

基于因子分析方法的中国植被 NDVI 与气候关系研究

孙艳玲^{1,2}, 延晓冬¹, 谢德体²

(1. 中国科学院大气物理研究所东亚中心, 北京 100029 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 利用 1982~2000 年 NDVI 数据和气象台站资料, 对我国几种植被型组和气候的相关关系进行了研究。首先利用 NDVI 结合植被类型图将我国植被划分为 9 种植被型组; 然后利用因子分析方法进行了气候指标的选择并采用相对湿度、平均最高温度和平均风速作为本研究的气候因子; 最后对 7 种植被型组 NDVI 值同相应季节及其前三个季节的气候指标进行了相关分析。结果表明, 利用因子分析方法选择的气候指标可以较好地进行植被气候关系分析; 在我国温度条件比水分条件更明显地影响植被的生长, 水分条件较其他气候因素对植被生长表现了更明显的滞后效应; 而平均风速则对我国荒漠植被生长有较大的影响。

关键词: NDVI 因子分析; 植被类型; 气候-植被关系; 中国

中图分类号: P462 P935.1

文献标识码: A

陆地生态系统是人类赖以生存与可持续发展的生命支持系统, 而全球变化研究最实质的过程与目标, 就是探讨人类活动引起的全球变化对陆地生态系统与人类生存环境的作用及其响应。陆地生态系统对未来气候变化的响应, 特别是地表植被对于气候变化的响应已经成为学术界关注的热点问题。了解当前植被、气候之间的关系有助于分析、预测未来陆地生态系统对全球变化的响应。植被-气候关系是一个复杂的系统, 基于遥感方法监测植被动态变化以及分析这种变化与气候关系已经成为全球变化研究的一个重要领域^[1]。遥感数据在时间和空间上的连续性决定了它是植被-气候关系研究中非常有效的数据源。植被指数是公认的表征植被性状的有效参数, 它包含有植被覆盖的大量信息。AVHRR 数据从 1980 年开始被处理和使用, 是目前最常用的进行长时间系列植被年际变化研究的数据源^[2], 目前国内外科研人员应用 NOAA /AVHRR 数据集已经开展了大量宏观区域植被和气候的关系研究^[3-10]。我们发现在这些植被-气候关系研究中, 在分析方

法上运用了如相关分析、多元线性回归模型、二次方程式拟和以及奇异值分解分析等很多有效的分析手段^[11-14], 而从气候因子角度来看, 虽然不同的研究采用了不同的气候因子, 但最常用的两类气候因子仍然是降水和温度。由于气候是一个多因子的综合变量, 用这两个指标是不是能够很好地代替整个气候条件需要进一步的科学论证, 而这个问题在这些研究中没有进一步具体阐述, 所以在本研究中讨论了利用因子分析方法对气候指标的科学选择, 并应用所选择的三项气候指标数据结合长时间卫星影像数据分四个季节对我国气候-植被关系进行了研究。

1 数据及分析方法

1.1 数据来源及植被类型遥感分类

NDVI 对植被生长状况、生产力以及植被覆盖类型等信息非常敏感, 常用来描述植被生理状况、估测土地覆盖面积、植被光合能力、叶面积指数、现存生物量及植被生产力能, 是用于监测全球或大区域

收稿日期 (Received date): 2006-07-28; 改回日期 (Accepted): 2006-09-30.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程重大项目 KZCX1-SW-01-11 和 KZCX3-SW-218 和国家重点基础研究发展计划 2002CB412503. (Innovation project of Chinese academy of sciences No. KZCX1-SW-01-11, KZCX3-SW-218 and The national key basic research project No. 2002CB412503)

作者简介 (Biography): 孙艳玲 (1977-), 女, 满族, 天津蓟县人, 博士, 主要从事全球变化, 生态与 3S 应用研究. (Sun Yanling female; Manzu born in 1977, doctor devoted to the field of global change ecology and the study of 3S application. E-mail: suny@tea.ac.cn)

尺度植被及相关现象的最有效方法。研究中所利用的卫星数据来自美国地球资源系统 (EOS)数据中心的 NOAA /AVHRR 多年数据集, 全部数据经过 MVC (最大值合成)纠正, 即图像中的每一像元用该月的最大 NDV I值代替。数据时间段为 1982 年到 2000 年, 空间分辨率为 16 km。

利用 NDV I进行植被分类研究中如果只用某一年的 NDV I数据会忽略气候年际变化对 NDV I的影响, 所以在本研究中的植被分类过程中首先将 12个月的 19 a平均 NDV I数据进行主成分分析 (PCA),

然后利用其两个主分量进行植被类型的非监督分类, 最后参照中国植被图和中国土地利用图将我国植被划分为 19种植被类型^[5, 15]。研究中将 19种植被类型合并为 9种植被型组 (图 1), 然后对其中 7种植被型组 (表 1)与 NDV I进行了相关分析。

1.2 基于因子分析的气候指标选择

由于某些台站缺测数据较多, 所以在本研究中选用了数据比较齐全的 462个站点的 9个气候指标: 平均最高温度 (MM axT、℃)、平均最低温度 (MM inT、℃)、平均温度 (MDT、℃)、大于 0℃积温

表 1 植被类型分类

Table 1 The classification of different vegetation types

植被类型组 V egetation type groups	植被类型 Vegetation type
1针叶林 Coniferous forest	寒温性针叶林; 暖性针叶林 Frigidly temperate coniferous forest W am temperate coniferous forest
2阔叶林 Broad leaf forest	落叶阔叶林; 常绿, 落叶阔叶混交林; 常绿阔叶林、季雨林 Deciduous broadleaf forest; Evergreen deciduous + broad leaf forest; evergreen broadleaf forest; seasonal rain forest
3草原 Steppe	草甸草原; 典型草原; 荒漠草原; 高寒草原 Meadow steppe; Typical steppe; desert steppe; cold high mountain steppe
4草甸 Meadow	高寒草甸 Cold high mountain meadow
5荒漠 Desert	半灌木、灌木荒漠; 高寒荒漠 Temperate desert; Cold high mountain desert
6灌丛 Scrub	温性落叶灌丛、灌木丛; 暖性常绿、落叶灌丛和草丛; 热性灌丛和草丛 Temperate deciduous scrub; w arm temperate evergreen and deciduous scrub; tropical scrub
7人工栽培植被 Artificial vegetation	一年一熟旱作农业; 一年两熟或两年三熟旱作农业; 单双季水稻或经济林 Single crops (dry land); Annually double crops and triple crops in two years; single or double cropping rice or economic crops and economic forest

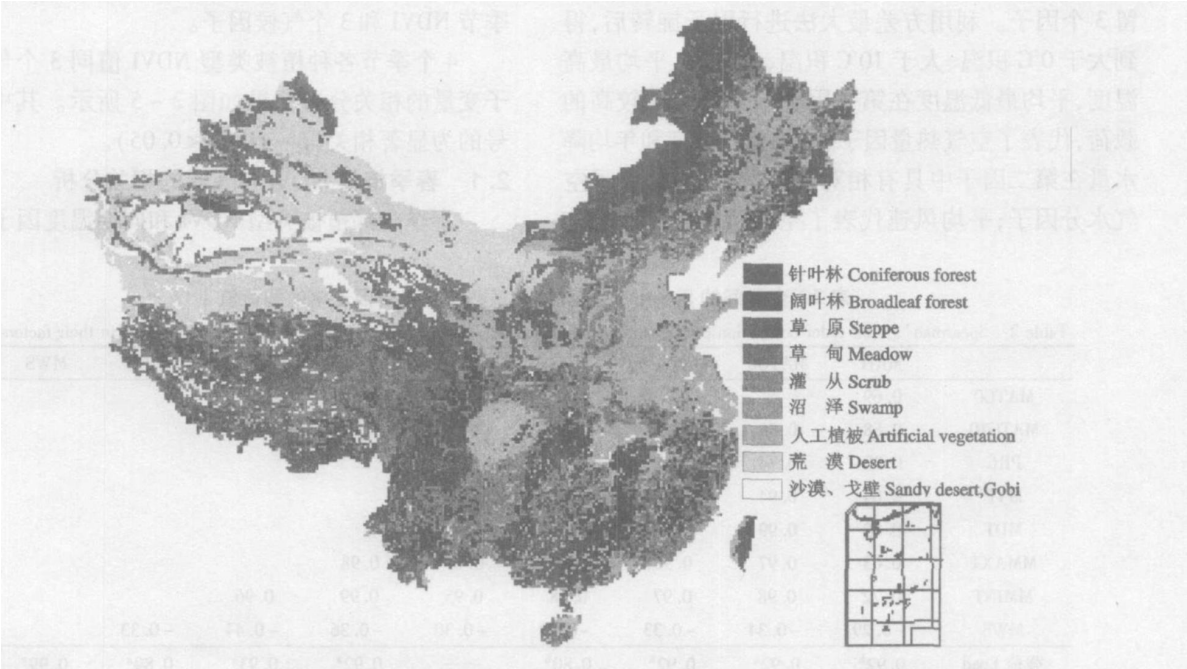


图 1 中国植被类型组

Fig 1 The vegetation type groups of China

(MATGQ ℃), 大于 10℃ 积温 (MATG1Q ℃)、平均相对湿度 (MRH、%)、平均水气压 (MVP、mb)、平均风速 (MWS m/s)、降水量 (PR mm)。

在气候-植被关系研究中, 我们不可能用上面的某一个因子来代表整体气候状况, 而用全部气候因子进行分析也是不可行的, 所以如何选择气候因子就成为关键。在上面提到的大部分研究中最常用到两类气候因子为降水量和气温, 然而用这两个因子能不能很好地代表气候在大多数相关研究文献中没有阐述, 研究中在统计软件 SPSS10支持下, 利用了因子分析方法对多个气候因子进行分析并选择了更具有代表意义的因子。

因子分析方法在心理学、医学、地质学、经济学等学科领域以及社会生产中具有广泛应用, 它是将多个实测变量转换为少数几个不相关的综合指标的多元统计分析方法, 它通过对多指标变量的分类, 在数据冗余达到最小化的同时能够对指标因子进行更清楚的解释^[16 17]。

在分析过程中, 首先要确定多个气候因子变量是否适合进行因子分析, 计算结果巴特利特球度检验统计量的观测值为 8 873. 40 相应的概率 p 接近 0 拒绝零假设, 相关系数矩阵与单位阵有显著差异; 同时 KMO 值为 0. 8 所以原变量适合进行因子分析。

利用主成分分析方法得到了累计方差贡献率为 97. 22% 的前 3 个主成分, 这表明在因子分析中将保留 3 个因子。利用方差最大法进行因子旋转后, 得到大于 0℃ 积温、大于 10℃ 积温、日均温、平均最高温度, 平均最低温度在第一因子中具有相对较高的载荷, 代表了空气热量因子; 平均相对湿度和年均降水量在第二因子中具有相对较高的载荷, 代表了空气水分因子; 平均风速代表了空气运动因子。平均

水气压因为在第一因子和第二因子中都占有相对较高的载荷, 不能划分到某一因子中去。经过旋转后的三个因子分别解释原变量的 57. 77%、27. 43% 和 12. 02%。

因子确定以后需要在每个因子中选择一个唯一变量来代表这个因子。分析中选择载荷比重大且相互之间 Spearman 秩相关系数小的变量。Spearman 秩相关系数 (- 1~ 1) 可以用来度量变量间的单调增减关系, 它比 Pearson 直接相关系数更能反映两变量之间的非线性趋势, 表 2 为各个变量间的 Spearman 秩相关系数及其变量在各自因子中的载荷。根据表 2 研究中选择了平均最高温度代表空气热量因子, 相对湿度代表空气湿度因子, 平均风速代表空气运动因子。

2 气候-植被相关分析

研究中将 NDVI 数据和气候指标数据分为春季 (3~ 5 月)、夏季 (6~ 8 月)、秋季 (9~ 11 月) 和冬季 (12~ 2 月) 4 个季节时段进行综合分析。为了考虑植被覆盖对气候因子的滞后效应, 每个季节的植被 NDVI 都同其前 3 个季节进行了相关分析。在 GIS 软件支持下, 7 种植被类型组 19 a 各个季节的 NDVI 均值通过相应时段 NDVI 均值和植被类型图叠加计算得到。表 3 为气候-植被线性相关分析中用到的季节 NDVI 和 3 个气候因子。

4 个季节各种植被类型 NDVI 值同 3 个气候因子变量的相关分析结果如图 2~ 5 所示。其中加星号的为显著相关 (p-values< 0. 05)。

2. 1 春季植被 NDVI 与气候的相关分析

春季全部植被类型 NDVI 和同期温度因子都表

表 2 变量间的 Spearman 秩次相关系数及在各自因子中的载荷值

Table 2 Spearman's rank order correlation coefficients among the meteorological variables and the loading of variables in their factors

	MRH	MATG0	MATG10	PRC	MVP	MDT	MMAXT	MMNT	MWS
MATG0	0. 69								
MATG10	0. 68	0. 99							
PRC	0. 90	0. 74	0. 73						
MVP	0. 84	0. 94	0. 93	0. 87					
MDT	0. 69	0. 99	0. 981	0. 76	0. 93				
MMAXT	0. 63	0. 97	0. 96	0. 72	0. 89	0. 98			
MMNT	0. 72	0. 98	0. 97	0. 78	0. 95	0. 99	0. 96		
MWS	- 0. 29	- 0. 34	- 0. 33	- 0. 29	- 0. 30	- 0. 36	- 0. 44	- 0. 33	
载荷 Load	0. 92 ^a	0. 92 ^a	0. 92 ^a	0. 80 ^b	—	0. 92 ^a	0. 93 ^a	0. 89 ^a	0. 99 ^c

注: a b c 表示变量分别属于第一二三因子

Annotation: a b c denote that the meteorological variables belong to the first, the second and the third factor, respectively

表 3 线性相关性分析中用到的季节 NDVI和三个气候因子

Table 3 Seasonal NDVI and surrogate meteorological variables used in linear correlation calculations

NDVI 的季节变化 NDVI Season	当前和在前季节 Current and antecedent seasons	基于因子分析得出的有代表性的气候变量 Surrogate meteorological variables identified from factor analysis	当前和在前季节的变量 Current and antecedent season variables
春季 NDVI (NDV _{SP})	同期春季 (SP) Concurrent spring	相对湿度 (<i>H</i>) Relative humidity	$H_{SP}, H_{PSU}, H_{PAU}, H_{PWI}$
	前一个夏季 (PSU) Previous summer	最高温度 (<i>T</i>) Maximum temperature	$T_{SP}, T_{PSU}, T_{PAU}, T_{PWI}$
	前一个秋季 (PAU) Previous autumn	平均风速 (<i>W</i>) Mean wind speed	$W_{SP}, W_{PSU}, W_{PAU}, W_{PWI}$
	前一个冬季 (PWI) Previous winter		
夏季 NDVI (NDV _{SU})	同期夏季 (SU) Concurrent summer	相对湿度 (<i>H</i>) Relative humidity	$H_{SU}, H_{PAU}, H_{PWI}, H_{PSP}$
	前一个秋季 (PAU) Previous autumn	最高温度 (<i>T</i>) Maximum temperature	$T_{SU}, T_{PAU}, T_{PWI}, T_{PSP}$
	前一个冬季 (PWI) Previous winter	平均风速 (<i>W</i>) Mean wind speed	$W_{SU}, W_{PAU}, W_{PWI}, W_{PSU}$
	前一个春季 (PSP) Previous spring		
秋季 NDVI (NDV _{AU})	同期秋季 (AU) Concurrent autumn	相对湿度 (<i>H</i>) Relative humidity	$H_{AU}, H_{PSP}, H_{PAU}, H_{PWI}$
	前一个春季 (PSP) Previous spring	最高温度 (<i>T</i>) Maximum temperature	$T_{AU}, T_{PSP}, T_{PAU}, T_{PWI}$
	前一个夏季 (PSU) Previous summer	平均风速 (<i>W</i>) Mean wind speed	$W_{AU}, W_{PSU}, W_{PAU}, W_{PWI}$
	前一个冬季 (PWI) Previous winter		
冬季 NDVI (NDV _{WI})	同期冬季 (WI) Concurrent winter	相对湿度 (<i>H</i>) Relative humidity	$H_{WI}, H_{PSP}, H_{PSU}, H_{PAU}$
	前一个春季 (PSP) Previous spring	最高温度 (<i>T</i>) Maximum temperature	$T_{WI}, T_{PSP}, T_{PSU}, T_{PWI}$
	前一个夏季 (PSU) Previous summer	平均风速 (<i>W</i>) Mean wind speed	$W_{WI}, W_{PSP}, W_{PSU}, W_{PAU}$
	前一个秋季 (PAU) Previous autumn		

现出正相关,其中以草甸植被相关性最为显著,森林植被和灌丛相关性也较好;相对湿度除草甸植被外也表现了较好的正相关性,但不如温度明显。如 Black^[18]等研究发现暖春可以使北方森林的放叶提前,在我国东部地区,几乎所有森林植被类型都存在类似的情况,这说明在中国春季影响春季植被生长的主要气候因子是温度而不是水分条件。而对于草原植被类型来说,水分条件对其生长影响要比温度的作用大。荒漠植被 NDVI 在各个阶段都表现了与风速的正相关性,其原因可能是在干旱环境下,植物种子的传播主要与风速有关^[19]。除草原和荒漠植被外,其他植被类型春季 NDVI 同前一个冬季的相对湿度都有较好的正相关性,表现了春季植被生长对前一个冬季水分条件有一定的滞后效应。

2.2 夏季植被 NDVI 与气候的相关分析

夏季是植物生长最旺盛的季节,在图中显示出相对湿度对除人工植被和阔叶林以外的植被都有一定的限制作用,而温度条件表现了对大部分植被生长具有促进作用。针叶林、阔叶林、草甸、人工植被和灌丛,夏季 NDVI 与同年春季的相对湿度以及自

然植被夏季 NDVI 同前一个秋季的相对湿度,都有较好的正相关性,说明了夏季植被生长对前一个秋季和当年春季水分条件具有一定的滞后性。所有植被类型 NDVI 都表现了同前一个冬季的温度条件负相关性,其原因可能是因为暖冬不仅会增加植被病虫害发生的机率,而且会降低新植林及幼林的成活率,所以对来年植被生长具有一定的限制作用。大多数植被的 NDVI 表现了与前一个冬季平均风速的正相关性,其中以阔叶林植被相关性最为显著。

2.3 秋季植被 NDVI 与气候的相关分析

秋季全部植被 NDVI 与温度为正相关,大部分植被 NDVI 与相对湿度呈负相关,这与其他学者的研究结果相同^[5]。因为秋季是我国大部分地区植物叶子枯落的季节,水分过多会导致温度降低,使植物落叶增多。但在阔叶林和草甸植被类型中,其 NDVI 值与相对湿度为正相关,说明秋季水分条件仍然是这两种植被生长的限制因素。根据本季节植被 NDVI 同前几个季节的相关性分析,我们可以看到除了草原和荒漠以外其他植被同当年春季和夏季相对湿度为正相关性,其中尤以同春季相对湿度相

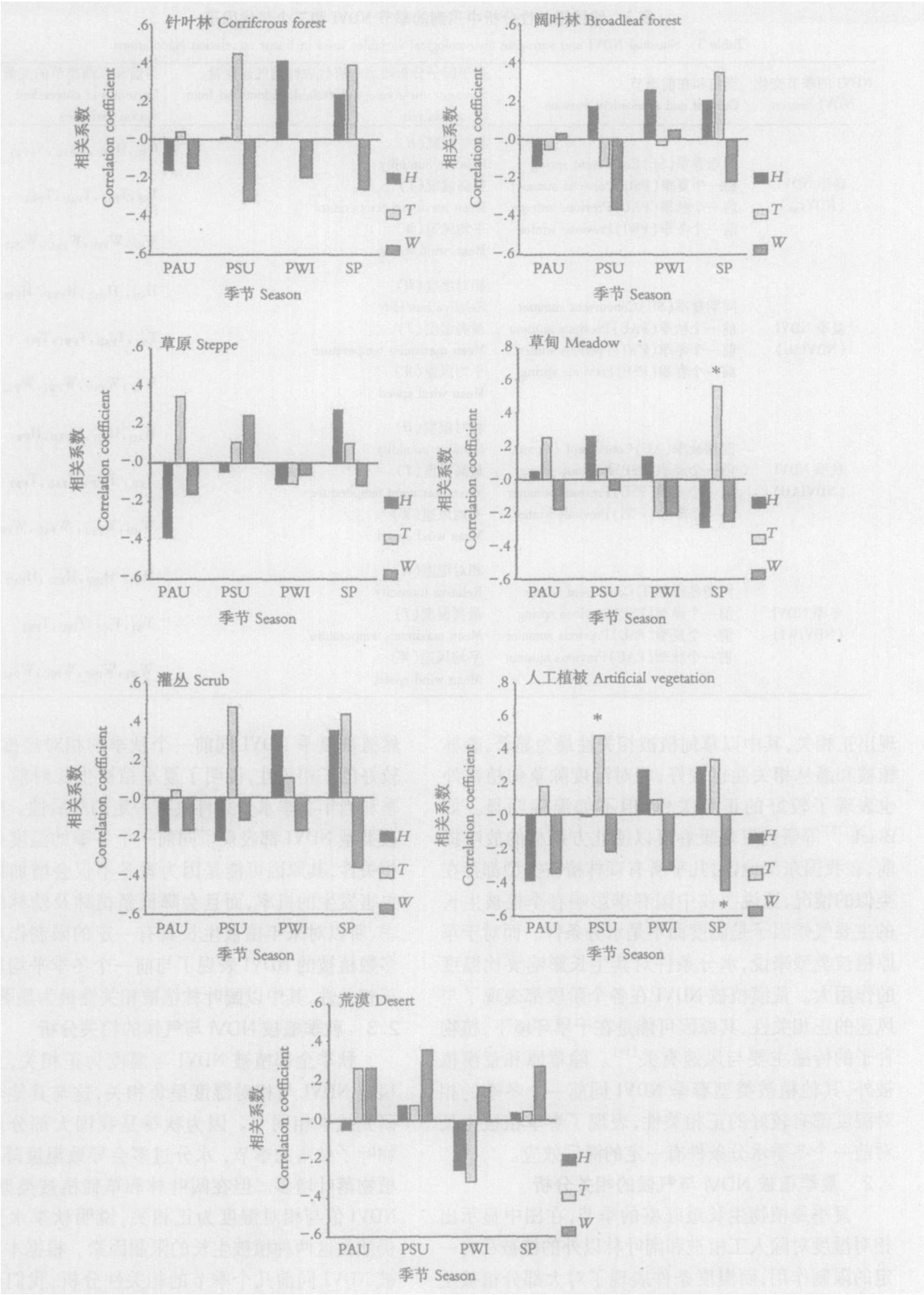


图 2 春季 NDV I与季节气候因子线性相关分析

Fig. 2 Linear correlations between NDV SP and seasonal meteorological variables H , T , and W

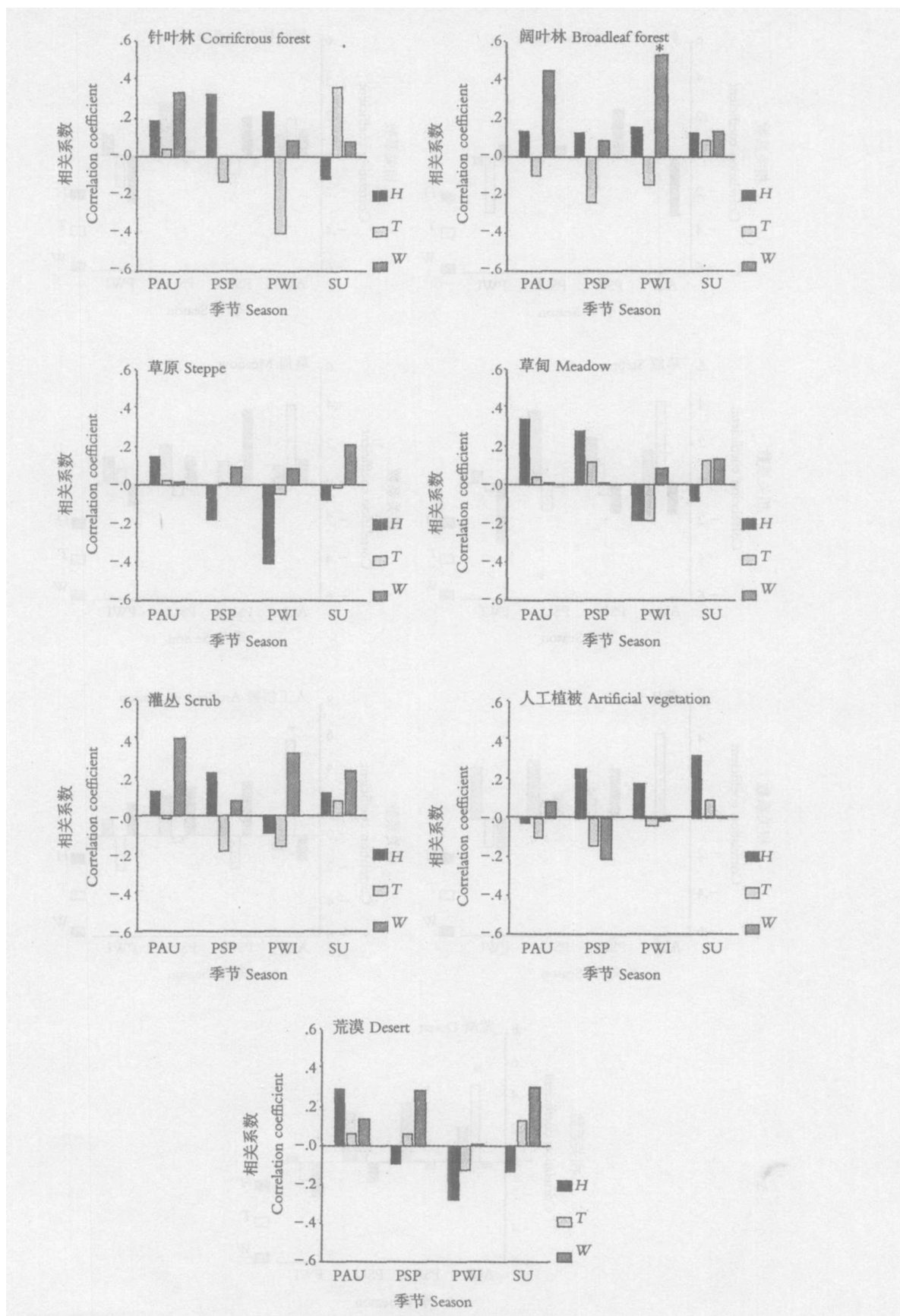


图 3 夏季 NDVI 与季节气候因子线性相关分析

Fig 3 Linear correlations between NDVI and seasonal meteorological variables H, T, and W

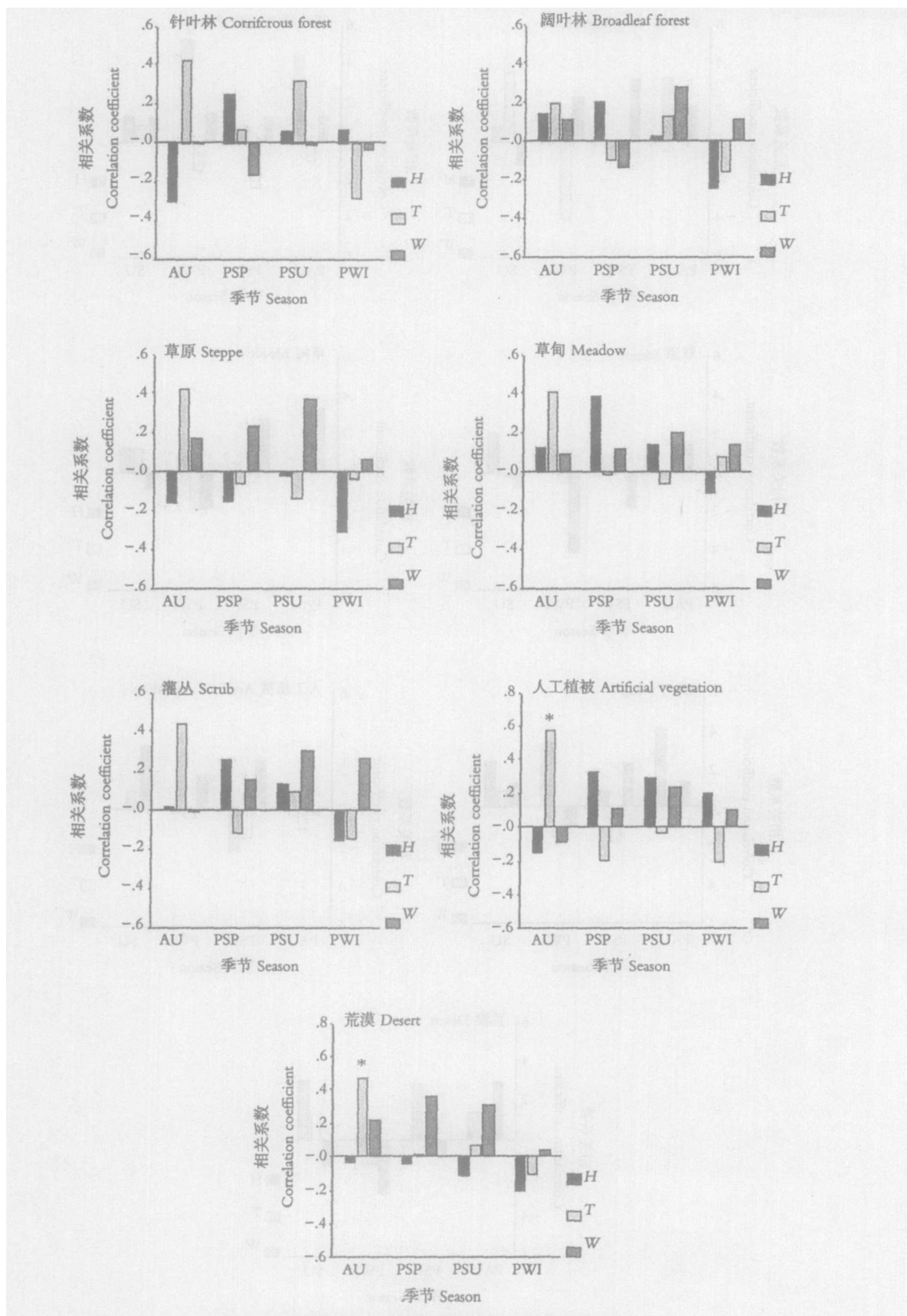


图 4 秋季 NDVI 与季节气候因子线性相关分析

Fig 4 Linear correlations between NDVI and seasonal meteorological variables H, T, and W

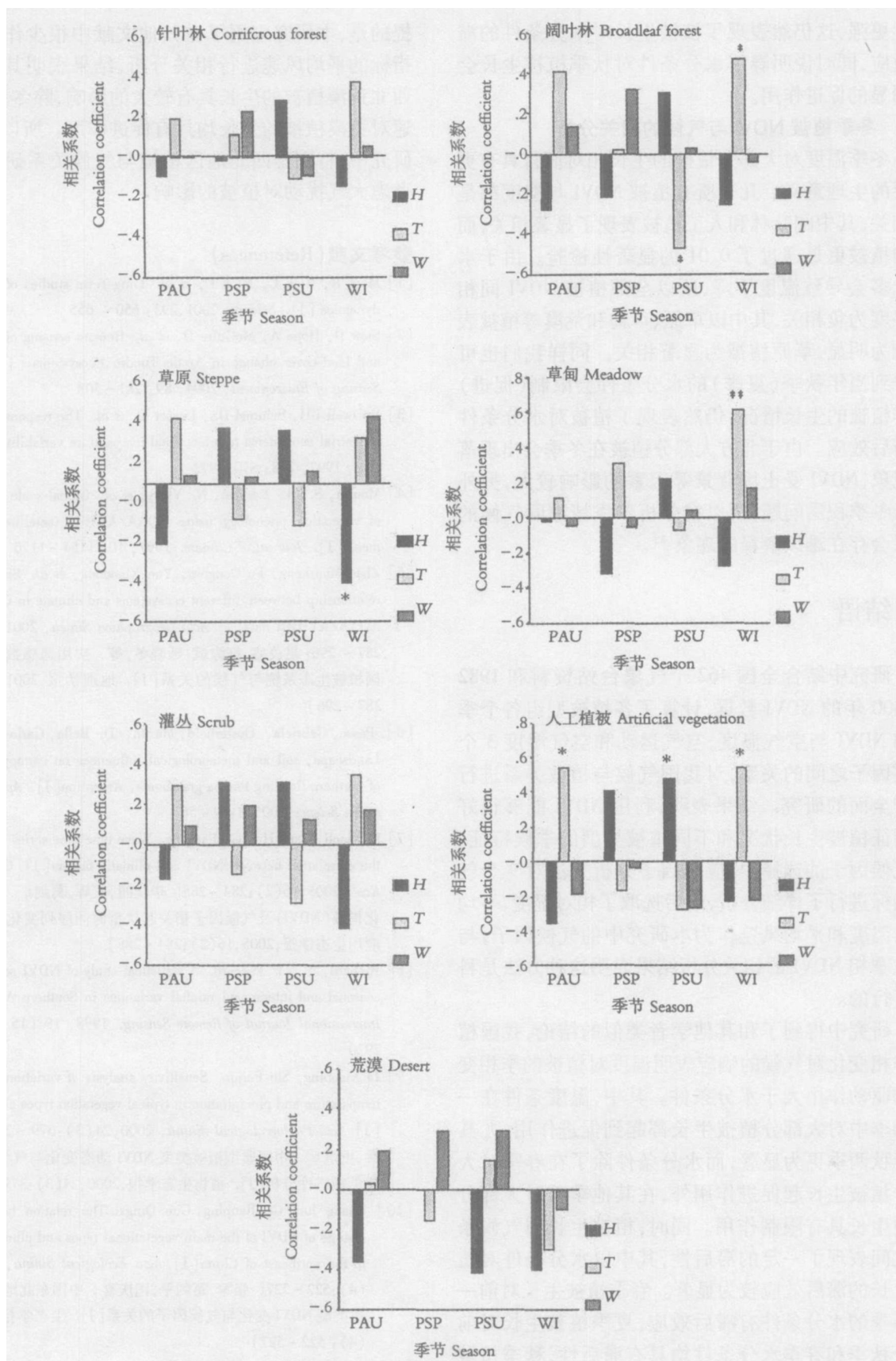


图 5 冬季 NDV I 与季节气候因子线性相关分析

Fig. 5 Linear correlations between NDV W I and seasonal meteorological variables H, T, and W

关性更强,这仍然表现了植被生长对水分条件的滞后效应,同时说明春季水分条件对秋季植被生长会有明显的促进作用。

2.4 冬季植被 NDVI与气候的相关分析

冬季温度对大部分植被的生长相对而言具有重要的生理意义。几乎所有植被 NDVI与温度都是正相关,其中阔叶林和人工植被表现了显著相关,而草甸植被更是通过了 0.01 的显著性检验。由于水分过多会导致温度下降,所以全部植被 NDVI同相对湿度为负相关,其中以草原、草甸和荒漠等植被表现较为明显,草原植被为显著相关。同样我们也可以看到当年秋季(夏季)的水分条件会限制(促进)冬季植被的生长情况,仍然表现了植被对水分条件的滞后效应。由于北方大部分植被在冬季会出现落叶现象,NDVI受土壤背景等因素的影响较大,另外由于冬季积雪问题,所以在分析冬季植被同气候的关系会存在难以解释的现象^[5]。

3 结语

研究中结合全国 462 个气象站资料和 1982 ~ 2000 年的 NDVI 数据,计算了各植被型组各个季节的 NDVI 与空气温度、空气运动和空气湿度 3 个气候因子之间的关系,对我国气候与植被关系进行了较全面的研究。结果表明,利用 NDVI 能够很好地指征植被生长状况和不同植被类型的季候特征。在气候因子的选择中,应用因子分析方法对 9 个气象指标进行了详细分析,最后选取了相对湿度、平均最高温度和平均风速作为本研究中的气候因子,与植被季相 NDVI 的相关分析结果表明这种方法是科学可行的。

研究中得到了和其他学者类似的结论,我国植被季相变化对气候的响应表明温度对植被的季相变化的驱动作用大于水分条件。其中,温度条件在一年四季中对大部分植被生长都起到促进作用,尤其在春秋两季更为显著,而水分条件除了在春季对大部分植被生长起促进作用外,在其他季节对大部分植被生长具有限制作用。同时,植被生长与气候条件之间表现了一定的滞后性,其中以水分条件对植被生长的滞后效应较为显著。春季植被生长对前一个冬季的水分条件有滞后效应,夏季植被生长对前一个秋季和春季水分条件均具有滞后性,秋季植被生长对春季水分条件的滞后性很强,冬季的植被生长对夏季和秋季的水分条件也有滞后效应。值得一

提的是,本研究应用了在其他文献中很少作为气候指标的平均风速进行相关分析,结果表明其对我国西北荒漠植被的生长具有较大的影响,除冬季外,风速对荒漠植被的生长均具有促进作用。所以在类似研究中,特别是西北地区植被与气候关系研究中应考虑大气扰动对植被的影响。

参考文献 (References)

- [1] Mark R, Rick C, Mick C, *et al.* Long-Term studies of vegetation dynamics [J]. *Science*. 2001, 293: 650~ 655
- [2] Stow D, Hope A, McGuire D, *et al.* Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems [J]. *Remote Sensing of Environment*. 2004, 89: 281~ 308
- [3] Braswell BH, Schimel DS, Linder E, *et al.* The response of global terrestrial ecosystems to interannual temperature variability [J]. *Science*. 1997, 278: 870~ 872
- [4] Moulin S., L. Kergoat N., Viovy, *et al.* Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements [J]. *Journal of Climate*. 1997, 10: 1154~ 1170
- [5] Zhao Maosheng, Fu Conghui, Yan Xiaodong, *et al.* Study on the relationship between different ecosystems and climate in China using NOAA/AVHRR data [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3): 287~ 296 [赵茂盛, 符淙斌, 延晓冬, 等. 应用遥感数据研究中国植被生态系统与气候的关系 [J]. *地理学报*, 2001, 56(3): 287~ 296]
- [6] Posse, Gabriela, Oesterheld, Martín, Di Bella, Carlos Marcelo. Landscape, soil and meteorological influences on canopy dynamics of northern floodplain Pampa grasslands, Argentina [J]. *Applied Vegetation Science*, 2005, 8: 49~ 56
- [7] Bi Xiaoli, Wang Hui, Ge Jianping. Wave type time series variation of the correlation between NDVI and climatic factors [J]. *Chin J Appl Ecol*. 2005, 16(2): 284~ 288 [毕晓丽, 王辉, 葛剑平. 植被归一化指数 (NDVI) 及气候因子相关起伏型时间序列变化分析 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(2): 284~ 288]
- [8] Richard Y., L. Pocran. A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa [J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1998, 19 (15): 2907~ 2920
- [9] Li Xiaobing, Shi Peijun. Sensitivity analysis of variation in NDVI temperature and precipitation in typical vegetation types across China [J]. *Acta Phytocological Sinica*, 2000, 24(3): 379~ 382 [李晓兵, 史培军. 中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气温、降水变化的敏感性分析 [J]. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 379~ 382]
- [10] Zhang Jun, Ge Jianping, Guo Qingxi. The relation between the change of NDVI of the main vegetational types and climatic factors in the northeast of China [J]. *Acta Ecological Sinica*, 2001, 21 (4): 522~ 527 [张军, 葛剑平, 国庆喜. 中国东北地区主要植被类型 NDVI 变化与气候因子的关系 [J]. *生态学报*, 2001, 21 (4): 522~ 527]
- [11] Yang L, Wylie B, Tieszen L, *et al.* An analysis of relationships among climate forcing and time-integrated NDVI of grasslands over the US Northern and Central Great Plains [J]. *Remote Sensing of*

Environment, 1998, 65: 25~37

- [12] Lei J and Peters A. A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25 (2): 297~311
- [13] Kaufmann R, Zhou L, Knyazikhin Y, *et al.* Effect of Orbital Drift and Sensor Changes on the Time Series of AVHRR Vegetation Index Data [J]. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 2000, 38 (6): 2584~2597
- [14] Gong D Y, Shi P J. Northern hemispheric NDVI variations associated with large-scale climate indicates in spring [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24 (12): 2559~2566
- [15] Hou Xueyu. Vegetation Map of China (version 2) [M]. Science Press, 1982. [侯学煜. 中国植被图 (第二版) [M]. 北京, 科学出版社, 1982.]
- [16] C. Reinann, P. Filmöser, R G Garrett. Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities [J]. *Applied Geochemistry*, 2002, 17: 185~206
- [17] Lin C.W., Lin K.H., KUO, Y.M. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease area in Taiwan [J]. *The Science of the Total Environment*, 2003, 313: 77~89
- [18] Black T A, W J Chen, A G Barr, *et al.* Increased carbon sequestration by a boreal deciduous forest in years with a warm spring [J]. *Geophysical Research Letters*, 2000, 27 (9): 1271~1274
- [19] Jongejans E., Schippers P. Modeling seed dispersal by wind in herbaceous species [J]. *Oikos*, 1999, 87, 362~372

Study on the Relationship between Vegetation and Climate in China Using Factor Analysis

SUN Yanling^{1, 2}, YAN Xiaodong¹, XIE Deti²

(1. *START, Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing 100029, China*;

2. *College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China*)

Abstract Multiyear (19 a) NDVI and meteorological station data were used to study the correlative relationship between several vegetation type groups and climate in China. In order to investigate the responses of different vegetation types to climate variability, we classified 9 vegetation type groups using NDVI data and the map of vegetation type. At the same time we selected three variables from the nine meteorological variables to represent climatic factors using factor analysis. And these three meteorological variables are relative humidity, mean maximum temperature and mean wind speed respectively. At last, the correlations between seasonal NDVI of 7 vegetation type groups and current and antecedent three seasonal meteorological variables were analyzed. The results show that the three meteorological variables selected by factor analysis could represent the relationship between vegetation and climate in China. In spring, positive correlations between NDVI and the concurrent temperature occur in all the vegetation types. And the positive correlation is most remarkable in the meadow; the correlations of woods vegetation and scrub vegetation are comparative well. The correlations between spring NDVI and the concurrent relative humidity also put up well positive in all the vegetation types except meadow, but which is not better than the correlation between NDVI and temperature. In summer, several positive correlations between NDVI and the relative humidity of previous spring occur at coniferous forest, broadleaf forest, meadow, artificial vegetation and scrub. And positive correlations between NDVI and the relative humidity of previous autumn occur in all the natural vegetation. In autumn, the correlations between NDVI of all the vegetation types and the concurrent temperature put up positive, while the correlations between NDVI of most vegetation types and the concurrent relative humidity put up negative correlation. In winter, positive correlations between NDVI and the concurrent temperature occur in all the vegetation types except desert, and the correlations of broadleaf forest and artificial vegetation put up remarkable positive correlations and the positive correlation of meadow vegetation put up correlations with p -values < 0.001 . These relationships between NDVI and climate indicated that the temperature factor is a stronger force to influence vegetation growth than moisture factor and the moisture factor represents more obvious lag effects than the other climatic factors in China. Additionally, we found that the mean wind speed influenced the vegetation growth of desert.

Key words NDVI, factor analysis, vegetation type, climate-vegetation relationship, China