

近46年西藏农区作物生长季气候变化特征及突变分析

唐小萍¹, 旦增顿珠², 格桑¹, 张核真¹, 杜军¹

(1. 西藏自治区气候中心, 西藏拉萨 850001; 2. 西藏自治区气象局 西藏拉萨 850001)

摘要: 利用西藏高原主要农区1961~2006年的气象资料, 初步分析了作物生长季各气候要素的变化特征及趋势, 并采用费希尔最优分割法对各要素的突变进行了诊断分析。分析表明: 近46 a来, 除昌都呈微弱的降温趋势外, 西藏农区生长季平均气温均表现为显著的升温趋势, 升幅为0.09~0.31℃/10a; 前20 a(1961~1980年)降水表现为减少的趋势, 自1981年开始呈现增多趋势, 日照的变化正好与之相反, 前20 a呈增多趋势, 1981年之后为减少趋势。沿江河谷农区的突变点较一致, 1982为气温由冷到暖的转折点, 降水和日照的突变点出现在1998年。

关键词: 西藏; 生长季; 气候变化; 突变分析

中图分类号: S162.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0249-06

气候变化是当今的热门话题, 与人类生活息息相关。气候变化对农业生产和人类生存环境均可产生直接和间接的影响。气候变化直接影响农业生产, 尤其是对作物生长影响更大。而气候变化主要表现在气温、降水等气候要素的变化上。

青藏高原是世界上地势最高的高原, 具有独特而复杂的高原气候, 更是气候变化的敏感地区, 因而成为全球变化研究中的热点地区。气象学家对高原气候变化做了许多卓有成效的研究和试验, 取得了很多有意义的结论。林振耀等^[1]的研究表明, 近几十年来青藏高原温度有所上升, 气候呈变暖趋势, 蔡英等^[2]指出从20世纪60年代起整个高原的气温是逐渐上升的, 80年代中后期以来升温比较明显。缪启龙等^[3]认为青藏高原年降水量呈增加的趋势, 而且青藏高原降水主要分为1961~1980年的少雨期和1981~2000年的多雨期2个时期。康兴成^[4]研究指出: 青藏高原从20世纪50年代以来, 降水量是趋于增加的趋势。上述研究主要针对青藏高原气温、降水进行了分析, 本文在此基础上将日照、积温等要素综合进行分析, 以揭示西藏主要农区作物生育期的气候变化特点及其与大区域气候变化的关系, 并运用突变理论, 对作物生长季内的气候要素进行了诊断分析, 目的是引起人们对当地气候变化的关注, 以便充分合理地利用气候资源安排农业生产, 趋利避害。

1 数据来源和研究方法

1.1 资料

雅鲁藏布江河谷及藏东南一带, 是西藏主要产

粮区。本研究选取了拉萨、日喀则、江孜、泽当、林芝和昌都等6个能基本代表西藏主要农区气候的气象观测站1961~2006年各月气温、降水以及日照时数资料, 通过算术平均法建立了西藏主要农区作物生长季(4~8月)平均气温、降水、 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温、 $\geq 5^\circ\text{C}$ 的积温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温及日照时数序列。多年平均值采用1971~2000年的平均值。

1.2 方法

1) 线性趋势法

计算气候要素的变化趋势时采用线性方法, 建立 y_t 与时间 t ($t = 1, 2, \dots, 46$) 之间的线性回归方程: $y_t = a + bt$

其中, y_t 为气候要素, a 为回归常数, b 为回归系数, 即变化趋势, 当 b 大于(小于)零时, 表示存在上升(下降)趋势。 $b \times 10$ 表示气象要素每10年的气候倾向率。

2) 二项式系数滑动平滑法

为突出气候的长周期变化, 这里采用二项式系数滑动平滑法对原要素序列进行滤波处理, 主要方法如下:

设有要素序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。其在滑动间隔 m 内的权重遵从二项式分布, 即滑动间隔 m 与滑动步长 i 之间的关系如下:

$j = i + k$ ($j = 0, 1, 2, \dots, m-1$) 其中 k 值是一个与滑动间隔有关的整数, 其值可由 $m = 2k + 1$ 确定

$$\text{权重系数 } C_{m-1}^j = \frac{(m-1)!}{j!(m-j-1)!}$$

使当前权重系数最大, 然后依次向前后对称性

收稿日期: 2008-01-05

基金项目: 中国气象局2007年气候变化专项(CCSF2007-25)

作者简介: 唐小萍(1973—), 女, 四川省射洪县人, 副研级高工, 主要从事气候诊断分析等方面的研究。

递减(故 m 取奇数),平滑后的序列为:

$$y_l = \sum_{i=0}^{m-1} \left[\frac{C_{m-1}^i}{\sum_{j=0}^{m-1} C_{m-1}^j} x_{(l+j-k)} \right]$$

其中 $l = (k+1), (k+2) \cdots (n-k)$

3) 突变方法

自从叶笃正等^[5]指出大气环流存在 6 月和 10 月的突变现象,大气中存在突变现象便成定论。近年来气候突变问题已受到越来越多的重视。已经观测的大量事实表明,气候突变是一种多时间尺度现象。气候状态的跳跃可以发生在季节、年际到更长的时域内^[6]。

目前,检测气候突变的常用方法主要有滑动 t -检验、Cramer's 方法、Yamamoto 法、Mann-Kendall 法、Pettitt 法和 Lepage 法等^[7]。

但是这些方法均存在缺陷,如有的受人为因素影响很大,有的只能检测出单个突变参考点等,针对这些缺陷,杨文峰等^[8]通过引入费希尔(Fisher)最优分割法,并与原方法的统计检验相结合,得到一种新的气候跃变分析方法。

该方法首先对原始数据进行标准化处理,然后将平滑后的要素序列 $y_1, y_2, \dots, y_n$ 采用最优分割法及 Yamamoto 法进行突变分析。分割的原则是使分割后各段内的数据较为接近,而段间数据差别较大。按最优分割法可对 $y_1, y_2, \dots, y_n$ 进行最优 k 分割,在此基础上,为了确定各分割点是否达到跃变条件,使用 Yamamoto 法,通过定义一个信噪比 J 进行判断。

$$J = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_1 + S_2}$$

其中, X_1, X_2, S_1, S_2 分别为某分割点前后两段内的平均值和均方差。当 $J > 1.0$ 时,就定义为突变点;当 $J > 2.0$ 时,认为有强的突变。作 k 分割时,每一分割点的信噪比 J 均必须大于 1,一旦有一个点没有达到跃变点的标准,则停止分割, $k-1$ 分割即为最终结果,即有 $k-1$ 个突变点。

2 近 46a 西藏作物生长季气候变化特点

2.1 热量资源

2.1.1 热量资源基本特征 西藏主要农区生长季平均气温均在 10°C 以上,沿江农区泽当最高为 13.7°C ,而江孜最低为 10.2°C ,地域平均气温差异较大。

西藏农区 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温在 $2\ 600 \sim 3\ 200^\circ\text{C}$ 之间,其中林芝最高为 $3\ 194^\circ\text{C}$,而江孜最低仅为 $2\ 608^\circ\text{C}$, $\geq 5^\circ\text{C}$ 的积温在 $1\ 900 \sim 2\ 930^\circ\text{C}$ 之间,其中泽当最高而江孜最低, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温在 $1\ 130 \sim 2\ 300^\circ\text{C}$ 之间,其中泽当最高而江孜最低。

西藏农区积温地域差异大,最高值与最低值相差达 $1\ 000^\circ\text{C}$ 。

2.1.2 平均气温的变化趋势 由西藏农区作物生长季平均气温变化曲线可以看出(图 1),近 46 a 来平均气温呈显著的升高趋势,平均每 10 年升高 0.17°C 。就农区各站空间分析来看(表 1),近 46 a 来除昌都呈微弱不显著的降温趋势外,其余各站均表现为显著的升温趋势,平均每 10 年升温幅度为 $0.09 \sim 0.31^\circ\text{C}$ (均通过 0.01 显著性水平检验)。其中拉萨升温幅度最大,达 $0.31^\circ\text{C}/10\text{a}$,而江孜升温幅度最小,仅为 $0.09^\circ\text{C}/10\text{a}$ 。

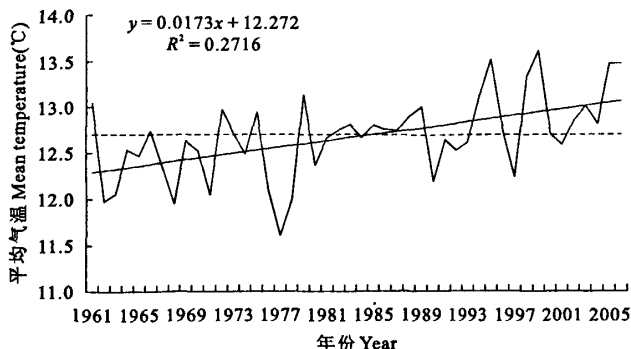


图 1 近 46a 西藏农区作物生长季平均气温变化
(折线为历年值,斜线为趋势值,点线为多年平均值)

Fig. 1 The change curve of mean temperature of crop growth season in Tibet agricultural areas
(Break line-original value, slope line-linear trend value, dot line-mean value)

此外,从生长季各月平均气温的变化趋势分析,昌都各月平均气温变化趋势不明显;拉萨、林芝各月均表现为显著的增温趋势,且升温幅度在 0.2℃/10a 以上;日喀则、江孜仅 8 月份表现为显著的升温趋势,泽当 6、7 月及 8 月表现为显著的升温趋势。在各农区中以泽当 8 月份升温最大,达到 0.41℃/10a。

表 1 西藏农区各站生长季及各月平均气温变化趋势(℃/10a)

Table 1 Mean temperature tendencies of crop growth season and month over each station in Tibet agricultural areas

站点 Station	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	生长季 Growth season
拉萨 Lhasa	0.29 [▲]	0.27 [*]	0.32 [▲]	0.31 ^{**}	0.37 ^{**}	0.31 ^{**}
日喀则 Xigaze	0.13	0.14	0.15	0.14	0.29 ^{**}	0.17 ^{**}
泽当 Zedang	0.01	0.10	0.32 ^{**}	0.26 ^{**}	0.41 ^{**}	0.24 ^{**}
江孜 Gyangze	0.07	0.11	0.06	0.03	0.16 [▲]	0.09 ^{**}
林芝 Nyingchi	0.24 ^{**}	0.26 ^{**}	0.31 ^{**}	0.20 ^{**}	0.17 [▲]	0.24 ^{**}
昌都 Qamdo	-0.06	-0.10	0.12	-0.04	0.06	-0.004

注: * 表示通过 0.1 信度检验; ▲ 表示通过 0.05 信度检验; ** 表示通过 0.01 信度检验。

Note: * the 0.1 significant level; ▲ the 0.05 significant level; ** the 0.01 significant level.

2.1.3 农业界限温度的变化趋势 由于西藏温度低,出现日平均气温持续大于 15℃ 的时段很短,故这里只对 0℃、5℃、10℃ 的界限温度进行统计分析。

近 46 a 西藏主要农区积温的变化情况分析显示(表略),沿江河谷农区、林芝各界限积温都呈显著的增高趋势(均达到了信度 0.05 以上的显著性水平),其中拉萨积温增幅最为明显,≥0℃、5℃、10℃ 积温分别增高 117℃/10a、91℃/10a 和 94℃/10a。泽当的增幅仅次于拉萨,江孜积温增幅最小。昌都积温的变化具有一定的特殊性,其中≥0、10℃ 的积温呈不显著的增加趋势,且升温幅度较小,分别为 9.1℃/10a 和 5.9℃/10a,但≥5℃ 积温却呈现为减少趋势,减幅为 4.3℃/10a(未通过 0.1 显著性检验)。

2.2 降水

2.2.1 作物生长季降水总量基本特征 西藏主要农区生长季降水总量在 240~505 mm 之间,高值区出现在林芝,大于 500 mm;江孜的降水量最少,不足 300 mm;昌都、拉萨、日喀则及泽当的降水总量

为 300~400 mm。西藏农区干湿季分明,生长季降水量占年降水量的比重很大,沿江河谷农区为 80% 以上,林芝、昌都也在 70% 以上。

2.2.2 降水的变化趋势 通过分析西藏农区平均生长季降水总量的变化趋势(图 2),近 46 a 来,降水量变化为二次曲线变化趋势,20 世纪 80 年代初是降水由多到少和由少到多的转折点。前 20 年(1961~1980 年)表现为减少趋势,平均每 10 年减少 24 mm,自 1981 年以后降水以 39 mm/10a 的速率呈显著的增多趋势。

就各农区生长季降水量变化趋势的空间分布来看,各农区降水总量均表现为二次曲线变化(图略),前 20 年(1961~1980 年)表现为减少趋势,减幅为 4~55 mm/10a,其中昌都、日喀则减幅最大为 55 mm/10a,林芝、泽当、拉萨的减少趋势不显著;1981 年至今降水呈现出增多的趋势,平均每 10 年增加 7~65 mm,其中拉萨增幅最大,为 65 mm/10a,泽当次之(52 mm/10a),其它各农区均为不显著的增多趋势。

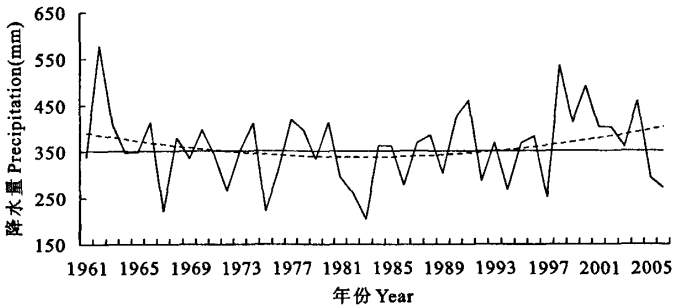


图 2 近 46a 西藏农区作物生长季降水变化
(折线为历年值,曲线为趋势值,点线为多年平均值)

Fig.2 The change curve of precipitation of crop growth season in Tibet agricultural areas
(Break line-original value, curve-trend value, dot line-mean value)

2.3 日照时数

2.3.1 日照时数的基本特征 主要农区生长季日照时数为 810~1 340 h,其中沿江农区日照时数在 1 200 h 以上,日喀则最高,达1 337 h。昌都、林芝日照时数相对较少,不足1 000 h,以林芝最少,仅为 815 h。

2.3.2 日照时数的变化趋势 就整个农区平均的生长季日照时数的变化来看(图 3),46 a 来西藏主要农区生长季日照时数呈二次曲线变化,与降水量的变化趋势相反,前 20 年(1961~1980 年)表现为显著增多的趋势,平均每 10 年增加 52 h,1981 年之后呈现为显著的减少趋势,减幅为 53 h/10a。

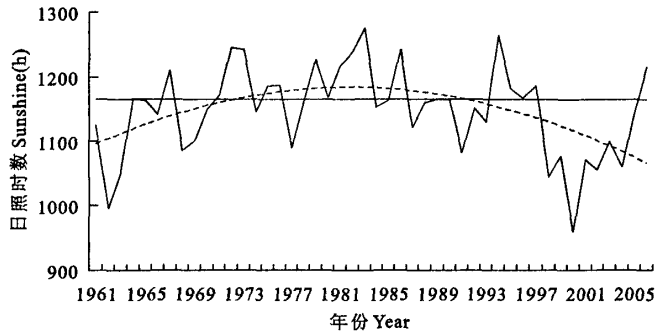


图 3 近 46 a 西藏农区作物生长季日照时数变化
(折线为历年值,曲线为趋势值,点线为多年平均值)

Fig.3 The change curve of sunshine of crop growth season in Tibet agricultural areas
(Break line-original value, curve-trend value, dot line-mean value)

从农区各站生长季日照时数的变化趋势来看,各站日照均呈现为二次曲线变化(图略)。前 20 年(1961~1980 年)表现为增多的趋势,增幅为 8~94h/10a,林芝增幅最大为 94 h/10a,江孜次之(61 h/10a),日喀则、泽当、拉萨增加趋势不显著;1981 年至今呈现出减少趋势,平均每 10 年减少 29~78 h,其中林芝的减幅最大,为 78 h/10a,昌都次之(76 h/10a),日喀则和拉萨表现为不显著的减少趋势。

3 突变分析

3.1 YA 和 MK 法突变点检测结果

表 2 为这两种突变检测方法的检测结果,这两种方法各有利弊。由表 2 可见两种方法检测出来的突变点不太一致,YA 法的检验结果受 m 的影响比较大,这里检测到的主要是 5 年左右的短期突变,但是检测不到 10 年以上的突变点,而且基本没有检测气温的突变点,MK 法检测范围比较广,对均值突变比较有把握,人为性少,定量化程度高,但当交叉点位于信度线之外时需要借助其它方法来判断突变点。综合这两种方法,可以发现降水和日照的突变位置位于上世纪 90 年代中后期,气温的突变点位于上世纪 80 年代初期。

3.2 费歇尔最优分割突变检测法结果

根据处理的要素序列的长度,利用二项式滑动

平滑法首先对所有要素作 5 年滑动间隔的平滑处理,然后利用费歇尔最优分割突变检测方法对平滑后的序列进行突变检测(表 3)。

表 2 YA 法和 MK 法检测结果

Table 2 The results of YA method and MK method

站名 Station	突变点 Jump time	Yamato 法		MK 法
		m = 5	m = 10	
拉萨 Lhasa	气温 Temperature			1982
	降水 Precipitation	1997		1997
	日照 Sunshine	1997		1995
泽当 Zedang	气温 Temperature	1984		1983
	降水 Precipitation	1997		1997
	日照 Sunshine	1998		1995
日喀则 Xigaze	气温 Temperature			1983
	降水 Precipitation			1996
	日照 Sunshine	1997		1991,1996
江芝 Gyangze	气温 Temperature			1983
	降水 Precipitation	1997		1977,1995
	日照 Sunshine	1997		1999
林芝 Nyingchi	气温 Temperature	1978	1993	
	降水 Precipitation			1976
	日照 Sunshine	1998		1998
昌都 Qamdo	气温 Temperature			1994
	降水 Precipitation			1997
	日照 Sunshine	1978,1988	1988	1998

表3 西藏作物生长季气温、降水及日照时数的突变点及信噪比
Table 3 The jump time of mean temperature, precipitation and sunshine over crop growth season in Tibet

项目 Item	气温 Temperature	降水 Precipitation	日照时数 Sunshine hoursne	
拉萨 Lhasa	突变点 Jump time	1982↑	1998↑	1998↓
	信噪比 SNR	1.5	1.6	1.3
泽当 Zedang	突变点 Jump time	1982↑	1998↑	1998↓
	信噪比 SNR	1.8	1.4	2.6
日喀则 Xigaze	突变点 Jump time	1982↑		1998↓
	信噪比 SNR	1.0		1.3
江芝 Gyangze	突变点 Jump time			
	信噪比 SNR			
林芝 Nyingchi	突变点 Jump time	1994↑	1994↑	1971↑ 1998↓
	信噪比 SNR	1.7	1.1	1.2 2.5
昌都 Qamdo	突变点 Jump time			1979↑ 1990↓
	信噪比 SNR			1.7 2.0

1) 气温的突变:江孜和昌都近46 a没有突变现象的发生,而沿江河谷农区的拉萨、泽当及日喀则的气温突变非常一致,突变点均出现在1982年,以泽当的信噪比最大,突变最强,日喀则的突变最弱;1982年是一个由冷到暖的转换,之前是一个较冷时段,而1982~2006为一个较暖时段。林芝的突变点出现在1994年。

2) 降水的突变:日喀则、江孜及昌都近46 a没有检测到突变现象发生,拉萨、泽当的突变点发生在1998年,信噪比分别为1.6和1.4,1998年之前为少雨时期,之后为多雨时段。如拉萨1998年之前的平均降水量为346 mm,1998~2006年平均降水量为427 mm,突变较明显。林芝的突变点发生在1994年,为由少到多的突变。

3) 日照时数的突变:日照的突变较气温和降水明显,除了江孜外,其余农区都发生了突变,其中沿江农区的突变非常一致,突变点发生在1998年,泽当的信噪比达到2.6,突变非常强,1998年以前处于多日照时期,1998之后处于寡照时段。林芝在1971

和1998年出现两个突变点,1971年以前日照处于偏少期,常年平均日照为732 h,1971~1997年处于日照偏多的时期,常年平均为833 h,1998年后又跳回寡照时段,常年平均日照为696 h,1998年的突变最强,信噪比达到了2.5。昌都也有两个突变点,分别发生在1979年和1990年,其变化与林芝类似。

这种方法找出的突变点与前面MK、YA法找出的突变点基本一致,说明本文采用的突变检测方法能够真实客观地找出各气象要素的突变点,而且在一定程度上可以避免人为滑动引起的不稳定性,在实际业务中具有较好的实用性。

4 结 语

1) 近46 a来,除昌都呈微弱的不显著的下降趋势外,西藏农区生长季气温均表现为显著的升温趋势,平均每10年升温幅度为0.09~0.31℃。

2) 西藏农区生长季降水量为二次曲线变化,前20年(1961~1980年)表现为减少的趋势,减幅为4~55 mm/10a;1981年以后呈现为增多趋势,平均每10年增加7~65 mm。

3) 日照时数也为二次曲线变化,前20年(1961~1980年)表现为增多趋势;自1981年开始至今呈现为减少趋势,平均每10年减少29~78 h。

4) 沿江河谷农区气温的突变点比较一致,1982是气温由冷到暖的转折点,降水和日照的突变点在1998年。

参 考 文 献:

[1] 林振耀,赵昕奕.青藏高原气温降水变化的空间特征[J].中国科学(D辑),1996,26(4):354—358.
[2] 蔡英,李栋梁,汤懋荃,等.青藏高原近50年来气温的年代际变化[J].高原气象,2003,22(5):469—470.
[3] 缪启龙,张磊,丁斌.青藏高原近40年的降水变化及水汽输送分析[J].气象与减灾研究,2007,30(1):14—18.
[4] 康兴成.青藏高原地区近40年来气候变化的特征[J].冰川冻土,1996,18(增刊):281—287.
[5] 叶笃正,陶诗言,李麦村.在6月和10月大气环流的突变现象[J].气象学报,1958,29(3),249—263.
[6] 黄嘉佑.气候状态变化趋势与突变分析[J].气象,1995,21(7):54—57.
[7] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.62—77.
[8] 杨文峰,李兆元.一种新的气候跃变分析方法及其应用[J].应用气象学报,1997,8(1):119—122.

The character of climate change and abrupt analysis of crop growth season in Tibet in recent 46 years

TANG Xiao-ping¹, DANZENG Dunchu², GE Sang¹, ZHANG Hai-zhen¹, DU Jun¹

(1. Tibet Climate Center, Lhasa 850001, China; 2. Meteorological Bureau of Tibet, Lhasa 850001, China)

Abstract: By using the meteorological data in main farm belts of Tibet from 1961 to 2006, the change character and trend of climatic factors in crop growth season was analyzed. And then the abrupt character was analyzed by using Fisher optimization segmentation. The results show that: except in Changdu, the average air temperature of crop growth season in farm belts of Tibet all show a prominent warming trend in the recent 46 years, and its rate is $0.09 \sim 0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$. The precipitation has a decreasing trend from 1961 to 1980, but it has an increasing trend after 1981. The sunshine change is in opposition to precipitation, which shows an increasing trend from 1961 to 1980 and decreasing trend after 1981. The jump time is almost consistent in farm belts along rivers. The turning point of air temperature from cold to warm is in 1982, but that of precipitation and sunshine is in 1998.

Keywords: Tibet; growth season; climate change; abrupt analysis

(上接第 238 页)

Ecological research on *Arbuscular mycorrhizal* fungi from the rhizosphere of *Hedysarum scoparium* in MuUs sandland

DUAN Xiao-yuan¹, HE Xue-li^{1,2}

(1. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China)

Abstract: The samples of soil and root in the rhizospheres of the *Hedysarum scoparium* were collected from the Ordos Sandland and Grassland Ecological Institute in May, August and October 2007. The spatial-temporal distribution of AMF and its relation to soil factors were investigated and analyzed. The result showed that a good symbioses relation is formed between AM fungi and *Hedysarum scoparium*. Mycorrhizal type is intermediate type; The spore density of AMF has a decreasing change with the increase of the depth of soil samples, and the highest spore density occurs in 0~10 cm soil layer in October, and the highest percentage of colonization occurs in 10~20 cm soil layer in October; The Spore density has a significantly positive correlation with vesicular colonization rate; soil organic matter, alkali solution N and urease activity have a significantly positive correlation with Spore density, moreover they are positively correlated with vesicular colonization rate, total and hypha colonization rate; pH has a significantly negative effect on the arbuscular colonization rate, total and hypha colonization rate; Protease activity has a significantly positive affected on the arbuscular colonization rate. The relations between AMF and soil factors prove the diverse colonization of different structures of AMF and the spore density can be used as effective evaluations for sandland soil environment.

Keywords: AM fungi; soil enzyme; spatial-temporal distribution; *Hedysarum scoparium*