

陕北黄土丘陵区撂荒地土壤含水量和土壤容重的时空变异特征

郝文芳¹, 杜峰², 陈存根³, 梁宗锁^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 生命科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以陕北黄土丘陵区 30 个撂荒地为研究对象, 采用空间序列代时间系列方法, 分析了撂荒地土壤含水量的月动态、年际变化以及土壤容重的时间变异特征。结果表明: 撂荒演替使得土壤容重变小; 在垂直剖面上, 随着土层深度的加深, 土壤含水量呈现逐渐增加的趋势; 撂荒地立地间土壤含水量变化趋势为: 阴坡 > 半阴坡 > 半阳坡 > 阳坡; 撂荒地土壤含水量月变化趋势为: 7 月 > 8 月 > 9 月 > 10 月 > 5 月 > 6 月; 土壤含水量的年际动态为 2005 年土壤含水量高于 2006 年和 2007 年。3 个年份的共同趋势为: 撂荒演替前期, 土壤含水量较高; 随着演替时间的延长, 土壤含水量呈下降趋势。

关键词:陕北黄土丘陵区; 撂荒地; 土壤含水量; 土壤容重; 时空变异特征

中图分类号:S 152 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)13-0192-06

生态环境建设的成效在很大程度上取决于生态恢复重建过程中土壤质量的演化及其环境效应, 只有系统中的土壤能够不断发育、正向演替, 土壤质量逐步得到提高并保持在较高水平, 才能使已经退化的生态系统达到生态平衡和良性循环。黄土丘陵区处于暖温带半湿润气候向半干旱气候的过渡区, 该区土壤水分动态研究, 一直是土壤水分利用及环境治理中具有重要理论和实践意义的课题。土壤容重是土壤物理性质中随着撂荒演替年限的变化较为敏感的指标之一^[1]。土壤物理性质如容重、有效水分含量等是土壤质量评价的重要指标^[2-4]。土壤物理性质通过对土壤湿度、温度、通气性、土壤化学反应甚至有机质积累的作用, 显著地影响着植被的生长和分布, 进一步来影响群落的演替^[2-4]。现以陕北黄土丘陵区 30 个撂荒地为研究对象, 采用空间序列代时间系列, 对土壤含水量进行连续

3 a 的测定, 分析了不同土层深度、不同弃耕年限、不同立地条件下土壤含水量的月动态、年际变化, 并结合土壤容重的时间变异, 探索退耕地自然恢复过程中土壤物理性质对撂荒演替的响应, 以期对退耕地植被恢复和重建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

1.1.1 研究区自然概况 研究区位于陕北黄土高原丘陵沟壑区的安塞县高桥乡, 年均日照时数 2 300~2 570 h, 年均降水量 490.5~663.3 mm, 多集中在 7~9 月份, 属半干旱区。年均气温 7.7~10.6℃, 无霜期 157 d, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3 170.3℃。黄绵土, 轻壤; 地形主要为梁峁状黄土丘陵, 沟谷发育, 水土流失严重。

1.1.2 撂荒地及其撂荒演替基本情况 撂荒地大类群结构相对简单, 植物类群相对少。菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)的物种较多, 达乌里胡枝子(*Lespedeza dahurica*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)和白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)贯穿演替的始终。撂荒 3~6 a 群落演替为 1 a 生杂草群丛阶段。在第 7~10 年, 1 a 生物种逐渐减少, 多年生物种开始增多; 10~25 a 左右, 随着环境条件发生变化, 群落类型和物种组成变得更加复杂, 多年生物种进一步增多; 大约 25~45 a, 土壤水分含量不断减少, 较为耐旱及竞争力相对较强的达乌里胡枝子、铁杆蒿和白羊草等开始占优势。随着撂荒演替的进行,

第一作者简介:郝文芳(1968-), 女, 陕西西乡人, 博士, 副教授, 现主要从事恢复生态学和植物生理生态学等研究工作。E-mail: haowenfang2002@tom.com

责任作者:梁宗锁(1965-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事生态学和中药现代化等研究工作。E-mail: Liangzs@ms.iswc.ac.cn

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304312); 中国科学院知识创新资助项目(KZCX2-YW-443); 中国科学院“西部之光”人才培养资助项目(2008DF02)。

收稿日期:2013-03-13

群落盖度呈增加的趋势。土壤养分随着弃耕时间的延长呈现增加的趋势,但其绝对增加量较少。土壤微生物碳、微生物氮含量增加,土壤微生物氮与全氮之比、土壤基础呼吸强度、土壤代谢熵随着撂荒时间的延长呈现增大的趋势。随着演替时间的延长,土壤微生物总数趋于稳定。综合分析群落结构组成和土壤物理、化学及其生物学性质,初步总结出黄土丘陵区弃耕演替为进展演替^[5]。

1.1.3 安塞县 2004~2007 年的降雨量分布 几个年份相比,安塞县春季降雨较多的是 2007 年的 3 月,夏天降雨多的是 2005 年的 5 月,其次是 2006 年的 5 月,雨季降雨最多的是 2005 年的 7 月,其次是 2004 年的 8 月。与 2004、2005、2006 年相比,虽然 2007 年的春季降雨较多,在 3 月份为 55.0 mm,2 月份为 13.0 mm。但是对于蒸发量远大于降雨量,而地下水埋藏很深的黄土高原,这点降雨是远远不够的。这 4 个年份,春季降雨普遍偏少,会造成严重的春旱,对植被的返青,以及当年的生长发育都会产生一定的不利影响。

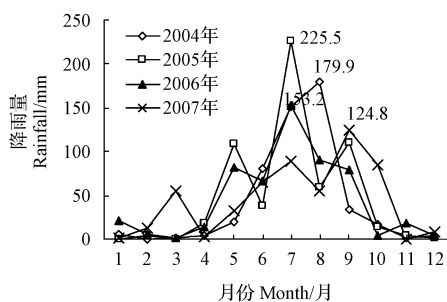


图1 安塞站 2004~2007 年逐月降雨量

Fig. 1 Monthly rainfall amount during 2004~2007 of Ansai site

1.2 试验方法

在保证样地黄土母质相同的情况下,选无人干扰、不同撂荒年限(0~45 a)的群落作为样地,样地概况见表1。分别于 2005 年 7 月、2006 年 5~10 月、2007 年 7 月对撂荒地的土壤含水量进行测定,2007 年 7 月对土壤容重、土壤化学性质进行测定,并对其群落组成进行调查。土壤容重、土壤含水量的取样深度为 0~100 cm,除表层 0~5 cm、5~10 cm 和 10~20 cm 外,其余为每 20 cm 取 1 层,各样地设 3 次重复,最后取平均值。

1.3 项目测定

土壤含水量测定采用烘干法;土壤容重测定采用环刀法^[6];土壤全氮的测定采用半微量开氏法(K_2SO_4 - $CuSO_4$ -Se 蒸馏法);土壤有机质的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法^[6]。

1.4 数据分析

撂荒地土壤含水量、土壤容重的趋势分析均采用多项式拟合进行。

表 1 样地概况

| 撂荒时间 Abandonment time /a | 有机质含量 Organic matter content /g · kg ⁻¹ | 全氮 Total nitrogen /g · kg ⁻¹ | 坡向 Aspect /(°) | 海拔 Altitude /m | 坡度 Slope /(°) | 盖度 Cover degree /% |
|-----------------------------------|---|--|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| 从未开垦 | 8.90 | 0.80 | 阴坡 | 1 118 | 32 | 75.8 |
| 3 | 5.43 | 0.59 | 崩顶 | 1 319 | 0 | 87.6 |
| 5 | 6.92 | 0.69 | 阴坡 | 1 258 | 45 | 23.8 |
| 5 | 6.01 | 0.44 | 崩顶 | 1 294 | 0 | 39.5 |
| 5 | 4.89 | 0.37 | 半阴 | 1 307 | 25 | 29.15 |
| 7 | 3.61 | 0.35 | 半阳 | 1 192 | 24 | 33.14 |
| 7 | 5.03 | 0.34 | 半阴 | 1 189 | 30 | 34.5 |
| 8 | 5.73 | 0.41 | 阴坡 | 1 269 | 34 | 23.8 |
| 8 | 4.16 | 0.34 | 半阳 | 1 237 | 28.5 | 29.5 |
| 10 | 4.37 | 0.29 | 阳坡 | 1 232 | 28.5 | 28.3 |
| 10 | 6.03 | 0.38 | 阴坡 | 1 230 | 29 | 32.31 |
| 10 | 5.40 | 0.40 | 半阳坡 | 1 277 | 33 | 35.7 |
| 11 | 3.96 | 0.30 | 阳坡 | 1 239 | 33.5 | 32.2 |
| 12 | 5.22 | 0.39 | 阴坡 | 1 306 | 30.5 | 23.35 |
| 13 | 5.08 | 0.36 | 半阳坡 | 1 295 | 32 | 20.09 |
| 13 | 4.62 | 0.35 | 阴坡 | 1 256 | 32 | 34.5 |
| 13 | 5.04 | 0.38 | 阳坡 | 1 240 | 28 | 22.61 |
| 14 | 4.74 | 0.34 | 半阳坡 | 1 261 | 25 | 38.4 |
| 15 | 4.21 | 0.33 | 阳坡 | 1 258 | 43 | 58.35 |
| 15 | 3.33 | 0.32 | 半阳坡 | 1 298 | 30 | 27.15 |
| 16 | 4.14 | 0.53 | 半阳坡 | 1 271 | 30 | 31.41 |
| 16 | 5.41 | 0.32 | 半阴坡 | 1 298 | 28 | 31.75 |
| 20 | 4.37 | 0.32 | 阳坡 | 1 261 | 30 | 30.05 |
| 22 | 4.42 | 0.32 | 半阴坡 | 1 306 | 30 | 71.7 |
| 22 | 4.75 | 0.41 | 阴坡 | 1 282 | 31 | 22.25 |
| 24 | 5.27 | 0.41 | 阴坡 | 1 247 | 29.5 | 19.12 |
| 32 | 5.96 | 0.53 | 阴坡 | 1 257 | 42 | 20.05 |
| 33 | 6.06 | 0.53 | 半阴坡 | 1 145 | 22 | 105.5 |
| 43 | 6.50 | 0.56 | 半阴坡 | 1 240 | 20 | 102.25 |
| 45 | 7.05 | 0.57 | 半阳坡 | 1 223 | 15 | 112.33 |

注:表中有机质和全氮均为同一样地几个土层的平均值。

2 结果与分析

2.1 撂荒演替过程中土壤含水量的垂直变化规律

2006 年 5 月,对 30 个撂荒样地土壤进行分层取样,分析撂荒演替过程中土壤含水量的垂直变化规律。由图 2 可知,2006 年研究地土壤含水量在垂直剖面上从大到小多项拟合的趋势依次为:80~100 cm>60~80 cm>40~60 cm>20~40 cm>10~20 cm>5~10 cm>0~5 cm 土层。说明在撂荒地演替过程中,在垂直剖面随着土层深度的加深,土壤含水量呈现增加的趋势。10~20 cm、5~10 cm、0~5 cm 土层土壤含水量较低,它们都是表土层,这主要是由于 5 月份降雨量相对少,水分供应不足。可见,5 月份整个土层土壤含水量偏低,是因为 5 月份正处于春旱的末期,植被消耗的水分主要来自上年降雨的蓄积,土壤水分没有被及时补充。

由图 2 还可知,几个土层的变化趋势拟合曲线也表现出不同的趋势,80~100 cm 土层,土壤含水量随着撂荒年限的递增呈现升高的趋势,且比较明显;60~80 cm、

10~20 cm、5~10 cm 3 个土层的趋势一致,撂荒演替阶段中期先缓慢升高,到了演替的后期又缓慢降低,但是这种升高和降低的趋势不明显,几乎成一条直线;而 40~60 cm、20~40 cm、0~5 cm 3 个土层表现出明显的先升高后降低的趋势。郝文芳等^[7]研究表明,土壤表层水分易受环境变化的影响,深层水分相对稳定。韩仕峰等^[8]将剖面水分分布划分为速变层、活跃层、次活动层和相对稳定层 4 个层次,土壤水分速变层处于 0~20 cm 土层范围内,该层完全受气象条件制约,活跃层一般处于 20~100 cm 范围内,干湿变化幅度大,根系分布密集,水分利用快且多。研究样地取样深度为 100 cm 的土层,基本上处于水分的速变层和活跃层,水分的垂直变化除与降水、植物消耗有关外,还受大气湿度的影响。5 月份正值多风季节,0~100 cm 土层土壤水分受空气干燥和多风等因素影响也较为剧烈。相同撂荒年限不同土层土壤含水量的垂直分异在空间上变化规律不同,说明撂

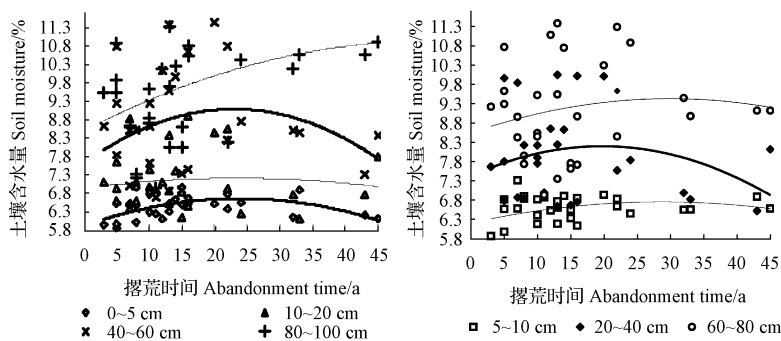


图2 弃耕地土壤含水量的垂直分异布

Fig. 2 The vertical distribution of soil moisture content of abandoned farmland

2.3 撂荒演替过程中土壤含水量的月变化

以 2006 年 5~10 月土壤含水量各层的平均值为研究对象,进行撂荒地土壤含水量的月变化动态进行分析。从图 4 可以看出,撂荒地土壤含水量的多项式拟合曲线趋势是 7 月>8 月>9 月>10 月>5 月>6 月。2005 年研究区冬季降水很少,这不仅会影响当年植被的生长,也会对次年的土壤含水量产生一定的影响。2006 年 1~5 月份降雨量为 123.9 mm,5 月份降雨量也仅为 82.1 mm。当年生长季的降水量及其分配情形是影响人工林地土壤水分季节变化趋势的主导因子,但上年降水量对其亦有一定影响^[10]。由于当年 5 月份降雨量较 7~9 月份少,加之上年降水在土壤中蓄积较少,此时植被正处于返青期,需水多,因此水分被消耗的多。

2006 年 6 月份降水量为 66.8 mm,在黄土高原,植物生长的旺季在 6~8 月,6 月份之前降雨本身就少,加上植被生长需要水分,因此经过一个生长季的消耗,6 月份土壤含水量为该年度所测数据的最低值。在 7~8

荒地 1 m 以内土壤含水量的变化是不稳定的。

2.2 立地环境对撂荒地土壤水分的影响

土壤水分含量除受降水、植被类型的影响外^[9],还受立地条件的影响。坡度的不同直接影响太阳辐射量,而不同坡向则使坡面的水热状况有较大差异,立地条件的不同主要由坡向对太阳辐射量的影响,进而影响水分的蒸腾和蒸发,即对土壤水分的再分配来体现。研究区属于黄土丘陵地区,植被状况较差,覆盖度较低,土壤蓄水量少。

以 2006 年 6 月份土壤含水量为对象,进行撂荒演替过程中不同立地对撂荒地土壤水分影响研究。由图 3 可知,不同坡向土壤含水量的变化从大到小变化的多项式拟合曲线趋势依次是:阴坡>半阴坡>半阳坡>阳坡,主要是由于太阳辐射阳坡较阴坡、半阴坡和半阳坡多,地表蒸发较大,植被蒸腾消耗水分较多。

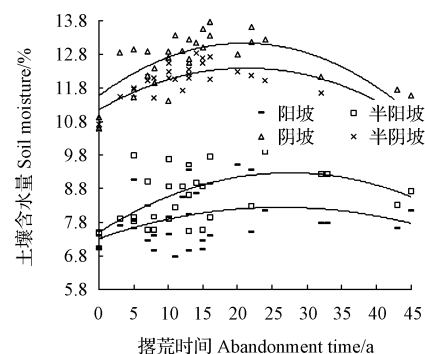


图3 不同坡向土壤含水量和弃耕时间的变化

Fig. 3 Changes of soil moisture content and abandonment time at different slope directions

月,虽然正是植物快速生长季节,但是经过 6 月份降雨的补给,土壤水分得到一定的恢复,加之降雨量 7 月为 153.2 mm,8 月为 90 mm,土壤水分有一定程度的入渗,因此土壤含水量 7 月>8 月,且 7 月为最大值。到了 9 月份,植物到了生长末期,生长基本停止,此时的水分主要用于植物本身基础代谢的消耗和地面蒸发,相对于前期的生长旺季,土壤中贮存的水分相对较多,因此 9 月份的土壤含水量比生长前期的相对较多。

2.4 撂荒演替过程中土壤含水量的年际动态规律

以 2005 年 7 月份、2006 年 7 月份、2007 年 7 月份的土壤含水量为对象,采用多项式拟合曲线趋势来分析撂荒演替过程中土壤含水量的年际动态规律。

由图 5 可知,2005 年的土壤含水量最高,且 2005 年土壤含水量随着撂荒年限的增加呈现先上升后降低的趋势,其分界线在 22 a,在撂荒演替 22 a 之前的样地,土壤含水量随着撂荒演替时间的增加土壤含水量逐渐增加,在 22 a 之后的样地,随着撂荒演替时间的延长,呈现

逐渐减少的趋势。在整个趋势中,土壤含水量的最大值在 22 a 的样地,最小值在 45 a 样地。因此,仅仅从土壤

含水量的变化趋势来分析,2005 年土壤含水量并没有随着撂荒演替时间的延长而恢复。

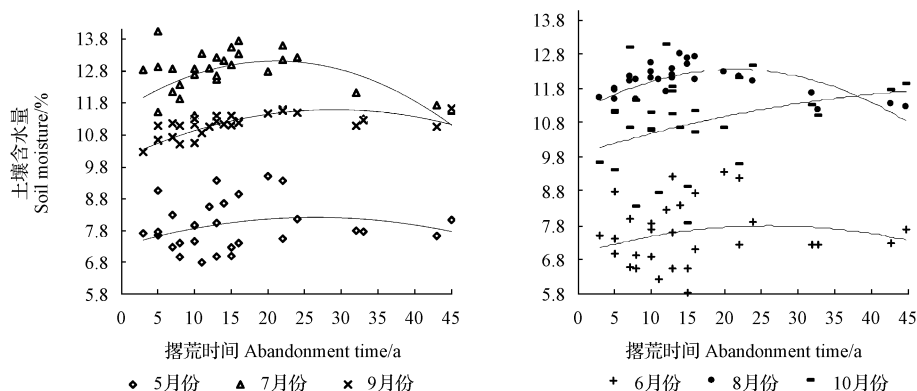


图 4 土壤含水量的月变化

Fig. 4 Monthly changes of soil moisture content

2006 年和 2007 年土壤含水量与 2005 年有所不同,趋势含量均比 2005 年低,同时这 2 a 之间有所区别,在 22 a 之前,随着撂荒演替时间的增加,2006 年和 2007 年土壤含水量均呈现逐渐增加的趋势,且 2006 年的趋势线在 2007 年之上,但是在 22 a 之后,2 a 的土壤含水量变化趋势产生分异,2 a 均以 22 a 的土壤含水量作为起点发生变化:随着撂荒时间的延长,2006 年的逐渐降低,2007 年逐渐升高,且在 22 a 之后,2007 年的趋势图在 2006 年之上。

渐降低。因此撂荒演替过程中,土壤结构得到一定程度的改善。

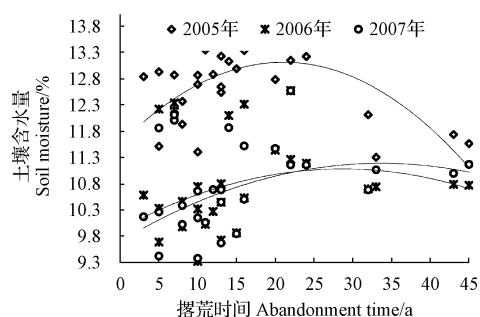


图 5 弃耕地的土壤含水量年际动态

Fig. 5 The interannual dynamic of soil moisture content of the abandoned field

2.5 演替过程中土壤容重随撂荒时间的动态规律

以撂荒演替过程中整个剖面各个土层土壤容重的平均值对撂荒演替过程中土壤容重的变化规律进行分析。

由图 6 可知,土壤容重的大小与土壤质地、结构、有机质含量、土壤坚实度、耕作措施等有关^[1]。土壤的容重愈小,表明土壤的结构性愈好,孔隙多,疏松,有利于土壤的气体交换和渗透性的提高。反之,土壤的容重愈大,表明结构性差。从图 6 可看出,在撂荒演替的前期阶段,土壤容重较大,随着撂荒演替的进行,土壤容重逐

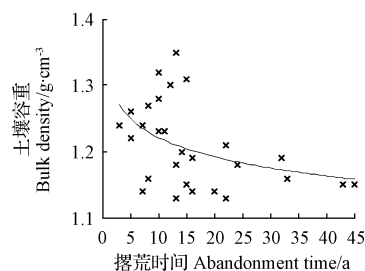


图 6 土壤容重的动态变化

Fig. 6 Dynamic changes of bulk density

3 讨论与结论

随着撂荒演替的进行,在垂直剖面上,随着土层深度的加深,土壤含水量呈现逐渐增加的趋势,该结果来自对 2006 年 5 月土壤含水量的分析,一般在 5 月份,陕北黄土丘陵区正值春旱,地上植物返青、土壤中种子库的萌发等需要大量的水分,加之此时多风,但是 5 月份降雨很少,群落所消耗的水分主要来自上年土壤蓄积的水分。因此干旱多风和万物复苏对水分的饥渴,使得表层的土壤含水量被消耗殆尽。同时,在该研究区草地植被的根系主要集中分布在大约 0~1 m 深土层范围内^[11],因此该层土壤水分易发生变化。

坡向的不同主要是由于光热水汽的再分配,坡向的不同体现的最为明显的就是土壤含水量的差异,进而影响地上植被的演替,植被的不同又会导致土壤含水量的变化,这种互动过程促进了植被和土壤的共同发展。

2006 年不同月份之间,撂荒地土壤含水量的变化趋势是 7 月>8 月>9 月>10 月>5 月>6 月。土壤含水量的年内变化主要是由于降雨量不同,以及植被处于不同的生长时期等原因所致。

土壤含水量的年际动态趋势为:2005 年土壤含水量的趋势线居于最上方,高于其它 2 a。同时,3 个年份有一个共同的趋势,撂荒演替前期,土壤含水量较高,随着演替时间的延长,土壤含水量呈现下降的趋势。因此该研究中,撂荒演替没有使土壤含水量得以恢复。自然植被的土壤水分主要来源是降水,其土壤含水量随着降水的年变化而变化^[12]。土壤水分的变化决定了植被的演替方向^[13],植被恢复与土壤水分之间是一种相互依赖和制约的关系,二者的相互关系随着退耕时间的变化而变化^[14]。土壤水分的不断降低导致了草地向灌木的演替^[15]。据调查,在该研究中,撂荒演替前期群落主要以 1~2 a 生植物为主,也有少量多年生草本出现,而到了中期、后期阶段,1~2 a 生草本的地位逐渐下降,多年生草本增加,形成半灌木为优势种的群落,部分群落出现了灌木。既是同一样地,随着连续 3 次群落调查时间间隔的增加,群落中植物的生活型也会发生变化。因此,撂荒演替没有使得土壤水分恢复,主要是由于演替的不同阶段,群落中植物对水分的消耗不同所致,其次研究区降水量 2005 年>2006 年>2007 年也会影响土壤含水量的恢复。

而土壤容重的变化却与土壤含水量不同,撂荒演替使得土壤容重变小。植被恢复过程中土壤容重的变化主要由植物根系活动对土壤的松动作用和植物残体归还所增加的土壤有机质的作用。土壤容重的改变,对于根系的活动、植物根际效应、土壤生物的活性、微生物的区系、土壤呼吸等都有促进作用,进而促进植被的正向演替。

植物群落的演替是群落对其初始阶段异化的过程,不但体现在物种的竞争上,也体现在环境条件的改变上,使生境更适合于演替后来种^[16]。植物群落的演替过程是群落的植物部分与土壤环境部分发展的协同演替。植物群落演替过程中的土壤发展,很明显是随着植被的演替而发展的一个连续过程,趋向于与群落顶极相适应的平衡^[17],由于演替是一个漫长的过程,这就暗示着群落演替的土壤发展需要很长一段时间。该研究中,随着撂荒演替的进行,土壤含水量的恢复效果不甚明显,主要是由于群落生活型的改变,使得处于撂荒后期的群落

消耗较多的土壤水分,其次降雨量的差异也是影响土壤水分恢复的主要因素。黄土丘陵区在现有的生态环境下,自然植被的进展演替缓慢^[18],因此,撂荒地土壤水分生态环境的改善是一个漫长的过程。

参考文献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [2] 郑华,欧阳志云,王效科. 不同森林恢复类型对南方红壤侵蚀区土壤质量的影响[J]. 生态学报,2004,24(9):1994-2002.
- [3] 郝文芳. 陕北黄土丘陵区撂荒地恢复演替的生态学过程及机理研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [4] 廖善刚,叶志君,汪严明. 桉树人工林与杉木林、毛竹林土壤理化性质对比研究[J]. 亚热带资源与环境学报,2008(3):54-55.
- [5] 黄宇,汪思龙,冯宗炜. 不同人工林生态系统林地土壤质量评价[J]. 应用生态学报,2004,15(12):2199-2205.
- [6] 南京大学. 土壤农化分析[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [7] 郝文芳,韩蕊莲,单长卷,等. 黄土高原不同立地条件下人工刺槐林土壤水分变化规律研究[J]. 西北植物学报,2002,23(6):964-968.
- [8] 韩仕峰,李玉山,张孝忠,等. 黄土高原地区土壤水分区域动态特征[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊,1989(10):161-167.
- [9] 胡梦郡,刘文兆,赵姚阳. 黄土高原农、林、草地水量平衡异同比较分析[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(4):113-116.
- [10] 马玉玺,杨文治,杨新民. 陕北黄土丘陵沟壑区刺槐林水分生态条件及生产力研究[J]. 水土保持通报,1999,10(6):74-75.
- [11] 杜峰,山仑,梁宗锁,等. 陕北黄土丘陵区撂荒演替过程中的土壤水分效应[J]. 自然资源学报,2005,20(5):669-678.
- [12] 庞敏,侯庆春,薛智德,等. 延安研究区主要自然植被类型土壤水分特征初探[J]. 水土保持学报,2005,19(2):138-141.
- [13] 徐学选,张北赢,白晓华. 黄土丘陵区土壤水资源与土地利用的耦合研究[J]. 水土保持学报,2007,21(3):166-169.
- [14] 焦峰,温仲明,焦菊英,等. 黄丘区退耕地植被与土壤水分养分的互动效应[J]. 草业学报,2006,15(2):79-84.
- [15] Sala O E, Golluscio R A, Lauenroth W K, et al. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe[J]. Oecologia,1989,81:501-505.
- [16] 张庆费,宋永昌. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J]. 生态学报,1999,19(2):174-177.
- [17] 郝文芳,梁宗锁,陈存根,等. 黄土丘陵区弃耕地群落演替过程中的物种多样性研究[J]. 草业科学,2005(9):1-7.

(致谢:感谢安塞水土保持综合试验站提供的降雨数据。)

Spatial and Temporal Variability of Soil Moisture and Bulk Density of Abandoned Land in Loess Hilly Region of Northern Shaanxi

HAO Wen-fang¹, DU Feng², CHEN Cun-gen³, LIANG Zong-suo^{1,2}

(1. College of Life Science, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

冀西北高原食用南瓜平衡施肥研究

李会彬^{1,2}, 赵玉靖¹, 王丽宏^{1,2}, 张立峰^{1,2}, 边秀举^{1,2}

(1. 河北农业大学 农学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省作物生长调控实验室, 河北 保定 071000)

摘 要:针对冀西北高原地区食用南瓜施肥管理技术的空缺, 设置了微区定位控制性试验, 研究了氮磷钾施肥对南瓜产量、品质和植株生长的影响。结果表明: 氮磷钾平衡施肥可显著提高南瓜产量, 任何一种主要营养元素的缺乏均会造成南瓜产量明显下降, 特别是磷素。平衡施肥可保持南瓜生长后期植株活力和促进养分向收获器官的顺畅运移, 保证南瓜营养品质与外观品质。

关键词:平衡施肥; 南瓜; 产量; 生长; 品质

中图分类号:S 642.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)13-0197-03

南瓜属葫芦科 (Cucurbitaceae) 南瓜属 (*Cucurbita* Linn.) 蔓生植物, 其小果类型具有喜冷凉、生育期短、抗瘠耐旱能力强等特性^[1]。近年小南瓜作为经济作物被引入冀西北高原地区, 由于其极强的抗逆性与错季生产优势, 种植面积逐年增加, 并成为无灌溉条件的沙质栗钙土农田面向市场调整作物结构, 快速增加农民收入, 促进当地经济发展的重要措施^[2]。但由于南瓜在冀西北地区没有栽培基础, 农民仍沿袭传统的大田作物经验对南瓜进行施肥管理, 因而由于养分施用不当造成的南瓜减产时有发生, 影响了南瓜生产效益与产业化发展。因此南瓜田的合理养分管理研究, 对于促进南瓜生产的

稳步发展, 拓宽冀西北高原地区农民的增产增收途径具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2006~2008 年在河北省张家口市的农业部张北农业资源与生态环境重点野外科学观测试验站进行。试验区为冀西北高原高寒区, 海拔 1 300~1 500 m, 年均温 3.6℃。田间试验采用微区池进行定位研究, 土壤类型为沙质栗钙土, 基本理化性状: pH 7.55, NH₄-N 33.45 mg/kg, P₂O₅ 8.45 mg/kg, K₂O 43.0 mg/kg, 有机质含量 0.65%。

1.2 试验材料

供试食用小南瓜为坝上地区主要引进种植的栽培品种“太阳”。

1.3 试验方法

试验采用完全随机区组设计, 根据土壤养分状况和平衡施肥原则分别设 4 个施肥量处理, N、P、K 平衡施肥 (T1) 处理及 N、P、K 减素 (T2、T3、T4) 处理, 以不施肥为对照 (表 1)。试验采取微区控制定位方式进行, 微

第一作者简介:李会彬(1978-), 男, 河北菜城人, 讲师, 现主要从事植物营养方面的研究工作。E-mail: lihb@hebau.edu.cn.

责任作者:边秀举(1963-), 女, 河北献县人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事植物营养与栽培管理方面的研究工作。E-mail: bianxj@hebau.edu.cn.

基金项目:中国-加拿大国际合作 IPNI 资助项目 (HebeiAU2006-2008)。

收稿日期:2013-03-06

Abstract: With 30 abandoned lands in hilly area in region of Northern Shaanxi as experiment object, during their natural recovery process, spatial sequence generation of time-series were used, the monthly and yearly alteration of their soil moisture and the temporal variability of their soil bulk was analyzed. The results showed that the abandoned arable land made the soil bulk density become smaller; in the vertical profile, soil moisture increased with the increase of the soil depth; the changing tendency of soil moisture of abandoned arable land was shady > semi-shady > semi-sunny slope > sunny; monthly changing tendency of soil moisture of abandoned arable land was July > August > September > October > May > June; the inter-annual dynamics of soil water content was that soil moisture of 2005 was higher than that of 2006 and 2007. In the three years from 2005 to 2007, the soil moisture was higher in the early succession stage, then decreased.

Key words: loess hilly region of Northern Shaanxi; abandoned land; soil moisture; soil bulk density; spatial and temporal variability