

棉花膜下滴灌土壤盐分运移规律分析^{*}

魏光辉¹, 董新光^{1,2}, 杨鹏年¹, 杨昕馨¹, 姚鹏亮¹

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆水利厅, 乌鲁木齐 830000)

摘 要:为探讨棉花滴灌方式下土壤水盐运移规律,在棉花不同生育期运用烘干法和电导法,从水平方向和垂直方向测定距离滴灌带不同距离的土壤含水量和土壤盐分,结果表明:膜下滴灌条件下棉花整个生育期土壤盐分含量的运移规律为:一水前土壤中的含盐量以垂直方向 0 - 10 cm 土层内最大,随生育期的推后各土层含盐量都有不同程度的增加,土壤产生积盐现象。滴头处各土层含盐量相对较低,主要因为滴头下水分不断下滴下渗,使该处各层土壤中的盐分亦随水移动而被淋洗到浸润体外缘,从而使主要根系层的土壤形成了一个低盐区。

关键词:膜下滴灌;盐分运移;棉田

中图分类号:S156.41

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)06-0162-05

Study on Soil Salt Movement in Drip Irrigation of Cotton Under the Plastic Mulch

WEI Guang-hui¹, DONG Xin-guang^{1,2}, YANG Peng-nian¹, YANG Xin-xin¹, YAO Peng-liang¹

(1. College of Water Resources & Civil Engineering, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China; 2. Bureau of Xinjiang Water Resources, Urumqi 830000, China)

Abstract: To explore the law of water and salt movement in drip irrigation of cotton field, soil moisture and salt are studied from the horizontal and vertical directions in different stages of cotton using drying and soil conductivity. The results showed that the soil salt in 0 - 10 cm was the highest before first irrigation throughout the growing period of cotton. With the post-reproductive period, each soil layer salt quantity have the increase of different level and resulted to the soil salt accumulation. Drip emitter contain salt quantity is relative lower mainly due to constant water drip and infiltration, which resulted to form a low-salt zone in the main root system layer.

Key words: drip irrigation under the plastic mulch; soil salt movement; cotton field

新疆干旱内陆河灌区,长期以来由于在农业生产中普遍采用大水漫灌的灌溉方式,造成地下水位升高。又由于独特的自然气候条件,在灌溉水的下渗和强烈的蒸发、蒸腾作用下,土壤中水盐运移活跃,加上排水系统不健全,导致农田土壤发生次生盐渍化。新疆灌区现有不同程度的次生盐渍化面积达 $10.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 约占全区灌溉面积的 $1/3$ ^[1]。为保证农业生产的正常进行,冬、春季只能采用大水压盐,年复一年,恶性循环。土壤次生盐渍化的发展已成为威胁绿洲经济发展的重要环境因素^[2],严重影响着农业生产的

进一步发展。为此,国内外研究者在水盐运移规律方面做了大量工作,并取得了一定的成果。张琼等研究了棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响^[3],试验表明,高含盐土壤实施高频灌溉盐份淋洗效果好于低频灌溉,且作物增产效果明显;吕殿青、王全九等进行了膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究,研究结果得出:膜下滴灌土壤含盐量分布由于地表积水的影响具有水平脱盐距离大于垂直脱盐距离的特点,灌水量的增加有利于作物正常生长的淡化区的形成和垂直向下压盐^[4];李毅

^{*} 收稿日期:2009-06-20

基金项目:国家 863 计划(2006AA100218);国家科技支撑计划(2007BAD38B01);新疆自治区重大科技专项(20073117-1);新疆水利水电工程重点学科基金(XJZDXK2002-10-05)

作者简介:魏光辉(1981-)男,新疆石河子人,硕士研究生,主要从事干旱区水资源利用与环境保护研究。E-mail:wgh12358@163.com

通信作者:董新光(1957-)男,山东文登人,教授,博士生导师,主要从事干旱区水资源利用与环境保护研究。E-mail:xinguangdong@163.com

等对膜下滴灌技术在干旱 - 半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用也有相同论述^[5]。

本文通过对棉花各生育期滴灌土壤水盐的观测,初步分析了棉田滴灌水盐运移规律。为合理灌溉和防止土壤次生盐渍化提供科学依据,为当地农业生产做出指导,具有一定的现实意义。

1 试验区概况

田间试验点位于新疆巴州水利管理处灌溉试验站 3 # 试验田。其地理位置为 41°35′ - 41°37′ N,86°

10′ - 86°12′ E,海拔高度在 895 ~ 903 m。试验区属暖温带大陆性荒漠气候,多年平均降水量 53.3 ~ 62.7 mm,集中于 6 - 8 月。多年平均蒸发量 2 273 ~ 2 788 mm(20 cm 直径蒸发皿观测),平均相对湿度为 45 % ~ 47 %,多年平均气温 10.5 ℃,夏季炎热,极端最高气温达 43.6 ℃,冬季寒冷少雪,1 月平均气温 - 9.4 ℃。全年以晴天为主,日照时间长,太阳总辐射 633 kJ/m²。多年平均日照时数 3 036.2 h, >10 ℃ 的年积温 4 285 ℃ 以上,多年平均无霜期 188 d。试验田土壤机械分析见表 1。

表 1 土壤机械分析

土层深度/ cm	颗粒含量百分数/ %						土壤质地
	>0.25 mm	0.25~0.05 mm	0.05~0.01 mm	0.01~0.005 mm	0.005~0.001 mm	<0.001 mm	
0 - 10	5.52	53.60	24.70	4.30	3.30	8.60	砂壤土
10 - 20	5.23	53.60	25.10	4.30	3.30	8.60	砂壤土
20 - 30	8.33	55.10	21.80	3.60	3.00	8.20	砂壤土
30 - 40	6.12	46.40	29.70	3.30	4.60	9.90	轻壤土
40 - 50	5.63	41.30	34.60	4.60	4.90	8.90	轻壤土
50 - 60	3.05	32.70	41.50	5.90	7.30	9.60	轻壤土
60 - 70	2.14	27.30	45.20	8.60	6.60	10.70	轻壤土
70 - 80	3.96	31.10	44.50	6.30	5.60	8.60	轻壤土

试验田采用滴灌系统,滴头间距为 30 cm,滴灌带间距为 1.5 m,设计工作压力为 0.1 MPa,滴头流量 $Q=3.2$ L/h,灌溉水为渠水,矿化度 1.0~1.1 g/L,该试验地在 2007 年 11 月进行了冬灌。棉花种

植品种为新陆中 21 号,生育期为 133~136 d。棉花覆膜种植,模式为“一膜一管四行”,行距配置为:20 cm+40 cm+20 cm(见图 1),膜宽 125 cm,实际覆地宽度为 110 cm,前茬为棉花。

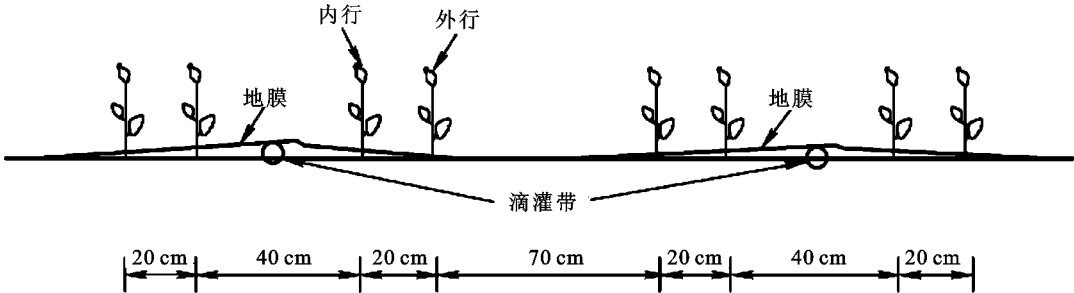


图 1 棉花种植模式

2 研究内容与方法

试验于 2008 年在棉花一水前(苗期,6 月 21 日)、一水后(蕾期,6 月 25 日)、花期(7 月 16 日)、铃期(8 月 11 日)和吐絮期(9 月 5 日)测定 0 - 90 cm 土层深度内的土壤含盐量。在水平方向距滴灌带分别 0 cm(也称为宽行中央)、20,30 cm(也称为窄行中央),40,50,70 cm(也称为背行中央)处共 6 个点取土样,在每点的垂直方向按照 0 - 10,10 - 20,20 - 30,30 - 50,50 - 70,70 - 90 cm 的层次进行取土样,共计 6 个层次,共取出 36 个土样。第一次取样时,做好固定标记,以后每次取样均取所定点处。

采用烘干法测定土壤含水率,同时对所取土样

风干研磨后过 1 mm 土筛后,按照 1 : 5 的土水比浸提,浸提后的溶液用电导率仪测定浸提液电导率。通过化验结果分析土壤盐分在不同生育期、水平与垂直方向的运移情况。

3 结果与分析

以灌溉定额 5 250 m³/hm²、灌水周期 7 d 的处理为例,从棉花膜下滴灌条件下不同生育阶段和不同方向(垂直和水平)两个方面对土壤盐分运移进行分析。

3.1 土壤浸提液电导率 EC_e 与土壤全盐量 S_t 的相关性分析

采用在水平方向距滴灌带分别 0,30,70 cm 处

共 3 个取样点取土样,在每点的垂直方向按照 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30, 30 - 50, 50 - 70, 70 - 90 cm 的层次进行取土样,即每个处理提取 18 个土样来测量其土壤浸提液电导率 $EC_{1:5}$ 及相关量,共取 4 个处理,合计 72 个土样。将土壤全盐量和 25 的 1:5 土水比土壤浸提液电导率作相关性分析,从图 2 可以看出, $EC_{1:5}$ 和土壤全盐量 S_t 具有极显著的相关性,其相关方程如式(1)。

$$S_t = 9.3514 EC_{1:5}^{0.8059}$$

$$(r = 0.9371, n = 72, r_{0.01} = 0.302, r_{0.05} = 0.232)$$

(1)

式中: S_t ——土壤全盐量(g/kg); $EC_{1:5}$ ——1:5 土水比土壤浸提液电导率(mS/cm)。

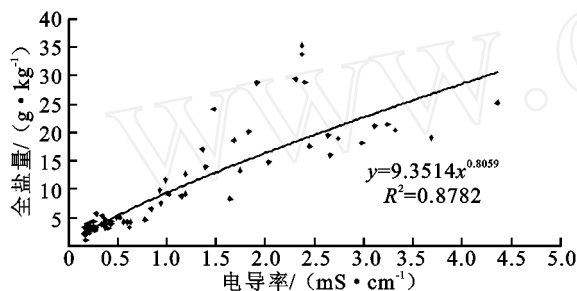


图 2 土壤浸提液电导率与土壤全盐量相关关系

由式(1)可见,随着 $EC_{1:5}$ 值增加,可溶性全盐含量呈非线性增加,达到极显著水平,这与 Simon 等人^[6]的研究结果相一致,而毛任钊等^[7]、刘广明等^[8]研究结果为线性增加,这可能是由于土壤质地与土壤性质不同或者土壤溶液浸提方法不同的影响。尽管如此,这些结果都说明了土壤可溶性全盐含量与电导率之间具有较强的相关性。应用该方程,可用 1:5 土水比土壤浸提液电导率快速确定土壤全盐量,也可根据土壤全盐量推导 1:5 土水比土壤浸提液电导率。

3.2 垂直方向土壤盐分的变化特征

根据图 3 可以知道,垂直方向 0 - 10 cm 土层之间的含盐量在一水前最高,其次为 70 - 90 cm 土层。在盛花期,垂直方向 30 - 50 cm 与 50 - 70 cm 土层盐分达到最高值,之后在盛铃期与吐絮期各土层盐分(除 30 - 50 cm 土层)均持续下降,但各耕作层内的总盐含量呈增加趋势,说明耕作层处于积盐过程,在 30 - 50 cm 处的盐分含量较高,说明盐分主要向该层运移。50 - 70 cm 土层盐分与 70 - 90 cm 土层盐分就整个生育期来说变化量不是太大,说明其受膜下滴灌盐分运移影响较小。

3.3 水平方向土壤盐分的变化特征

膜下滴灌条件下,棉花一水前(苗期)与一水后(蕾期)、盛花期、盛铃期、吐絮期的各期棉田土壤盐

分含量,在水平方向上的变化见图 4。在一水前,由于没有灌水,棉田土壤中的盐分受冬灌水的影响,土壤含盐量在水平方向上变化不明显。在一水后(蕾期),由于灌水的缘故,土壤总盐含量产生较大的波动变化,总体呈增加趋势。

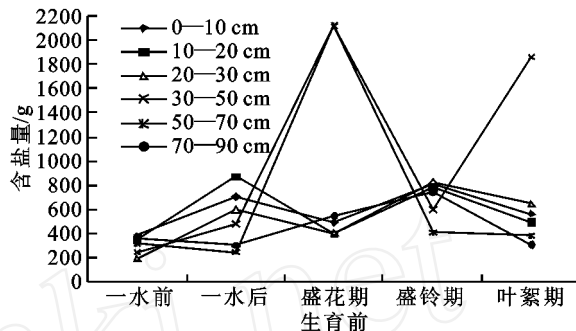


图 3 垂直方向各层土壤盐分在生育期内的变化

在盛花期、盛铃期,由于棉花需水量增大,灌水量也较大,各土层土壤总盐含量在水平方向上在盛花期达到最大,之后土壤总盐含量在盛铃期又有所降低。

吐絮期时,各土层在水平方向土壤总盐含量较盛铃期略有上下波动。

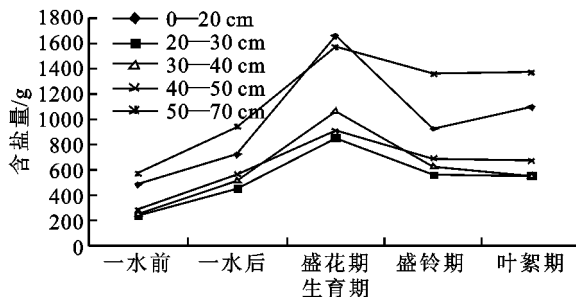


图 4 水平方向各层土壤盐分在生育期内的变化

3.4 土壤盐分在各生育期内的分布变化

为了更直观地分析土壤盐分在棉花各生育期内的分布情况,绘制了各生育期内土壤盐分分布等值线图,详见图 5 - 9。由图 5 - 9 可知,在一水前(苗期),水平方向距滴灌带 70 cm、垂直方向 0 - 30 cm 处,即背行中央为土壤含盐高密度区域,之后经过一个生育周期,在水平方向距滴灌带 50 - 70 cm、垂直方向 0 - 20 cm 区域内,成为土壤含盐高密度区域。综合来看,各土层土壤含盐量较一水前(苗期)都有不同程度的增加,即土壤产生积盐现象。

4 讨论

(1) 一水前土壤中的含盐量以垂直方向 0 - 10 cm 土层内最大,随生育期的推后各土层含盐量都有不同程度的增加,即土壤产生积盐现象,这与王家平等^[9]的研究结果相同。分析产生这种现象主要有以

下两种原因: 灌溉水水质问题。由于灌溉水为渠水,矿化度为 1.0~1.1 g/L,导致水中盐分进入土壤当中,造成土壤含盐量增加; 受蒸发蒸腾影响。

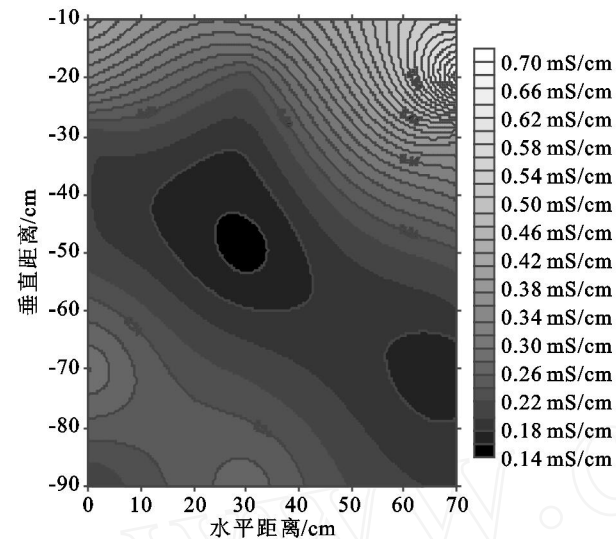


图 5 一水前(苗期)土壤初始含盐量分布

当地下水埋深小于其极限埋深,大于土壤根区深度,土壤水和地下水之间为双向联系,二者间水量交换,地下水中的盐分上移造成上层土壤含盐量增加。

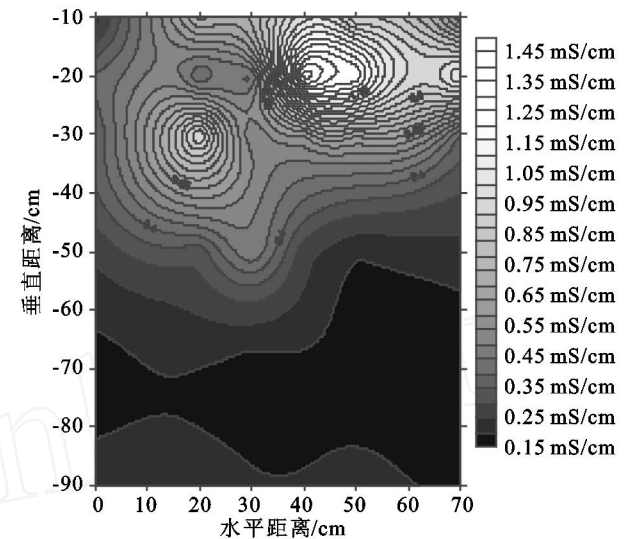


图 6 一水后(蕾期)土壤含盐量分布

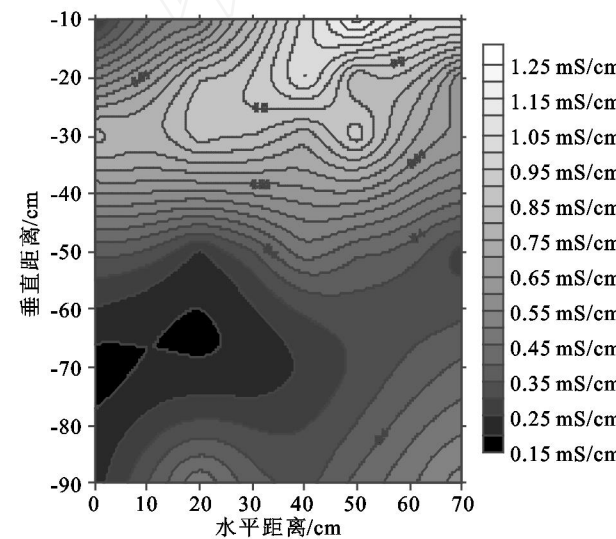


图 7 盛花期土壤含盐量分布

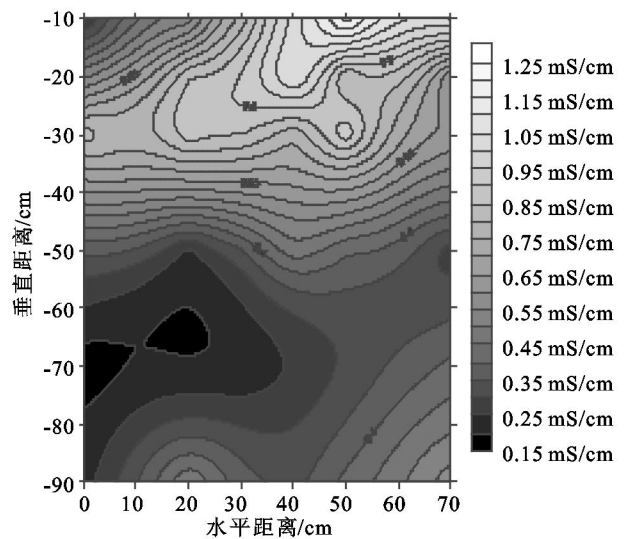


图 8 盛铃期土壤含盐量分布

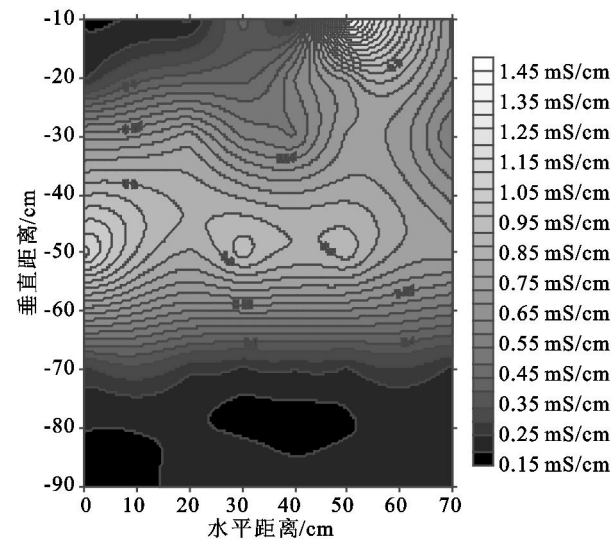


图 9 吐絮期土壤含盐量分布

(2)滴灌的滴水在水平方向上缓缓向四周扩散,将盐分带入湿润区最边缘土层中聚集,使滴头处各土层含盐量相对较低(图 5 - 9),这是因为滴头下水分不断下滴下渗,使该处各层土壤经常保持较高湿度。滴灌的下行滴水先使滴头下土壤水分接近饱和状态,然后扩散形成一个半圆锥形的浸润体。土壤中的盐分亦随水移动而被淋洗到浸润体外缘,起到“驱盐”的作用,从而使主要根系层的土壤形成了一个低盐区。

(3)棉花膜下滴灌比常规灌溉量减少,但是其积盐趋势没有改变,由于强烈的蒸发和作物的蒸腾作用,盐分表聚的趋势仍然强烈,只是由于土壤含水率下降导致土壤导水率降低,积盐强度有所下降,这一点可以清楚地从生育时期的推移看出。膜下滴灌使盐分在空

间位置上的差异性分布只是在作物生长季节有助于作物避盐,但是一旦经过下茬耕作,盐分重新均匀分布,将逐渐使表层土壤含盐量上升。滴灌免去了田间渠道系统,土壤连片种植,客观上有助于地下水位上升,但是这对防止土壤次生盐渍化十分不利。因此,定期大水漫灌洗盐仍是土壤脱盐的必要手段。

5 结 语

膜下滴灌条件下的土壤水盐运移非常复杂,并受多种因素的影响。国内外学者虽然已进行了大量的研究,但是一些理论和方法仅限于特定的条件,缺乏广泛适用性,特别在干旱区盐分迁移研究方面较为薄弱,还不能用以指导生产实践。因此,为总结生产经验和更好地推广应用膜下滴灌技术,有必要在已有研究成果和生产经验的基础上,对新疆棉花膜下滴灌条件下的土壤盐分运移进行研究,这有利于滴灌系统的设计和灌溉制度的制定,为合理地确定土壤次生盐碱化防治措施和田间水分管理提供科学依据,并对于膜下滴灌技术在新疆棉花大田中进一步的推广和应用,对于新疆经济的可持续发展及生态环境的维护都具有重大意义。

参考文献:

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 顾峰雪, 施庆东, 张远东, 等. 准噶尔盆地南缘阜康绿洲水盐空间特征的初步分析[J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 2002(1): 117-122.
- [3] 张琼. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响[J]. 水利学报, 2004(9): 123-126.
- [4] 吕殿青, 王全九, 王文焰, 等. 膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究[J]. 灌溉排水, 2001(3): 28-31.
- [5] 李毅, 王文焰, 王全九. 论膜下滴灌技术在干旱 - 半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 2001(6): 42-46.
- [6] Simon M, Garcia I. Physico - chemical properties of the soil saturation extracts: estimation from electrical conductivity[J]. Geoderma, 1999, 90(1): 99-109.
- [7] 毛任钊, 松本聪. 盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系[J]. 土壤, 1997, 29(6): 326-330.
- [8] 刘广明, 杨劲松, 姚荣江. 影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 247-252.
- [9] 王家平, 吕新, 孙学, 等. 膜下滴灌农田盐分运移情况调查与分析[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(4): 682-686.
- [6] Landgraf D. Dynamics of microbial biomass in Cambisols under a three year succession in North Eastern Saxony[J]. J. Plant Nutr. Soil Sci. ,2001, 164: 665-671.
- [7] 湖北省浠水县志编纂委员会. 浠水县志[M]. 1992: 232.
- [8] 王映明. 湖北植被区划(上)[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(1): 61-73.
- [9] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1987, 19: 703-707.
- [10] 贾松伟, 贺秀斌, 陈云明. 黄土丘陵区退耕撂荒对土壤有机碳的积累及其活性的影响[M]. 水土保持通报, 2004, 18(3): 78-84.
- [11] Juo A S R, Lal R. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an alfisol in the tropics[J]. Plant Soil, 1977, 47: 567-584.
- [12] Knops J M H, Tilman D. Dynamics of soil nitrogen accumulation for 61 years after agricultural abandonment[J]. Ecology, 2000, 81(1): 88-98.
- [13] Landgraf D. Dynamics of microbial biomass in Cambisols under a three year succession in North Eastern Saxony[J]. J. Plant Nutr. Soil Sci. ,2001, 164: 665-671.
- [14] Odum E P. Trends expected in stressed ecosystem[J]. Biosciences, 1985, 35: 419-422.
- [15] Nannipieri P, Greco S, Ceccanti B. Ecological significance of the biological activity in soil [C]// Bollag J M, Stotzky G. Soil Biochemistry. New York: Marcel Dekker, 1990: 293-355.
- [16] Anderson T H, Domsch K H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the microbial biomass of forest soils[J]. Soil Biol Biochem. ,1993 25: 393-395.
- [17] Schipper L A, Degens B P, Sparling G P, et al. Changes in microbial heterotrophic diversity along five plant successional sequences[J]. Soil Biol Biochem. , 2001, 33: 2093-2103.
- [18] Dilly O, Munch J C. Ratios between estimates of microbial biomass content and microbial activity in soils[J]. Biol. Fertil. Soils, 1998, 27: 374-379.

(上接第 161 页)