

# 陕北风沙滩地区紫花苜蓿地下滴灌带埋设深度初步研究

夏玉慧<sup>1</sup>, 汪有科<sup>1,2</sup>, 王江<sup>1</sup>, 汪治同<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100; 3. 内蒙古阿拉善左旗宗别立动物防疫站, 内蒙古 阿左旗 750306)

**摘要:** 研究了半干旱沙区不同滴灌带埋设深度下紫花苜蓿的生长特性。通过试验研究分析了滴灌带埋设深度对紫花苜蓿植株高度、茎粗、分枝数、根系生长、根系密度和产量等生长特性的影响。采用主成分分析法对不同滴灌带埋设深度的紫花苜蓿等生长特性进行了综合评价。结果表明, 滴灌带不同埋设深度对苜蓿各个生育期生长特性指标影响不同。在苗期, 埋设深度为 10 cm 的处理, 有利于苜蓿生长。从分枝期起, 埋设深度为 30 cm 的处理优于其它处理; 在整个生育期内, 不同埋设深度对苜蓿生长特性影响的综合评判结果为: 埋深 30 cm > 埋深 20 cm > 埋深 10 cm > 埋深 40 cm。

**关键词:** 地下滴灌; 埋设深度; 苜蓿生长特性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0100-05

中图分类号: S275.6

## Different Buried Depths of Underground Drip Irrigation on Alfalfa Land in the Sandy Area of North China

XIA Yuhui<sup>1</sup>, WANG Youke<sup>1,2</sup>, WANG Jiang<sup>2</sup>, WANG Zhitong<sup>3</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
3. Zongbieli Animal Epidemic Prevention Station, Alxa Left Banner, Inner Mongolia 750306, China)

**Abstract:** The characteristics of alfalfa growth in the semiarid sandy area for different buried depths of underground drip irrigation are studied. Effects of the buried depths on alfalfa plant height, root collar diameter, branch number per plant, root length, weight density, and yield are investigated experimentally. Principal component analysis is used for comprehensive evaluation. Results show that the dropper installed at different depths affects the indexes of various alfalfa growth characteristics. In the seedling stage, the 10 cm laying depth treatment is conducive to alfalfa growth. From the branching period, the 30 cm laying depth treatment is superior to other treatments. Throughout the growth period, the buried depths rank in the descendant order of 30, 20, 10, and 40 cm in terms of the comprehensive evaluation for the effects of different laying depths on alfalfa growth characteristics.

**Keywords:** underground drip irrigation; buried depth; alfalfa growth characteristic

紫花苜蓿是一种优质、高产、抗旱、适应性强的饲料作物, 素有“牧草之王”的美称, 是我国种植面积最大的人工牧草, 在西北地区具有悠久的历史, 现有面积  $1.05 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>, 占全国人工草地面积的 78.5%<sup>[1]</sup>。它是一种优良的改土培肥植物, 能够吸收深层土壤水分, 在我国旱区农业发展中具有重要作用, 其明显的改土培肥效果已被大量实践证实<sup>[2-4]</sup>。近年来, 由于当地水资源缺乏限制了当地畜牧业的发展,

节水灌溉种植苜蓿成为发展人工草地的出路。地下滴灌是用管道系统输水, 通过埋在地下毛管上的灌水器将灌溉用水释放到作物根区土壤中, 供作物吸收利用的一种灌水方法<sup>[5-7]</sup>。与地面灌溉技术相比, 地下滴灌具有减少地表无效蒸发, 改善作物根区土壤条件, 方便田间管理作业, 防止毛管老化等优点<sup>[8-11]</sup>。因此发展地下滴灌下的紫花苜蓿种植有着极其重要的意义。

收稿日期: 2008-01-20

修回日期: 2008-03-10

资助项目: 陕西省重大科技攻关项目“农业节水灌溉技术标准研究与示范”(2006KZ08-G3)

作者简介: 夏玉慧(1981-), 女(汉族), 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土资源高效利用研究。E-mail: xiayuhui814@tom.com

通信作者: 汪有科(1956-), 男(汉族), 研究员, 博士生导师, 主要从事水土资源高效利用研究。E-mail: nerewsi@ms.isw.c.ac.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 试验站点的基本情况

试验点位于陕西省靖边县,地处毛乌苏沙漠南缘,东经  $108^{\circ}48'$ , 北纬  $37^{\circ}37'$ , 海拔介于  $1\ 123\sim 1\ 823\text{ m}$  之间, 多年年平均降水量  $395.4\text{ mm}$  左右, 年平均气温摄氏  $7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 无霜期  $120\text{ d}$  左右。日照时间长, 昼夜温差大。地下水埋深  $3\text{ m}$  左右, 土壤质地为沙土。

### 1.2 供试材料及种植方法

(1) 供试苜蓿品种。紫花苜蓿金皇后 (*Medicago sativa* L. cv. Golden Empress)。

(2) 滴灌材料。由秦川节水公司提供的旁壁式滴灌带, 型号为 DGMF16 2.8-30-0.2。

(3) 种植方法。2007年6月3号播种, 人工条播。播深  $3\text{ cm}$ , 行距  $30\text{ cm}$ , 小区面积为  $50.4\text{ m}^2$ , 每个小区埋设3根深度相同的滴灌带。埋设深度:  $10, 20, 30, 40\text{ cm}$  共4个水平, CK为没有埋设滴灌带的对照实验区。

(4) 供水时间和供水量。每  $10\text{ d}$  灌水1次, 供水量  $195\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

### 1.3 测定指标和方法

(1) 地上部分的测定。选用苜蓿的株高、茎粗和分枝数3个指标, 在每个小区内按“S”型曲线随机选取植株10棵, 每5d观测1次, 并计值。①植株高度测定。现蕾前为从茎的最基部到最上叶顶端的距离, 现蕾后为从茎的最基部到穗顶端的距离; ②茎粗的测定。用游标卡尺量茎的最基部, 东西、南北两方向各测一次, 取平均值; ③分枝数的测定。枝条数是指从“根颈”处分蘖产生的枝条的多少, 它包括一级分枝和二级分枝。

(2) 地下部分的测定。主根长和根重密度(根重密度指单位体积土壤中的根干重, 单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 两个指标。①主根长。在测过地上生物量的苜蓿植株旁  $5\text{ cm}$  处, 挖  $60\sim 100\text{ cm}$  深的坑, 深见根端, 用铁丝

掏去根旁泥土, 分离得到根系。每个小区掏出10株, 测定每株根系的主根长度; ②根重密度的测定。在坑中每  $10\text{ cm}$  为一层, 在每一层内, 取  $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$  的土样5个, 共取6层。然后在孔径为  $1\text{ mm}$  的土壤筛中用水慢慢冲洗, 使得土慢慢被冲洗掉。将冲洗好的根系置于  $105^{\circ}$  的烤箱中, 烘  $16\text{ h}$  左右, 在  $1/1\ 000\text{ g}$  的电子天平上称重。

(3) 产量的测定。在分枝期(7月20日左右)、初花期(8月20日左右)、结实期(9月20日左右)各刈割一次, 每次刈割两行(面积约为  $60\text{ cm}\times 50\text{ cm}$ ), 留茬高度  $5\text{ cm}$  左右。收割后, 立即称鲜草重。

## 2 结果与分析

### 2.1 滴灌带埋设深度对苜蓿生长特性的单因子分析

该试验选取苜蓿的株高、茎粗、分枝数、主根长、根重密度和产量6个相对因子作为滴灌带埋设深度对苜蓿生长特性的影响分析。其中各个处理对主根长的影响不是很显著, 所以在单因素分析中, 不作重点介绍。

2.1.1 滴灌带埋设深度对植株高度的影响 紫花苜蓿苗期生长缓慢, 一般在出苗后  $40\text{ d}$  左右进入快速生长期。本文对不同滴灌带埋设深度下的苜蓿株高和不灌溉的植株高度进行了对比分析。由图1可知, 在苗期, 埋设深度为  $10\text{ cm}$  的处理, 植株平均高度要高于其它处理。这与苜蓿苗期的根系分布有关。分枝期, 为苜蓿的需水关键期, 灌溉和不灌的植株高度差别显著。埋设深度为  $20\text{ cm}$  和  $30\text{ cm}$  的2个处理的植株高度增长较快。日平均增量分别为  $1.25\text{ cm}/\text{d}$  和  $1.24\text{ cm}/\text{d}$ , 埋设深度为  $10\text{ cm}$  和  $40\text{ cm}$  的2个处理分别为  $1.09\text{ cm}/\text{d}$  和  $1.18\text{ cm}/\text{d}$ , 而对照区仅有  $0.91\text{ cm}/\text{d}$ 。而在初花期和结实期, 不同处理中, 埋设深度为  $30\text{ cm}$  处理的植株高度明显优于其它处理, 有呈线性增加的趋势。

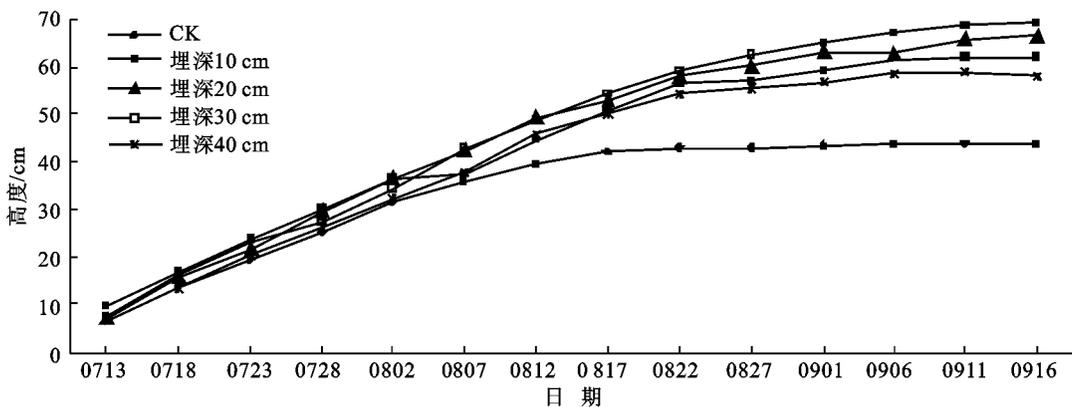


图1 滴灌带埋设深度对紫花苜蓿植株高度的影响

2.1.2 滴灌带埋设深度对植株茎粗的影响 紫花苜蓿属直根系植物,其枝条产生在根颈处。茎粗是衡量苜蓿长势的一个重要指标。由图 2 可以看出,在苗期,埋设深度为 10 cm 的处理,茎粗要高于其它处理。在分枝期不同处理之间差别显著。埋设深度为 20 cm 和 30 cm 的这两个处理的茎粗增长较快,日平均增量分别为 0.22 mm/d 和 0.24 mm/d,而埋设深度为 10 cm 和 40 cm 的 2 个处理分别为 0.20 mm/d 和 0.17 mm/d,对照区仅为 0.14 mm/d。在开花期,埋深为 30 cm 的处理茎粗显著高于其它处理。埋深为 10 cm 和 20 cm 的这 2 个处理的茎粗差异不显著。到结实期,埋深为 30 cm 这一处理的优势更加明显,植株茎粗显著高于其它处理。

2.1.3 滴灌带埋设深度对苜蓿分枝数的影响 苜蓿

草群的生产力与单位面积的枝条数有关。苜蓿有很强的自动调节枝条数的能力。研究显示:在分枝期变化趋势较复杂,8月7日之前,各个处理的分枝数差别不是很大,埋设深度为 10 cm 这一处理的分枝数略高于其它处理。8月7日到 8月17日,各个处理变化较大,埋深为 30 cm 的这一处理分枝数增长最快,并超过了埋深为 10 cm 的分枝数。在开花期,各个处理的分枝数都增加较快,埋深为 30 cm 的处理分枝数最高,平均值约为 84 个。在结实期,从总体趋势来看,埋深为 30 cm 这一处理的分枝数仍为最高,但是,埋深为 20 cm 的处理分枝数增长也很快,并且超过了埋深为 10 cm 的处理。

从图 3 可以看出,进入分枝期后期,滴灌带埋深 30 cm 和 20 cm 更有利于苜蓿分蘖。

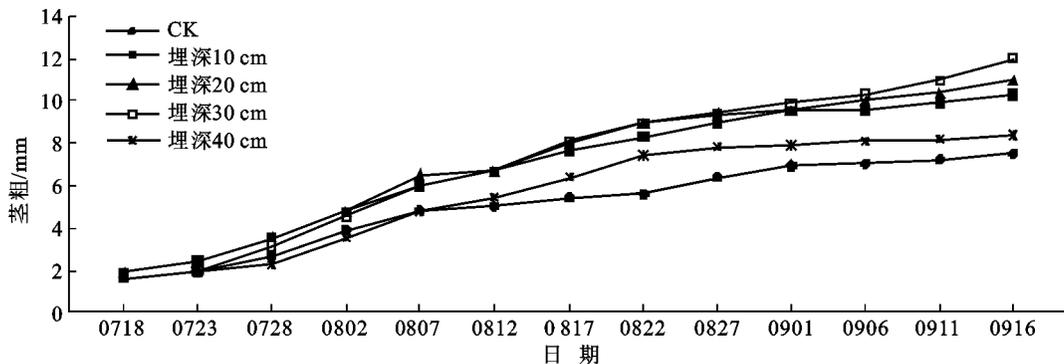


图 2 滴灌带埋设深度对紫花苜蓿茎粗的影响

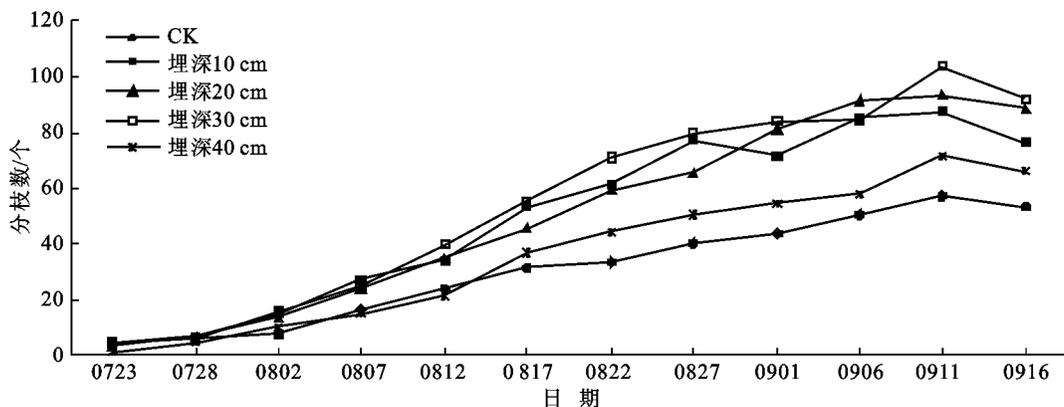


图 3 滴灌带埋设深度对紫花苜蓿分枝数的影响

2.1.4 滴灌带埋设深度对地上产量的影响 本次试验于 2007 年 6 月 2 号种植,苜蓿进入开花期(8 月 20 日左右)进行刈割,重复 3 次,留茬高度 5 cm 左右,研究滴灌带不同埋设深度对苜蓿产量的影响。由图 4 可以看出,进行灌水的 4 个处理在干物质产量指标上,都明显高于对照 CK。可见,水分处理对苜蓿产量有显著影响。而在不同处理间,埋设深度对苜蓿产量的影响差异不是很大,埋深 30 cm 的处理产量稍高于其它处

理,其值为 467.45 g/m<sup>2</sup>。因而,从产量这一指标来看,埋深为 30 cm 的处理更有利于苜蓿干物质的积累。

2.1.5 滴灌带埋设深度对根重密度的影响 根重密度指单位体积土壤中的根干重,单位为 g/cm<sup>3</sup>。各处理不同生育期根重密度在剖面上分布规律如图 5 所示,整个生育期内根系主要分布在 40 cm 以上,不同生育期不同处理存在差异。分枝期,埋深为 10 cm 的处理根重密度各层都高于其它处理。开花期,0—10 cm 土层中埋

深 10 cm 处理的根重密度最高。10—20 cm 土层中埋深 20 cm 处理的根重密度略高于其它处理, 埋深 10, 30 和 40 cm 三个处理差异不明显。结实期, 各个处理根重密度与开花期相比都有所增加, 20—30 cm 土层中埋深 30 cm 的根重密度最大, 高于其它处理差异不显著。50 cm 以下, 各处理的根重密度无明显变化。就根重密度来说, 不同的滴灌埋设深度对苜蓿的主根深度影响不明显, 主要影响侧根的分布(图 5)。

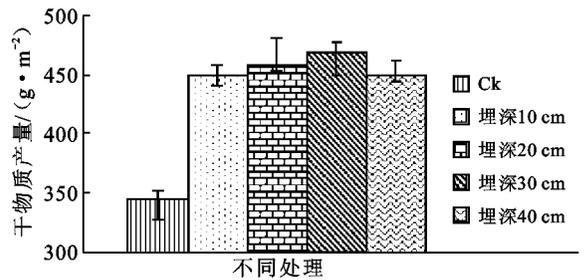


图 4 滴灌带埋设深度对苜蓿干物质产量的影响

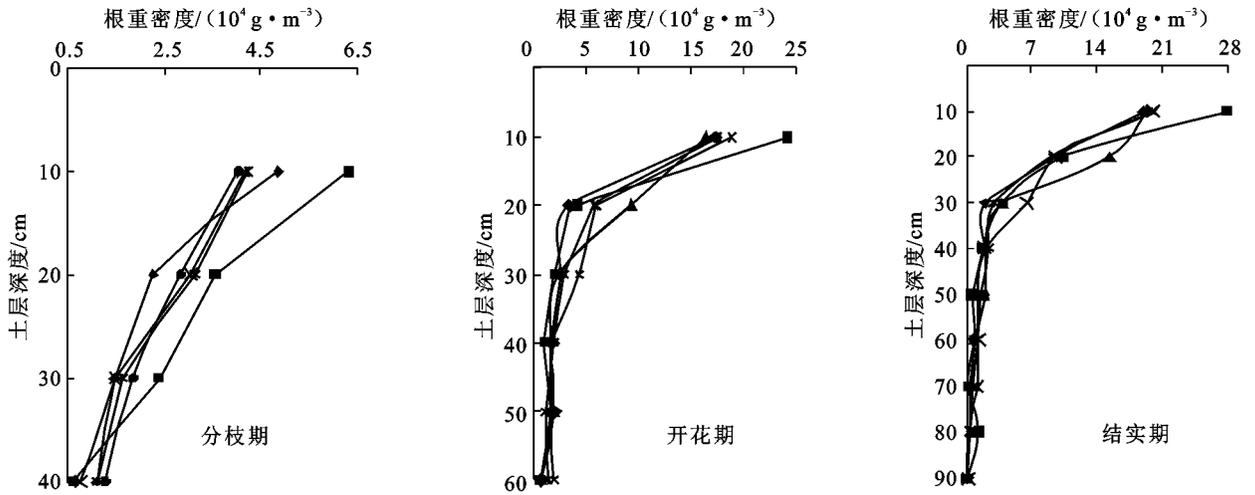


图 5 滴灌带埋设深度对苜蓿根重密度的影响

2.2 滴灌带埋设深度对苜蓿生长特性的多因子分析  
紫花苜蓿生长发育与水分之间具有密切的关系。而滴灌带埋设深度的不同又直接影响着土壤水分的分布, 最终反映在苜蓿生长的特性指标上。为了进行滴灌带埋设深度对苜蓿生长特性的影响分析, 本研究在单因子分析的基础上, 选取一个生育期内, 苜蓿的

株高( $I_1$ )、茎粗( $I_2$ )、分枝数( $I_3$ )、主根长( $I_4$ )、根重密度( $I_5$ )和产量( $I_6$ ) 6 个相对性指标, 采用主成分分析法, 对苜蓿生长特性进行了综合影响分析。

本文用 SPSS 软件, 所得不同埋设深度下苜蓿生长特性指标标准化值如表 1 所示。由实验观察值计算各不同埋设深度下的苜蓿生长特性指标标准化。

表 1 不同埋设深度下的苜蓿生长特性指标标准化值

项目	株高 $I_1$	茎粗 $I_2$	分枝数 $I_3$	主根长 $I_4$	根重密度 $I_5$	产量 $I_6$
CK	- 1.841 4	- 1.528 6	- 1.468 3	- 0.803 6	- 0.214 8	- 1.156 0
埋深 10 cm	0.338 1	0.554 6	0.580 8	- 0.802 3	- 1.320 1	1.012 0
埋深 20 cm	0.741 3	0.876 0	0.655 2	0.364 3	- 0.161 2	- 0.472 9
埋深 30 cm	0.953 4	0.938 9	1.128 7	1.805 5	- 0.086 5	1.363 3
埋深 40 cm	- 0.191 4	- 0.840 8	- 0.896 4	- 0.563 9	1.782 6	- 0.746 4

计算各指标的协方差  $cov(y_i, y_j)$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5; j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  及相关矩阵  $R$ , 计算结果如下。

$$R = \begin{pmatrix} 1.000 & & & & & & \\ 0.941 & 1.000 & & & & & \\ 0.925 & 0.991 & 1.000 & & & & \\ 0.658 & 0.654 & 0.699 & 1.000 & & & \\ -0.122 & -0.429 & -0.457 & -0.004 & -1.000 & & \\ 0.710 & 0.763 & 0.836 & 0.568 & -0.496 & 1.0000 & \end{pmatrix}$$

计算相关矩阵  $R$  的特征根  $\lambda$  特征向量  $u$  及累计方差贡献率  $E$ 。取  $E$  大于 85% 的最小  $k$ , 分析结果为  $\lambda = 4.275$ ,  $\lambda = 1.086$ ,  $E = (\lambda + \lambda_2)/6 = (4.275 + 1.086)/6 = 89.357\% > 85\%$ , 故取  $k = 2$ , 可得对应的特征向量  $u_1, u_2$  见表 2。由表 2 可知, 各指标与前两个主成分( $z_1, z_2$ )的关系为

$$z_1 = 0.291x_1 + 0.208x_2 + 0.206x_3 + 0.317x_4 + 0.208x_5 + 0.124x_6$$

$$z_2 = 0.149x_1 + 0.092x_2 + 0.111x_3 - 0.323x_4 + 0.788x_5 + 0.239x_6$$

由主成分  $z_1, z_2$  与客观权重  $e_1$  和  $e_2$  ( $e_1 = \lambda/6, e_2 = \lambda/6$ ) 之积, 即得各埋设深度下苜蓿生长特性的综合评判结果见表 3。

表 2 相关矩阵的特征向量值

特征向量	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$u_1$	0.291	0.208	0.206	0.317	0.208	0.124
$u_2$	-0.149	0.092	0.111	-0.323	-0.788	0.239

表 3 不同埋设深度对苜蓿生长特性影响的综合评价结果

埋设深度	CK	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
评判结果	-2.00	0.37	0.80	1.03	-0.21

### 3 结论

滴灌带不同埋设深度对干旱沙区紫花苜蓿的植株高度、茎粗、枝条数、主根长度、根重密度、产量均有不同程度的影响。

(1) 滴灌带不同埋设深度对植株高度、茎粗、枝条数的影响趋势基本一致。在苗期时, 埋设深度为 10 cm 的处理更有利于植株高度、茎粗、枝条数的生长。在分枝期后, 埋设深度为 30 cm 的处理对植株高度、茎粗、枝条数的影响显著高于其它处理。

(2) 以一年生苜蓿整个生育期为研究对象, 经过综合分析。不同埋设深度对苜蓿生长特性影响的综

合评判结果为: 埋深 30 cm > 埋深 20 cm > 埋深 10 cm > 埋深 40 cm。因此, 建议在榆林地区沙地苜蓿地下滴灌的埋设深度为 30 cm。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 孙启忠. 试论中国苜蓿产业化[ J ]. 中国草地, 2001(1): 653.
- [ 2 ] 张玉发, 王庆锁, 苏家楷. 试论中国苜蓿产业[ J ]. 中国草地, 2000(1): 64—69.
- [ 3 ] 耿华珠. 中国苜蓿[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 2—8.
- [ 4 ] 贾慎修. 草地学(2 版)[ M ]. 北京: 农业出版社, 1995: 81—144.
- [ 5 ] Phene C J. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation[ J ]. ASAE Paper 922090, Charlotte, NC, 1992B: 21—24.
- [ 6 ] C J Phene 著, 张爱莉译. 最经济的灌水法——地下滴灌[ J ]. 灌溉排水, 1995(14): 50—52.
- [ 7 ] Camp C R. Subsurface drip irrigation: a review[ J ]. Transaction of the ASAE, 1998, 41(5): 1353—1367.
- [ 8 ] 张国祥. 地下滴灌(渗灌)的技术状况与建议[ J ]. 山西水利科技, 1996, 18(2): 51—54.
- [ 9 ] 程先军, 许迪, 张昊. 地下滴灌技术发展及应用现状综述[ J ]. 节水灌溉, 1999(8): 13—15.
- [ 10 ] 胡笑涛, 康绍忠, 马孝义. 地下滴灌灌水均匀度研究现状及展望[ J ]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 113—117.
- [ 11 ] 黄兴法, 李光永. 地下滴灌技术的研究现状与发展[ J ]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 176—181.
- [ 4 ] 安塞政务网[ OL ]. 安塞概况. [http://www.zhongguoanrsai.gov.cn/asfm/asgk/t20060605\\_0809.htm](http://www.zhongguoanrsai.gov.cn/asfm/asgk/t20060605_0809.htm). 200701.
- [ 5 ] 宝塔区计委. 延安市宝塔区国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要[ Z ]. 2005.
- [ 6 ] 苏美岩. 试论我国农业生态安全[ J ]. 安徽农业科学, 2006, 34(15): 3827—3829.
- [ 7 ] 左伟, 周慧珍, 王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[ J ]. 土壤, 2004(1): 2—7.
- [ 8 ] 周上游. 农业生态安全与评估体系研究[ D ]. 中南林学院, 2004: 9—11.
- [ 9 ] 肖薇薇, 谢永生, 王继军. 黄土丘陵区农业生态安全评价指标体系的建立[ J ]. 水土保持通报, 2007(2): 146—149.
- [ 10 ] 郝明德, 党廷辉, 刘冬梅. 黄土高原沟壑区生态系统适度生产力与生态环境协调发展研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 94—97.
- [ 11 ] 任海, 邹建国, 彭少麟, 等. 生态系统管理的概念及其要素[ J ]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 455—458.
- [ 12 ] 肖焰恒, 叶谦吉. 三峡库区山地可持续农业发展的现状及对策[ M ]. 中国人口资源与环境 1999, 4(9): 66—70.
- [ 13 ] 张炳淳. 论西部大开发中的生态安全的法律防治[ J ]. 理论导刊, 2001(6): 27—28.
- [ 14 ] 章家恩, 骆世明. 农业生态安全及其生态管理对策探讨[ J ]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 59—62.

(上接第 79 页)