

# 气候变化对三江源区兴海县天然牧草的影响

郭连云<sup>1</sup>, 丁生祥<sup>2</sup>, 吴让<sup>3</sup>, 谢卫东<sup>3</sup>, 蒯尚玛<sup>3</sup>

(1. 青海省海南州气象局, 青海 共和 813000; 2. 青海省同德县气象局, 青海 同德 813201;  
3. 青海省兴海县气象局, 青海 兴海 813300)

**摘要:**根据青海省三江源区兴海县牧业气象站1999—2007年天然牧草数据和气候资料,分析了三江源区兴海县天然牧草生长发育与气象条件的关系,探讨了气候变化对兴海县牧草发育期、高度及产量形成的影响。结果表明:三江源区兴海县牧草返青期与日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的初日相一致,黄枯期与日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的终日相吻合;牧草返青期与黄枯期均提前,而且黄枯期的提前程度大于返青期;覆盖度每年以1.73个百分点的倾向率减小,而牧草高度以1.08 cm/a的线性趋势上升;在全球气候变暖的背景下,牧草生长季温度升高,加之进入21世纪以来该地区降水量逐渐增多,水热匹配较好,牧草产量增加。

**关键词:**三江源;气候变化;天然牧草

**中图分类号:** Q142;S812

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2009)06-0090-06

<sup>\*1</sup> 气候变化是当今世界普遍关注的生态问题。最近一百年来,全球气候发生了以气候变暖为主要特征的巨大变化<sup>[1]</sup>。《中国草原研究和发展》报告明确指出,受全球变暖、气候干旱和人为不合理利用等多重因素的影响,中国近90%的天然草原出现不同程度的退化,近些年来中国草原每年减少约150万 $\text{hm}^2$ ,且这种趋势还在持续。草地大面积退化最终导致天然草地第一性生产力呈明显下降的趋势,严重威胁着畜牧业生产和牧区人民的生活。气温上升和秋季暖干化导致草地产草量下降<sup>[2]</sup>,吕晓蓉等<sup>[3]</sup>研究发现年均温度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 时,天然草地的产草量减少 $1\ 838.1\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,夏季气温升高 $1^{\circ}\text{C}$ 时,草地产草量减少 $1\ 250.4\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。气候暖干化,使牧区草场产草数量和质量下降,劣等牧草、杂草和毒草的比例越来越高,草场生产力进一步下降<sup>[4]</sup>。李凤霞等<sup>[5]</sup>研究发现,由于牧草的返青期和枯黄期发生变化,使得江河源地区的牧草生育期延长了35 d,而河源区的牧草均呈现一定的退化趋势。全球变暖引起黄河上游牧草区高寒草甸植被向高寒草原植被退化,植被退化与区域生物总量下降将成为影响该区环境自调能力和牧业经济发展的消极因素,生态环境的恶化存在量变到质变的过程<sup>[6-8]</sup>。天气、气候是影响草原生态系统的驱动因子,特别是对草原这种脆弱的自然生态系统,受气象条

件影响很大。由此可见,气候的暖干化会引起草地生产力的下降,温度和降水的同时升高有利于植物生长。就目前而言,三江源区兴海县降水的增长落后于气温的增长,气候还将处于暖干化状态。因此,研究全球气候变化下三江源区兴海县的气候变化及其对天然牧草发育期、高度及产量形成的影响,为保护脆弱牧区草地生态系统、促进畜牧业可持续发展提供科学依据,对三江源区生态保护有重要借鉴价值。

## 1 研究区概况

兴海县地处黄河上游“三江源”地区的环湖牧区和青南牧区过渡的区域。全县地势西南高,东北低,其中以山地草原为主。全县草原面积 $101.03\ \text{万}\ \text{hm}^2$ ,占全县总面积的83%,其中可利用草地面积 $93.6\ \text{万}\ \text{hm}^2$ ,占草地面积的92.7%,是一个以牧为主、半农半牧的我国北方典型农牧交错区域。草地畜牧业是该县国民经济的主体,在全县经济发展中占有举足轻重的地位。兴海县牧业区属高原大陆性气候,表现出日照时间多、总辐射量大、光能资源丰富;夏季温凉、冬季寒冷、热量资源差;降水时空分布差异大等特点。年均温 $1.4^{\circ}\text{C}$ ,1月均温 $-11.4^{\circ}\text{C}$ ,7月均温 $12.3^{\circ}\text{C}$ ,极

收稿日期:2008-06-23

作者简介:郭连云(1969-),男,青海湟源人,工程师,从事气象业务管理工作。

端最高温 30.2 °C, 极端最低温 -31.5 °C; 年均降水量 353.2 mm, 年最多降水量出现在 1989 年, 为 483.1 mm, 年最少降水量出现在 1997 年, 为 214.1 mm; 年平均大风时间 48.9 d; 年平均沙尘暴时间 11.1 d; 年平均冰雹时间 8.4 d; 无霜期 44 d。

## 2 资料与方法

利用三江源区兴海县牧业气象站 1999—2007 年观测的牧草发育期、高度、产量等指标与同期气象资料进行对比分析; 发育期包括返青、抽穗、开花、成熟、黄枯 5 个阶段; 气象资料包括气温、降水、日照等常规观测的旬、月、年资料。

气候分析采用气候资料序列的线性趋势方法, 气象因素与天然牧草关系分析应用系统分析法, 分析温度、降水量、日照时间等因子对牧草生长发育影响程度; 应用统计分析法进行天然牧草生长发育期趋势和产量的计算。

## 3 兴海草地的气候变化趋势

近 45 年来, 青海的气候变化呈现出气温升高、降水减少、蒸发增大的干旱化趋势<sup>[9-11]</sup>。图 1 是三江源区兴海县近 47 年来的年平均气温、年降

水量变化趋势图。由图 1A 可见, 兴海年平均气温呈明显上升的趋势, 气温变化曲线线性拟合倾向率为 0.342 °C/10 a, 其相关系数为 0.69, 通过了  $\alpha=0.01$  置信度的检验。气温六阶主值函数呈两峰一谷型, 方程为:

$$y = 2E-08x^6 - 3E-06x^5 + 0.0001x^4 - 0.0037x^3 + 0.0377x^2 - 0.0682x - 1.1065$$

式中,  $y$  为气温主值函数,  $x$  为年代序列, 其线性化后的复相关系数  $R^2=0.73$ , 通过  $\alpha=0.01$  检验。气候倾向率远大于青藏高原地区平均气温倾向率 0.16 °C/10 a、全国 0.04 °C/10 a 的平均水平。从年降水量分析(图 1B), 近 47 年来, 兴海县降水量年际变化呈不明显的上升趋势, 降水量变化曲线线性拟合倾向率为 3.97 mm/10 a, 其相关系数为 0.08, 未通过  $\alpha=0.05$  置信度的检验, 说明兴海年降水量的增加趋势是不显著的。年降水量随时间变化呈相关性不强的二次曲线  $y=0.0549x^2-2.2359x+369.48$  式中,  $x$  为年代序列,  $y$  为年降水量值; 一次项系数为负, 说明降水量的变化在大趋势上在减少; 二次项系数为正, 表明近期的变化趋势在增加<sup>[12]</sup>。

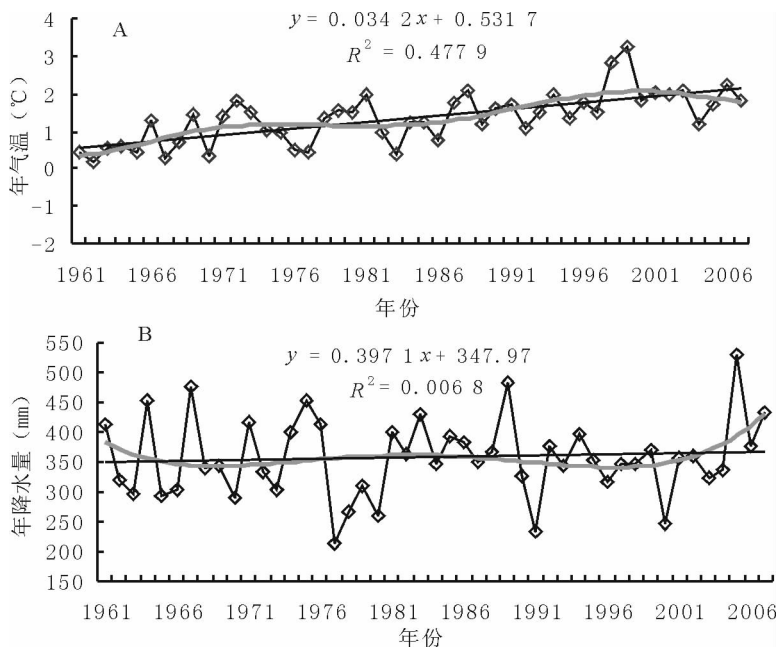


图 1 兴海年平均气温和降水量变化趋势

由图 2A 兴海年蒸发量变化分析, 近 47 年来兴海地区年蒸发量以 28.3 mm/10 a 的倾向率上

升, 其相关系数为 0.30, 通过了  $\alpha=0.05$  置信度的检验, 表明年蒸发量的上升趋势是显著的。分

析得出,三江源区兴海县气候呈现出气温升高、降水微弱增加、蒸发量增大的暖干化趋势。通过图2B年干燥指数<sup>[13]</sup>的变化趋势,干燥指数变化曲

线性拟合倾向率为 0.057/10 a,由此进一步说明了兴海县牧业区的气候呈现出暖干化趋势。

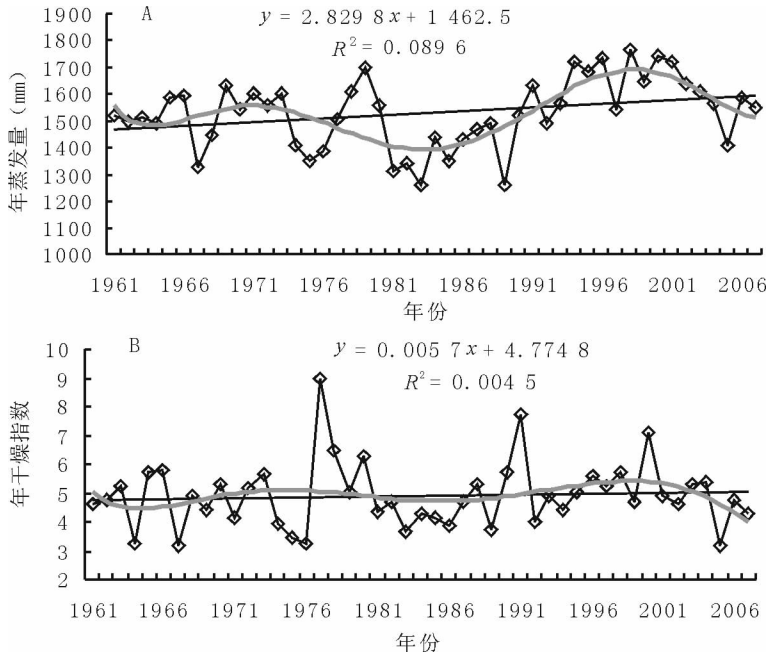


图2 兴海年蒸发量和干燥指数变化趋势

## 4 天然牧草返青、黄枯及产量与气象条件的关系

### 4.1 兴海地区牧草返青与气象条件的关系

影响天然牧草返青的气象条件有气温、降水、日照时间等,在正常的水分条件下,牧草的生长发育取决于温度条件。春季日均温高于  $0^{\circ}\text{C}$  不久,植被开始生长,生长季也随之开始;当日平均气温升至  $3^{\circ}\text{C}$  时,大部分牧草开始返青。因此,对天然牧草返青的指标多采用日平均气温稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$  或  $5^{\circ}\text{C}$  的初日。通过分析兴海地区牧草返青期与  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  初日、 $\geq 3^{\circ}\text{C}$  初日、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$  初日、上一年降水量、上一年秋季(9—11月)降水量、当年3—4月降水量和日照时间的相关系数,由于样本量较小,对计算所得的相关系数用无偏相关系数加以校正<sup>[14]</sup>,得无偏相关系数分别为 0.095, 0.060, 0.613 2,  $-0.347$ ,  $-0.237$ ,  $-0.484$  和 0.280,仅  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  初日的无偏相关系数通过  $\alpha = 0.05$  置信度的检验,其他无偏相关系数均未通过  $\alpha = 0.05$  置信度的检验,可见,春季日平均气温稳定通过  $5^{\circ}\text{C}$

的日期与牧草返青期相一致。

### 4.2 天然牧草黄枯期与气象条件的关系

秋季日平均气温降至  $0^{\circ}\text{C}$  或以下时,植被停止生长,生长季也随之结束,牧草开始枯黄(约有  $2/3$  的牧草黄枯为黄枯期),牧草整个生育期结束。兴海地区牧草的黄枯期基本出现在 9 月中下旬,而当地日平均气温  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  的终日也出现在 9 月中下旬,两者基本吻合。

### 4.3 天然牧草产量与气象条件的关系

分别计算牧草产量与牧草生长期(4—9月)的平均气温、降水量和日照时间的无偏相关系数,分别为  $-0.544$ ,  $0.636^*$ ,  $-0.525$ , 生长期间的降水量与牧草产量呈显著的正相关(通过  $\alpha = 0.05$  信度检验),而生长期间的平均气温与日照时间和产量之间的相关系数均未通过 0.05 的显著性水平检验。牧草产量与年平均气温和年降水量之间的无偏相关系数分别为  $-0.357$ ,  $0.605^*$ , 年降水量与牧草产量之间也通过 0.05 信度检验,这说明该地区限制天然牧草产量形成的主要因素是水分条件<sup>[15]</sup>。尽管气温变化对牧草产量的影响不显著,但气温

的波动与牧草产量表现出比较一致的变化趋势, 低时, 牧草产量也有所下降(见图3)。即气温较高的年份, 牧草产量相对较高; 当温度较

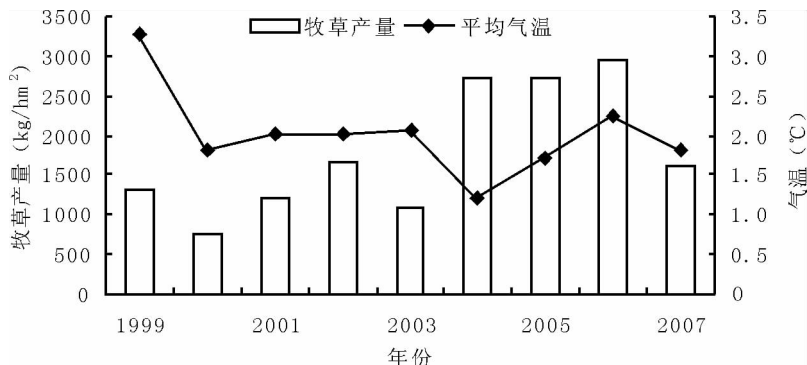


图3 兴海站历年年均气温与牧草产量的关系

## 5 气候变化对天然牧草发育期、高度、覆盖度及产量的影响

### 5.1 气候变化背景下生育期变化分析

通过计算兴海地区优势牧草西北针茅 *Stip subserotina* 返青和黄枯期随年份变化的趋势方程(见表1), 可以看出, 返青期和黄枯期的方程系数均是负数, 说明兴海地区在变暖、变干的气候背景下, 牧草返青期提前, 黄枯期也提前。同时可以看出, 黄枯期趋势方程的系数绝对值大于返青期趋势方程的系数, 说明黄枯期提前的程度大于返青

期提前的程度。也就是说, 随着气候的变化, 牧草的整个生育期并没有延长, 甚至有所缩短。

### 5.2 天然牧草高度、覆盖度的变化

根据三江源兴海地区1999—2007年牧草生长季最大覆盖度的观测资料分析(图4A), 兴海地区覆盖度每年分别以1.73个百分点的倾向率减小。2003—2007年与1999—2002年的平均覆盖度相比减小了13个百分点。而牧草高度以1.08 cm/a的线性趋势上升(图4B), 其中后5年(2003—2007年)比前4年(1999—2002年)牧草平均高度上升了5 cm。

表1 兴海主要牧草返青、黄枯日期随年代进程的倾向性方程

牧草	返青日期倾向性方程	黄枯日期倾向性方程
西北针茅	$y = -0.5833t + 13.583$	$y = -2.2833t + 21.417$

注: 表中  $t$  为随年份变化的时间序列, 从1999年开始为1, 2007年为9;  $y$  分别是返青期和黄枯期(4月1日和8月24日开始计算)。

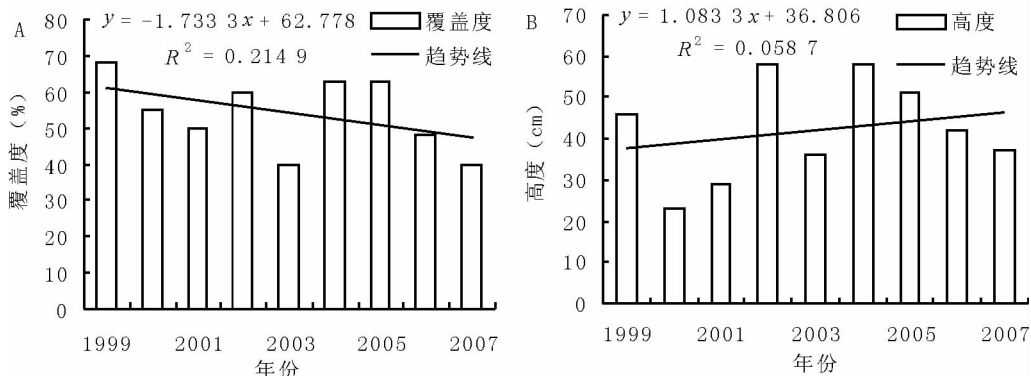


图4 兴海地区1999—2007年牧草覆盖度和高度年际变化

**5.3 牧草产量变化** 分析兴海地区 1999—2007 年牧草产量(见表 2 和图 3),牧草产量标准差为 268.98,变异系数为 45.30%,说明牧草产量年际波动不太大。从牧草产量的年际变化趋势来看,兴海地区的牧草产量呈增加趋势,以 197.48 kg/a 的倾向率增加,其无偏相关系数为 0.707,通过  $\alpha=0.05$  置信度的检验。后 5 年牧草平均产量比前 4 年上升了 79.33%。2000 年的牧草产量是 9 年中的最低值,为 753.0 kg/hm<sup>2</sup>,该年的年降水

量也是 1999—2007 年 9 年中最少的,其值为 247.3 mm,较多年平均值偏少 29.8%,这也充分说明降水量是影响牧草产量的主要因素。牧草产量逐年增加的原因是,自进入 21 世纪以来,该地区的降水呈现增多趋势,降水较丰沛,水分条件基本能满足牧草生长发育的要求,随着气候变暖,牧草生长季温度升高,湿润的气候有利于牧草的生长发育和产量的增加。

表 2 兴海地区牧草产量变化趋势

观测站	时间 (a)	平均产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	标准差	变异系数 (%)	倾向率 (kg/hm <sup>2</sup> )	1999—2002 年平均 产量(kg/hm <sup>2</sup> )	2003—2007 年平均 产量(kg/hm <sup>2</sup> )
兴海	9	1 781.4	268.98	45.30	197.48	1 236.5	2 217.4

## 6 结论与讨论

1)近 47 年来三江源兴海县牧业区年平均气温呈显著的上升趋势,升高幅度为 0.342 °C/10 a,年降水量则呈现不显著的微弱上升趋势,倾向率为 3.97 mm/10 a,而蒸发量以 28.3 mm/10 a 的倾向率显著上升,干燥指数以 0.057/10 a 的趋势增大;气候呈现暖干化的变化趋势。

2)在全球气候变暖的背景下,三江源兴海牧业区降水量逐渐增多,这种增温又增湿的气候变化对牧草生长发育的影响利大于弊,1999—2007 年,牧草返青期与黄枯期均提前,而且黄枯期的提前程度大于返青期。这说明随着气候的变化,牧草的生长季有所提前,但牧草的整个生育期并没有延长;牧草返青期与日平均气温  $\geq 5$  °C 的初日相一致,黄枯期与日平均气温  $\geq 5$  °C 的终日相吻合;覆盖度每年以 1.73 个百分点的倾向率减小,而牧草高度以 1.08 cm/a 的线性趋势上升,其中后 5 年(2003—2007 年)比前 4 年(1999—2002 年)牧草平均高度上升了 5 cm。

3)优势牧草产量以 197.48 kg/a 的倾向率增加,尽管兴海牧业区的气候呈现暖干化趋势,近 47 年降水量的变化在大趋势上在减少,但近期的变化趋势呈现增加趋势,水分条件基本能满足牧草生长发育的要求,随着气候变暖,牧草生长季温度升高,水热匹配较好的气候条件使牧草产量增加。

## 参考文献

- [1] 周广胜,王玉辉,白莉萍,等.陆地生态系统与全球变化相互作用的研究进展[J].气象学报,2004,62(5):692-707.
- [2] 王建兵,王振国,吕虹.黄河重要水源补给区草地退化的气候背景分析[J].草业科学,2008,25(4):23-27.
- [3] 吕晓蓉,吕晓英.青藏高原东北部草地气候暖干化趋势分析[J].中国草地,2002,24(4):8-13.
- [4] 张秀云,姚玉璧,邓振镛,等.青藏高原东北边缘牧区气候变化及其对畜牧业的影响[J].草业科学,2007,24(6):66-73.
- [5] 李凤霞,颜亮东,吴素霞,等.江河源地区草地植被变化特征及水土保持功能评价[J].草业科学,2007,24(7):6-11.
- [6] 王素萍,宋连春,韩永翔,等.玛曲气候变化对生态环境的影响[J].冰川冻土,2006,28(4):556-561.
- [7] 王谋,李勇,白宪洲,等.全球变暖对青藏高原腹地草地资源的影响[J].自然资源学报,2004,19(3):331-336.
- [8] 钱鞠,王根绪,马金珠.黄河上游玛曲县生态环境问题与综合治理对策[J].生态学杂志,2002,21(3):69-72.
- [9] 汪青春,李林,李栋梁,等.青海高原多年冻土对气候增暖的响应[J].高原气象,2005,24(5):708-713.
- [10] 胡良温,杨改河,冯永忠,等.江河源区气候暖干化趋势研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(7):141-146.

- [11] 汪青春,秦宁生,唐红玉,等. 青海高原近44年来气候变化的事实及其特征[J]. 干旱区研究, 2007, 24(2): 234-239.
- [12] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析[J]. 气象, 1995, 21(7): 54-57.
- [13] 邓振镛,林日暖. 河西气候与农业开发[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 61-62.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 18-20.
- [15] 郭连云,吴让,汪青春,等. 气候变化对三江源兴海县草地气候生产潜力的影响[J]. 中国草地学报, 2008, 30(2): 5-10.

### Effect of climate change on the forages in natural grassland of Xinghai County in Three-river headwaters region

GUO Lian-yun<sup>1</sup>, DING Sheng-xiang<sup>2</sup>, WU Rang<sup>3</sup>, XIE Wei-dong<sup>3</sup>, JI Shang-ma<sup>3</sup>

(1. Meteorological Bureau of Hainan Prefecture of Qinghai Province, Gonghe 813000, China;

2. Meteorological Bureau of Tongde County of Qinghai Province, Tongde 813201, China;

3. Meteorological Bureau of Xinghai County of Qinghai Province, Tongde 813300, China)

**Abstract:** Based on the forages and climate data from 1999 to 2007 collected by Xinghai Agricultural Weather Station in Three-river headwaters region, the relationship between climate and forage growth and the impact of climate change on forage growth period, height and yield were studied. The results indicated that the forage re-greening date was as same as the date of the first day of  $\geq 5$  °C daily average temperature and the forage withering date fitted with the date of  $\geq 10$  °C daily average temperature. The dates of forage re-greening and withering were brought forward, and the withering date was brought forward in more extend. The vegetation coverage reduced at a rate of 1.73 percentage units and the forage height increased 1.08 cm per year. Under the global warming background, the temperature in growth season increased and the rainfall in this area increased as well, the forage yield increased because of better matching between water and heat conditions.

**Key words:** Three-river headwaters region; climate change; natural forage

## 果园种植三叶草

三叶草是适宜果园种植的豆科牧草,年降水量在500 mm以上地区及年降水在500 mm以下但有灌溉条件的果园均可种植。最适宜的播期一般为4月中旬—5月中旬,若春旱也可在9月雨后趁墒播种。一般推行行间种草,株间清耕再用草覆盖,便于生产,利于树体管理。播种前,清除果园杂草,浅翻地面15~20 cm,墒情不足时,翻前要灌水补墒,翻后整平地面,条播、撒播均可,条播更便于管理。宜浅播,深度为2 cm左右,白三叶草播量为2.25 kg/hm<sup>2</sup>,红三叶草播量为3 kg/hm<sup>2</sup>。种草当年的管理是种草成功的关键。春播要确保出苗整齐,防止伏旱死苗,秋播要盖肥覆土,利于幼苗安全过冬。在幼苗期,勤除杂草,增施氮肥,促使草苗尽快覆盖地面。成苗后,补施氮磷肥,促进草健壮生长,草根发育粗壮,便于以后收割。生草第2年当草长至30 cm左右时,应及时割覆盖于树盘草,割草留茬5~10 cm。注意在果树生长前期要勤割,利于果树早期生长;中期花芽分化时要割一次,保证树体地下营养的供给;后期要利用草的生长,吸收土壤中的氮素,平衡树体营养,利于果实生长。种草、割草相结合,达到以草养地的目的。并要避开病虫害天敌繁殖期,结合树体喷药,谨防草内的病虫害。