

乌兰布和东北部典型土地利用的土壤养分特征

黄雅茹, 马迎宾, 郝玉光, 辛智鸣, 徐军, 董雪, 刘禹廷, 赵英铭

(中国林业科学研究院 沙漠林业实验中心, 内蒙古 碳口 015200; 内蒙古碳口荒漠生态系统国家定位观测研究站, 内蒙古 碳口 015200)

摘要:采用野外实地调查采样、室内样品分析相结合的方法,研究了乌兰布和沙漠东北部3种不同利用类型土地(耕地、林地、荒漠灌丛)的土壤养分特征,并对土壤肥力进行了综合评价。结果表明:研究区有机质含量、全氮、全钾、全磷分别为 8.02 ± 4.35 、 0.34 ± 0.14 、 0.37 ± 0.09 、 $16.10\pm2.04 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮、速效磷、速效钾分别为 18.48 ± 8.27 、 3.76 ± 0.89 、 $135.04\pm83.35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH值为 8.8 ± 0.20 ; 土地利用方式对有机质、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾、pH值影响显著($P<0.05$),对全氮、全钾影响不显著($P>0.05$); 三种土地利用方式下土壤有机质、土壤全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾随着土层深度的增加呈下降趋势; 土壤肥力综合评价的排序为荒漠灌丛(0.443)>林地(0.409)>耕地(0.312),荒漠灌丛与林地的土壤肥力为中等级水平,而耕地的肥力为低等级水平。荒漠灌丛与林地比耕地有利于土壤保肥。

关键词:土壤养分; 土地利用方式; 乌兰布和沙漠

中图分类号:S158.2 **文献标志码:**A

Analysis of soil nutrient characteristics under typical land uses in north-eastern Ulan Buh Desert

HUANG Ya-ru, MA Ying-bin, HAO Yu-guang, XIN Zhi-ming, XU Jun,
DONG Xue, LIU Yu-ting, ZHAO Ying-min

(Experimental Center of Desert Forestry, CAF, Dengkou, Inner Mongolia 015200;
Inner Mongolia Dengkou Desert Ecosystem National Observation Research Station, Dengkou, Inner Mongolia 015200)

Abstract: The objective of this study was to illustrate differences in soil nutrient characteristics under different land uses in north-eastern Ulanbuh Desert. Soil nutrient characteristics were evaluated under three different types of land uses. The results indicated that the total contents of organic matter, nitrogen, potassium, and phosphorus in soil samples were 8.02 ± 4.35 , 0.34 ± 0.14 , $0.37\pm0.09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $16.10\pm2.04 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively while the contents of available N, P, and K were 18.48 ± 8.27 , $3.76\pm0.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $135.04\pm83.35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. The soil pH was 8.8 ± 0.20 . Also, it is found that the land use type significantly affected soil organic matter, total P, available N, available P, available K, and pH value but it did not significantly affect the total N and K ($P < 0.05$). The contents of organic matter, total N, total K, total P, available N, available K, available P and pH decreased with increasing soil depth. Based on a comprehensive evaluation of soil fertility, the three plots were ranked from most to least fertile as desert shrub (0.443)>forest land (0.409)>farmland (0.312). The desert shrub and forest land were evaluated as medium fertility while the farmland was classified as low in fertility. These results suggested that desert shrub and forest land were more beneficial than farmland for maintaining soil fertility.

Keywords: nutrients characteristics; land use types; soil fertility; the Ulanbuh Desert

土地利用/覆被变化(LUCC)是全球环境变化的重要组成部分,其变化可导致生态系统结构的改

变,能够引起土壤管理措施的变化,因而对土壤质量产生重要影响,还可引起地表景观结构的巨大变化,其对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻^[1-5]。土地利用/土地覆盖变化主要通过影响土壤养分与土壤水分进而改变土壤性质和土地生产力^[6-7]。大量研究结果表明,土壤养分的含量、形态、分布和迁移转化不仅受土壤质地、气候、成土母质以及成土过程影响,同时还与土地利用方式、耕作制度等人为因素有关^[8-10]。土地利用类型的变化可以引起许多自然要素和生态过程的变化^[11]。

马志敏等^[12]研究表明人类长期的耕作活动以及耕地面积的扩大是导致土地生产力退化和盐碱化风险的主要原因。张晓东等^[13]对新疆艾比湖地区不同土地利用方式土壤养分进行研究,结果表明不同土地利用方式对土壤养分具有较大影响。王雪梅等^[14]与张淑娟等^[15]的研究进一步证实不同方式的土地利用对土壤养分含量有显著影响。张新荣等^[16]研究显示不合理的土地利用方式,可造成土壤理化性质变化和土壤养分的迁移,从而使土壤质量发生改变,导致土地退化。谢瑾等、李生等^[18]的研究也认为合理的土地利用方式是抑制土壤退化,提高土壤质量的有效措施。综上分析认为,合理的土地利用方式能改善土壤肥力水平,改良土壤结构,提高土壤抗蚀能力,进而改善区域生态环境。反之,不合理的土地利用方式会造成土壤结构破坏,导致土壤质量下降,最终使土地严重退化,对农产品的质量安全产生重大影响^[19-20]。

乌兰布和沙漠是我国的主要沙漠之一,地处我国华北和西北的结合部,位于我国西北干旱荒漠区的东缘,属于草原化荒漠地带,植被生态系统比较脆弱^[21]。由于受社会经济发展等因素的影响,人类活动对生态环境的干扰强度日益增大,乌兰布和沙漠东北缘绿洲土地利用/覆盖发生了剧烈的变化,出现了土壤盐渍化、沙漠化、贫瘠化等局部生态环境恶化问题^[22]。由于土壤养分是土壤肥力的重要标志,土壤养分的分配格局对土壤肥力及土地生产力有着重要影响。因此,深入研究不同土地利用方式的土壤养分特征对区域土地利用方式的合理选择、施肥的合理性、养分流失量的减少、土地生产力的提高及农牧业的可持续发展都具有十分重要的意义,对于该区合理利用土地和有效开发土地资源均具有积极作用。只有清楚地认识和把握土壤养分特征及其变化规律,才会使土地资源的科学合理利用成为可能,才能实现沙漠地区土壤的可持续利用。

因此,以乌兰布和沙漠东北部为研究区,对区内耕地、林地、荒漠灌丛3种土地利用方式土壤养分特征进行分析,并对3种土地的土壤肥力进行综合评价,旨在探讨荒漠绿洲区不同土地利用方式对土壤特征的影响,对了解该区域土地生态环境安全尤为重要,可为区域土地资源的合理利用及植被恢复与重建提供理论依据。

1 研究区概况

乌兰布和沙漠地理位置介于N39°40'~41°00',E106°00'~107°20',属于草原化荒漠地带。沙漠北部与狼山的西端相毗邻,向西进入阿拉善典型荒漠区,东侧濒临黄河,与著名的河套平原接壤。行政区划包括阿拉善左旗、乌海市、磴口县、杭锦后旗与乌拉特后旗的部分地区。地形起伏不大,主要为10 m以下的圆锥形沙丘或新月形沙丘。乌兰布和沙漠东北缘属于中温带半干旱大陆性气候,气候干旱,雨量稀少,分配不均,温湿同期,光照充足,热量丰富,多年平均降水量约140.3 mm(1954~2005年),全年降水季节分配不均,降水多集中于6~9月,研究区多年平均气温7.8℃,昼夜温差大,年日照时间为3 229.9 h,是我国日照时数最多的地区之一,光、热、水同期,地下水充足。风沙季节在11月至翌年5月之间,主风为西风和西北风,起沙风次数每年200~250次以上。地带性土壤为灰漠土和棕钙土,土壤形成的主要过程包括土地沙漠化过程、土壤盐渍化过程、草甸化和沼泽化过程以及人为绿洲化过程,这些地理过程形成了不同的土地类型,主要有灰漠土、灌淤土、草甸土、沼泽土、盐碱土、风沙土等。天然植被以旱生、超旱生类型的荒漠植被为主,如白刺(*Nitraria tangutorum* Bibr.)、油蒿(*Artemisia ordosica*)、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge)等,绿洲防护体系主要以新疆杨(*Populus alba* var. *pyramidalis* Bge.)、二白杨(*Populus gansuensis*)、小叶杨(*Populus simonii* Carr.)等杨树为主,农作物主要以向日葵(*Helianthus annuus* L.)、玉米(*Zea mays* L.)等为主。

2 研究方法

2.1 测定项目及方法

野外采样时间为2015年7月下旬,在研究区选择3种主要的土地利用方式(耕地、林地、荒漠灌丛),见表1。每种土地利用方式选择3块标准样地,每个样地按照梅花状选择5个采样点,每个采样

表1 样地基本情况

Table 1 Characteristics of sample plots

土地利用方式 Land use types	土壤类型 Soil types	主要物种 Main plant species
耕地 Farmland	风沙土 Aeolian sandy soil	玉米、向日葵 <i>Zea mays</i> L.、 <i>Helianthus annuus</i> L.
林地 Forest land	风沙土 Aeolian sandy soil	二白杨、梭梭、沙棘 <i>Populus gansuensis</i> 、 <i>Haloxylon ammodendron</i> (C. A. Mey.) Bunge、 <i>Hippophae rhamnoides</i> L.
荒漠灌丛 Desert shrub	风沙土 Aeolian sandy soil	驼绒藜、油蒿、白刺 <i>Ceratoides latens</i> (J. F. Gmel.) <i>Reveal et Holmgren</i> 、 <i>Artemisia ordosica</i> 、 <i>Nitraria tangutorum</i> Bobr.

点设置2个重复,在每个取样点对土壤进行取样,取样深度依次为0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm,共取得土壤样品450份。风干,除去砾石和枯落物,过2 mm筛。测定的指标有:土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质、pH值。

全氮的测定用半微量开氏蒸馏法;全磷的测定用HClO₄-H₂SO₄氧化钼锑抗比色法;全钾的测定用NaOH熔融火焰光度法;碱解氮的测定用碱解扩散法;速效磷的测定用分光光度计法;速效钾的测定用火焰光度计法;土壤有机质的测定用重铬酸钾容量法;pH值测定用电位法^[23]。

2.2 数据处理及分析

采用Microsoft excel和SPSS 17.0软件进行数据处理,数据结果以平均数±标准误表示。采用单因素方差分析(ANOVA)进行多重比较,显著水平为P<0.05。

土壤肥力是受多种因素影响的一个较为复杂的综合情况,不能只从一个指标单方面进行评价。为此本文选取了土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全钾、全磷、pH值8个指标,采取隶属函数^[23]及土壤综合质量指数进行综合评价^[24]。

首先运用隶属函数将8个土壤养分指标数据进行标准化,应用公式(1)。

$$\mu(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{j,\min}}{X_{j,\max} - X_{j,\min}} \quad (1)$$

式中,μ(X_{ij})为各土壤养分指标的隶属度值,X_{ij}为土壤养分指标值,X_{j,max}、X_{j,min}分别为第j项土壤养分指标的最大值和最小值。

然后,土壤各个养分指标对土壤综合质量指数H的重要性与贡献不同,通常用权重W_j来表示各个养分指标的重要性。各个养分指标的权重确定采

用标准差系数法,首先用公式(2)计算标准差系数V_j,将公式归一化后得到各指标的权重W_j,然后通过公式(4)求出土壤综合质量指数,H越大,土壤质量越高^[24]。

$$V_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}}{\bar{X}_j} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad (3)$$

$$H = \sum_{j=1}^n [\mu(X_{ij}) \times W_j] \quad (4)$$

3 结果与分析

3.1 研究区土壤养分总体特征

将所有土样的8项养分指标分别进行算术平均(表3),全氮、全磷、全钾分别为0.34±0.14、0.37±0.09、16.10±2.04 g·kg⁻¹,碱解氮、速效磷、速效钾分别为18.48±8.27、3.76±0.89、135.04±83.35 mg·kg⁻¹,有机质含量为8.02±4.35 g·kg⁻¹,pH值为8.8±0.20。一般认为变异系数>100%为强变异,10%~100%为中等变异,<10%为弱变异^[14]。土壤各养分指标均属于弱变异,其中pH值变异系数仅为2.27%,变异性非常小。

3.2 不同土地利用类型土壤养分状况

由表3可见,耕地、林地及荒漠灌丛三种土地利用方式土壤养分指标存在不同程度的差异。全氮含量大小顺序依次为荒漠灌丛>林地>耕地,差异不显著(P>0.05),即不同土地利用方式下土壤全氮含量差异不大,其大小顺序与有机质变化顺序一致。由表4可知,随着土层深度的增加全氮含量呈下降趋势,耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm土层的全氮含量分别是80~100 cm土层的3.5、1.4、4.4倍。碱解氮由于受全氮的影响较大,故其含量的排序同全氮一致,碱解氮含量从高到低为荒漠灌丛>林地>耕地,差异显著(P<0.05)。由表4可知,随着土层深度的增加碱解氮含量呈下降趋势。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm土层的碱解氮含量分别是80~100 cm土层的1.3、1.5、5.4倍。就表层0~20 cm碱解氮含量来看,荒漠灌丛分别是林地、耕地的1.5、2.5倍。

全磷含量从高到低为耕地>林地>荒漠灌丛,差异显著(P<0.05)。由表4可知,三种土地利用类型随着土层深度的增加,全磷含量大致呈下降趋势。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm土层的全磷含量分别是80~100 cm土层的1.9、1.4、1.2倍。就表层0~

20 cm 全磷含量来看,耕地分别是林地、荒漠灌丛的1.1、1.5倍。速效磷含量从高到低为耕地>林地>荒漠灌丛,耕地与林地差异不显著($P>0.05$),荒漠灌丛分别与耕地、林地差异显著($P<0.05$)。由表4可知,三种土地利用类型随着土层深度的增加,速效磷含量呈下降趋势。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm 土层的速效磷含量分别是80~100 cm 土层的1.5、1.2、2.3倍。就表层0~20 cm 速效磷含量来看,耕地分别是林地、荒漠灌丛的1.2、1.2倍。

全钾含量从高到低为耕地>林地>荒漠灌丛,差异不显著($P>0.05$),速效钾含量从高到低为耕地>荒漠灌丛>林地,差异显著($P<0.05$)。土壤全钾含量和速效钾含量随着土层深度的增加呈下降趋势。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm 土层的全钾含量分别是80~100 cm 土层的1.4、1.2、1.7倍。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm 土层的速效钾含量分别是80~100 cm 土层的15.6、3.1、3.8倍。就表层0~20 cm 速效钾含量来看,林地分别是荒漠灌丛、耕地的1.4、2.6倍。

有机质是土壤的重要组成部分,在一定程度上能够改良土壤结构,提高土壤的保肥性,是土壤微生物生命活动的能源,因此,土壤有机质的含量在一定程度上反映着土壤健康状况^[25]。由表3可知,有机质含量从高到低为荒漠灌丛>林地>耕地,荒漠灌丛与林地、荒漠灌丛与耕地均差异显著($P<0.05$),耕地与林地差异不显著($P>0.05$)。由表4可知,土壤有机质随着土层深度的增加呈下降趋势。耕地、林地、荒漠灌丛0~20 cm 土层的有机质含量分别是80~100 cm 土层的1.5、5.3、6.5倍。就表层0~20 cm 有机质含量来看,荒漠灌丛分别是林地、耕地的1.5、2.3倍。

土壤pH值是非常重要的土壤化学性质之一,直接影响土壤养分元素的存在形态及生物有效性^[26]。土壤酸碱性对土壤微生物的活性、矿物质及有机质的转化起着非常重要的作用,并影响养分及

农药等在土壤中的利用、转化和降解^[27]。由表3可以看出,耕地、林地、荒漠灌丛的土壤pH值均大于8.697,均属于碱性土壤,从高到低为荒漠灌丛>林地>耕地,荒漠灌丛与耕地、林地差异显著($P<0.05$),耕地与林地两者差异不显著($P>0.05$)。由表4可以看出,每种土地利用方式土壤pH值在不同土层深度变化幅度都较小。

3.3 不同土地利用方式下土壤肥力综合评价

本研究选了8项土壤养分指标,通过公式(1)~(4)分别计算出不同土地利用方式土壤肥力综合评价值,如表5所示,土壤肥力顺序为荒漠灌丛>林地>耕地。前人采用等间距法将土壤肥力综合评价值划分为5级水平(>0.8为极高等级、0.6~0.8为高等级、0.4~0.6为中等级、0.2~0.4为低等级和<0.2为极低等级)^[28~29]。由此可知,本文中研究区的土壤肥力处于中等级(0.443,0.409)和低等级(0.312)两个水平。总体而言,研究区土壤肥力水平比较低。

4 讨论与结论

4.1 不同土地利用方式下土壤养分变化

本研究3种土地利用方式下有机质、全氮、碱解氮、pH值大小顺序依次为荒漠灌丛>林地>耕地。荒漠灌丛有机质含量最高,主要是因为灌丛的植被覆盖度较大、群落结构较复杂,枯落物量大,凋落物保存较好,人为干扰较少,从而使土壤的有机质含量较高;林地因植被结构单一、林下植被较少,导致地上部分枯落物少,因此有机质含量相对较低;耕地因经常施氮肥和磷肥,很少施有机肥,加上玉米和向日葵收获后基本没有枯落物还回耕地,不利于有机碳积累,所以耕地的有机质含量最低。荒漠灌丛全氮与碱解氮含量高于林地,林地高于耕地,主要原因是土壤腐殖质、动植物和微生物残体、施入土壤中的有机肥料均是全氮的主要来源,全氮与有机质存在极大的相关性,一般而言,土壤全氮的95%

表2 研究区土壤养分状况

Table 2 Soil nutrient properties

养分指标 Nutritional index	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	均值 Average value	标准差 Standard deviation	CV/%
全氮 Total nitrogen/(g·kg ⁻¹)	0.74	0.15	0.34	0.14	41.18
全磷 Total phosphorus/(g·kg ⁻¹)	0.50	0.27	0.37	0.09	24.32
全钾 Total potassium/(g·kg ⁻¹)	19.60	11.30	16.10	2.04	12.67
碱解氮 Available nitrogen/(mg·kg ⁻¹)	38.00	7.00	18.48	8.27	44.75
速效磷 Available phosphorus/(mg·kg ⁻¹)	5.60	2.00	3.76	0.89	23.67
速效钾 Available potassium/(mg·kg ⁻¹)	363.00	9.00	135.04	83.35	61.72
有机质 Organic matter/(g·kg ⁻¹)	17.60	2.26	8.02	4.35	54.24
pH值 pH value	9.2	8.5	8.8	0.20	2.27

来源于有机质^[30],荒漠灌丛与林地枯落物数量较多,土壤中有机质含量也就随之有所增加,虽然耕地有人为施肥作用,但农作物生长也需要吸收氮素,碱解氮含量也就相对较低。研究区pH值空间变异性很小,比较均衡。影响土壤pH值变化的因素

较多,如土壤利用方式、地下水盐类的成分和含量、蒸发量、降雨量、植物生长状况等^[31]。本研究中可能是因为研究区降雨量少而蒸发量大,使得区域水资源短缺,因而地下水位及其盐类成分对土壤pH值的影响较小。

表3 不同土地利用方式下土壤养分特征

Table 3 The nutrient characteristics of soil under different land use types

养分指标 Nutritional index	土地利用方式 Land use types		
	耕地 Farmland	林地 Forest land	荒漠灌丛 Desert shrub
全氮 Total nitrogen/(g·kg ⁻¹)	0.33±0.13a	0.33±0.04a	0.36±0.20a
全磷 Total phosphorus/(g·kg ⁻¹)	0.44±0.09a	0.37±0.06b	0.29±0.02c
全钾 Total potassium/(g·kg ⁻¹)	16.70±1.88a	16.51±1.06a	15.17±2.55a
碱解氮 Available nitrogen/(mg·kg ⁻¹)	12.89±1.42c	19.75±3.52b	22.80±11.81a
速效磷 Available phosphorus/(mg·kg ⁻¹)	4.27±0.68a	4.05±0.36a	2.96±0.90b
速效钾 Available potassium/(mg·kg ⁻¹)	182.00±93.38a	91.80±52.62c	131.33±72.07b
有机质 Organic matter/(g·kg ⁻¹)	6.11±1.03b	6.42±3.55b	11.53±4.96a
pH值 pH value	8.70±0.15b	8.75±0.02b	9.10±0.06a

注:表中数据均为均值±标准差,同行不同字母表示同一养分指标不同样地的差异显著($P<0.05$)。

Note: values are in format of means ±SD; different letters within same row indicate significant differences at 0.05 level among different plots.

表4 不同土地利用方式下不同土层深度土壤养分变化

Table 4 Soil nutrient variation of various soil depth

养分指标 Nutritional index	土层深度 Soil depth/cm	土地利用方式 Land use types		
		耕地 Farmland	林地 Forest land	荒漠灌丛 Desert shrub
全氮/(g·kg ⁻¹) Total nitrogen	0~20	0.39±0.08c	0.52±0.04b	0.74±0.06a
	20~40	0.36±0.07b	0.40±0.08a	0.34±0.07c
	40~60	0.34±0.08a	0.35±0.05a	0.31±0.09a
	60~80	0.30±0.06a	0.23±0.06b	0.24±0.08b
	80~100	0.28±0.03a	0.15±0.05b	0.17±0.05b
全磷/(g·kg ⁻¹) Total phosphorus	0~20	0.50±0.02a	0.47±0.03b	0.33±0.04c
	20~40	0.49±0.06a	0.40±0.05b	0.30±0.03c
	40~60	0.46±0.07a	0.33±0.05b	0.28±0.03c
	60~80	0.49±0.07a	0.30±0.04b	0.29±0.02c
	80~100	0.27±0.02b	0.33±0.05a	0.27±0.02b
全钾/(g·kg ⁻¹) Total potassium	0~20	19.60±1.25a	17.35±1.36a	18.67±2.08a
	20~40	17.40±1.22a	17.20±1.89a	16.33±2.21a
	40~60	17.20±2.54a	17.15±1.68a	16.10±2.31a
	60~80	14.80±1.62b	16.30±1.75a	13.47±1.56c
	80~100	14.50±2.45a	14.53±2.06a	11.27±1.55b
碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Available nitrogen	0~20	15.11±1.24c	25.25±1.78b	38.00±1.49a
	20~40	14.00±2.49c	22.50±1.63b	35.00±2.56a
	40~60	12.00±2.85b	18.00±1.79a	17.00±2.37a
	60~80	11.96±2.65b	16.50±1.54a	17.00±1.24a
	80~100	11.37±1.76b	16.50±1.29a	7.00±0.58c
速效磷/(mg·kg ⁻¹) Available phosphorus	0~20	5.57±0.33a	4.63±0.28b	4.50±0.55b
	20~40	4.20±0.34a	4.33±0.20a	3.40±0.95a
	40~60	4.03±0.18a	3.75±0.33ab	2.60±0.89b
	60~80	3.90±0.11a	3.80±0.31a	2.30±0.68b
	80~100	3.63±0.29a	3.75±0.77a	2.00±0.22b
速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available potassium	0~20	140.00±35.64c	362.50±12.69a	266.67±15.67b
	20~40	130.00±33.25c	182.50±11.34a	143.33±20.89b
	40~60	130.00±26.89a	130.00±15.44a	93.33±20.38b
	60~80	50.00±6.74c	117.50±12.65a	83.33±15.99b
	80~100	9.00±2.48c	117.50±11.43a	70.00±13.52b
有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	0~20	7.58±0.35c	11.90±0.07b	17.55±0.65a
	20~40	7.12±0.08b	8.90±0.09b	13.49±0.64a
	40~60	5.50±0.04b	5.53±0.07b	13.48±0.22a
	60~80	5.31±0.12b	3.49±0.05b	10.41±0.25a
	80~100	5.06±0.22a	2.26±0.15b	2.71±0.21b
pH值 pH value	0~20	8.90±0.32a	8.70±0.21ab	9.10±0.06a
	20~40	8.63±0.28a	8.75±0.52b	9.10±0.19a
	40~60	8.53±0.24a	8.78±0.06a	9.00±0.28a
	60~80	8.57±0.19b	8.75±0.08b	9.10±0.15a
	80~100	8.85±0.11a	8.75±0.19a	9.20±0.13a

表5 不同土地利用方式下土壤肥力综合评价
Table 5 Comprehensive assessment of soil fertility under various land uses

土地利用方式 Land use types	土层深度/cm Soil depth	综合评价值	
		Integrated assessment value	均值 Mean
耕地 Farmland	0~20	0.471	0.312±0.122b
	20~40	0.397	
	40~60	0.324	
	60~80	0.249	
	80~100	0.118	
林地 Forest land	0~20	0.741	0.409±0.190a
	20~40	0.486	
	40~60	0.342	
	60~80	0.263	
	80~100	0.213	
荒漠灌丛 Desert shrub	0~20	0.864	0.443±0.255a
	20~40	0.546	
	40~60	0.392	
	60~80	0.311	
	80~100	0.100	

本研究中全磷、速效磷、全钾含量大小顺序为耕地>林地>荒漠灌丛。土壤母质和成土作用影响着土壤全磷含量,农田耕作施肥等一系列的人为干扰活动对其也产生一定程度的影响^[32],不同土地利用方式全磷含量差异显著($P<0.05$),其主要原因是耕地土壤磷含量主要受施肥以及植物生长吸收等影响,速效磷的含量主要受人为活动影响,马琨等^[33]认为受大量磷肥施加的影响,农耕地土壤速效磷含量高于林地等自然植被土壤。由此可见,不同土地利用方式土壤速效磷含量与农牧业活动密切相关,农耕地长期施用农家肥及主要农作物需磷少是造成其磷含量高于林地的主要原因。全钾含量主要受母质中矿物成分影响^[34],故其含量在各样地之间差异不显著($P>0.05$)。

三种土地利用方式土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾随着土层深度的增加呈下降趋势。这与赵心苗等^[35]、魏强等^[36]、王海燕等^[26]及马和平等^[37]的研究结果相同。荒漠化地区随着植被恢复,有助于土壤有机质的形成,但是腐殖化作用局限在表层,对下层土壤影响较小^[38]。凋落物及植物根系分解形成的有机碳首先进入表层,而土壤氮素和磷素主要来源于植被枯落物的归还与分解^[39],土壤钾素的表聚性可能与土壤蒸发和植被根系的吸收作用有关^[40]。

4.2 不同土地利用方式下土壤肥力综合评价

土壤肥力高低受土壤养分含量变化的影响,而且土壤肥力的高低同时还受植物本身对养分的吸收能力的影响,但更取决于各因子的协调程度,是诸多肥力因素综合作用的反映^[41~42]。本文结果显示,耕地、林地、荒漠灌丛的土壤肥力综合评价值分别为0.312,0.409,0.443。本研究所得出的土壤肥

力评价值能够反映出该区不同林地当前的土壤肥力状况,即荒漠灌丛土壤肥力优于林地,林地土壤肥力优于耕地。

多数学者研究表明,沙区灌丛具有良好的自肥能力^[43~46],这与本研究结果一致。灌丛可捕获周围风蚀物质,簇状树冠对凋落物亦有较好的保护作用,可明显改善土壤结构和养分状况^[44],而乔木树干通直,对林木周边的土壤肥力保护作用较差。本研究中,灌丛土壤肥力优于林地和耕地。灌丛遮荫不仅降低了植物发育受干旱胁迫的程度,灌丛密集或带刺的枝条还可减少动物啃食,保护其林下草本植被^[45]。有学者对根系的研究表明,就整个根系的年周转速率而言,灌木的周转率高于乔木,当然不同的植被类型也会表现出一定的差异^[31]。所以,荒漠灌丛土壤肥力高于林地。

在不同的土地利用方式下,土壤养分会随着人为干扰程度的增加而降低^[42],耕地因人为活动影响较大,耕作频繁,对土壤养分的输入及输出有较大的影响,其人为干扰程度远远大于自然、半自然状态利用方式下的荒漠灌丛及林地,这与洪畅^[47]的研究结果相似。频繁的耕作会导致有机质分解过快而损耗有效养分,并且不平衡的施肥方式不利于改善土壤中养分物质的循环过程,植被恢复对土壤养分的影响等方面研究成果较多,且得出结论相对比较一致,即植被恢复后土壤各养分会逐渐积累,林地因为植被覆盖度较大,凋落物和死亡的根系使土壤中有机质相对丰富,通过这些有机质的积累和分解,土壤的物理和化学特性逐渐得到改善,因而林地土壤肥力高于耕地^[48]。

不同土地利用类型的土壤肥力质量随土层深度的增加而变差,表层土壤肥力质量较好,这与其他学者的研究结果一致^[49~50]。这可能是因为表层土壤受凋落物的影响较大^[51]。凋落物对地表土壤的熟化作用使得土壤养分在表层聚集,土壤结构也得到改善,有机质含量和其他养分含量提高^[52]。

参 考 文 献:

- Xu J, Fox J, Vogler J, et al. Land-use and land-cover change and farmer vulnerability in Xishuangbanna prefecture in southwestern China[J]. Environmental Management, 2005, 36(3):404~413.
- Luo G P, Chen X, Xu W Q. Soil properties related to land-use systems in oases of Sangong river water shed, Xinjiang[J]. Journal of Geography Science, 2008, 18(4): 483~498.
- 冯广京,林坚,胡振琪,等.2013年土地科学研究重点进展评述及2014年展望[J].中国土地科学,2014,28(1):3~19.
- Turner M G. Landscape ecology: The effect of pattern on process[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1989, (20):171~197.
- 后立胜,蔡运龙.土地利用/覆盖变化研究的实质分析与进展评述

- [J].地理科学进展,2004,23(6):96-104.
- [6] 潘佩佩,杨桂山,苏伟忠.土地利用变化对土地生产力的影响研究进展[J].地理科学进展,2012,31(5):539-550.
- [7] 马杰,李兰海,白磊,等.不同土地利用类型土壤养分变化研究[J].灌溉排水学报,2014,33(2):77-79.
- [8] 李宝富,熊黑钢,张建兵,等.古尔班通古特沙漠与绿洲交错带土地利用变化对土壤特性的影响[J].冰川冻土,2012,34(3):573-582.
- [9] 宋希娟,王克林,刘淑娟,等.桂西北喀斯特地区不同土地利用方式土壤的有机碳含量及养分特征[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(6):655-659.
- [10] 唐成,杜虎,宋同清,等.喀斯特峰丛坡地不同土地利用方式下土壤N、P空间变异特征[J].生态学杂志,2013,32(7):1683-1689.
- [11] 张汪寿,李晓秀,黄文江,等.不同土地利用条件下土壤质量综合评价方法[J].农业工程学报,2010,26(12):311-318.
- [12] 马志敏,吕一河,孙飞翔,等.黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应[J].生态学报,2013,33(19):6328-6334.
- [13] 张晓东,李忠,张峰.新疆艾比湖地区不同土地利用类型土壤养分及活性有机碳组分研究[J].水土保持研究,2017,24(05):55-62.
- [14] 王雪梅,柴仲平,杨雪峰.荒漠绿洲区不同土地利用方式下土壤养分差异分析[J].干旱地区农业研究,2017,35(01):91-96.
- [15] 张淑娟,王道杰,梅永丽,等.泥石流多发区小流域土地利用方式对土壤性质的影响[J].水土保持学报,2015,29(1):257-262.
- [16] 张新荣,刘林萍,方石,等.土地利用、覆被变化(LUCC)与环境变化关系研究进展[J].生态环境学报,2014,23(12):2013-2021.
- [17] 谢瑾,李朝丽,李永梅,等.纳板河流域不同土地利用类型土壤质量评价[J].应用生态学报,2011,22(12):3169-3176.
- [18] 李生,任华东,姚小华.土地利用方式对桂西北石漠化地区土壤理化性质的影响[J].水土保持通报,2013,33(3):58-62.
- [19] 贡璐,张雪妮,吕光辉,等.塔里木河上游典型绿洲不同土地利用方式下土壤质量评价[J].资源科学,2012,34(1):120-127.
- [20] 许明祥,刘国彬,赵允格.黄土丘陵区土地利用及环境因子对土壤质量指标变异性的影响[J].应用生态学报,2011,22(2):409-417.
- [21] 王彦武,廖超英,孙长忠,等.毛乌素沙地固沙林土壤化学性质差异[J].土壤通报,2009,40(4):776-780.
- [22] 乔木,周生斌,卢磊,等.新疆渭干河流域土壤盐渍化时空变化及成因分析[J].地理科学进展,2012,31(7):904-910.
- [23] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [24] 高君亮,罗凤敏,高永,等.阴山北麓不同土地利用类型土壤养分特征分析与评价[J].草业学报,2016,25(4):230-238.
- [25] 陈立新.落叶松人工林土壤质量变化规律与调控措施的研究[D].北京:中国林业科学研究院,2003:20-31.
- [26] 王海燕,雷相东,张会儒,等.近天然落叶松云冷杉林土壤养分特征[J].东北林业大学学报,2009,37(11):68-70.
- [27] 夏东旭,王建安,刘国顺,等.永德烟区土壤pH值分布特点及其与土壤有效养分的关系[J].河南农业大学学报,2012,46(2):121-126.
- [28] 赵军,尚杰,耿荣,等.西安咸阳国际机场绿地土壤养分分析与评价[J].西北林学院学报,2015,30(1):257-262.
- [29] Gill RA, Jackson RB. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems[J]. New Phytologist, 2000, 147: 13-31.
- [30] 郑子成,李廷轩,何淑勤,等.保护地土壤生态问题及其防治措施的研究[J].水土保持研究,2006,13(1): 18-20.
- [31] 何贵永,孙浩智,史小明,等.青藏高原高寒湿地不同季节土壤理化性质对放牧模式的响应[J].草业学报,2015,24(4):12-20.
- [32] 顾振宽,杜国祯,朱炜歆,等.青藏高原东部不同草地类型土壤养分的分布规律[J].草业科学,2012,29(4):507-512.
- [33] 马琨,马斌,何宪平,等.宁夏南部山区不同土地类型土壤养分的分布特征研究[J].农业科学学报,2006,27(2):1-5+14.
- [34] 苏振声,孙永芳,付娟娟,等.不同放牧强度下西藏高山嵩草草甸土壤养分的变化[J].草业科学,2015,32(3):322-328.
- [35] 赵心苗,王永明,张荣风,等.冀北山地海拔对华北落叶松人工林土壤养分特征的影响[J].河北农业大学学报, 2013, 36(4): 56-61+81.
- [36] 魏强,凌雷,柴春山,等.甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质[J].生态学报, 2012, 32(15): 4700-4713.
- [37] 马和平,郭其强,刘合满,等.西藏色季拉山东麓垂直带土壤碳氮分布特征及其影响因素[J].西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(1): 91-96.
- [38] 常庆瑞,高亚军,刘京.陕北农牧交错带荒漠化土壤肥力水平研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(1): 29-33.
- [39] 苟丽晖,孙兆地,聂立水,等.北京松山自然保护区不同母质油松林土壤氮、磷、钾含量垂直分布[J].应用生态学报, 2013, 24(4): 961-966.
- [40] Esteban G. Jobbágy, Robert B. Jackson. The distribution of soil nutrients with depth: global patterns and the imprint of plants[J]. Biogeochemistry, 2001, 53(1): 51-77.
- [41] 黎妍妍,许自成,肖汉乾,等.湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(11): 179-183.
- [42] 谢瑾,李永梅,侯天才.纳板河流域不同土地利用类型下土壤综合肥力分析[J].云南农业大学学报,2012,27(3):401-407.
- [43] 曹成有,蒋德明,全贵静,等.科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工固沙区土壤理化性质的变化[J].水土保持学报,2004,18(6): 108-111+131.
- [44] 任雪,褚贵新,宋日权,等.准格尔盆地南缘绿洲-荒漠过渡带梭梭“肥岛”效应特征[J].土壤通报,2010,41(1):100-104.
- [45] 苏永中,赵哈林,张铜会,等.科尔沁沙地不同年代小叶锦鸡儿人工林植物群落特征及其土壤特性[J].植物生态学报,2004,28(1): 93-100.
- [46] 王雷涛,郑路,尹林克,等.覆土及微生物菌剂对荒漠区人工林凋落叶分解及养分动态的影响[J].干旱区研究,2010,27(5): 726-733.
- [47] 洪畅,张华,郑婷婷.辽东半岛丘陵区土地利用方式对土壤特性的影响[J].国土与自然资源研究,2017,(04):66-68.
- [48] 张广帅,邓俊俊,杜锐.泥石流滩地不同土地利用类型土壤肥力质量综合评价[J].福建林学院学报,2014,34(3):214-219.
- [49] Dong X W, Zhang X K, BAOX L, et al. Spatial distribution of soil nutrients after the establishment of sand-fixing shrubs on sand dune [J]. Plant Soil and Environment, 2009, 55(7): 288-294.
- [50] 靳正忠,雷加强,李生宇,等.流动沙漠腹地防护林土壤肥力质量垂直演化与评价[J].土壤学报,2010,47(6): 1075-1085.
- [51] 董锡文,张晓珂,姜思维,等.科尔沁沙地固定沙丘土壤氮素空间分布特征研究[J].土壤,2010,42(1):76-81.
- [52] 王佑民.中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J].水土保持学报, 2000, 14(4): 108-112.