

陕西省彬县近53年来气温及降水 变化对白梨物候的影响

梁灿盛¹, 殷淑燕¹, 李美荣², 张钰敏¹

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 陕西省经济作物气象服务台, 陕西 西安 710014)

摘 要: 对陕西省气象局1957—2009年气温与降雨资料及陕西省经济作物气象服务台2001—2009年白梨物候观测资料进行了统计分析。结果表明:近53年来彬县气温呈极显著线性上升趋势,平均上升 $0.178^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,降水量呈下降趋势,平均减少 $8.57\text{ mm}/10\text{a}$,气候趋向暖干化;气温是影响白梨物候变化的主要因子,气候变暖,白梨成熟前物候期提前,成熟需要时间缩短,落叶期延迟,使得整个生长发育期变长;气候趋向暖干化增加了白梨生长需要的热量,减少白梨在春季花期冻害;7—8月是白梨生长需水期,降雨呈减少趋势,应注意补水灌溉。

关键词: 白梨;物候期;气候变化;陕西省彬县

中图分类号: S162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0190-05

国内外许多专家对气候变化及其对植物物候产生的影响做了研究^[1-7],研究指出,随着气候变暖,植物有春季物候提前、秋季物候推迟的趋势。张福春研究了气候变化对中国木本植物物候的可能影响,认为气温变化是影响我国木本植物物候的主要因子^[1],近50 a来中国的年平均气温整体的上升趋势非常明显,平均 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,高于全球或北半球同期平均气温增温速度^[8-9]。在全球变暖的大背景下,马延庆等^[10]在研究气候对苹果生产的影响中提出,气候变暖使得苹果物候期提前;暖冬使得致病病菌越冬能力提高,致使果树病虫害增加;果实膨大期的高温热害影响了果实的商品率;杨尚英等^[11]研究指出萌芽期的气温和降水会影响苹果树休眠期、叶芽、花芽萌动和开花等物候期;开花期气温的变化影响最大;果实膨大期气温和降水量的变化直接影响苹果数量;果实着色期低温,天气晴好,降水量少有利于果实着色;果实成熟期气温高、降水量少有利于果实成熟采收。

彬县位于陕西省西部,泾河中游,东经 $107^{\circ}47' \sim 108^{\circ}22'$,北纬 $34^{\circ}51' \sim 35^{\circ}17'$ 之间,全县平均海拔1 108 m,平均气温 9.7°C ,昼夜温差 11.7°C ,年均降水量579 mm,年平均日照时数为2 298.8 h。一月平均气温 -4.8°C ,七月平均气温 22.3°C ,无霜期180 d,属于渭北旱塬梁沟塬区,是陕西白梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd)最适宜种植区^[12]。白梨的生长需要有适宜的水热条件,此地区处于半湿润

和半干旱过渡气候带,对气候的变化较为敏感,是一个生态脆弱区,近几十年来气候具明显的暖干化趋势,无论是对农作物的生长还是产量都有一定影响^[11,13-14]。有关学者对渭北旱塬气候变化对苹果生长的影响做了相应的研究,对指导农业管理生产有现实意义^[11],但是对于该区域气候变化与白梨生长方面的研究鲜有报导。因此,通过分析彬县气候变化与白梨物候变化之间的关系,探讨气候变化对白梨物候和生长的影响,对了解气候变化的影响以及指导农业生产具有现实性意义。

1 数据来源

气象数据源自陕西省气象局1957—2009年连续的原始气象记录,包括年均温、月均温、月降水量数据。物候观测资料源自陕西省经济作物气象服务台2001—2009年对陕西省彬县白梨物候的观测,包括芽膨大期、芽开绽期、初花期、盛花期、终花期、叶幕出现期、新梢生长期、幼果出现期、果实着色期、果实成熟、落叶期、幼果数量。

2 结果与分析

2.1 气候变化特征

1957—2009年53年内彬县气温变化整体呈显著上升趋势,平均上升 $0.178^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($r = 0.5443$, $r > r_{0.001} = 0.4433$)。年降水量呈下降趋势,平均减少 $8.57\text{ mm}/10\text{a}$ 。近53年来年均温与年降雨量变化如

收稿日期:2011-05-09

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41030637);国家社会科学基金重点项目(11AZS009);中央高校基本科研业务费专项基金项目(GK201002015);陕西省教育厅自然科学研究计划项目(11JK0733)

作者简介:梁灿盛(1988—),男,广西梧州人,本科,研究方向为地理科学。

图 1 所示。

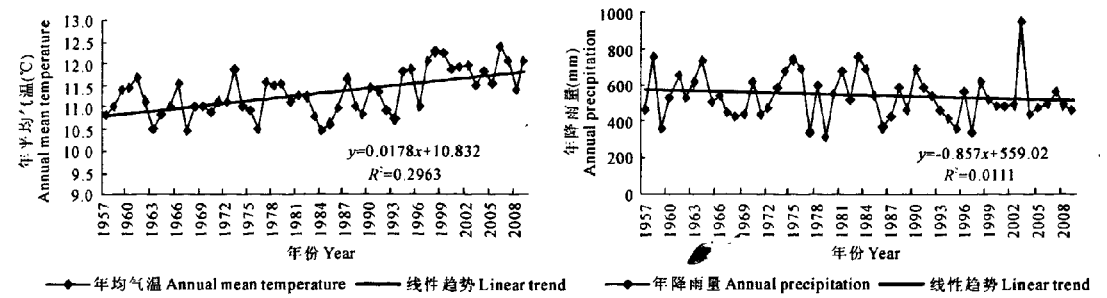


图 1 近 53 年来年均温与年降雨量的变化

Fig.1 Changes of annual mean temperature and annual precipitation in last 53 years

为了分析各月之间气温与降雨量随年际变化趋势,以便于分析其对白梨生长的影响,对各月月均温年际变化进行了相关分析,线性方程斜率与线性相关性的 r 值如表 1 所示。其中,1—5 月气温上升趋势显著。7—8 月气温有稍微回落,9 月份上升趋势显著,9—12 月气温呈不显著上升,从季节方面来看,春季升温最为明显,平均 $0.346^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($r = 0.4955, r > r_{0.001} = 0.3508$),其次是夏季 $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($r = 0.3087, r > r_{0.05} = 0.2706$),冬季 $0.109^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($r = 0.2339, r > r_{0.05} = 0.2706$),秋季 $0.066^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。对各月月均降雨量年际变化进行了相关分析,线性方程斜率与线性相关性的 r 值如表 2 所示。其中 12 月、1 月、2 月、6 月、8 月降雨有增多趋势,其余月份均为减少趋势,减少大于增多。总体上,近 53 年来彬县气温整体呈上升趋势,降雨量呈减少趋势。气候变化趋向暖干化。

表 1 近 53 年来彬县月均气温线性趋势线斜率与 r 值

Table 1 The slope and r value of linear trend line of monthly mean temperature in Binxian in last 53 years

项目 Items	一月 January	二月 February	三月 March	四月 April	五月 May	六月 June	七月 July	八月 August	九月 September	十月 October	十一月 November	十二月 December
r 值 r -value	0.3064*	0.4165**	0.2453*	0.4061**	0.4554**	0.1679	0.0223	0.1764	0.4073**	0.1449	0.0592	0.1975
线性方程斜率 Slope of linear	0.0225	0.0508	0.0214	0.0315	0.0344	0.0121	-0.0014	-0.0128	0.0227	0.01	0.0042	0.0185

注: ** $r_{0.01} = 0.3508$ 极显著, * $r_{0.05} = 0.2706$ 显著。下同。
Note: ** $r_{0.01} = 0.3508$ Extremely significant, * $r_{0.05} = 0.2706$ Significant. The same as below.

表 2 近 53 年来彬县月均降雨量线性趋势线斜率与 r 值

Table 2 The slope and r value of linear trend line of monthly mean rainfall in Binxian inlast 53 years

项目 Items	一月 January	二月 February	三月 March	四月 April	五月 May	六月 June	七月 July	八月 August	九月 September	十月 October	十一月 November	十二月 December
r 值 r -value	0.3590**	0.3519**	0.1462	0.3921**	0.1118	0.2872*	0.1944	0.0480	0.090	0.0529	0.2177	0.2256
线性方程斜率 Slope of linear	0.1061	0.1342	-0.1107	-0.6063	-0.2737	0.5458	-0.5024	0.205	-0.3135	-0.1085	-0.2218	0.0672

2.2 气候变化与白梨物候期变化关系分析

根据渭北旱塬气象局经济作物气象服务台专业人员对彬县 2001—2009 年白梨物候观察,近十年彬县白梨各物候期出现平均从 3 月 12 日芽开始膨大,3 月 24 日芽绽开,4 月 1 日始花,4 月 5 日盛花,4 月 13 日终花,4 月 19 日幼果出现,9 月 13 日果实着色,9 月 26 日果实成熟,11 月 10 日开始落叶。白梨主要物候期出现在 3 月、4 月、9 月、10 月、11 月。

从 2001—2009 年观测资料来看,气温与物候期

之间有密切的联系,白梨物候的变化响应了气温的变化,白梨成熟前物候期(芽膨大期、芽开绽期、花期、叶幕出现期、新梢出现期、幼果出现期、果实着色期)出现时间与温度变化关系密切,白梨成熟、落叶期和整个生长期所需时间与温度关系密切。降雨与白梨物候之间没有明显关系,但是如果在 4 月份花期降雨增多可能会影响到白梨花粉传播,使白梨幼果数量减少。

2001—2009 年 3 月份的物候期及对应的气温和

降水变化如图2所示。

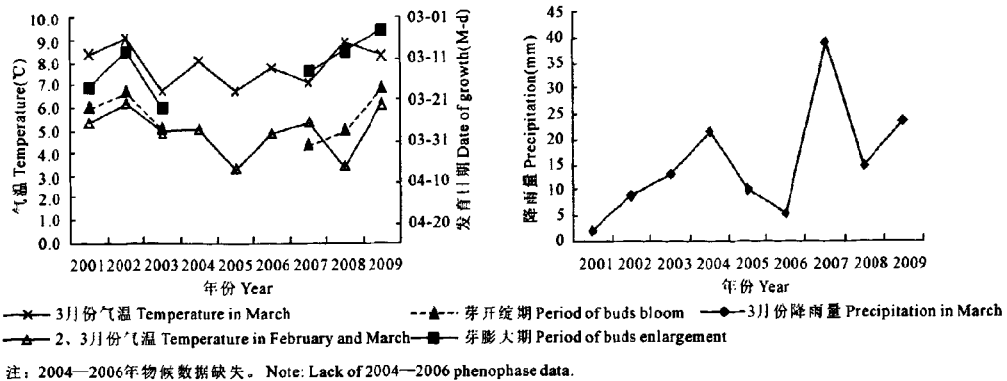


图2 2001—2009年3月份的物候期及对应的气温和降水变化

Fig.2 The interannual variations of the phenophase and its corresponding temperature & precipitation in March from 2001–2009

3月份气温随年际波动变化,2003、2005、2007年为低值,2001、2004、2006、2009年为中间值,2002、2008年为高值。对比发现,2、3月份气温随年际变化与物候期随年际变化关系较为密切,2001—2009年2、3月份平均气温由高到低顺序为2009/2002年、2007/2001年、2003年、2008年。对应3月份的白梨物候期为芽膨大期、芽开展期。由图2可知,芽膨大期物候出现先后顺序为2009年、2002/2008年、2007年、2001年、2003年,与2、3月份平均气温变化高低顺序相似。根据前人的研究^[1,15],白梨春季萌芽期除了受春季温度波动的影响外,还与冬季的休眠有关,当1月平均气温为 $-9.0\sim 0.0^{\circ}\text{C}$ 时,既可使白梨安全越冬又能使白梨冬季得到充足的休眠,对1月份气温由低到高进行排序,2008年 -4.8°C ,2003年 -3.2°C ,2009年 -2.9°C ,2007年 -2.6°C ,

2001年 -1.8°C ,2002年 -0.1°C ,可以看出2008年白梨得到的休眠是最充足的,其次是2003、2009、2007、2001、2002年。对于芽开绽期,由图2可以看出从2001—2003、2007—2009年,芽开绽期与芽膨大期具有一致性,芽开绽期与芽膨大期呈现平行特征。相邻年份,芽膨大期较早芽开绽期也较早。说明影响芽开绽期的气候因素与芽膨大期一致。因此,2、3月平均气温越高,1月份得到的休眠越充足,气温回升越快,白梨3月份物候出现越早,其中温度的高低与回升快慢是主要因素。从降水方面看,降水量2001—2004年逐年增多,2005、2006年下降,2007年最高,2008年下降,2009年增多,与物候表现之间没有明显的关系。

2001—2009年4月份的物候期及对应的气温和降水变化如图3所示。

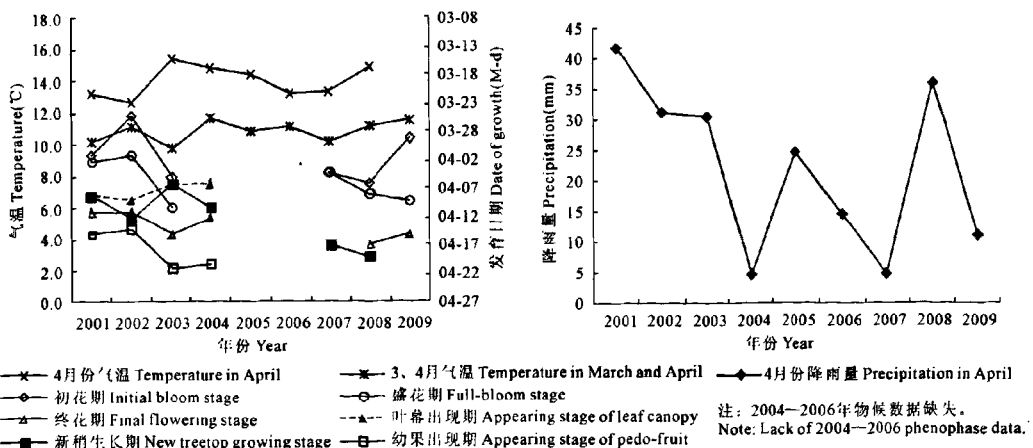


图3 2001—2009年4月份的物候期及对应的气温和降水变化

Fig.3 The interannual variations of the phenophase and its corresponding temperature & precipitation in April from 2001–2009

气温变化 2002 年最低,其次低为 2001 年,2003 年最高,2003—2006 年回落,2007—2009 年上升。4 月份物候期除叶幕出现期与新稍生长期随年际变化情况和 4 月份气温变化相似外,其他物候期如初花期、盛花期、终花期、幼果出现期则与 3、4 月份平均气温变化曲线较为吻合。3、4 月份温度相对高的年份,花期也相对较长,花期较长的年份,幼果数量也相对较多,如 2001—2003 年花期分别为 10 d、17 d、10 d,2001—2003 年幼果数量分别为 65、150、75 枚/棵。从降水方面看,2001 年最多,2004、2007 年最少,2001—2004 年降雨量逐年下降,2005 年回升,2006 年下降,2008 年上升,2009 年下降。降雨量与物候期之间没有明显关系,但是 2001 年与 2003 年花期长度相同,而 2001 年雨量多于 2003 年,排除其他影响的情况下,2001 年幼果数量少于 2003 年,这可能是由于降雨量增多影响了花粉传播导致的。因此,从以上结果可以看出,气温与物候期之间的关系比降雨量与物候期之间的关系明显。其中叶幕出现期与新稍生长期受 4 月份气温影响,初花期、盛花期、终花期、幼果出现期与 3、4 月平均气温关系较为密切,气温越高,花期时间越长。幼果的数量与花期时间长短和该阶段的降雨量有关。

9 月份的物候期是果实着色期与果实成熟期,9 月份平均温度随年际变化 2003 年最高,为 18.5℃,其次是 2002 年,为 17.8℃,最低是 2001 年,为 17.2℃,而从果实着色到成熟花费时间为 2003 年 10 d,其次是 2002 年 17 d,最长为 2001 年 18 d。11 月份物候期为落叶期,温度最高的是 2001 年 4.7℃,其次是 2002 年的 4.6℃,两者相差不大,最低为 2003

年的 3.6℃,从果实成熟到落叶时间最长的是 2001、2002 年的 43 d,最短的是 2003 年的 41 d。温度较高的年份果实从着色到成熟用的时间短,落叶晚。温度较低的年份,果实从着色到成熟用的时间长,落叶早。降水与物候期关系不大。

各种物候现象都与当地的年均温高度相关,2001—2009 年平均气温与生长期长度随年际变化如图 4 所示,从总的生长期时间来看,2001 年为 239 d,2002 年 253 d,2003 年 229 d,2007 年 248 d,2008 年 245 d,2009 年 247 d,从变化趋势上看,生长期需要时间折线大致上符合温度变化折线。平均温度高的年份生长期时间也较长,原因在于平均温度高,白梨成熟前生长发育期提前,成熟后发育生长期延迟,使得整个生长期较长。

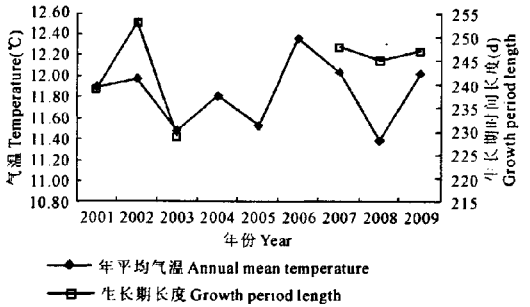


图4 2001—2009 年平均气温与生长期时间长度
Fig.4 Annual mean temperature and growth period length in 2001—2009

2.3 气候变化趋势对白梨生长与果实品质的影响
白梨最适宜生长的气候条件^[12,16]如表 3 所示。

表 3 白梨最适宜生长的气候条件
Table 3 The most suitable growth climate conditions for *Pyrus bretschneideri* Rehd

冬季耐最低温 Lowest temperature tolerance in winter (°C)	适宜生长的年均温 Suitable annual mean temperature for growth (°C)	1 月份休眠均温 Mean temperature of dormancy in January (°C)	有利于 6—8 月糖分积累最低气温 Minimum temperature for sugar accumulation in June—August (°C)	6—8 月空气相对湿度 Relative air humidity in June—August (%)	年降雨量 Annual precipitation (mm)	日照 Sunshine time (h)
- 23 ~ - 25	8.5 ~ 14.0	- 9.0 ~ 0.0	13.1 ~ 21.0	< 75	500 ~ 900	1600 ~ 1700

在郭兆夏等运用 GIS 对陕西白梨气候进行的区划中,根据白梨气候的适应性分析和结合实地调查得出,对陕西白梨生长发育影响较大的气候因子为年平均气温、1 月平均气温、年降水量、6—8 月平均最低气温和 6—8 月空气相对湿度^[12]。其中前 3 项因子主导了白梨产量的形成,年均温是保证白梨生长热量需求,1 月份均温为 -9.0℃~0.0℃可以保

证白梨安全越冬又能使白梨冬季得到充分休眠;后 2 项因子对白梨的品质影响较大,其中 6—8 月份平均最低气温为 13.1℃~21.0℃,最有利于白梨糖分的积累,6—8 月份的空气相对湿度 > 75% 易出现病虫害且影响果面的光洁度^[15]。

结合彬县当地的气候特点和适宜白梨生长的条件,彬县是陕西省最适宜白梨种植的区域之一,该地

区气候暖干化,对白梨生长、果实产量和品质造成了一定影响。但均不至于超过白梨的最适生长需要,在2、4、5、9月白梨生长发育季节升温极显著,生长热量增加,有利于白梨的生长发育。1月份是白梨的越冬休眠期,53年来彬县1月温度升高显著,平均升高约1.19℃,气温升高没有超过白梨越冬休眠温度,但越冬休眠温度范围内温度升高不利于植物有机质的积累,影响春季萌芽。3月下旬至5月上旬为果树花期冻害高发时段^[17],春季气温显著变暖可以减少白梨花期冻害。梨果实内部水分随果实生长而发生变化。7—8月份是白梨果实生长最需水时期,因此7—8月份梨园水分供应是非常重要的,而彬县53年来7月份降水呈减少趋势,降雨量的减少将对果实生长造成影响。6—8月份平均气温随年际变化不大($y = -0.0007x + 23.173$, $r = 0.0002$),对白梨糖分的积累影响不大。

3 结 论

1) 近53年来,彬县气候趋于暖干化。2001—2009年物候观测数据分析结果表明,气温与物候关系较为密切,白梨物候的变化响应了气温的变化。气候变暖,春季物候总体呈提前趋势,秋季物候呈推迟趋势,生长季延长,与国内外研究普遍得出的结论一致。

2) 白梨各物候期时间与温度变化关系密切。成熟前物候期(芽膨大期、芽开绽期、花期、叶幕出现期、新梢出现期、幼果出现期、果实着色期)随温度升高,物候提前;成熟、落叶期和整个生长期所需时间与温度的关系是,温度较高的年份果实从着色到成熟用的时间短,落叶晚;温度较低的年份,果实从着色到成熟用的时间长,落叶早。生长发育期的长短变化与当年年均温变化一致,年均温较高相对应的年份,生长发育期时间长。

3) 影响芽膨大期、芽开绽期出现的因素有2、3月份气温的高低与回升的快慢,以及1月份果树休眠期温度高低。气温的高低与回升快慢是主要因素;叶幕出现期与新梢生长期受4月份气温影响,初花期、盛花期、终花期、幼果出现期与3、4月平均气温关系较为密切,气温越高,花期时间越长;幼果的数量多少与花期时间长短和该阶段的降雨量有关;降雨与白梨物候之间没有明显关系。

结合彬县当地的气候特点和适宜白梨生长的条件,彬县是陕西省最适宜白梨种植的区域之一,但是随着气候的变化,对白梨生长、果实产量和品质造成了一定影响。气候暖干化,能够增加白梨生长需要的热量,减少白梨在春季花期冻害,但同时由于4—

8月是白梨的膨大期,这个时期气候的变化趋势是气温升高、降雨减少,这将会影响到果实的商品率和数量,特别是7—8月白梨生长需水期降雨减少,如果不注意对白梨进行补水灌溉的话也会对果实品质产生影响。9—10月是果实的成熟阶段,这个时期气候的变化趋势是气温升高降雨减少,有利于果实的成熟。由于气候变化在各月之间的不一致性以及白梨在一个成熟周期内各个时期对水热需求存在差异,当一个时期的气候变化不满足白梨的最适生长需求时,就会对白梨的生长以及品质造成危害,因此我们应该合理利用气象气候资源,趋利避害,从而保证白梨的品质和产量,以促进白梨高产高质量的生产。

参 考 文 献:

- [1] 张福春. 气候变化对中国木本植物物候的可能影响[J]. 地理学报, 1995, 9, 5(50): 402-409.
- [2] 郑景云, 葛全胜, 郝志新. 气候变暖对我国近40年植物物候变化的影响[J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1582-1587.
- [3] 王传海, 吴飞倩, 李淑娟, 等. 西安植物园木本植物近十余年物候变化的特征分析[J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 261-264.
- [4] 蒲金涌, 姚小英, 姚晓红, 等. 气候变暖对甘肃黄土高原苹果物候期及生长的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2): 181-183.
- [5] Defila C, Clot B. Phytophenological trends in Switzerland[J]. International Journal of Biometeorology, 2001, 45: 203-207.
- [6] Walkovszky A. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary[J]. Int. J. Biometeorology, 1998, 41: 155-160.
- [7] Menzel A, Fabian P. Growing season extended in Europe[J]. Nature, 1999, 397: 659.
- [8] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238-244.
- [9] 任国玉, 郭军, 徐铭志. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [10] 马廷庆, 刘长民, 朱海利, 等. 陕西咸渭北旱源地区优质苹果基地生态气候特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 146-153.
- [11] 杨尚英, 唐艳妮, 肖国举. 近48年来渭北旱源气候变化对苹果生长的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 365-370.
- [12] 郭兆夏, 李星敏, 朱琳, 等. 基于GIS技术的陕西白梨气候区划[J]. 果树学报, 2010, 27(5): 698-702.
- [13] 殷淑燕, 黄春林, 延军平. 陕西渭北旱源近43年气候暖干化研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2000, 28(1): 119-122.
- [14] 高蓉, 张燕霞, 石圆圆, 等. 西北干旱半干旱过渡区近50年气候变化特征分析及对粮食产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(14): 6493-6497, 6519.
- [15] 陈尚谟, 黄寿波, 温福光. 果树气象学[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 237-238, 313-317.
- [16] 姜淑琴, 贾敬贤. 梨树高产栽培[M]. 北京: 金盾出版社, 2006: 25-31.
- [17] 李健, 刘映宁, 李美荣, 等. 陕西果树花期低温冻害特征及防御对策[J]. 气象科技, 2008, 36(3): 318-321.

(英文摘要下转第217页)

Dynamic analysis of ecological footprint of cultivated land in Gaotai's Towns

CUI Li-xiang, CHEN Xing-peng, XU Xin-yu, ZHANG Jin, LI Heng-ji

(College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: This paper presents the cultivated land ecological footprint in eight towns of Gaotai County during 2005—2010 through analyzing some statistical data of the area with the ecological footprint model. The results indicated that in the period the per-capita ecological footprint of the cultivated land of the eight towns fluctuated as well as the per-capita cultivated land ecological carrying capacity, with differences in various stages. Similarly, the ecological deficits of cultivated land of seven towns were in fluctuation. And six of the eight towns generally showed an increasing trend in the per-capita ecological carrying capacity of the cultivated land and those of others turned to be in decline, while the per-capita ecological footprint of all towns tended to be upward. The data of the ecological overshoot index of cultivated land of the eight towns were largely positive throughout the analyzed period, suggesting that they were all in the state of overload use and some parts of the towns appeared more severely.

Keywords: cultivated land; ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological deficit; ecological overshoot index; Gaotai County

(上接第 194 页)

Variation of Climate and its impact on phonological period and growth of *Pyrus bretschneideri* Rehd in Binxian of Shaanxi Province in last 53 years

LIANG Can-sheng¹, YIN Shu-yan¹, LI Mei-rong², ZHANG Yu-min¹

(1. College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. Shaanxi Meteorological Service Station for Economic Crops, Xi'an, Shaanxi 710014, China)

Abstract: Analysis was made of 1957—2009 meteorological data (temperature and rainfall) from Shaanxi Meteorological Administration and 2001—2009 *Pyrus bretschneideri* Rehd phonological observation date from Meteorological Service Station for Economic Crops. The results show that, the temperature rise in Binxian in Weibei dryland had an extremely significant linear increase in last 53 years, and the annual average temperature increased by 0.178℃/10a, while the precipitation had a tendency to decrease, and the annual average rainfall decreased by 8.57 mm/10a. The climate in Binxian tend to warming and drying. The main factor affecting phenological changes was temperature. With climate warming, the phenophase before maturity was advanced, the time to mature became shorter, and the deciduous period postponed, which led the whole growth period getting longer. Climate warming and drying increased the heat *Pyrus bretschneideri* Rehd needed for growth, and decreased the cold threaten in spring florescence. July to August was the period when *Pyrus bretschneideri* Rehd required much water, since the rainfall at this period reduced, we should notice adding water irrigation.

Keywords: *Pyrus bretschneideri* Rehd; phonological period; climate change; Binxian of Shaanxi Province