg/kg,其变化趋势与全氮含量变化一致,基本保持稳定水平;磷肥施用量的逐年增加,使得磷素在土壤中表现出明显的积累现象,土壤有效磷含量从1987年的7.2 mg/kg 上升到2006年的81.9 mg/kg,每年以3.9 mg/kg 的速度增加;土壤速效钾含量呈现出下降趋势,但到2006年还保持在192 mg/kg 较高水平。

长期施肥下,灌淤土养分含量变化与施肥量密切相关。由表2可知,4个定位监测点的氮磷钾肥料的施用量均有上升的趋势,这可能是导致长期耕作下灌淤土有机质和养分含量增加的主要原因之一。具体来看,土壤有机质的显著增加,可能与部分地区在化肥高投入的基础上,有机肥的连续施用有关,其施用量平均从建点初的279.2 kg/hm² 逐渐增加到2006年的651.7 kg/hm²。土壤有效磷的显著增加,可能是新疆各监测点在施肥方式上都以氮磷肥为主,施肥比例不协调,且磷肥用量也较高,造成磷肥利用率低,磷素在土壤中大量积累,最终导致大部分地区土壤有效磷的上升。也有研究报道,有机肥对土壤各种形态有机磷均产生影响,其中对中等活性的有机磷影响最大^[17]。由于施入农田土壤中的有机肥料较多,为耕层土壤带入了丰富的有机磷。由于人们普遍认为灌淤土钾素丰富,在施肥上重视氮磷肥料的施用,忽视钾肥的补充,结果导致灌淤土速效钾含量呈现出下降趋势,这与张炎等^[18]认为钾已成为新疆棉田土壤养分的限制因子或潜在限制因子的研究结论一致。

灌淤土养分含量变化与作物养分吸收量、施肥量的确切关系,尚需要进一步的深入研究。

4 结论

施肥方式是人工培肥土壤的一个重要途径,特

别是有机无机肥料配合施用,对土壤速效养分含量的增加和维持稳定具有特殊的作用。

定位施肥 20 年间,灌淤土养分含量变异幅度较大。土壤有机质含量显著提高,全氮、碱解氮含量变化不明显,有效磷显著增加,速效钾出现下降趋势。从养分含量状况来看,除磷、钾外,其他养分含量较低,灌淤土土壤肥力基本处于中低水平。

针对长期施肥下灌淤土养分含量变化情况,为合理调整施肥比例,培育和维持较高的土壤肥力,提高灌淤土的综合生产能力,应采取如下施肥与改良措施:

以提高土壤有机质含量为核心,增加有机肥料施用量。灌淤土所处的地理位置为干旱少雨气候区,土壤有机质分解速度快,有机质和氮素在土壤中难以积累。改变施肥习惯,施肥上增加有机肥料用量,达到提高土壤有机质和氮素含量的作用。

以提高土壤肥力为要求,推广土壤培肥技术。实行作物秸秆还田和高茬还田技术,既可增加有机物料施入量,又可以保持土壤水分和减缓土壤的沙化、盐渍化。利用夏秋的水热条件,在夏作收获后,夏播绿肥是一个可行的选择。

以提高养分利用率为目标,调整施肥比例和结构。灌淤土氮素明显缺乏,钾素有下降的趋势,提高化肥中氮肥和钾肥用量,适当减少磷肥用量,或隔年施用一次磷肥,提高施肥效益和节约宝贵的磷肥资源。

参考文献:

- [1] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [2] 龚子同,张甘霖,王吉智,等. 中国的灌淤人为土[J]. 干旱区研究,2005,22(1):4-10.
- [3] 李娟,赵良菊,郭天文. 土壤养分状况系统研究法在兰州灌淤土平衡施肥中的应用研究[J]. 甘肃农业科技,2002(6):39-41.
- [4] 李新虎,赵文杰. 银川平原土壤中几种元素有效态与全量相关关系的研究[J]. 宁夏农林科技,2001(4):26-28,23.
- [5] 马兴旺,吕贻忠,朱靖蓉,等. 现代人类活动对新疆灌淤土养分特性影响[J]. 水土保持学报,2004,18(1):197-199.
- [6] 杨芙蓉,杨恒智. 内蒙古巴彦淖尔地区土壤养分状况及施肥现状[J]. 内蒙古农业科技,2008(2):49.
- [7] 张惠文,郭杰,吐尔逊娜依. 新疆耕作土壤肥力变化与对策[J]. 土壤肥料,2004(5):17-18.
- [8] 李友宏,董莉丽,王芳,等. 宁夏银北灌区灌淤土营养元素空间变异性研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(6):68-72.
- [9] 王蓉芳,曹富友,彭世琪,等. 中国耕地的基础地力与土壤改良[M]. 北京:中国农业出版社,1996:109.
- [10] 韩志卿,张电学,王介元,等. 长期施肥对土壤有机质氧化稳定性动态变化及其与肥力关系的影响[J]. 河北农业大学学报,2000,23(3):31-35.
- [11] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶. 河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征-变异函数与Kriging插值[J]. 地理学报,2000,55(5):555-566.
- [12] 王吉智,马玉兰,金国柱. 中国灌淤土[M]. 北京:科学出版社,1996:63.
- [13] 徐明岗,梁国庆,张夫道,等. 中国土壤肥力演变[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:8.
- [14] 索全义,姬宝霖,高聚林,等. 高泥沙洪水淤地治沙后土壤养分分布特征的分析[J]. 华北农学报,2007,22(5):134-137.
- [15] 孙权. 宁夏主要土壤的磷肥指数及磷肥用量[J]. 土壤,2003(1):83-85.
- [16] 王灿,王德建,孙瑞娟,等. 长期不同施肥方式下土壤酶活性与肥力因素的相关性[J]. 生态环境,2008,17(2):688-692.
- [17] 王库,何东方. 有机肥对旱地红壤供磷效应的研究[J]. 土壤肥料,2001(5):19-22.
- [18] 张炎,王讲利,李磐. 新疆棉田土壤养分限制因子的系统研究[J]. 水土保持学报,2005,19(6):57-60.