

# 黄丘区退耕地植被与土壤水分养分的互动效应

焦峰<sup>1,2</sup>, 温仲明<sup>1</sup>, 焦菊英<sup>1</sup>, 赫晓慧<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院、水利部、西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 对典型黄土丘陵区的延安、安塞和吴旗不同退耕年份植被特征、土壤水分和养分的调查和测定, 研究了退耕地植被与土壤水分和养分随时间变异及其互动效应规律。结果表明, 退耕初期土壤有较高的水分和养分, 在较高的土壤水分和养分支持下, 植被指数呈增长趋势, 随着耕作施肥活动的停止和植被恢复对土壤水分和养分的消耗, 使土壤水分和养分含量降低, 土壤水分和养分的变异幅度也较大; 从变化趋势看, 植被指数和土壤贮水量变化呈相反趋势, 植被指数与土壤水分之间的关系比其与土壤养分之间的关系更加密切, 表明土壤水分对植被恢复和植被群落演替的作用更加显著; 在退耕初期, 土壤水分和养分对植被恢复和群落演替的作用要大于植被恢复和群落演替对土壤水分和养分的作用, 随着植被群落演替的进行, 植被对环境的适应能力不断增强, 它们之间的作用关系不断改变, 这种相互作用使植被群落以自己的方式改变着土壤水分和养分, 并使自己逐步达到稳定。

**关键词:** 黄土丘陵区; 退耕地; 土壤水分; 土壤养分; 互动效应

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 100425759(2006)02007206

在水土流失严重的黄土高原地区, 退耕还林成为恢复植被、改善生态的重要措施之一<sup>[1]</sup>。退耕还林的生态效应包括植被效应<sup>[2]</sup>、水文效应<sup>[3]</sup>、土壤效应<sup>[4]</sup>和小气候效应<sup>[5]</sup>等, 主要表现在对生物多样性<sup>[6]</sup>、土壤性状<sup>[7]</sup>和水土流失的影响方面<sup>[8]</sup>。退耕还林对生态环境的改善, 以改良土壤的作用为基础, 通过植被枯枝落叶层、根系和固氮作用, 对地表生物种类、丰度和组成产生影响, 改善了土壤物理性质, 从而改变了地表的特征<sup>[9]</sup>。退耕还林和植被恢复重建改变了土地利用的方式, 土地利用方式的转换必然引起土壤养分含量的变化, 与土壤水分和养分变化存在着密切的联系<sup>[10]</sup>, 从而影响到生态环境建设的可持续发展。从目前有关研究看, 已有较多的研究对该区植被或土壤变化进行了分析探讨<sup>[11~18]</sup>, 退耕地植被重建对土壤水分和养分变化影响的研究多集中在坡面或小流域尺度上<sup>[19~21]</sup>, 在中大尺度上, 对退耕地植被与土壤水分和养分互动效应研究鲜有报道。本研究以延安、安塞和吴旗为研究区域, 研究退耕地植被指数、土壤水分和养分的变异特征, 对黄土丘陵区植被修复和生态重建具有重要的理论意义和实用价值。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区在水土流失严重的黄土丘陵沟壑区: 延安市宝塔区(属森林带北缘)、安塞县(属森林草原带)和吴旗县(属草原带), 分别代表着黄土丘陵区典型的植被类型区和地貌气候条件。研究区属干旱半干旱气候区, 降水量在400~550 mm, 年际变化大且年内分布不均。主要土壤为黄绵土粉沙质。土质疏松, 抗冲性差, 水土流失严重, 属极强度侵蚀区。植被类型为森林草原植被))) 温性草原植被, 天然植被已破坏殆尽, 灌木呈零星分布, 形成以中旱生草本占绝对优势的植被群落。根据黄土高原植被区划的主流观点, 该区为森林草原带, 与森林带相比, 草原植被在该区占有较大的优势, 分布较广且具有代表性的有白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、芨蒿(*A. giraldii*)和达乌里胡枝子(*Lespedeza daurica*)等<sup>[22]</sup>。土地利用类型主要有坡耕地、梯田、果园、乔木林地、灌木林地、天然草地和荒坡地等<sup>[23~25]</sup>。

### 1.2 研究方法

主要通过空间代时间的方法来研究植被演替过程与相应的土壤水分、养分环境变化。为减少由此产生的误

收稿日期: 20041224

基金项目: 国家自然科学基金(40301029; 40271074); 中科院/西部之光0人才培养计划(B22012900); 中科院水保所领域前沿(SW04101)资助。

作者简介: 焦峰(1962), 男, 陕西西原人, 副研究员, 在职博士生。E-mail: Jiaof11@126.com

差,对每个时间序列进行多点重复调查以增加样本数。植被调查首先通过访谈、历史资料查证等确定植被群落恢复的时间,植被自然恢复主要时间序列及植物群落见表1。植被调查每个样点10个重复,样方面积为1 m@1 m,记录样方内群落的名称、盖度、物种组成及名称、数量或丛数、高度等,采样时间为2003年7-8月。对获取资料进行分析时,剔除了由于特殊立地的影响而形成的异常值,用于统计分析的样点为25个。

表1 植被自然恢复主要时间序列及植物群落

Table 1 Succession seres and plant communities

恢复时间 Time (a)	样点数 Number of samples	群落类型 Community types
1~ 5	5	猪毛蒿 <sup>1</sup> 、赖草 <sup>2</sup> 、猪毛蒿 <sup>1</sup> + 达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、猪毛蒿 <sup>1</sup> + 赖草 <sup>2</sup>
5~ 10	5	赖草 <sup>2</sup> 、赖草 <sup>2</sup> + 达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、长芒草 <sup>4</sup> + 达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、铁杆蒿 <sup>5</sup> + 隐子草 <sup>6</sup>
10~ 15	5	长芒草 <sup>4</sup> 、长芒草 <sup>4</sup> + 达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、铁杆蒿 <sup>5</sup> + 长芒草 <sup>4</sup> 、白羊草 <sup>7</sup>
15~ 20	5	白羊草 <sup>7</sup> + 铁杆蒿 <sup>5</sup> 、达乌里胡枝子 <sup>3</sup> 、白羊草 <sup>7</sup>
20~ 25	5	铁杆蒿 <sup>5</sup> + 大针茅 <sup>8</sup> 、达乌里胡枝子 <sup>3</sup>

1: *Artemisia scoparia*; 2: *Leymus secalinus*; 3: *Lespedeza daurica*; 4: *Stipa bungeana*; 5: *Artemisia sacrorum*; 6: *Cleistogenes squarrosa*; 7: *Bothriochloa ischaemun*; 8: *S. grandis*.

植被物种指数依据下列有关公式计算<sup>[26]</sup>:

1)物种丰富度指数 SRI(species richness index)用 Margalef 指数表示:

$$R = (s - 1) / \ln n$$

式中,  $s$  为群落中的物种数,  $n$  为个体总数。

2)多样性指数 SDI(species diversity index)用 Shannon- Wiener 指数表示:

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$$

式中,  $P_1, P_2, \dots, P_s$  为由  $s$  种物种组成的群落的物种比例多度,  $i$  取值范围为  $1 \sim s$ 。

3)物种均匀度指数 SEI(species evenness index)用 Pielou 指数表示:

$$E = H / \ln s$$

式中参数含义同上。

土壤水分采用常规土钻法取样,烘干法(105 e)测定,测深 3 m,取样深度间隔 20 cm。土壤贮水量按公式:  $WC = 0.1 QWH$  计算,  $WC$  为土壤贮水量 (mm),  $Q$  为土壤含水量 (%),  $H$  为土层厚度 (cm),  $V$  为土壤容重 ( $g/cm^3$ ),  $10$  为单位换算系数<sup>[27]</sup>,土壤容重采用环刀法取样测定。

养分采取 S 形随机采样,每个样点 6 个重复,分 0~ 20, 20~ 40 和 40~ 60 cm 三个层次混合后进行分析,用四分法取大约 1 kg 土样带回实验室进行分析。有机质(organic matter)采用重铬酸钾容量法- 外加热法测定,全氮(total nitrogen)采用半微量凯氏法( $K_2SO_4$ -  $CuSO_4$ - Se 蒸馏法)测定,全磷(total phosphorus)采用钼锑抗比色法( $HClO_4$ -  $H_2SO_4$  法)测定。

## 2 黄丘区退耕地植被指数及土壤水分养分的变异特征

### 2.1 黄丘区退耕地植被指数的变异特征

不同植被特征指数随退耕年限的变化略有差异,但变化趋势基本一致(图 1)。物种丰富度指数、物种多样性指数和物种均匀度指数(图 1)随退耕年限的变化趋势都有 2 个明显的峰值,且第 2 次峰值高于第 1 次,在退耕初期,物种丰富度、多样性和均匀度指数都呈上升趋势,在退耕 3 或 4 年时达到第 1 个峰值,此时物种丰富度、多样性和均匀度指数值分别为 1.45(退耕 4 年时,图 1A),0.76(退耕 4 年时,图 1B)和 0.40(退耕 4 年时,图 1C);随后,随着退耕年限增加呈下降趋势,在退耕 6 或 8 年时达到低谷,此时物种丰富度、多样性和均匀度指数值分别为 1.10(退耕 8 年时,图 1A),0.56(退耕 7 年时,图 1B)和 0.27(退耕 8 年时,图 1C);随着退耕年限增长在退耕 15 年左右达到第 2 次峰值,此时物种丰富度、多样性和均匀度指数值分别为 1.70(退耕 16 年时),0.84(退耕 15 年

时)和 0.45(退耕 15 年时);在退耕 20 年后植被指数值趋势逐渐变得平缓,说明退耕 20 年后植被群落逐渐趋于稳定。也就是说,植被的物种丰富度、多样性和均匀度在退耕时序范围内具有明显的变异特征。

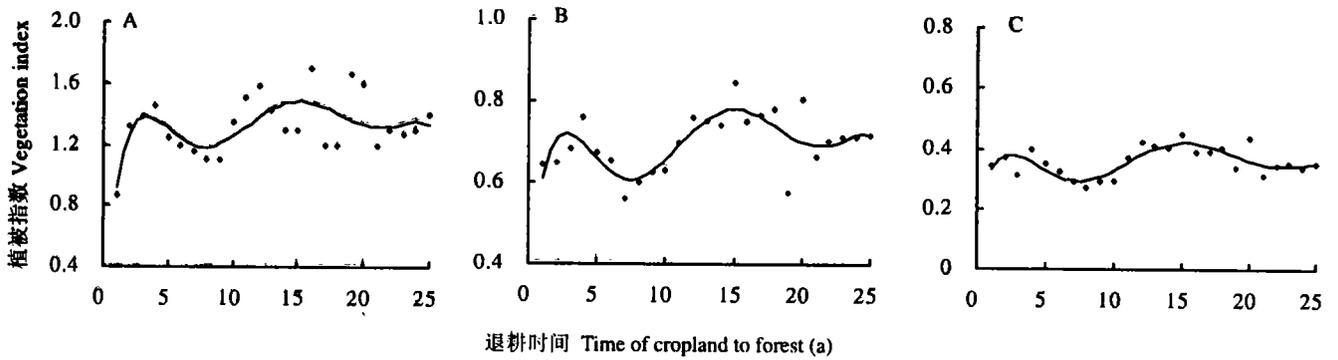


图 1 黄土丘陵区退耕地植被指数变化趋势

Fig. 1 Trend grams of vegetation index in Loess Hilly Region

A: 物种丰富度指数(SRI)变化趋势 Trend grams of species richness index; B: 物种多样性指数(SDI)变化趋势 Trend grams of species diversity index; C: 物种均匀度指数(SEI)变化趋势 Trend grams of species evenness index

### 2.2 黄丘区退耕地土壤水分的变异特征

从不同土层土壤贮水量变化趋势来看,各土壤剖面土壤贮水量呈波动式下降趋势(图 2)。在退耕初期,各土壤剖面土壤贮水量都有一个剧烈下降的过程,在退耕 3 年时有 1 个转折点,转折点处 0~ 100, 100~ 200 和 200~ 300 cm 土层贮水量分别为 117.5, 112.9 和 122.7 mm。随后,0~ 100 和 100~ 200 cm 土层土壤贮水量随着退耕年限增加呈波动式下降趋势,在退耕 6 年左右时达到第 1 次峰值,此时 0~ 100 和 100~ 200 cm 土层贮水量分别为 125.9(退耕 6 年时)和 115.5 mm(退耕 6 年时),在退耕 15 年左右时达到低谷,此时 0~ 100 和 100~ 200 cm 土层贮水量分别为 84.3(退耕 14 年时)和 97.2 mm(退耕 14 年时),在退耕 20 年左右时达到第 2 次峰值,此时 0~ 100 和 100~ 200 cm 土层贮水量分别为 145.4(退耕 20 年时)和 130.9 mm(退耕 20 年时)。而 200~ 300 cm 土层土壤贮水量自退耕 3 年时的转折点开始有一个缓慢下降的过程,其在退耕 6 年的峰值不明显,并在退耕 15 年左右时达到低谷,此时其土壤贮水量值为 105.9 cm(退耕 15 年时),随后随退耕年限增加呈上升趋势,在退耕 20 年左右达到峰值,此时其土壤贮水量值为 151.8 cm(退耕 21 年时)。可见,不同土层土壤贮水量在退耕时序范围内具有显著的变异特征,且上层土壤水分的变异程度比下层更加显著,说明植被恢复和群落演替对上层土壤水分的影响更大。

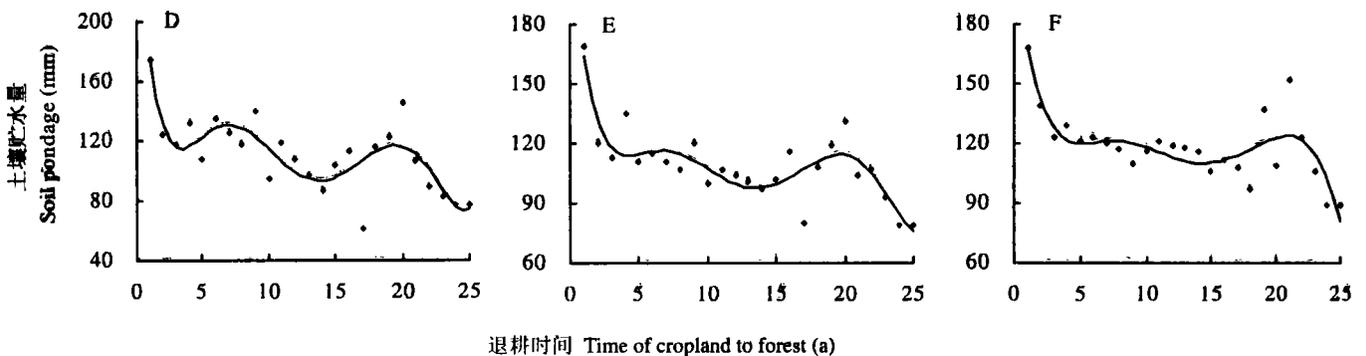


图 2 黄土丘陵区退耕地土壤贮水量变化趋势

Fig. 2 Trend grams of soil pondage in Loess Hilly Region

D: 0~ 100 cm 土壤水分变化趋势 Trend grams of soil water in 0- 100 cm; E: 100~ 200 cm 土壤水分变化趋势 Trend grams of soil water in 100- 200 cm; F: 200~ 300 cm 土壤水分变化趋势 Trend grams of soil water in 200- 300 cm

### 2.3 黄丘区退耕地土壤养分的变异特征

由土壤有机质(OM, 图 3G)、全氮(TN, 图 3H)和全磷(TP, 图 3I)含量的变化趋势图可知, 在退耕初期, 土壤有机质、全氮和全磷含量都有一个连续下降的区间, 在退耕 6 或 7 年时达到低谷, 此时土壤有机质、全氮和全磷含量分别为 3.11 g/kg(退耕 6 年时, 图 3G), 0.21 mg/kg(退耕 6 年时, 图 3H)和 0.50 mg/kg(退耕 6 年时, 图 3I); 但随后有机质、全氮和全磷含量有一个较长的连续上升区间, 在退耕地 20 年左右时达到峰值, 此时土壤有机质、全氮和全磷含量分别为 7.49 g/kg(退耕 19 年时, 图 3G), 0.49 mg/kg(退耕 19 年时, 图 3H)和 0.62 mg/kg(退耕 18 年时, 图 3I)。在退耕开始的 6~7 年内, 植被恢复和群落演替对土壤养分的消耗量大于其富集量, 而随着植被恢复和群落演替的进行, 植被枯落物和死亡根系逐步增多, 土壤养分的富集量逐渐大于其消耗量, 并使土壤逐步发育。也就是说, 土壤有机质、全氮和全磷含量随退耕时序变化具有较明显的变异特征, 其中有机质的变异程度最大, 其次为全氮, 全磷。

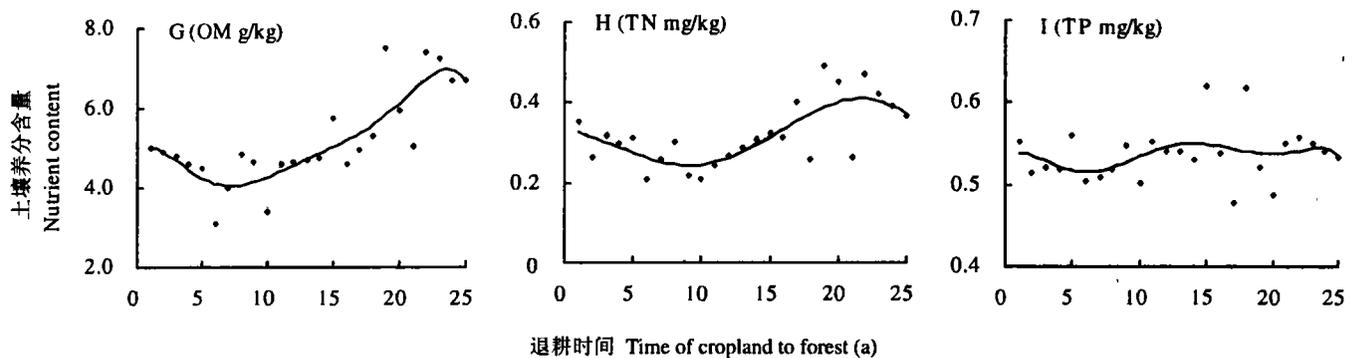


图 3 黄土丘陵区退耕地土壤养分变化趋势

Fig. 3 Trend grams of soil nutrient in Loess Hilly Region

G: 土壤有机质变化趋势 Trend grams of organic matter (g/kg); H: 土壤全氮变化趋势 Trend grams of total nitrogen (mg/kg); I: 土壤全磷变化趋势 Trend grams of total phosphorus (mg/kg)

## 3 黄丘区退耕地植被与土壤水分养分的互动效应

### 3.1 黄丘区退耕地植被与土壤水分的互动效应

从黄土丘陵区退耕地植被指数(图 1)和土壤贮水量(图 2)变化趋势图来看, 植被指数与土壤贮水量之间存在着相反的变化趋势, 即植被指数都呈波动式增长趋势, 而各土层土壤贮水量均呈波动式下降趋势, 且二者的峰谷值基本走势恰好相反。退耕初期, 受耕作影响, 土壤通透性良好, 有较高的贮水量, 在较好的土壤水分支持下, 植被指数呈急速增长趋势, 而随着耕作活动的停止和植被恢复对土壤水分的消耗, 土壤贮水量呈急速下降趋势, 在退耕 3~4 年时二者达到最低和最高转换点; 随着植被演替的进行, 耗水量大的先锋植被群落逐步退化, 被耗水较少的植被群落所代替, 而土壤水分在此转换阶段中也可以得到有限量的恢复, 随着植被指数的增加又进入下一个峰谷值的转换点。一般来说, 植被指数的峰谷值要比土壤贮水量的谷峰值滞后 1~2 年, 说明土壤水分对植被恢复和植被群落演替具有显著影响。但是随着退耕年限的增长, 植被指数和土壤贮水量峰谷值之间转换时间跨度在增大, 表明随着植被演替的进行, 植被群落对水分环境的适应性在逐步提高, 并使自己逐步达到稳定状态。

### 3.2 黄丘区退耕地植被与土壤养分的互动效应

从黄土丘陵区退耕地植被指数(图 1)和土壤养分(图 3)变化趋势图来看, 退耕初期, 受耕作和施肥影响, 土壤有较高的养分含量, 为植被恢复和生长提供了有利条件, 植被指数呈增长趋势(图 1), 而随着耕作施肥活动的停止和植被恢复对土壤养分的消耗, 使土壤养分含量(主要是有机质和全氮含量)有一个降低的过程(图 3), 并在退耕 6 年左右时达到最低值。在植被群落演替过程中, 老的植被群体不断被新一代植被群体替代, 植被枯落物和死亡根系逐步增多, 土壤逐步发育, 土壤有机质和全氮含量逐年升高, 但土壤的发育往往滞后于植被特征的变化。可以说, 退耕为植被恢复和生长, 特别是草本植物, 提供了有利的生长条件; 而土壤养分, 特别是土壤有机质和氮

素主要来源于植物枯落物和动植物残体,所以随着退耕时间的增长、植被恢复和植被群落演替的进行,为土壤养分富集提供了基础,土壤养分的富集同时也为植被的正常生长和植被群落的演替提供了支持。

#### 4 结论

植被恢复与土壤水分和养分含量之间是一种相互依赖和制约的关系,两者的相互关系随着退耕时间的变化而变化着。退耕初期,植被恢复很大程度上受土壤环境的制约,以土壤水分和养分为主的土壤环境动态变化影响着植被特征指数的变化,并决定着植被群落的恢复、生长和演替的方向,同时土壤水分和养分也因植被恢复和演替的进行而发生改变。

在退耕地植被演替初期,受耕作和施肥影响,土壤水分、养分含量(主要是有机质和全氮含量)有一个急速降低的过程,而丰富的水分、养分条件使植被恢复加速,植被特征有一个上升的过程,而土壤养分含量的逐步降低使受养分支持而迅速恢复植被的物种丰富度、多样性和均匀度在达到峰值后暂时下降,随着植被演替的进行,土壤逐步发育,土壤有机质和全氮含量逐步升高,但土壤的发育往往滞后于植被特征的变化。

在干旱半干旱的黄土丘陵区,植物群落演替与土壤水分之间的关系比其与土壤养分之间的关系更加密切,土壤水分是影响植被恢复和群落演替的主导因子。退耕初期土壤水分和养分对植被恢复和群落演替的作用要大于植被恢复和群落演替对土壤水分和养分的作用,随着植被群落演替的进行,植被对环境的适应能力不断增强,它们之间的作用关系在改变,这种相互作用使植被群落以自己的方式在改变着土壤水分和养分,并使自己逐步达到稳定。

植被恢复和生长与土壤环境之间这种既相互影响又相互依赖的作用是植被演替的主要动力之一。当这种相互作用达到一定程度时,植被演替的进行已不再依赖于土壤环境的改变,在很大程度上受制于更大的地理环境(气候和地形),并达到稳定的顶级群落。

**致谢:**水土保持研究所硕士生卜耀军、马祥华、史婉丽、白文娟等参加了本研究的野外调查工作,在此表示诚挚的感谢!

#### 参考文献:

- [1] 徐振华,张均营,王学勇,等.退耕还林可持续发展的系统思考[J].水土保持学报,2003,17(1):4249.
- [2] Vitousek P M. Beyond global warming: Ecology and global change[J]. Ecology,1994,75(7):18621876.
- [3] Rickey J E, Nobre C, Deser C. Amazon River discharge and climate variability: 1903- 1985[J]. Science, 1989,246:1012103.
- [4] 代亚丽,蔡江碧,王宏丽.植被建设在黄土高原生态环境建设中的地位和作用[J].西北农业大学学报,2000,28(6):1302134.
- [5] 吕世华,陈玉春.西北植被覆盖对我国区域气候变化影响的数值模拟[J].高原气象,1999,18(3):4162424.
- [6] 刘建军,崔宏安,王得祥,等.延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J].西北林学院学报,2002,17(3):8211.
- [7] 赵金荣.黄土高原水土保持灌木[M].北京:中国林业出版社,1994.374.
- [8] 马三保,郑妍,马彦喜.黄土丘陵区水土流失特征与还林还草措施研究[J].水土保持研究,2002,9(3):5257.
- [9] 李晓兵.国际土地利用)))土地覆盖变化的环境影响研究[J].地球科学进展,1999,(4):392400.
- [10] 孔祥斌,张凤荣,齐伟,等.集约化农区土地利用对土壤养分的影响[J].地理学报,2003,58(3):332342.
- [11] 胡良军,邵明安,杨文治.黄土高原土壤水分的空间分异及其与林草布局的关系[J].草业学报,2004,13(6):1420.
- [12] 陈云明,侯喜录,刘文兆.半干旱黄土丘陵区不同植被类型水土保持功能及其生态效益研究[J].水土保持学报,2000,14(3):5261.
- [13] 李洪建,王孟本,柴宝峰.黄土高原土壤水分时空动态变化特征研究[J].应用生态学报,2003,14(4):5152519.
- [14] 孙长忠,黄宝龙,陈海斌,等.黄土高原土壤水分条件与不同人工植被覆盖的关系[J].北京林业大学学报,1998,20(3):7214.
- [15] 邵宏波,梁宗锁,邵明安,等.21世纪土壤科学的主要任务及挑战[J].草业学报,2004,13(2):28234.

- [ 16] 韩建国, 韩永伟, 孙铁军, 等. 农牧交错带退耕还草对土壤有机质和氮的影响[ J]. 草业学报, 2004, 13(4): 21228.
- [ 17] 张俊华, 常庆瑞, 贾科利, 等. 黄土高原退耕还林对土壤肥力质量的影响研究[ J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 38241.
- [ 18] 文海燕, 赵哈林, 傅华. 开垦和封育年限对退化沙质草地土壤性状的影响[ J]. 草业学报, 2005, 14( 1): 3 237.
- [ 19] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 等. 黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[ J]. 生态学报, 2002, 22(8): 117421178.
- [ 20] 傅伯杰, 郭旭东, 陈利顶, 等. 土地利用变化与土壤养分的变化[ J]. 生态学报, 2001, 21(6): 92 2931.
- [ 21] 傅伯杰, 马克明, 周华峰, 等. 黄土丘陵区土地利用结构对土壤养分分布的影响[ J]. 科学通报, 1998, 43(22): 24422448.
- [ 22] 梁一民. 黄土高原植被建设[ M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [ 23] 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价[ M]. 北京: 科学出版社, 1992. 45269.
- [ 24] 安塞县地方志编纂委员会. 安塞县志[ M]. 西安: 陕西人民出版社, 1993.
- [ 25] 吴旗县地方志编纂委员会. 安塞县志[ M]. 西安: 三秦出版社, 1991.
- [ 26] 谢应忠. 植被生态概论[ M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1999.
- [ 27] 胡定宇. 土壤学[ M]. 杨凌: 天则出版社, 1992. 92.

Reciprocal effects among vegetation, soil moisture and nutrients of cropland  
to forest and grassland in the Loess Hilly Region

JIAO Feng<sup>1,2</sup>, WEN Zhongming<sup>1</sup>, JIAO Ju2ying<sup>1</sup>, HE Xiaohui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Academia of Sciences and Ministry of Water Resources,  
Northwest Sc2Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China;

2. Graduate School of the Chinese Academia of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Vegetation, soil moisture and nutrients are the most active factors of landscape and the important contents of evaluation of the conversion of cropland to forest and grassland ( CFG). The relationship between them is crucial to ecological research. In the Loess Hilly Region, study of vegetation index, soil moisture and nutrients is required for understanding of landscape ecological processes and vegetation restoration. Relationships between vegetation and soil moisture and nutrients of CFG in the loess hilly region were analyzed in this paper. The results show that vegetation index presented ascending trend in beginning of CFG. Along with the stop of cultivation and fertilization and consumption of soil moisture and nutrient by vegetation, soil moisture and nutrient decreased and showed big changes. The graphs of vegetation index, soil moisture and nutrient showed that the trend of vegetation index was reverse with that of soil moisture. A closer relationship existed between vegetation index and soil moisture. These showed that the soil moisture had a more remarkable effect on vegetation restoration and succession. In beginning of CFG, effect of soil moisture and nutrient on vegetation restoration and succession was more than that of vegetation restoration and succession on soil moisture and nutrient. Meantime, adaptability and stability of vegetation to environment was improved.

Key words: the Loess Hilly Region; cropland to forest and grassland; soil moisture; soil nutrients; reciprocal effect