

经纬度对中国野生狗牙根土壤养分的影响

王苗利,张靖雪,郭志鹏,曲根,管永卓,郭玉霞,严学兵

(河南农业大学 牧医工程学院,河南 郑州 450002)

摘要:对沿 N 34° 纬度线以及 E 113° 经度线的 27 个不同地区的狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 土壤进行取样,测定了全氮、有机质、碱解氮、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效磷和 pH 指标,研究不同经纬度对野生狗牙根土壤养分的影响。结果表明:(1) 无论在经度还是在纬度梯度上,土壤养分含量之间都有显著的空间异质性。在经度梯度上,所有的土壤养分指标的变异系数均在 27% 以上,在纬度梯度上,其土壤养分指标的变异系数均在 33% 以上;(2) 经度与狗牙根土壤交换性钙含量 ($P < 0.01$) 以及土壤 pH ($P < 0.01$) 呈显著负相关关系,沿经度梯度的气候因素对当地土壤碱解氮 ($P < 0.01$)、交换性钙 ($P < 0.01$) 的含量以及 pH 值 ($P < 0.01$) 有显著的影响,纬度与狗牙根土壤交换性钙 ($P < 0.01$) 与交换性镁的含量 ($P < 0.01$) 呈显著正相关关系,沿纬度梯度的气候因素也会显著影响这两种土壤养分的含量;(3) 狗牙根土壤养分综合质量沿经度梯度的平均值大于沿纬度梯度的平均值,纬度以及气候因素会显著影响狗牙根土壤养分综合质量,而经度则对其无显著的影响。由此可见,狗牙根土壤养分会随经度与纬度的不同表现作出明显的差异,经度的降低显著增加狗牙根土壤交换性钙含量以及 pH,而纬度的降低会显著降低土壤交换性钙与交换性镁的含量。

关键词:狗牙根;土壤养分;经度;纬度

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)05-0053-09

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2019.05.007

随着经济的发展,人们对环境的要求日益提高,使我国的草坪业得到了前所未有的发展。狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 原产于非洲,在热带、亚热带以及温带沿海地区均有分布。在我国狗牙根主要分布于新疆、青海、吉林、甘肃、河北,黄河流域及以南地区^[1]。因具有生长速度快、再生能力强、抗旱、耐热、成坪快、耐践踏、质地纤细和色泽良好等优点,被广泛应用于运动场、游憩场、公园及固土护坡^[2]。

土壤作为植物赖以生存的基础,土壤质量的好坏影响植物的生长。首先,土壤中储藏着大量的有机质、

氮、钾、钙、镁、磷等营养物质;其次,土壤养分对植物有着非常重要的作用,它可以通过影响植物种群的构成从而间接的影响着其他物种,它决定着生态系统的结构,功能和生产力水平^[3-4]。土壤养分含量是反映土壤质量的一个重要指标^[5-6]。土壤的养分分布特征与气候、水分、经纬度、海拔以及人为干扰等多种因素有关^[7-8],且在不同环境条件下,由于影响土壤养分的因素不同,使土壤养分存在明显的空间变异性^[9-11]。Franzluebbbers 等^[12]评价了 4 种不同气候条件下土壤微生物碳与矿质碳、氮含量的差异,认为年均温度对土壤生态特征的影响大于降水量。王博等^[13]认为海拔的变化会引起土壤微气候(温度、光照、水分、风力等)的改变,其对应的植被类型也会发生相应的变化。从而使土壤养分含量发生变化。王云全等^[14]研究表明,成土母质、土壤类型及土地利用方式等是氮磷钾空间变异特征的主要影响因素。土壤 pH 作为土壤十分重要的一个基本参数,其大小值是由母质、生物、气候等多

收稿日期:2019-04-02; **修回日期:**2019-05-13

基金项目:国家重点研发计划重点专项(2017YFD0502104)资助

作者简介:王苗利(1992-),女,河南濮阳人,在读硕士研究生。

E-mail:1252480664@qq.com

严学兵为通讯作者。E-mail:yxbbjzz@163.com

种因素决定的^[15-17],并对植物的生长发育具有重要的影响。

前人对狗牙根的抗旱性及种质资源的研究较多且较为深入^[18-19],但有关土壤对狗牙根分布和生长的影响研究较少。对我国野生狗牙根土壤养分受地理位置特别是经纬度影响的变化规律亟待揭示。以不同经纬度的 27 个地区的狗牙根土壤为材料,研究了狗牙根土壤养分随经纬度的变化规律,对全面认识中国野生狗牙根广泛分布的土壤基础有重要的理论意义和现实意义。

1 材料和方法

1.1 样地设置与土壤样品采集

于 2016 年 8 月在沿不同经纬度的 27 个地区对狗牙根根部土壤进行取样,每隔 100 km 用全球定位系统

(Global Positioning System, GPS) 确定采样地点,样点基本涵盖了我国狗牙根在不同经纬度连续分布的范围,同时收集 27 个采样地点气象站的年平均温度 (MAT) 与年平均降水量 (MAR) 等气象资料 (表 1)。在选择区域去除表层的枯枝落叶,挖土取样。每个地区的样方大小均为 5 m×5 m,在每个样方内进行 5 次随机取样,采集野生狗牙根表层土壤 (0~20 cm) 样品,将 5 次样品混合作为样方的最终样装入自封袋中带回实验室。在实验室自然风干,过筛后进行化学分析。

1.2 土壤养分测定方法

测定了 8 个狗牙根土壤理化指标,分别为全氮、碱解氮、有机质、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效磷以及 pH 值,土壤理化指标的测定主要参照鲍士旦^[20]的土壤农化分析方法。土壤全氮 (TN) 的测定采用半微量凯氏定氮法;碱解氮 (AN) 采用碱解扩散法测定;有

表 1 取样地的地理信息及气候条件

Table 1 Climate and geographic information of sampling sites

编号	地区	经度/E	纬度/N	年均降水量/mm MAR	年均温度/℃ MAT
1	连云港	119°27'06"	34°46'09"	883.9	14.5
2	郟城县	118°16'08"	34°38'37"	832.9	13.8
3	枣庄市	117°49'20"	34°38'48"	820.3	14.4
4	单县	116°09'11"	34°46'31"	621.4	14.2
5	兰考县	114°44'55"	34°49'32"	631.1	14.3
6	郑州市	113°38'20"	34°54'04"	640.8	14.7
7	洛阳市	112°19'30"	34°43'20"	673.2	14.4
8	三门峡市	111°03'49"	34°42'29"	558.1	14.0
9	潼关县	110°13'18"	34°33'41"	602.9	13.1
10	泾阳县	108°50'07"	34°32'32"	504.1	13.5
11	扶风县	107°52'41"	34°20'35"	569.9	12.8
12	天水市	105°57'34"	34°32'43"	500.7	11.4
13	磁县	114°11'51"	36°18'40"	509.2	13.4
14	辉县	113°48'23"	35°29'26"	586.9	14.6
15	许昌市	113°45'23"	34°00'30"	733.5	14.6
16	驻马店	114°03'45"	33°09'47"	990.4	15.2
17	信阳市	113°59'46"	32°08'38"	1 106.1	15.5
18	孝昌市	114°02'15"	31°18'59"	1 138.0	16.8
19	仙桃市	113°26'05"	30°25'48"	1 238.6	17.0
20	临湘市	113°26'48"	29°28'32"	1 582.5	16.8
21	浏阳市	113°33'42"	28°09'14"	1 551.3	17.5
22	攸县	113°23'07"	27°00'59"	1 518.4	18.1
23	桂东市	113°56'34"	26°03'49"	1 742.4	15.8
24	仁化市	113°43'17"	25°05'29"	1 660.9	19.9
25	英德市	113°22'08"	24°10'31"	1 835.9	21.2
26	广州市	113°22'22"	22°51'48"	1 906.8	22.8
27	中山市	113°23'17"	22°35'40"	1 846.8	22.0

机质(OM)采用重铬酸钾外加热法测定;速效钾(AK)采用 1 mol/L 乙酸铵浸提后,用 XSP 元素分析仪测量;土壤交换性钙,交换性镁含量用原子吸收分光光度计测定;有效磷(AP)的测定采用 Olsen 法;pH 采用(水土比 2.5:1)测定。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据处理,并用 SPSS 22.0 统计分析了不同经纬度土壤养分的平均值(Mean)、标准差(SD)以及变异系数(CV%)。用 Pearson 系数分析了土壤养分与经纬度及其气候因子的相关性。在分析不同经纬度狗牙根土壤养分综合质量时运用回归分析进行拟合,得出不同经纬度土壤养分综合质量的最优标准回归方程。根据狗牙根土壤的特点,选取土壤全氮、碱解氮、速效钾、有效硫、有效磷、交换性钙、交换性镁构成评价因子,对各个土壤养分质量指标值 Q_i 采取加乘法进行合成并计算^[21]:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n W_i \times Q(x_i) \quad (1)$$

式中: Q_i 为土壤养分质量综合指标值; W_i 为各评价因子的权重向量; $Q(x_i)$ 为各评价因子的得分值。 $Q(x_i)$ 采用如下方法确定^[21]。

$$x_i \leq x_{\min} Q(x_i) = x_i / x_{\min} [Q(x_i) < 1] \text{ 差}$$

$$x_{\min} < x_i \leq x_{\text{imid}} Q(x_i) = 1 + (x_i - x_{\min}) / (x_{\text{imid}} - x_{\min}) [1 \leq Q(x_i) < 2] \text{ 一般}$$

$$x_{\text{imid}} < x_i \leq x_{\max} Q(x_i) = 2 + (x_i - x_{\text{imid}}) / (x_{\max} - x_{\text{imid}}) [2 \leq Q(x_i) < 3] \text{ 良}$$

$$x_i > x_{\max} Q(x_i) = 3 [Q(x_i) = 3] \text{ 优}$$

式中: x_i 为养分因子测定值; x_{\min} 、 x_{imid} 、 x_{\max} 为各级分级标准; $Q(x_i)$ 为各测定因子的得分值。并用主成分分析和 Pearson 相关分析探讨了经度、纬度、气温、降水对狗牙根土壤的单个养分因子以及养分综合质量的影响。

2 结果与分析

2.1 不同经、纬度范围狗牙根土壤养分的变化规律

土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾、有效磷、交换性钙、交换性镁的变异系数在不同经度以及不同纬度地区差别较大,在不同经度地区,其变异系数均在 27% 以上,而在不同纬度地区这些指标的变异系数均在 33% 以上。养分含量指标的变异系数在不同经度与不同纬度地区的排序也不相同。在不同经度地区,变异系数大小排序为有效磷>交换性镁>速效钾>交换性钙>有机质>全氮>碱解氮>pH,在不同纬度地区变异系数大小排序为有效磷>有机质>碱解氮>交换性镁>交换性钙>速效钾>全氮>pH。对于土壤 pH 值,无论在经度地区还是在纬度地区,pH 的变异系数均最小(表 2,3)。

表 2 不同经度的土壤养分含量

Table 2 Soil nutrients content at different longitudes

编号	全氮 /(g · kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg · kg ⁻¹)	有机质 /(g · kg ⁻¹)	速效钾 /(mg · kg ⁻¹)	交换性钙 /(g · kg ⁻¹)	交换性镁 /(g · kg ⁻¹)	有效磷 /(mg · kg ⁻¹)	pH
1	0.87	110.50	18.70	122.00	0.90	0.13	12.30	6.72
2	1.35	127.00	32.35	285.00	2.80	0.25	68.95	6.87
3	1.26	102.50	28.30	203.00	2.59	0.42	17.25	6.87
4	1.50	120.00	33.85	243.00	6.11	0.26	25.30	6.98
5	1.07	83.50	23.10	265.00	5.81	0.54	26.00	7.39
6	1.11	91.50	17.00	329.00	4.46	0.36	78.10	6.75
7	2.09	101.00	40.25	490.00	8.30	0.23	31.40	7.37
8	1.09	89.00	25.85	476.00	8.89	0.33	23.70	7.47
9	1.17	109.50	21.95	293.00	7.73	0.14	56.60	7.50
10	0.89	71.00	24.00	743.00	8.63	0.76	42.50	7.87
11	0.9	169.50	15.60	215.50	9.53	0.24	34.00	7.69
12	1.16	170.00	31.95	199.50	8.96	0.25	19.40	7.21
Mean	1.21	112.08	26.08	322.00	6.23	0.33	36.29	7.22
SD	0.34	31.07	7.49	170.94	2.93	0.18	21.11	0.38
CV/%	27.90	27.70	28.70	53.10	47.00	54.40	58.20	5.30

表 3 不同纬度的土壤养分含量

Table 3 Soil nutrients content at different latitudes

编号	全氮 /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg·kg ⁻¹)	有机质 /(g·kg ⁻¹)	速效钾 /(mg·kg ⁻¹)	交换性钙 /(g·kg ⁻¹)	交换性镁 /(g·kg ⁻¹)	有效磷 /(mg·kg ⁻¹)	pH
13	1.55	64.00	105.50	144.00	7.47	0.24	6.25	6.07
14	1.14	73.00	34.00	343.67	8.45	0.26	41.30	6.87
15	1.28	73.00	26.60	243.67	4.70	0.33	11.80	7.08
16	1.39	73.50	25.10	236.33	3.33	0.30	29.15	5.72
17	1.20	63.00	21.65	197.83	4.63	0.38	28.40	7.16
18	0.69	28.50	11.55	113.58	2.07	0.35	6.30	6.81
19	1.07	59.50	15.60	131.67	3.81	0.18	7.70	6.14
20	1.88	38.50	41.95	127.33	2.85	0.19	25.90	6.32
21	1.05	39.00	19.40	139.58	2.15	0.12	15.30	5.94
22	0.79	45.00	15.95	131.50	2.30	0.12	5.05	6.86
23	0.45	13.00	11.80	168.50	1.97	0.08	4.30	7.02
24	1.24	48.50	38.50	160.83	2.99	0.11	22.30	6.83
25	1.28	71.00	24.55	133.17	4.65	0.08	12.45	7.12
26	1.48	164.50	26.65	353.00	1.91	0.15	135.00	5.99
27	0.63	54.00	16.10	214.67	3.14	0.12	12.30	6.56
Mean	1.14	60.53	28.99	189.29	3.26	0.20	24.23	6.57
SD	0.38	33.89	23.06	76.38	1.97	0.10	32.52	0.49
CV/%	33.29	55.99	79.53	40.35	52.40	50.91	134.21	7.47

2.2 中国狗牙根土壤各养分及其与经纬度、气候的相关性

相关分析结果表明,在不同经纬度地区,狗牙根土壤养分之间均存在明显的相关性,且经纬度和所在地气候对当地的土壤养分含量产生明显影响。在不同经度地区,有机质与全氮呈极显著正相关($P<0.01$);速效钾与碱解氮呈显著负相关($P<0.05$)、与交换性镁呈显著正相关($P<0.05$)、与 pH 呈显著正相关($P<0.05$);pH 与交换性钙呈极显著正相关($P<0.01$)。经度与交换性钙呈极显著负相关($P<0.01$)、与 pH 呈

极显著负相关($P<0.01$),气候因子中的平均年降水量与交换性钙呈极显著负相关($P<0.01$)、与 pH 呈显著负相关($P<0.05$),平均年温度与碱解氮呈显著负相关($P<0.01$)、与交换性钙呈显著负相关($P<0.05$),即狗牙根土壤交换性钙的含量与 pH 值从东到西显著增加(表 4,5)。

在不同纬度地区,有机质与全氮呈显著正相关($P<0.05$)、与交换性钙呈显著正相关($P<0.05$);碱解氮与速效钾、有效磷呈极显著正相关($P<0.01$);速效钾与有效磷呈极显著正相关($P<0.01$)。纬度与交换

表 4 经度、气候及土壤各养分指标间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients among longitude, climate and soil nutrient indexes

项目	全氮	碱解氮	有机质	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效磷	pH
碱解氮 AT	-0.03	1						
有机质 SOM	0.84**	0.04	1					
速效钾 AK	0.12	-0.58*	0.18	1				
交换性钙 Ca	0.08	0.20	0.10	0.49	1			
交换性镁 Mg	-0.27	-0.57	-0.09	0.64*	0.16	1		
有效磷 AP	0.02	-0.14	-0.19	0.23	-0.05	0.03	1	
pH	-0.15	-0.05	-0.09	0.61*	0.84**	0.41	-0.07	1
经度	0.15	-0.33	0.09	-0.37	-0.91**	-0.15	-0.02	-0.76**
平均年降水量 MAR	0.13	-0.09	0.05	-0.48	-0.91**	-0.34	-0.03	-0.74**
平均年温度 MAT	0.23	-0.71**	-0.03	0.09	-0.56*	0.13	0.10	-0.47

注:“**”表示相关性达极显著水平($P<0.01$),“*”表示相关性达显著水平($P<0.05$),下同

表 5 纬度、气候及土壤各养分指标间的相关系数

Table 5 Correlation coefficients among latitude, climate and soil nutrient indexes

项目	全氮	碱解氮	有机质	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效磷	pH
碱解氮 AT	0.47	1						
有机质 SOM	0.58*	0.13	1					
速效钾 AK	0.16	0.73**	-0.04	1				
交换性钙 Ca	0.32	0.14	0.60*	0.30	1			
交换性镁 Mg	0.21	0.07	0.11	0.20	0.35	1		
有效磷 AP	0.38	0.88**	-0.01	0.74**	-0.11	-0.02	1	
pH	-0.39	-0.31	-0.28	-0.09	0.14	0.07	-0.32	1
纬度	0.29	-0.13	0.45	0.06	0.66**	0.77**	-0.27	-0.08
平均年降水量 MAR	-0.23	0.03	-0.48	-0.17	-0.74**	-0.75**	0.23	0.03
平均年温度 MAT	-0.11	0.38	-0.36	0.09	-0.50	-0.62*	0.44	-0.02

性钙、交换性镁呈极显著正相关($P < 0.01$), 年均降水量与交换性钙($P < 0.01$)、与交换性镁呈极显著负相关($P < 0.01$), 年均温度与交换性镁呈显著负相关($P < 0.05$), 即狗牙根土壤交换性钙与交换性镁的含量从南到北显著增加(表 5)。

2.3 不同经纬度狗牙根土壤养分综合质量的比较

为了综合评价狗牙根土壤养分与经纬度、气候的关系, 对不同经度与不同纬度的土壤养分综合质量比较。各因子的权重向量表示各个土壤养分因子的重要性程度, 根据各个主成份中各个元素载荷量的大小以及各个主成份对所有主成份的贡献率, 可以对各养分因子进行排序并最后通过矩阵计算得出各个养分因子

的权重值。根据狗牙根土壤的特点和对其进行的综合分析, 简单确定狗牙根土壤养分评价因子分级标准。根据公式(1)计算各个地区的土壤养分质量综合指标值, 对比经度与纬度的土壤养分综合指标平均值, 经度的土壤养分综合质量大于纬度。经过回归分析进行拟合得出经度(E)与土壤养分质量综合指标值(Q_i)之间的最优拟合图(图 1)及其标准回归方程: $Q_i = -30.69 + 0.008E^2 + (-4.86E - 5)E^3, R^2 = 0.507$ 。以及纬度(N)与土壤养分质量综合指标值(Q_i)之间的最优拟合图(图 1)及其标准回归方程: $Q_i = 11.324 - 0.712N + 0.013N^2, R^2 = 0.458$ (表 6, 7)。

表 6 狗牙根土壤养分评价因子权重

Table 6 Weights of the soil nutrient evaluation factors

养分因子	全氮	碱解氮	有机质	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效磷
权重	0.14	0.13	0.16	0.15	0.13	0.14	0.15

表 7 狗牙根土壤养分评价因子分级标准

Table 7 Grading standards for soil nutrient evaluation factors

养分因子	全氮 /(g · kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg · kg ⁻¹)	有机质 /(g · kg ⁻¹)	速效钾 /(mg · kg ⁻¹)	交换性钙 /(g · kg ⁻¹)	交换性镁 /(g · kg ⁻¹)	有效磷 /(mg · kg ⁻¹)
X_{\min}	0.65	29.00	12.00	122.00	1.19	0.08	5.10
X_{mid}	1.16	73.00	24.55	214.67	4.46	0.24	23.70
X_{\max}	1.80	169.00	41.00	489.00	8.90	0.50	78.00

2.4 经纬度及气候因素对单个和综合土壤养分的影响分析

利用主成分分析和相关分析探讨经纬度、气温、降水对狗牙根土壤的单个养分因子以及养分综合质

量的影响。其主成分分析结果表明, 经纬度, 气候的环境因子前 2 个主成分的累计贡献率高达 97.11%。第 1 主成分分量主要体现了纬度、年均降水量、年均温度的信息; 第 2 主成分分量主要体现了经度的信

息。土壤养分因子的前3个主成分的累计贡献率为74.74%，基本反映出各土壤养分因子的信息(表8)。第1主成分分量主要体现了速效钾和交换性钙的信息；第2主成分分量主要体现了全氮和有机质的信息；第3主成分分量主要体现了有效磷的信息。相关分析可知(表9)，纬度，年均降水量和年均气温对速效钾和交换性钙有显著的影响($P < 0.01$)，对土壤

养分综合质量也有显著的影响($P < 0.01$)，经度对土壤养分综合质量的影响不显著，对其他土壤主成分的影响也不显著。速效钾和交换性钙对土壤养分综合质量有显著的影响($P < 0.01$)，贡献最大，全氮和有机质也对土壤养分综合质量有显著的影响($P < 0.01$)。其余土壤养分指标对土壤养分综合质量无显著影响。

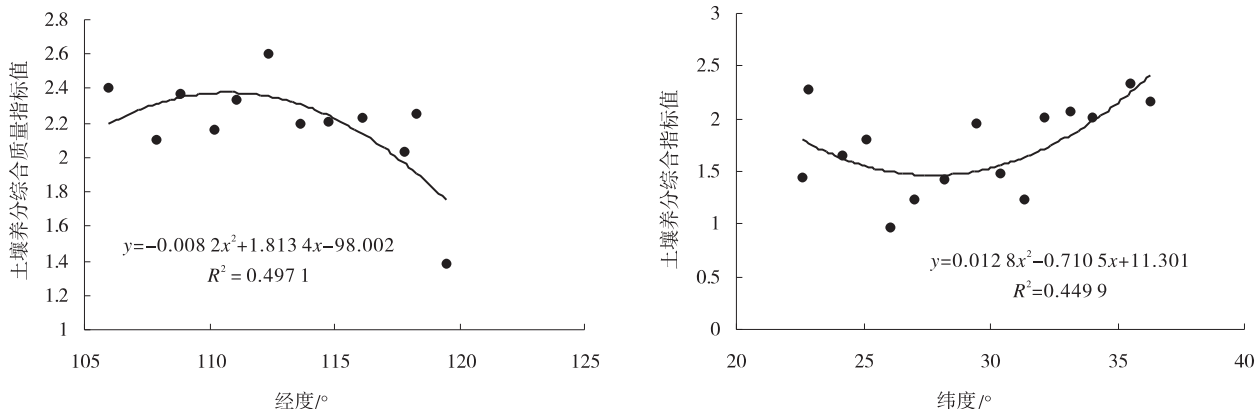


图1 不同经纬度土壤养分质量综合指标

Fig. 1 Comprehensive indexes for soil nutrient quality evaluation at different longitudes and latitudes

表8 主成分分析结果

Table 8 The results of principal component analysis

变量	主成分		变量	主成分		
	E-PC1	E-PC2		N-PC1	N-PC2	N-PC3
经度	0.213	0.977	全氮 TN	0.283	0.820	0.158
纬度	-0.975	0.193	碱解氮 AN	0.585	0.307	-0.461
年均降水量 MAR	0.980	-0.014	有机质 OM	0.117	0.714	0.588
年均温度 MAT	0.967	-0.006	速效钾 AK	0.845	-0.125	-0.051
贡献率/%	72.317	24.793	交换性钙 Ca	0.793	0.003	0.382
累计贡献率/%	72.317	97.110	交换性镁 Mg	0.643	-0.309	0.199
			有效磷 AP	0.447	0.379	-0.733
			pH	0.653	-0.550	0.147
			贡献率/%	35.236	22.871	16.635
			累计贡献率/%	35.236	58.107	74.742

注：E-PC 代表经纬度，气候等因素的主成分，N-PC 代表土壤养分因子的主成分，下同

表9 主成分和土壤养分综合质量之间的相关系数

Table 9 Correlation coefficients between primary components and soil quality

	N-PC1	N-PC2	N-PC3	E-PC1	E-PC2	Qi
N-PC1	1					
N-PC2	0.000	1				
N-PC3	0.000	0.000	1			
E-PC1	-0.631**	0.030	-0.333	1		
E-PC2	-0.340	0.183	0.027	0.000	1	
Qi	0.856**	0.439**	-0.037	-0.589**	-0.163	1

注：Qi 代表土壤养分综合质量指标值

3 讨论

3.1 不同经纬度土壤养分含量的变化

土壤养分含量在不同环境下存在明显的空间变异性,由于影响因素不同,土壤养分指标之间的变异程度也有所不同。在此次研究中狗牙根土壤养分含量在不同经纬度之间有较高的空间异质性,且无论在不同经度地区还是在不同纬度地区,狗牙根的土壤有效磷含量的变异是最高,这与磷的化学特性有很大的关系,土壤中磷的利用率低,且移动慢,易残留,因此,变异较大^[25]。但沿不同经度梯度的土壤养分含量变异系数普遍低于纬度梯度的变异系数值。造成这种现象的原因可能是沿纬度采样的空间尺度大于沿经度采样的空间尺度,拥有更为复杂的地形,成土母质、气候以及土壤条件,因此,沿纬度收集的狗牙根土壤养分的变异系数较高。

3.2 土壤养分含量,经纬度及气候因素的相关性分析

经纬度作为重要的地形因子,由于经纬度的改变,气候特征、植被类型、土壤类型以及地形地貌等均会发生明显的变化,从而导致土壤养分含量发生显著的改变^[26-28]。土壤的阳离子交换能力与土壤的物理、化学以及生物特性相互影响,是植物体内养分有效性的基础^[29-30]。土壤 pH、植被类型、环境因素(温度、降水、大气沉降)以及人为活动都可能会影响土壤阳离子交换量^[29,31]。对于我国不同经纬度地区的野生狗牙根,由于地形因子的改变,会对狗牙根土壤养分中的交换性钙、交换性镁含量以及土壤 pH 产生显著的影响。从东向西土壤交换性钙的含量与 pH 显著增加,且沿经度梯度土壤 pH 显著影响了交换性钙与速效钾的含量。随着经度的降低,植被覆盖度下降,蒸发量上升,酸性淋溶作用降低,pH 显著增大^[32],土壤慢慢偏碱性,会使土壤中的主要的阳离子—钾离子以及钙离子增加^[33],且交换性钙随着 pH 的增加,能够很好地吸附在土壤胶体表面,使其含量增加^[34]。研究中,沿经度梯度的温度因素对狗牙根土壤碱解氮的含量有显著的影响。这是由于温度会影响土壤中微生物环境,在经度梯度上,年平均温度普遍较低,较低的温度会使微生物的活动减弱,导致其对氮的矿化作用减小^[35],使土壤碱解氮的含量升高。随着纬度的降低,狗牙根土壤交换性钙以及交换性镁的含量呈现出显著降低的趋势。由于纬度的降低,植被的覆盖率以及水分蒸发量

并无明显的变化,因此,纬度对狗牙根土壤的 pH 无显著影响。不同纬度狗牙根土壤交换性镁与交换性钙的显著差异可能与沿纬度梯度的土壤性质的空间异质性以及气候因素有关。

无论是在经度地区还是在纬度地区,狗牙根土壤养分之间表现出明显的相关关系,尤其是狗牙根土壤的有机质含量与全氮含量始终呈显著正相关关系^[36]。说明了土壤养分的分布状况受地形、气候、母质以及土壤类型等因素的综合影响,从而表现出较强的空间相关性^[37],证实了土壤各养分之间并不是孤立存在的,而是相互联系,每个养分含量增加或者减少都会影响土壤其他养分的供应^[38]。

3.3 不同经纬度土壤养分综合质量评价

为了减少对土壤单一养分指标测定的片面性,误差性以及不显著性^[39],综合评价狗牙根土壤养分与经纬度的关系,计算了狗牙根土壤养分综合质量,结果表明,经度的狗牙根土壤养分综合质量平均值高于纬度,可能是沿纬度采样地点多,跨度大,植被类型、成土母质较为复杂,随机因素影响可能相对较大,从而影响了纬度地区的土壤养分综合质量。土壤养分综合质量与经度无显著的关系,但是纬度以及气候因素会对土壤养分综合质量值产生显著的影响。结果表明,从北向南降水与温度逐渐增加,土壤养分的综合质量也在逐步增高。与邱权等^[40]报道土壤养分含量指标总体呈现出随纬度的增加而提高这一结论相符。

4 结论

(1)在不同经纬度地区,狗牙根的土壤养分含量存在明显的空间异质性,且土壤养分含量指标之间存在一定的相关性。

(2)从东向西,狗牙根土壤的交换性钙含量以及 pH 显著增加;从南向北,狗牙根土壤的交换性钙以及交换性镁的含量显著增加。

(3)在经度梯度上的土壤养分综合质量指标值高于沿纬度梯度的指标值,土壤养分质量综合指标值受纬度以及气候的显著影响,经度对其影响不大。此次试验也存在一些不足之处,如土壤养分含量会随季节的变化而变化,也会受人为因素的影响。

参考文献:

- [1] Taliaferro C M. Diversity and vulnerability of bermuda turfgrass species[J]. Crop Science, 1995, 35(2): 327 -

- 332.
- [2] 王赞,吴彦奇,毛凯. 狗牙根研究进展[J]. 草业科学, 2001,18(5):37-41.
- [3] Robertson G P, Vitousek P M. Nitrification potentials in primary and secondary succession[J]. Ecology, 1981, 62(2):376-386.
- [4] Vitousek P M, Matson P A, Cleve K V. Nitrogen availability and nitrification during succession: Primary, Secondary, and Old-field seres[J]. Plant & Soil, 1989, 115(2): 229-239.
- [5] Yan F, Schubert S, Menge K. Soil pH changes during legume growth and application of plant material[J]. Biology and Fertility of Soils, 1996, 23(3): 236-242.
- [6] 田昆,莫剑锋,陆梅,等. 人为活动干扰对纳帕海湿地环境影响的研究[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 292-295.
- [7] Jian N. Carbon storage in terrestrial ecosystems of China: Estimates at different spatial resolutions and their responses to climate change[J]. Climatic Change, 2001, 49(3): 339-358.
- [8] Post W M, Izaurralde R C, Mann L K, *et al.* Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil//Storing carbon in agricultural soils: A Multi-Purpose environmental strategy[J]. Springer Netherlands, 2001, 51(1): 73-99.
- [9] 解宪丽,孙波,周慧珍,等. 不同植被下中国土壤有机碳的储量与影响因子[J]. 土壤学报, 2004, 41(5): 687-699.
- [10] 李武斌,何丙辉,王力,等. 九寨沟马脑壳金矿矿山土壤养分空间分布格局[J]. 草业学报, 2011, 20(3): 1-9.
- [11] 翟红娟,崔保山,赵欣胜,等. 异龙湖湖滨带不同环境梯度下土壤养分空间变异性[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 61-69.
- [12] Franzleubbers A J, Haney R L, Honeycutt C W, *et al.* Climatic influences on active fractions of soil organic matter[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2001, 33(7-8): 1103-1111.
- [13] 王博,刘卫国. 滦河流域水-土-植物硝酸盐和氮同位素组成及氮源示踪[J]. 地球环境学报, 2018, 9(5): 480-488.
- [14] 王云全,吴学群,彭占伟. 区域耕地土壤养分空间变异研究及影响因素分析—以昌宁县为例[J]. 热带作物学报, 2015, 36(4): 753-758.
- [15] PLASTER E J. Soil science and management[M]. Delmar, NY: Cengage Learning, 2012.
- [16] 吕怡忠,李保国. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [17] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 段敏敏,李培英,孙宗玖,等. PEG胁迫下50份新疆狗牙根种质芽期抗旱性鉴定[J]. 中国草地学报, 2015, 37(4): 27-34.
- [19] 黄春琼,刘国道,白昌军,等. 475份狗牙根种质资源形态多样性的研究[J]. 草业学报, 2012, 21(4): 33-42.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [21] 张庆费,宋永昌,由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174-178.
- [22] 王淑平,周广胜,吕育财,等. 中国东北样带(NECT)土壤碳、氮、磷的梯度分布及其与气候因子的关系[J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 513-517.
- [23] 王军,傅伯杰,邱扬,等. 黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1173-1178.
- [24] 连纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原小流域土壤养分空间变异特征及预测[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 946-954.
- [25] 赵倩倩,赵庚星,姜怀龙,等. 县域土壤养分空间变异特征及合理采样数研究[J]. 自然资源学报, 2012, 27(8): 1382-1391.
- [26] 刘志鹏. 黄土高原地区土壤养分的空间分布及其影响因素[J]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
- [27] 王苗苗,陈洪松,付同刚,等. 典型喀斯特小流域不同植被类型间土壤养分的差异性及其空间预测方法[J]. 应用生态学报, 2016, 27(6): 1759-1766.
- [28] Jiao F, Shi X R, Han F P, *et al.* Increasing aridity, temperature and soil pH induce soil C-N-P imbalance in grasslands[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 19601.
- [29] Havlin J H, Tisdale S L, Nelaon W L, *et al.* Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management [M]. Pearson Education, Prentice Hall, 2004.
- [30] Strawn D G, Bohn H L, O Connor G A. Soil Chemistry [M]. Oxford: John Wiley & Sons Inc, 2016.
- [31] 宾克利. 酸性沉降与森林土壤[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.
- [32] 李月梅. 柴达木盆地枸杞种植区土壤养分空间变异特征[J]. 西南农业学报, 2018, 31(8): 96-101.
- [33] 田圣贤,冯盼,杨山,等. 东北阔叶红松林腐殖质层土壤阳离子交换性能及其主要影响因素[J]. 生态学杂志, 2018, 37(9): 3-12.
- [34] 孙羲. 中国农业百科全书·农业化学卷[M]. 北京: 农业

出版社,1996:315—317.

[35] Peterjohn W T, Melillo J M, Steudler P A, *et al.* Responses of trace gas fluxes and N availability to experimentally elevated soil temperatures [J]. *Ecological Applications*, 1994, 4(3): 617—625.

[36] 李昌华, 铃木雅一. 江西省九连山区常绿阔叶林林冠截留量的估算[J]. *自然资源学报*, 1997, 12(3): 233—242.

[37] 张敏. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.

[38] 吕世丽, 李新平, 李文斌, 等. 牛背梁自然保护区不同海拔高度森林土壤养分特征分析[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2013, 41(4): 161—168.

[39] 刘世梁, 傅伯杰, 吕一河, 等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响[J]. *生态学报*, 2003, 1(3): 414—420.

[40] 邱权, 李吉跃, 王军辉, 等. 柴达木盆地不同居群白刺土壤养分空间变异性[J]. *西北林学院学报*, 2014, 29(3): 15—20.

Effects of different longitudes and latitudes on soil nutrition in wild bermudagrass distribution areas in China

WANG Miao-li, ZHANG Jing-xue, GUO Zhi-peng, QU-Gen, GUAN Yong-zhuo, GUO Yu-xia, YAN Xue-bing

(College of Animal and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Soil samples around *Cynodon dactylon* root system grown in China along the 34°N latitude line with 113°E longitude line were sampled, then total and available nitrogen, organic matter, available potassium, exchangeable Ca, exchangeable Mg, available phosphorus and pH in 27 regions were determined in the lab. Thereafter, the effects of geographical longitude with latitude on soil nutrient of bermudagrass was explored from the collected data. The results showed that there was significant spatial heterogeneity among soil nutrient contents, and the coefficient of variation of all soil nutrient indexes were above 27% in longitude and above 33% in latitude. Soil exchangeable Ca content ($P < 0.01$) and pH value ($P < 0.01$) were significantly and negatively correlated with longitude. The available nitrogen content ($P < 0.01$), exchangeable Ca ($P < 0.01$) content and pH ($P < 0.01$) were significantly effected by the local climatic factors along longitude gradients. Soil exchangeable Ca content ($P < 0.01$) and exchangeable Mg ($P < 0.01$) were significantly and positively correlated with latitude, while the local climatic factors along latitude gradients significantly effected the soil nutrients of those two. The average value of soil quality along longitude was greater than in latitude. Latitude and climatic factors significantly effected the soil quality, while the longitude will not. To sum up, the soil nutrients of bermudagrass showed obvious different with the changes of longitude and latitude. The exchangeable Ca content and the pH value were significantly increased with the decrease of longitude, while the contents of exchangeable Ca and exchangeable Mg were significantly decreased with the decrease of latitude.

Key words: bermudagrass; soil nutrient; longitude; latitude