

引用格式:

贺晓辉, 郭东锋, 纵坤, 周锦龙, 沈俊儒, 唐旭兵, 时雅琪, 丁乃红, 甄安忠, 张洋. 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分的适宜性评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(4): 400–404.

HE X H, GUO D F, ZONG K, ZHOU J L, SHEN J R, TANG X B, SHI Y Q, DING N H, ZHEN A Z, ZHANG Y. Soil nutrients suitability evaluation for cigar tobacco producing areas in Dehong of Yunnan based on Dehong of Yunan[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(4): 400–404.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分的适宜性评价

贺晓辉<sup>1</sup>, 郭东锋<sup>2</sup>, 纵坤<sup>2\*</sup>, 周锦龙<sup>2</sup>, 沈俊儒<sup>1</sup>,  
唐旭兵<sup>1</sup>, 时雅琪<sup>2</sup>, 丁乃红<sup>2</sup>, 甄安忠<sup>1</sup>, 张洋<sup>1</sup>

(1.云南香料烟有限责任公司, 云南 保山 678000; 2.安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 安徽 合肥 230088)

**摘要:** 为明确云南德宏雪茄烟植烟土壤的养分状况, 在德宏州采集雪茄烟植烟土壤样品 162 份, 对其主要养分指标(有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、有效硫、有效锰、有效锌、有效硼)进行检测, 运用云模型理论对土壤养分的适宜性进行综合评价。结果表明: 德宏植烟土壤养分含量云模型综合评价隶属度达到 0.706 9, 整体处于较高水平; 植烟土壤中速效磷、速效钾含量充足, 碱解氮略显偏低; 微量元素处于较高水平, 有效硫、有效锌、有效硼元素云滴雾化状态明显, 土壤养分分布的随机性和模糊性(熵和超熵)稍大。表明德宏雪茄烟生产宜以适当增加土壤速效氮肥为主, 部分区域适当增施硼肥, 以保证植烟土壤总体养分平衡。

**关键词:** 雪茄烟; 土壤养分; 云模型; 适宜性评价; 云南德宏

中图分类号: S572.061

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)04-0400-05

## Soil nutrients suitability evaluation for cigar tobacco producing areas in Dehong of Yunnan based on Dehong of Yunan

HE Xiaohui<sup>1</sup>, GUO Dongfeng<sup>2</sup>, ZONG Kun<sup>2\*</sup>, ZHOU Jinlong<sup>2</sup>, SHEN Junru<sup>1</sup>, TANG Xubing<sup>1</sup>,  
SHI Yaqi<sup>2</sup>, DING Naihong<sup>2</sup>, ZHEN Anzhong<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>1</sup>

(1. Yunnan Oriental-Tobacco Co. Ltd, Baoshan, Yunan 678000, China; 2. Technology Center of Anhui Cigarette Industrial Co. Ltd, Hefei, Anhui 230088, China)

**Abstract:** In order to evaluate the soil nutrients of cigar tobacco planting lands, soil nutrients of 162 soil samples sampled from cigar planted fields in Ruili City of Dehong had been surveyed and evaluated. Soil nutrients including organic matter, total nitrogen, alkali hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium, available sulphur, available manganese, available zinc and available boron were tested and the cloud model algorithm had been used to evaluate the nutrients suitability of cigar tobacco planted soil. The results showed that nutrients suitability of cigar tobacco planted soil appeared at high level, the Ex(expectation) of the parameters simulated by the cloud model reached 0.706 9. In the tobacco soils, the contents of available phosphorus and available potassium were abundant, while the content of alkali hydrolyzed nitrogen showed a little bit low; trace elements were at high level, while available sulphur, available zinc and available boron showed obvious cloud droplet status; and the distribution of soil nutrients showed slightly more randomness and fuzziness(entropy and hyper entropy). In conclusion, the fertilization strategy for cigar tobacco producing area in Dehong could be carried out by improving the available nitrogen application, meanwhile the boron fertilizer should be improved in some areas to ensure nutrient balance.

**Keywords:** cigar tobacco; soil nutrients; cloud model; suitability evaluation; Dehong of Yunnan

收稿日期: 2023-01-29

修回日期: 2023-05-20

基金项目: 云南香料烟有限责任公司项目(2021530000242028); 安徽中烟工业有限责任公司项目(JS2021156、JS2022012)

作者简介: 贺晓辉(1981—), 男, 河南三门峡人, 硕士, 高级农艺师, 主要从事雪茄烟生产技术研究, 75350507@qq.com; \*通信作者, 纵坤, 高级工程师, 主要从事雪茄烟产品研发及配方技术研究, 188660260@qq.com

雪茄烟叶的栽培、调制直至发酵全产业链都与卷烟有着明显的差别。雪茄烟的栽培生产因茄衣、茄芯使用方向而异<sup>[1]</sup>。雪茄烟生长过程中,土壤磷酸盐和氮元素必不可少<sup>[2-5]</sup>,此外微量元素钾、钙、锌等的比例为 1:0.1~1:0.2。鉴于不确定性人工智能云模型<sup>[6-10]</sup>已在气候适宜性评价<sup>[11]</sup>、土壤养分评价<sup>[12]</sup>、风险评估<sup>[13]</sup>、路径规划<sup>[14]</sup>等诸多领域得到广泛应用。笔者以云南德宏雪茄烟植烟区土壤为研究对象,尝试将云模型的随机性和模糊性运用到植烟土壤养分评估,并对其进行适宜性综合评价,现将结果报告如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2021 年 12 月下旬烟田冬耕晒垡后,在云南德宏州雪茄烟规模产区(面积 3.50 hm<sup>2</sup>)采集土壤样品。为了充分体现土壤样品的代表性,采取按土壤类型、分布区域、面积等信息分层抽样,“S”形随机采样,以 2~3 hm<sup>2</sup> 连片为 1 个样方,深度 0~20 cm 土层取 10 个样点的样品混合成 1 个土样(1 kg),共取土样 162 份。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 土壤主要养分指标的检测

按照 GB/T 19656—2006 的方法测定土壤的有

机质、全氮、有效磷、有效硼、有效硫;土壤碱解氮采用凯氏定氮法测定;速效钾、有效锰、有效锌含量按照文献[15]的方法测定。

#### 1.2.2 土壤养分的综合评价

选取对雪茄烟生长影响较大的土壤大量元素及中微量养分指标构建评价体系,采用主成分分析确定权重,建立基于主成分分析和云模型相结合的土壤养分综合评价模型<sup>[12]</sup>。

### 1.3 数据处理

土壤样品检测数据在 Microsoft Excel 2019 中进行整理,采用拉达准则对采集数据进行清洗,如存在缺失值,则采用 KNN<sup>[16]</sup>算法填补,用 RStudio 开源软件进行数据统计分析和制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分的适宜区间

选取雪茄烟生产土壤的有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、有效硫、有效锰、有效锌、有效硼等 9 项指标作为评价指标,设定评价因子集  $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9\}$ 。A 为土壤养分综合评价指标,  $a_i$  为土壤各养分指标。土壤养分的适宜区间基于雪茄烟、烤烟土壤养分研究的相关文献<sup>[5,17-19]</sup>和全国第二次土壤普查土壤养分分级<sup>[20]</sup>来划分,依据见表 1。

表 1 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分指标的适宜区间

Table 1 Reasonable range of soil nutrients for cigar tobacco-leaf production in Dehong of Yunnan

级别	有机质/%	全氮/ (g kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硫/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锰/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锌/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硼/ (mg kg <sup>-1</sup> )
极低	<1.0	<0.75	<60	<5.0	<50	<10	<3.0	<0.3	<0.2
低	[1.0, 2.0)	[0.75, 1.00)	[60, 90)	[5.0, 10.0)	[50, 100)	[10, 16)	[3.0, 5.0)	[0.3, 0.5)	[0.2, 0.5)
适宜(中)	[2.0, 3.0)	[1.00, 1.50)	[90, 120)	[10.0, 20.0)	[100, 150)	[16, 30)	[5.0, 15.0)	[0.5, 1.0)	[0.5, 1.0)
高	[3.0, 4.0)	[1.50, 2.00)	[120, 150)	[20.0, 40.0)	[150, 200)	[30, 40)	[15.0, 30.0)	[1.0, 3.0)	[1.0, 2.0)
极高	≥4.0	≥2.00	≥150	≥40.0	≥200	≥40	≥30.0	≥3.0	≥2.0

### 2.2 云南德宏植烟土壤养分适宜度的云模型

借鉴文献[15],按照逆向云模型算法,得到植烟土壤养分指标的云模型数字特征值,列于表 2。其中,熵 1 为期望下界的熵;熵 2 为期望上限的熵;超熵为熵 1 和熵 2 的熵。德宏雪茄烟植烟土壤养分指标的熵从高到低依次为速效钾、碱解氮、有效硫、速效磷、有效锰、有效锌、有机质、全氮、有效硼。德宏雪茄烟生产土壤养分指标的超熵大小依次为

速效钾、碱解氮、有效硫、速效磷、有效锰、有效锌、有机质、有效硼、全氮,超熵值越大,说明受人为因素影响越大。碱解氮、速效钾、有效硫的熵和超熵变异均较大,说明德宏雪茄烟生产植烟区的施肥除了氮、磷、钾外,还应注重施用硫肥,在平衡大量元素与中微量元素的基础上,保证雪茄烟生产的养分均衡。

表2 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分指标适宜性评价云模型参数

熵值	有机质/%	全氮/ (g kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硫/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锰/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锌/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硼/ (mg kg <sup>-1</sup> )
期望下限	2.00	1.00	90.00	10.00	100.00	16.00	5.00	0.50	0.50
熵 1	0.15	0.20	9.00	2.00	18.00	2.00	0.50	0.05	0.04
期望上限	4.00	1.50	120.00	20.00	150.00	30.00	15.00	1.00	1.00
熵 2	0.30	0.40	12.00	5.00	20.00	6.00	6.00	0.50	0.18
超熵	0.10	0.10	3.00	1.00	8.00	1.50	1.20	0.10	0.08

采用主成分分析法<sup>[15]</sup>,将各个公因子方差对公因子方差总和的贡献率作为单项评价指标的权重,最终确定权重因子集  $W=\{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9\}=\{0.1005, 0.1172, 0.1847, 0.1033, 0.0972, 0.1048, 0.1015, 0.0977, 0.0931\}$ ,其权重值表示该项指标对土壤肥力的贡献率。

将单指标云模型特征值和权重值运用虚拟云理论中综合云算法计算,得到土壤养分综合云模型及其数值特征值。结合评价结果和德宏雪茄烟生产土壤养分实际情况,并基于云模型理论,定义  $\Omega \in [0, 1]$  为植烟土壤养分适宜性评价的定量评价,综合云期望值(土壤养分等级的中心值,即云计算结果的隶属度值  $\Omega$ ),计算结果见表3。评价语义集合为半开半闭区间(0.80, 1.00],隶属度值从高到低表示土壤养分评价由优到劣。

表3 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分指标的综合评价语集

隶属度范围	土壤养分评价
(0.80, 1.00]	很高
(0.60, 0.80]	较高
(0.40, 0.60]	适宜
(0.20, 0.40]	低
$\leq 0.20$	偏低

运用云模型对土壤养分指标的描述统计结果见表4。土壤养分指标变异系数均超过30%,表明德宏雪茄烟植烟土壤养分波动较大,其中,有效锰、有效硫的变异系数超过60%,表明这2项指标在土壤样点间波动较大;碱解氮变异系数超过35%,碱解氮均值为85.90 mg/kg,变幅为14.00~191.00 mg/kg,变幅较大且处于适宜偏低的水平。

表4 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分指标的描述统计

项目	有机质/%	全氮/ (g kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硫/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锰/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效锌/ (mg kg <sup>-1</sup> )	有效硼/ (mg kg <sup>-1</sup> )
均值	2.33	0.12	85.90	33.40	209.52	33.79	27.76	1.64	0.85
标准差	0.84	0.05	31.64	17.56	87.31	22.05	17.33	0.91	0.44
变异系数/%	36.16	41.41	36.83	52.57	41.67	65.26	62.40	55.66	51.67
最小值	0.73	0.01	14.00	4.00	34.00	7.62	2.60	0.19	0.16
最大值	5.12	0.27	191.00	92.90	466.00	103.95	88.40	4.87	2.40
偏度	0.77	0.45	0.81	0.78	0.57	1.42	1.04	1.14	1.10
峰度	0.33	0.42	1.03	0.39	0.27	1.53	1.12	1.68	1.14

从土壤单项养分指标(Ex为对应评价指标统计均值)来看,大部分样品的土壤有机质含量处于适宜范围,高含量和偏低含量的土壤样品分布相对较少;土壤全氮含量处于适宜至很高的范围内,高含量和偏低含量的土壤样品分布相对较少;碱解氮含量大多处于低至适宜的范围,少量土壤样本含量处于高或者偏高范围;速效磷含量基本处于适宜至很高的范围内,少数样本土壤速效磷含量处于偏低区间;速效钾含量处于适宜至很高的范围内,极少数样本土壤速效钾含量处于偏低区间,说明德宏雪茄

烟植烟土壤速效钾含量整体较高;有效硫、有效锰、有效锌(中微量元素)均处于适宜到很高的范围内,未见有偏低样本存在,尤其是锰、锌元素在德宏土壤中含量充足;有效硼含量基本处于适宜范围内,高含量和偏低含量的土壤样品分布相对较少。结合2指标的云滴雾化状态(图1)可知,有效硫、有效锰、有效锌随机性(En)和模糊性(He)增加<sup>[10,15]</sup>,两项指标在高含量区间的分布形态较为离散,与描述统计分析中这2项指标变异较大的统计参数数据分布趋势基本一致。

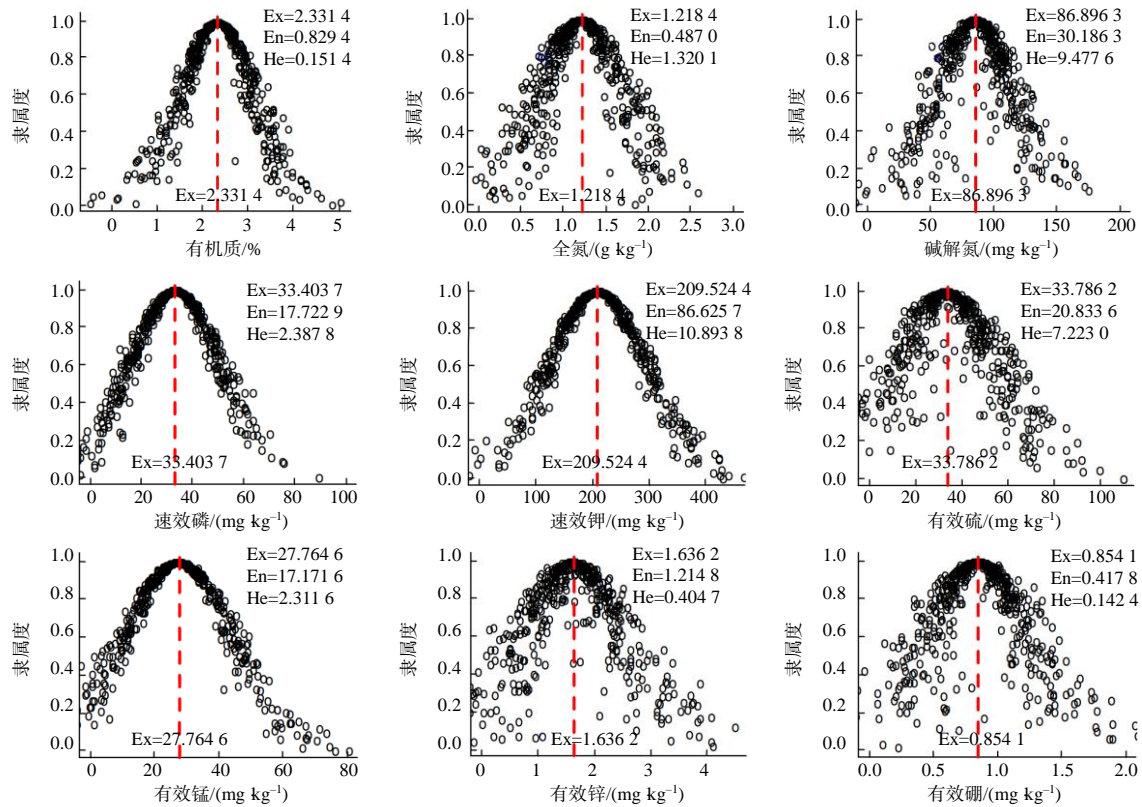


图 1 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分云模型评价单指标云图

Fig.1 Cloud model evaluation with single index results for soil nutrients of cigar-tobacco production area in Dehong of Yunnan

土壤养分云模型综合评价结果见图 2。基于虚拟云算法<sup>[6]</sup>，最终综合评价云模型德宏植烟土壤综合评价隶属度  $Ex=0.7069$ ，处于较高水平评价区间；但从云模型可视化结果来看，云滴雾化状态明显，说明虽然综合评价结果较高，但土壤养分仍存在较明显的离散性，此结果与养分总体统计描述变异系数基本一致。基于土壤养分综合分析，结合土壤养分单项指标分析可知，德宏植烟土壤中碱解氮含量偏低，全氮、碱解氮含量云滴雾化状态明显，中微

量元素有效硫、有效硼含量云滴雾化状态明显，表明德宏雪茄烟植烟土壤养分含量变化的随机性和模糊性较大。

### 3 结论

德宏雪茄烟植烟土壤养分云模型综合评价隶属度为  $0.7069$ ，在  $(0.60, 0.80]$  区间，整体评价处于较高范围。其中碱解氮含量略显偏低，云模型云滴雾化明显，且样点间变异系数超过 30%；结合速效磷、钾元素分析，在德宏雪茄烟生产区域，施肥可考虑以增补速效氮肥为主，兼顾平衡磷、钾肥，以保证土壤养分平衡。

从中微量元素来看，有效硫、有效锌、有效硼元素的云滴雾化状态较明显，土壤样点变异较大，结合云模型图示数据可知，德宏雪茄烟生产土壤养分中微量元素处于较高水平，基于烟株正常生长的实际状况，部分区域可适当补充硼肥。

由于雪茄烟生产对于环境条件、土壤、栽培措施等要求较高，笔者仅研究了德宏雪茄烟植烟土壤养分的适宜性，不同雪茄烟植烟区域生态、土壤、栽培等因素差异较大，有必要对其进行更精细化、

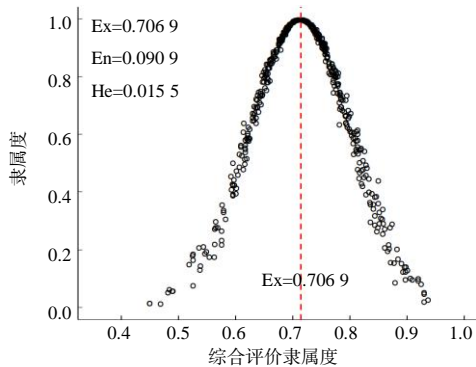


图 2 云南德宏雪茄烟植烟土壤养分综合评价云模型的可视化

Fig.2 Cloud model evaluation with visual results for soil nutrients of cigar-tobacco production area in Dehong of Yunnan

更具针对性的适宜性综合评价。

### 参考文献:

- [1] 闫新甫, 王以慧, 雷金山, 等. 国产雪茄分类探讨及其实际应用分析[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(5): 100-109.
- [2] 徐祥玉, 樊俊, 王瑞, 等. 雪茄烟田间生长期干物质及氮、磷、钾积累规律分析[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(16): 18-23.
- [3] 邢云飞, 刘旭东, 覃飏, 等. 施氮水平对怀化雪茄烟生长、氮肥吸收利用及烟叶品质的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 97-101.
- [4] 管庆林, 朴晟源, 秦艳青, 等. 中微量元素配施对雪茄烟叶中性致香成分及非挥发性有机酸含量的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(2): 110-118.
- [5] 刘利平, 王剑, 施友志, 等. 来凤县雪茄烟叶矿质元素与感官质量的关系分析[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(18): 100-102.
- [6] 李德毅. 知识表示中的不确定性[J]. 中国工程科学, 2000, 2(10): 73-79.
- [7] 刘常昱, 李德毅, 杜鹁, 等. 正态云模型的统计分析[J]. 信息与控制, 2005, 34(2): 236-239.
- [8] 李德毅, 刘常昱, 杜鹁, 等. 不确定性人工智能[J]. 软件学报, 2004, 15(11): 1583-1594.
- [9] 李德毅, 刘常昱. 论正态云模型的普适性[J]. 中国工程科学, 2004, 6(8): 28-34.
- [10] 刘常昱, 李德毅, 潘莉莉. 基于云模型的不确定性知识表示[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(2): 32-35.
- [11] 李德, 周文麟, 孙义, 等. 基于云模型的黄河故道砾山酥梨气候适宜性分析[J]. 中国农业气象, 2017, 38(5): 308-320.
- [12] 郭东锋, 张福建, 张继光, 等. 基于云模型的皖南植烟土壤养分适宜性评价[J]. 烟草科技, 2020, 53(9): 18-24.
- [13] 郭芝韵, 苏怀智, 刘炳锐, 等. 基于云模型与证据理论的大坝安全综合评估方法[J]. 水利水电技术, 2017, 48(3): 99-103.
- [14] 张欣欣, 薛金林. 基于云模型的农业移动机器人人机合作路径规划[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(6): 105-111.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [16] 阮嘉琨, 蔡延光, 蔡颖, 等. 基于优化最大偏差相似性准则的KNN缺失数据填充算法[J]. 自动化与信息工程, 2020, 41(2): 8-15.
- [17] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14-18.
- [18] 王育军, 周冀衡, 孙书斌, 等. 云南省罗平县烟区土壤肥力适宜性评价及养分时空变异特征[J]. 土壤, 2015, 47(3): 515-523.
- [19] 王伟, 唐明华, 刘洪斌. 土壤养分的模糊综合评价[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(3): 270-272.
- [20] 武淑霞, 张维理, 徐爱国, 等. 不同分级标准下土壤养分图的整合模型构建[J]. 中国农业信息, 2019, 31(5): 110-120.

责任编辑: 罗慧敏  
英文编辑: 罗维