

青藏高原那曲地区冬虫夏草资源分布空间分析方法

金云翔¹, 徐 斌^{1,*}, 杨秀春¹, 覃志豪¹, 高懋芳¹, 吕海燕¹, 朱立博²

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 内蒙古呼伦贝尔市草原监督管理局, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要:冬虫夏草(*Cordyceps sinensis*)是分布在我国青藏高原的可再生资源,具有极其名贵的中药材价值,而目前我国冬虫夏草资源的分布区域尚不清楚。以西藏那曲地区为例,根据冬虫夏草资源分布的生境条件,结合冬虫夏草的生态特性指标,利用地理信息系统(GIS)空间分析方法对冬虫夏草的空间分布区域进行了分析。结果表明,那曲地区冬虫夏草资源主要分布于那曲的东部,分布面积约为4.93万km²,占地区总面积的12.54%。与实地调查结果比较,提出的基于GIS空间分析的冬虫夏草分布区分析方法精度较高,说明空间分析方法在冬虫夏草资源调查评价上具有一定的可行性,为今后的冬虫夏草资源调查等相关研究提供方法支持。

关键词:冬虫夏草; GIS; 空间分析; 分布; 西藏那曲

The spatial distribution of *Cordyceps sinensis* in Nakchu Prefecture of Tibetan Plateau

JIN Yunxiang¹, XU Bin^{1,*}, YANG Xiuchun¹, QIN Zhihao¹, GAO Maofang¹, LU Haiyan¹, ZHU Libo²

1 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China

2 Hulunbeir League Grassland Supervision Management Institute, Inner Mongolia Hailar 021008, China

Abstract: *Cordyceps sinensis* is a unique resource as traditional Chinese medicine with precious value in Tibetan Plateau of China. However, spatial distribution of the resource was still unknown very clearly. This paper intended to map the distribution of *Cordyceps sinensis* resource in Nakchu region in Tibet, using an approach of GIS spatial analysis. The characteristics of *Cordyceps sinensis* were considered with habitat conditions for the mapping. Our mapping result showed that *Cordyceps sinensis* in Nakchu was mainly distributed in Eastern Regions, with an area of 49300 km², accounting for 12.54% of the total. Verification with field investigation confirmed the accuracy of the mapping approach. This indicated the feasibility of applying GIS technology in monitoring the spatial dynamics of *Cordyceps sinensis* resource in future.

Key Words: *Cordyceps sinensis*; GIS; spatial analysis; distribution; Nakchu; Tibet

“冬虫夏草”简称虫草,是蝙蝠蛾科的幼虫被冬虫夏草菌属的真菌侵入感染,染病幼虫在土体中越冬,真菌菌丝以幼虫体内组织为食,待菌丝充满体内,虫即僵死,到夏季长出一根菌座,冬虫夏草之名由此而来。目前世界已报道种类达500多种,我国已记载120余种^[1]。然而,中国传统的中医药学和我国大多数学者所指的冬虫夏草,是特指仅分布于我国青藏高原及边缘地区的中华虫草菌(*Cordyceps sinensis* (Berk.) Saccardo)寄生于蝙蝠蛾属(*Hepialus*)、虫草蝙蝠蛾(*Hepialus armoricanus soberthuri*)等的幼虫感病后形成的虫菌结合体^[2]。

冬虫夏草生长条件要求严格,在我国主要分布于青藏高原及边缘地区,包括西藏、青海、四川、甘肃、云南等省份。一般生于海拔3600—4500m的山地高山灌丛草甸和高山草甸中,适宜土壤为肥沃、疏松的高山草甸土,土层深厚,水分适中^[3]。

基金项目:国家(863)高技术研究发展专项资助项目(2006AA10Z242);农业部2009年农业信息预警资助项目(809-1);农业部农业生物资源保护与利用资助项目(2008)(8023)

收稿日期:2009-06-20; **修订日期:**2009-12-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xubin@mail.caas.net.cn

冬虫夏草的分布具有一定的地域分布规律。杨大荣等^[4]在云南对虫草蝙蝠蛾的生态地理分布研究指出,虫草蝙蝠蛾的分布具有区域性、地带性和垂直性分布规律,其总分布趋势与地势相吻合。虽然在不同的山系之间,冬虫夏草分布的海拔高度有一些差异,但云南冬虫夏草总的分布幅度在海拔 3850—5080m 之间。陈仕江等^[5]在西藏那曲地区针对冬虫夏草的生态地理分布进行了实地调查研究,发现冬虫夏草的垂直分布也具有一定的范围,那曲地区冬虫夏草垂直分布在海拔 4100—5000 m 之间的地带,海拔 4300—4800 m 是冬虫夏草分布最适区域,5000 m 以上、4100 m 以下未发现冬虫夏草分布。但不同产区、不同山系分布上下限有一定的差异^[6]。

冬虫夏草的分布与植被、土壤状况密切相关。冬虫夏草的形成需要寄主昆虫与真菌的结合,因此冬虫夏草的分布与寄主昆虫蝙蝠蛾的分布关系十分密切。杨大荣等^[4]在云南的研究结果,寄主蝙蝠蛾属昆虫主要分布于高山草甸土中,该幼虫常喜食珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、头花蓼(*P. capitatum*)、小大黄(*Rheum pumilum*)、黄芪(*Astragalus* sp.)等蓼属(*Polygonum*)、黄芪属(*Astragalus*)植物。李玉玲等^[7]在青海的研究结果表明,冬虫夏草主要分布在高山草甸植被的矮嵩草草甸、圆穗蓼-矮嵩草草甸、高山嵩草草甸、高山嵩草-圆穗蓼及高寒灌丛草甸植被的亚高山草甸等中。蝙蝠蛾幼虫喜食珠芽蓼、头花蓼、小大黄和灌木(*Dasiphora fruticosa*)的根等^[8]。陈仕江等^[5]在西藏那曲地区调查冬虫夏草生长植被状况指出,它们主要分布在高山草甸、亚高山草甸和高山灌丛草甸中,主要植物物种为高山蒿草(*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草(*K. humilis*)、珠芽蓼、圆穗蓼(*P. macrophytum*)、垫状柳(*Salix souliei*)等。

综上所述,冬虫夏草是生长在特殊海拔高度、植被类型和土壤类型环境下的物种资源。在深入分析冬虫夏草与海拔高度、植被类型、土壤类型关系的基础上,以生境特征为依据,进行空间分析,可以间接地探明冬虫夏草资源的空间分布特征。本文就是基于上述思想运用 GIS 的空间分析功能,探索冬虫夏草的空间分布情况,结果表明,该方法具有可行性,这将为冬虫夏草等生物资源调查提供有效的途径和可借鉴的方法。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

那曲地区位于西藏自治区的北部,地处 83°55′—95°05′E,29°55′—36°30′N 之间。平均海拔 4500m 左右,多高山、雪峰,其地势由西北向东南倾斜,东部为高山峡谷,中西部为高原湖盆。那曲地区属青藏高原高寒气候区,气候寒冷干燥,年平均气温在 -2.9—3.4℃ 之间,最冷月为 1 月份,月平均气温为 -14.9—-7.4℃;最热月为 7 月份,月平均气温为 8.7—12.2℃,年平均降水量在 298.6—708.4mm 之间,年内降水量的 80% 以上都集中在 5—9 月份^[9]。那曲地区植被类型分布与生物气候带相适应,从东南向西北依次出现亚高山疏林灌丛草甸、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠草原四大基带及相邻的过度亚带^[10]。该地区土壤类型众多,主要草地土壤类型有亚高山草甸土、高山草甸土、高山草原土、高山荒漠草原土等类型^[11]。

1.2 数据源

本研究数据资料主要包括:1:25 万的数字高程模型(DEM),植被、土壤资料为 1:100 万西藏草地资源分布图集和 1:100 万西藏土壤数据图集,上述数据主要来自中国农业科学院农业资源与农业区划研究所建立的数据库系统。中国行政界限数据采用国家基础地理信息中心发布的 1:400 万中国行政区划数据。利用 Arcgis9.2 软件实现数据整理、投影转换、指标划分、空间分析等功能。

1.3 研究方法

1.3.1 野外调查法

采用传统的野外样地样方调查法,选取冬虫夏草分布集中地区,记录样地特征及周边环境信息,包括经纬度、海拔高度、坡度坡向、土壤质地、草地类型、主要植被等。利用所掌握的现有资料,结合以往野生资源调查的经验,设计调查问卷,从当地获取冬虫夏草的生态环境(海拔、坡度坡向、植被类型等)信息。综合野外调查各种信息及文献资料,制定冬虫夏草分布的划分指标。

1.3.2 空间分析方法

物种资源的分布受到地形、气候、植被、土壤等因素的影响。本文在众多影响因素中,根据影响程度及数

据的来源,选择海拔高度、植被、土壤作为冬虫夏草空间分布等级的指标,分析得到海拔高度、植被、土壤等单因素确定的冬虫夏草分布等级图。

在单因素确定冬虫夏草空间分布区域的基础上,利用 Arcgis9.2 软件的空间分析功能(Spatial analysis),将各冬虫夏草空间分布图层叠加运算,综合得出冬虫夏草在那曲地区的空间分布区域。用行政界线叠加到分布图上,并进一步提取县域单元的冬虫夏草面积和行政单元名称。

2 结果与分析

2.1 冬虫夏草空间分布单因素分析

2.1.1 冬虫夏草空间分布地形因素分析

参考大量文献^[4-6,12-13]的研究结果,冬虫夏草分布具有一定区域性和地带性,一般分布在 3000—5000m 之间,高山峡谷和高原宽谷区是冬虫夏草的主产区。我们野外实地调查选择了那曲东部地区的那曲县、巴青县、比如县、嘉黎县等 4 个县域,并对冬虫夏草的地理分布调查采取了问卷调查和样地样方调查两种形式。结合调查问卷走访了常年在当地采集冬虫夏草的农牧民及技术人员,他们对冬虫夏草的分布区域相对熟悉。通过汇总、综合分析得出,在那曲地区冬虫夏草主要分布在 3700—5000m 海拔范围内。冬虫夏草分布的适宜海拔高度为 4300—4700m,在这一区域冬虫夏草分布最多,也是农牧民采集冬虫夏草的主要区域。在这一海拔高度向上 300m 和向下 600m 也有冬虫夏草分布,但分布明显少于海拔 4300—4700m 的区域,农牧民较少在此区域采集冬虫夏草,这一区域为冬虫夏草分布的次适宜区。次适宜区向上或向下海拔高度区域,基本无冬虫夏草分布。因此,将冬虫夏草空间分布区域依海拔高度划分为 3 个等级,结果如图 1。

2.1.2 冬虫夏草空间分布植被类型分析

通过实地调查发现,适宜冬虫夏草分布的主要植被类型有高山草甸、高山灌丛草甸和亚高山草甸等,其中高山草甸的矮蒿草草甸植被类型冬虫夏草分布最广。测定的样方位置海拔高度多为 4500—4800m,6 月上旬植物群落高度一般为 1—4cm,群落总盖度为 60%—90%,主要物种有矮蒿草、圆穗蓼、珠芽蓼、高原唐松草(*Thalictrum cultratum*),火绒草(*Leontopodium leontopodioides*),委陵菜(*Potentilla anserine*)等。

根据文献资料及实地调查结果综合分析表明,高山草甸、亚高山草甸和高山灌丛草甸类型植被是冬虫夏草适宜生长的植被类型区;高山草原类区域有少量冬虫夏草分布,是冬虫夏草次适宜生长的植被类型区;高山荒漠草原、温性草原等其他植被类型区域不适宜冬虫夏草生长,基本无冬虫夏草分布,是冬虫夏草不适宜生长的植被类型区。根据植被类型将冬虫夏草适宜分布区域划分为 3 个等级,结果如图 2。

2.1.3 冬虫夏草空间分布土壤类型分析

在那曲地区的野外调查研究表明,冬虫夏草分布地区的土壤环境较为湿润,土壤粒径集中在 0.25—0.05 mm 之间,土壤质地属于壤质砂土,有少量的石砾,土壤有机质含量在 3%—16% 之间,土表土层为根系密集盘结而呈暗灰棕至棕黑色的毡状草皮层,厚约 4—20cm,冬虫夏草分布区的土壤基本是高山草甸土和亚高山草甸土。

根据文献资料也表明,冬虫夏草主要分布在高山草甸土和亚高山草甸土类型中。高山草甸土即草毡土,是发育于 4700—5300m 处高寒草甸植被下具强度生草腐殖质累积与弱度氧化还原特征的高山土壤。亚高山

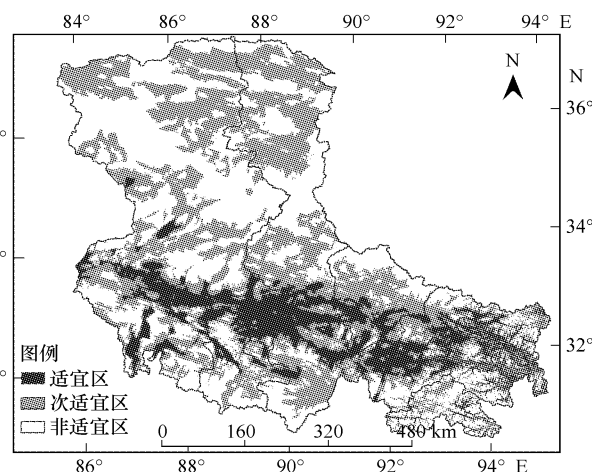


图 1 根据海拔高度确定的冬虫夏草分布等级图

Fig. 1 The grade distribution of *Cordyceps sinensis* based on the altitude

草甸土即黑毡土,分布于海拔约 3900—4500m,在垂直土带上接草毡土,下接森林土壤(暗棕壤或灰褐土)。暗棕壤、灰褐土等土壤类型区域中冬虫夏草有少量的分布,而永久冰川、裸地岩石、寒钙土等是不适宜冬虫夏草生长的土壤类型,无冬虫夏草分布。通过对冬虫夏草分布区土壤类型的综合分析,草甸土、草毡土、黑毡土为冬虫夏草适宜生长的土壤类型区;暗棕壤、灰褐土等为冬虫夏草次适宜生长的土壤类型区;岩石、冰川、寒钙土等为冬虫夏草不适宜生长的土壤类型区。根据土壤类型将冬虫夏草适宜分布区域划分为 3 个等级,结果如图 3。

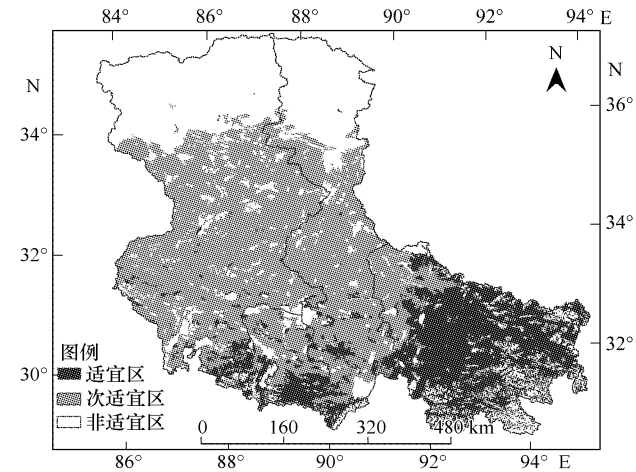


图 2 根据植被类型确定的冬虫夏草分布等级图

Fig.2 The grade distribution of *Cordyceps sinensis* based on the vegetation types

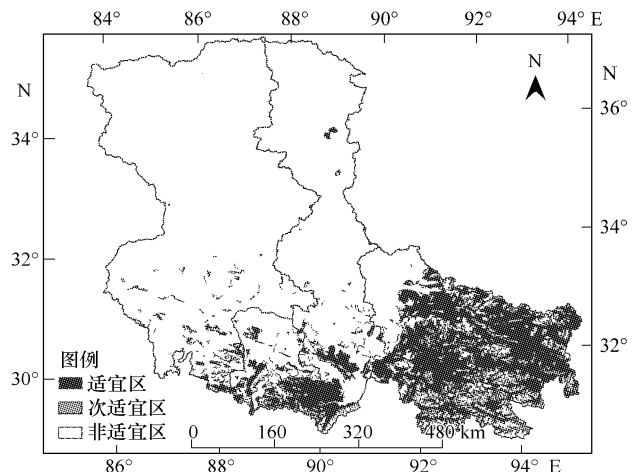


图 3 根据土壤类型确定的冬虫夏草分布等级图

Fig.3 The grade distribution of *Cordyceps sinensis* based on the soil types

2.2 冬虫夏草分布区

根据分析讨论所得到的冬虫夏草适宜分布的海拔高度区域、植被类型区域和土壤类型区域,形成了冬虫夏草空间分布等级指标及冬虫夏草分布情况如表 1。

表 1 冬虫夏草空间分布等级指标

Table 1 The grade indexes of spatial distribution of *Cordyceps sinensis*

等级 Grade	海拔高度 Altitude/m	植被类型 Vegetation types	土壤类型 Soil types	分布情况 Distribution conditions
适宜区 Suitable	4300—4700	高山草甸、亚高山草甸、高山灌丛草甸类	草毡土、黑毡土、草甸土类	冬虫夏草适宜分布区,分布集中,是农牧民采集的主要场所
次适宜区 Sub-suitable	3700—4300 4700—5000	高山草原类	暗棕壤、灰褐土类	冬虫夏草分布较少,农牧民非主要采集区
非适宜区 Unsuitable	< 3700 > 5000	高山荒漠、温性草原、热性草丛类	寒钙土、寒冻土、岩石	基本无冬虫夏草分布,该区域很少发现冬虫夏草

利用 GIS 的空间分析功能,将海拔高度、植被类型、土壤类型单一指标形成的冬虫夏草分布区图层叠加分析,得出冬虫夏草在那曲地区的空间适宜分布区域。本文依据海拔高度确定冬虫夏草空间分布区域,产生第一图层。在此图层的基础上,叠加植被类型确定的冬虫夏草空间分布图,若两图层均为适宜分布区域,叠加的部分即为适宜区;若第一图层为适宜分布区域,第二图层为次适宜分布区域,叠加的结果为次适宜区,两图层叠加采用冬虫夏草分布等级低的图层类型决定新图层类型的原则进行。通过叠加运算,形成新的冬虫夏草空间分布等级图。在此基础上以与上述叠加处理相同的原则叠加土壤类型确定的冬虫夏草空间分布图,最终得出冬虫夏草在那曲地区的空间分布等级图,结果如图 4:适宜区;次适宜区;非适宜区。

空间分析结果表明,那曲地区冬虫夏草主要分布在东部地区,包括巴青、索县、比如、嘉黎、那曲等县,分布面积约为 49302 km²,占那曲地区总面积的 12.54%,适宜分布面积约为 16418 km²,占冬虫夏草分布面积的 33.30%;次适宜分布面积约为 32884 km²,占冬虫夏草分布面积的 66.70%。用行政界线叠加到冬虫夏草分布区图上,进一步提取各个县冬虫夏草分布的面积及比例如表 2 所示。那曲县冬虫夏草分布面积最大,约为 9928 km²,尼玛县和申扎县冬虫夏草分布面积最少,其余各县冬虫夏草分布面积在 5000 km²左右。从冬虫夏草适宜分布区域来看,那曲县和索县冬虫夏草集中分布面积占到了该县 30% 以上的面积,巴青县和比如县也占到了该县的 24% 左右,判断这 4 个县是冬虫夏草分布较为集中的县域,是冬虫夏草主产区。

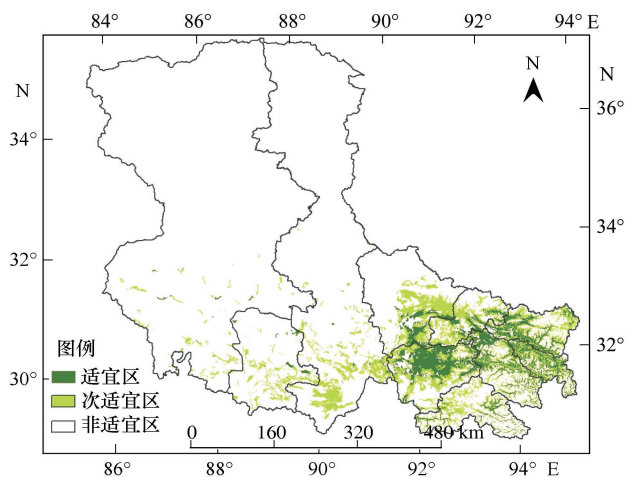


图 4 冬虫夏草空间分布区
Fig. 4 The spatial distribution of *Cordyceps sinensis* in Naqu

表 2 各县冬虫夏草分布面积及所占县面积比重

Table 2 The distribution area and area proportion of *Cordyceps sinensis* in each county

各县冬虫夏草情况 Conditions in each county		适宜区 Suitable	次适宜区 Sub-suitable	非适宜区 Unsuitable
那曲县 Naqu	面积/km ²	5265.17	4662.86	6161.14
	占县面积比/%	32.72	28.98	38.29
巴青县 Baqing	面积/km ²	2480.74	3383.37	4456.76
	占县面积比/%	24.04	32.78	43.18
索县 Suoxian	面积/km ²	1920.77	2146.16	1902.65
	占县面积比/%	32.18	35.95	31.87
比如县 Biru	面积/km ²	2694.63	2934.48	5797.93
	占县面积比/%	23.58	25.68	50.74
嘉黎县 Jiali	面积/km ²	783.27	2874.73	9595.55
	占县面积比/%	5.91	21.69	72.40
聂荣县 Nierong	面积/km ²	1242.96	3180.08	5119.65
	占县面积比/%	13.03	33.32	53.65
安多县 Anduo	面积/km ²	1523.43	4758.01	19352.72
	占县面积比/%	5.94	18.56	75.50
班戈县 Bange	面积/km ²	144.23	5549.03	95260.06
	占县面积比/%	0.14	5.50	94.36
申扎县 Shenzha	面积/km ²	244.25	2112.79	21152.68
	占县面积比/%	1.04	8.99	89.97
尼玛县 Nima	面积/km ²	118.74	1282.34	175175.17
	占县面积比/%	0.07	0.73	99.21

2.3 结果验证

由于研究区的特殊地理环境,空气稀薄,调查路线道路行进困难,对野外调查带来了一定的困难。因此本次野外调查,共采集了 9 个样地信息,用 GPS 记录了各地点的经纬度,并做了样地样方调查,调查区域海拔高度在 4300—4800m 之间,其植被类型以高山草甸、高山灌丛草甸为主,主要植物种包括矮嵩草、珠芽蓼、圆穗蓼等。9 个样地均有冬虫夏草分布,而且是冬虫夏草分布较为集中的地区。将 GPS 定位点导入 Arcgis9.2 软件中,与冬虫夏草空间分布区数据层叠合,如图 5。9 个样地点分别位于巴青县、比如县和嘉黎县,样地点中有 8 个样地点位于冬虫夏草空间分布区域内,其中 6 个样地点在冬虫夏草适宜分布区内,2 个样地点在冬虫夏草

次适宜分布区内,样地点分布区的植被类型均为高寒草甸类,土壤类型有草毡土和黑毡土,属于高山草甸土和亚高山草甸土类型,与文献资料和实地调查冬虫夏草分布的生境条件一致。

3 讨论

物种资源分布调查的传统方法是根据实地调查获取物种的分布范围和数量,该方法的优点是在局部区域比较准确可靠,缺点是耗费的时间、财力较大,特别是在环境险峻的地区调查,花费更大,甚至有些调查无法完成。地理信息系统(GIS)具有空间分析的功能优势,这为物种资源调查提供了新的技术手段。目前,国内多项物种资源分布调查采用 GIS 技术,如采用 GIS 技术从生境条件及人类生产活动等方面系统分析大熊猫栖息地质量状况^[14];采用 GIS 技术对滇金丝猴适宜栖息地进行分析^[15]等。本文结合 GIS 技术和野外调查方法,分析得出西藏那曲地区冬虫夏草空间适宜分布区域,通过野外样地调查,较好地验证了 GIS 技术对冬虫夏草资源分布研究的可行性。这无疑在大区域上对冬虫夏草资源进行调查研究提供了新的方法。

应用 GIS 技术研究冬虫夏草资源分布在国内尚无报道,方法尚处于探索当中。本文通过冬虫夏草的生境适应条件来推测资源分布情况,而不能直接监测冬虫夏草资源的分布,此方法可以作为一种新的尝试进行深入研究。本研究仅对自然环境因素中的地形、植被、土壤进行分析,其分布同样受到社会因素的影响,如道路、居民点等人为干扰影响冬虫夏草资源的分布,气候因素也是影响冬虫夏草资源分布的重要因素。期望今后利用 GIS 技术,综合环境、气候、人为等各方面因素对冬虫夏草资源分布的影响进行分析和研究,掌握我国冬虫夏草资源的分布区域,为开展长期动态监测以及合理保护冬虫夏草资源提供科学依据。

致谢:本文在研究期间得到国家农业部草原监理中心李兵处长和西藏自治区农牧厅徐百志副厅长的大力支持和帮助,西藏自治区农牧厅和那曲地区草原监理站的支持和帮助,为野外调查工作顺利进行提供便利条件,特此致谢。

References:

- [1] Liang Z Q. Flora Fungorum Sinicorum, Vol.32, Cordyceps. Beijing: Science Press, 2007: 1.
- [2] Dong H X, Lu Z Z. A survey of Cordyceps sinensis research. Edible Fungi of China, 2002,21(2):5-7.
- [3] Zhang X F, Liu H Q, Huang L C. Cordyceps sinensis: History, Resource, Scientific Research. Shaanxi: Shaanxi Science and Technology Press, 2008: 54.
- [4] Yang D R, Long Y C, Shen F R, Yang Y X, Yu R Q, Lu Z, Chun S, Si N D J, Si N J D. Research on the ecology of Yunnan Hepialids I. regional and ecogeographical distribution. Zoological Research, 1987,8(1):1-11.
- [5] Chen S J, Yin D H, Dan Z, Zha X, Zha M C R. Ecological investigation of Chinese Caterpillar Fungus(*Codyceps sinensis*) in Naqu Tibet China. Journal of Southwest Agricultural University, 2001,23(4):289-292.
- [6] Chen S J, Yin D H, Li L, Zha X, Sun J H, Zha M C R. Resources and distribution of Cordyceps sinensis in Naqu Tibet. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2001,23(11):673-675.
- [7] Liu Z H, Li Y L. Resources and distribution of Cordyceps sinensis in Yushu. Prataculture & Animal Husbandry, 2006,(12):34-36.
- [8] Diao Z M. Preliminary research on Cordyceps sinensis and biological characteristics in Qinghai Province. Journal of Biology, 1996,13(2):20-22.
- [9] Zhang J H. Ecological environment and meteorological disasters RS in north of Tibet. Beijing: Meteorological Press, 2007:17.
- [10] Land and Animal Administration in Tibet. Grassland resource in Tibet. Beijing: Science Press, 1994:371-372.
- [11] Land Administration in Tibet. Soil resource in Tibet. Beijing: Science Press, 1992:683-697.
- [12] Li Q S, Cao Z Q. Research on the ecology of Cordyceps sinensis. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 1990,12(3):35-37.

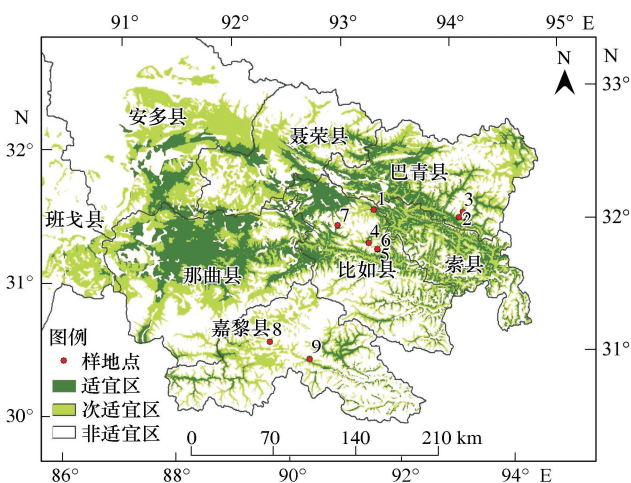


图5 冬虫夏草空间分布验证点

Fig.5 The sampling points of *Cordyceps sinensis*

- [13] Zhou M X. Distribution and utilize of *Cordyceps sinensis* in Guoluo. Chinese Qinghai Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2004,34(3):37-38.
- [14] Li J F, Li T W, Jin X L, Liu X J, Wu L. Research on quality factors of giant panda's habitat in Qinling area based on GIS. Geography and Geo-Information Science, 2005,21(1):38-42.
- [15] Wu R D, Zhou R L, Long Y C, Du Y, Ye J X, Wei X Y. Analysis of suitable habitat for Yunnan golden monkey with remote sensing. Remote Sensing Information, 2005,(6):24-28.

参考文献:

- [1] 梁宗琦. 中国真菌志, 第三十二卷(虫草属). 北京:科学出版社,2007:1.
- [2] 董洪新,吕作舟. 冬虫夏草的研究概况. 中国食用菌,2002,21(2):5-7.
- [3] 张晓峰,刘海青,黄立成. 中国虫草:历史·资源·科研. 陕西:陕西科学技术出版社,2008:54.
- [4] 杨大荣,龙勇诚,沈发荣,杨跃雄,喻润清,鲁自,春生,斯那都吉,斯那吉顶. 云南虫草蝠蛾生态学的研究 I. 区域分布和生态地理分布. 动物学研究,1987,8(1):1-11.
- [5] 陈仕江,尹定华,丹增,扎西,扎玛次仁. 中国西藏那曲冬虫夏草的生态调查. 西南农业大学学报,2001,23(4):289-292.
- [6] 陈仕江,尹定华,李黎,扎西,孙健华,扎玛次仁. 西藏那曲地区冬虫夏草资源及分布. 中药材,2001,23(11):673-675.
- [7] 刘兆红,李玉玲. 玉树州冬虫夏草资源与分布. 草业与畜牧,2006,(12):34-36.
- [8] 刁治民. 青海冬虫夏草资源及生物学特性的初步研究. 生物学杂志,1996,13(2):20-22.
- [9] 张佳华. 中国藏北地区生态环境与气象灾害遥感. 北京:气象出版社,2007:17.
- [10] 西藏自治区土地管理局、畜牧局. 西藏自治区草地资源. 北京. 科学出版社,1994:371-372.
- [11] 西藏自治区土地管理局. 西藏自治区土壤资源. 北京. 科学出版社,1992:683-697.
- [12] 李泉森,曹正权. 冬虫夏草的生态研究. 特产研究,1990,12(3):35-37.
- [13] 周明秀. 果洛州冬虫夏草资源分布及其利用. 青海畜牧兽医杂志,2004,34(3):37-38.
- [14] 李军锋,李天文,金学林,刘学军,吴琳. 基于 GIS 的秦岭地区大熊猫栖息地质量因子研究. 地理与地理信息科学,2005,21(1):38-42.
- [15] 武瑞东,周汝良,龙勇诚,杜勇,叶江霞,魏晓燕. 滇金丝猴适宜栖息地的遥感分析. 遥感信息,2005,(6):24-28.