

沙漠水渠人工固沙区沙蒿和沙拐枣灌丛的土壤水分特征对比

侯建秀¹,张元明²,陶 冶^{2,3},全永威¹,李铭杰¹,杜晓虎¹

(1.新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局,新疆 乌鲁木齐 830000;2.中国科学院干旱区生物地理与生物资源重点实验室,中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011;3.中国科学院研究生院,北京 100049)

摘 要:在古尔班通古特沙漠引水渠沿线建植 5 a 的人工固沙区内,选择自然生长的沙蒿和沙拐枣灌丛,依据冠幅大小设置 5 个水平距离梯度和 4 个土层深度梯度,对比研究了二者的土壤水分特征。结果表明,随土层深度的增加,两种灌丛土壤含水量均呈增加趋势,其中下部 2 层(20~40 cm 和 40~60 cm)土壤含水量显著($P<0.05$)高于上部 2 层(0~10 cm 和 10~20 cm),其他各层间差异不显著。在沙蒿灌丛上部 2 个土层、沙拐枣灌丛全部 4 个土层上,不同距离间的土壤含水量无显著差异;但沙蒿灌丛下部 2 个土层的中环区(50 cm)土壤含水量最高,显著($P<0.05$)高于灌丛边缘(80 cm)。两种灌丛上部 2 层土壤容重稍高于下部 2 层,但灌丛间、不同距离和不同土层间差异均不显著。研究发现,相比于稀疏分枝的沙拐枣灌丛,分枝稠密的沙蒿灌丛表现出一定的水分“沃岛效应”,有利于沙蒿种群的生长和扩散,这可能是造成二者分布差异及沙蒿种群大面积分布于人工固沙区的重要原因之一。

关键词:人工固沙区;沙蒿;沙拐枣;土壤水分;容重;沃岛效应;古尔班通古特沙漠

中图分类号: Q948;S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0164-04

防风固沙、植被重建和维护是干旱半干旱区生态恢复与重建中最为重要的环节^[1~5]。土壤水分状况对土壤理化性质和植被生长、繁殖、扩散有重要影响,其变化是影响植物种类和数目的主要因素^[2,6~7],同时,植被也能在一定程度上改变土壤水分特征。因此,土壤水分对植物的生存、生长和分布具有重要意义^[2,7],它是干旱半干旱地区治沙造林和植被自然恢复的主要限制因子^[2,8]。灌木是荒漠生态系统中极为重要的组成成分,它有着比草本植物更为强势的固沙功能,也是目前人工治沙的首选材料^[3~5,9]。

人工固沙的方法主要有物理(如草方格)、生物(如种植植被)及二者相结合 3 种^[11],现均已应用于古尔班通古特沙漠。草方格固沙区内的植被自然恢复过程可视为一个次级演替过程^[12],但植被组成和分布因固沙年限长短而有所不同。以沙漠水渠两侧未栽植植被的草方格固沙区域为例,自然恢复 5 a 后的植被主要是沙蒿(*Artemisia arenaria*)、沙地粉苞苳(*Chondrilla ambigua*)、准噶尔无叶豆(*Eremosparton songoricum*)及一些一年生草本,其中沙蒿种群密度最大,常大面积连续分布,沙拐枣(*Calligonum mon-golicum*)等其他灌木则零散分布^[10]。这种分布差异

与植物本身特性(如种子产量、散布能力、萌发率、根系分布、耐旱能力、生理活性等)的差异有关^[12],但是否还受到灌丛特征及其所塑造的微环境的影响?

沙蒿系菊科蒿属小半灌木,生境多为流动和半固定沙丘,而沙拐枣系蓼科沙拐枣属小灌木,多分布于固定和半固定沙丘坡中下部^[13,10]。本文选择古尔班通古特沙漠引水渠沿线未栽植植被的草方格固沙区域,对比研究自然演替 5 a 的沙蒿灌丛和沙拐枣灌丛及其周围的土壤含水量特征,揭示不同类型灌丛对土壤含水量的影响,有助于了解两种灌木生存机制及分布差异的原因,并为防风固沙、植被重建提供一定理论支持。

1 研究区概况

古尔班通古特沙漠(N 44°11'~46°20',E 84°31'~90°00')位于天山北部准噶尔盆地中部,面积约 4.88×10⁴ km²,是我国最大的固定和半固定沙漠,年均蒸发量>2 000 mm,而年均降水量普遍不超过 150 mm,沙漠腹地仅有 70~100 mm,且主要集中于冬春季;年均温 6℃~10℃,极端高温在 40℃以上,≥10℃的年积温可达 3 000℃~3 500℃,空气相对湿度平均 50%~60%,5~8 月通常<45%;该沙漠梭

收稿日期:2011-01-12
基金项目:国家重点基础研究发展计划(2009CB825104)
作者简介:侯建秀(1977—),男,山西大同人,助理工程师,主要研究方向为渠道工程管理与环境保护。E-mail: ehjgj _ desert2@ 163. com.
通讯作者:张元明(1972—),男,博士生导师,主要从事干旱区植物生态学和保护生物学研究。E-mail: zhangym@ ms .xjb .ac .cn.

梭、白梭梭(*H. persicum*)等小半乔木群落及短命和类短命植物广泛分布,而且地表还发育有良好的生物结皮(包括藻结皮、地衣结皮和苔藓结皮等)^[8,10]。

古尔班通古特沙漠引水工程是一项重大的民生工程,但沙漠水渠的建设也对沿线生态环境产生了重要影响,造成部分植被退化、沙化加重。随着施工的进行,沿线已经通过物理和生物方法进行了固沙和植被恢复^[11]。目前大部分地区已在草方格基础上陆续种植了固沙植物,如梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、头状沙拐枣(*C. caput-medusae*)等,尚未栽植植被的草方格区域的植被也得到了较好恢复,植被除一年生草本外,还有沙蒿、沙地粉苞苳、准噶尔无叶豆等。此外,得益于沙土的固定和微环境的改善,固沙区内的生物结皮也得到了一定程度的恢复。

2 研究方法

2.1 样地设置与数据采集

实验于 2010 年 7 月,沙蒿和沙拐枣生长旺盛期进行。样地设置在古尔班通古特沙漠中部,新疆额河建管局沙漠二站附近(N 44°53',E 87°49')沙漠水渠南侧的人工固沙区内。该区域草方格已建植 5 a,规格为 1 m×1 m,尚未栽植固沙植物,因此处于自然恢复的次级演替阶段,地表常有藻结皮出现。沙蒿灌丛分枝密集、盖度高,灌丛呈半球形,整个灌丛空隙较小、盖度高,几乎不透光,而沙拐枣灌丛叶片退化、分枝松散、盖度底、遮光少,二者形态特征差异明显。

本研究设置 1 个 50 m×50 m 的样地,仅调查到 3 株沙拐枣,而沙蒿则多达 2 000 株(包括幼苗)。在样地内选择典型沙蒿灌丛和沙拐枣灌丛各 1 株。沙蒿冠幅直径 160 cm,高 70 cm,以根部为中心,在东、南、西、北 4 个方向(4 个重复),按灌丛内(20 cm、50 cm)、灌丛边缘(80 cm)和灌丛外侧(120 cm、160 cm)3 类 5 个距离梯度挖掘剖面,分 4 层(0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm、40~60 cm,分别称为表层、次表层、第三层和第四层)取土。用 100 cm³ 环刀在每层剖面上水平取 2 份容重土样(2 个重复),分别装入铝盒,用于测定土壤容重和含水量。特别地,我们将灌丛内部 20 cm 处称为内环,50 cm 为中环,80 cm 为外环。

所选沙拐枣冠幅直径 190 cm,高 55 cm,以根部为中心,按灌丛内(20 cm、50 cm)、灌丛边缘(100 cm)和灌丛外侧(150 cm、200 cm)3 类 5 个距离梯度取土,土壤分层及取土方法同上。沙拐枣灌丛内部 20 cm 处为内环,50 cm 为中环,100 cm 为外环。

土壤样品采集好后,迅速带回实验室处理。

2.2 数据处理

采集的土壤样品按如下方法处理:鲜土+铝盒称重(Ma)后置于 105℃烘箱内烘 24 h,降至室温后称取干土+铝盒(Mb),然后再称取铝盒重(Mc),土壤容重=(Mb-Mc)/100 cm³,土壤质量含水量=(Ma-Mb)/(Ma-Mc)×100%。不同方向土样作为重复,对相同距离不同层次及相同层次不同距离的土壤含水量、容重进行方差分析(n=4),同时对沙蒿灌丛和沙拐枣灌丛相同层次和距离的含水量进行比较。

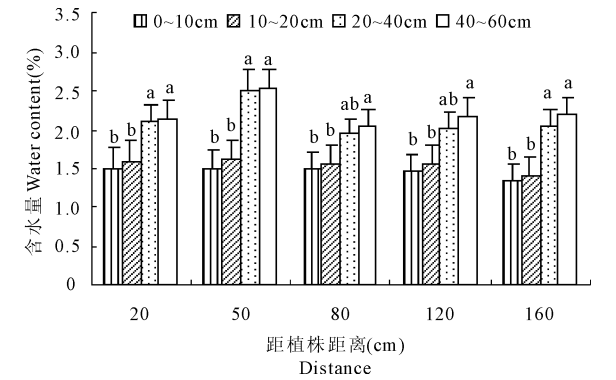
2.3 统计分析

常规数据分析和作图在 Excel 2003 中完成,One-way ANOVA 分析在 SPSS 13.0 中实现。

3 结果与分析

3.1 沙蒿和沙拐枣灌丛不同土层的土壤含水量特征

沙蒿灌丛周围土壤含水量总体变化趋势为:由表层至深层土壤含水量逐渐增加(图 1)。其中表层(0~10 cm)和次表层(10~20 cm)差异不显著,第三层(2~40 cm)和第四层(40~60 cm)差异不显著,而表层、次表层与第四层含水量差异均显著(P<0.05),与第三层差异多为显著(80 cm 和 120 cm 处除外),虽然灌丛外环(80 cm)及外侧 120 cm 处第三层土壤含水量与表层和深层均无显著差异,但第三层土壤含水量仍较大。



注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下同。
Note: Different letters mean significant difference (P<0.05), the same below.

图 1 沙蒿灌丛不同土层的土壤含水量
Fig.1 Soil water content in different layers of *A. arenaria* shrub

沙拐枣不同层次土壤含水量关系与沙蒿类似(图 2),但沙拐枣第三层土壤含水量与表层和次表层的差异均达到了显著水平(P<0.05),而且即使

在其灌丛边缘(100 cm 处)及外侧,下部 2 层土壤含水量仍显著高于表面 2 层。

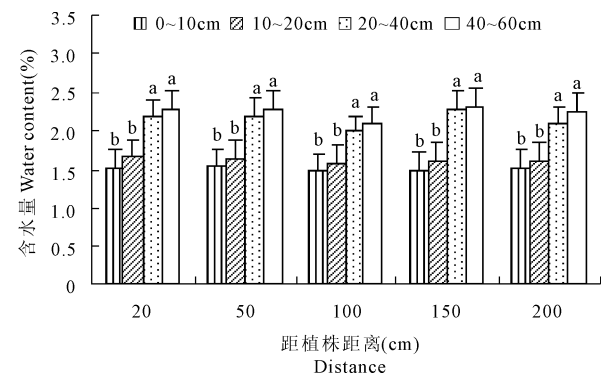


图 2 沙拐枣灌丛不同土层的土壤含水量
Fig.2 Soil water content in different layers of *C. mongolicum* shrub

沙蒿由上至下各层土壤含水量平均为 1.46%、1.55%、2.13% 和 2.23%,沙拐枣各层平均土壤含水量分别为 1.51%、1.62%、2.16% 和 2.25%。以距离作为重复,沙蒿和沙拐枣灌丛第三层和第四层的土壤含水量均显著 ($P<0.05$) 大于表面 2 层,其中表面 2 层间差异不显著,第三层和第四层间差异也不显著。这说明,无论有无灌丛以及灌丛周围何种部位,其表面土壤含水量均显著低于深层土壤。

总之,无论沙蒿还是沙拐枣灌丛,其灌丛周围土壤含水量均是表层低、深层高,且表面 2 层土壤含水量差异不显著,第三层和第四层差异也不显著。

3.2 沙蒿和沙拐枣灌丛不同距离的土壤含水量特征

在表层和次表层中,沙蒿灌丛(图 3)、沙拐枣灌丛(图 4)不同距离土壤含水量间差异不显著 ($P>0.05$),且沙拐枣第三层、第四层 5 个距离水平上的土壤含水量差异也不显著。但是,沙蒿灌丛中环 50 cm 处的第三层和第四层土壤含水量,均大于本灌丛及沙拐枣灌丛其他距离处的土壤含水量,其中中环第三层含水量显著 ($P<0.05$) 大于外环 80 cm 和灌丛外 120 cm 处的含水量,而中环第四层含水量只显著 ($P<0.05$) 大于外环 80 cm 处的含水量。

中环与外环处的第三层和第四层土壤含水量的差异可能与灌丛所塑造的微环境有关。我们知道外环处于沙蒿灌丛边缘,是灌丛内部与外部环境的交汇点,微环境特征变化较大;而中环处于灌丛中央与边缘的中心,该处受到灌丛遮挡,蒸发量远远低于灌丛外缘,而且主根也较少分布,一定程度上也减少了耗水量。因此,沙蒿灌丛的中环是土壤含水量最高的“优势生态区域”,具有一定的沃岛效应。

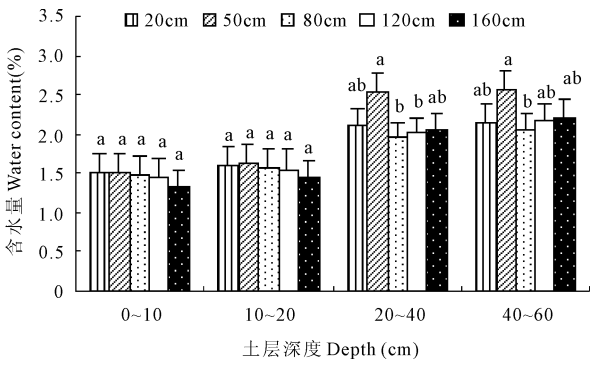


图 3 沙蒿灌丛不同距离的土壤含水量
Fig.3 Soil water content in different distances of *A. arenaria* shrub

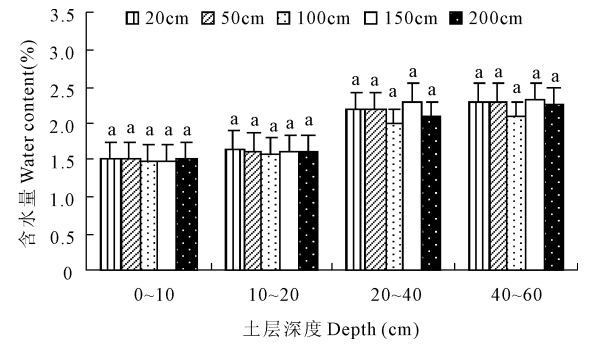


图 4 沙拐枣灌丛不同距离的土壤含水量
Fig.4 Soil water content in different distances of *C. mongolicum* shrub

但是,沙拐枣灌丛内部与外部各距离处的含水量差异均不显著,表明沙拐枣灌丛并不具有沙蒿灌丛的“优势生态区域”和“沃岛效应”。可能的原因是,沙拐枣灌丛虽然冠幅较大,但其枝叶稀疏,盖度很小,使其内部土壤水分变化与外部几无差异。因此,缘于二者灌丛属性的差异,沙蒿灌丛和沙拐枣灌丛具有不同的土壤含水量特征。人工固沙区实际上属于人为破坏的地区,其物种演替属于次级演替^[12]。沙蒿灌丛的沃岛效应不仅对于其自身的生存与发展具有重要作用,可能也利于演替过程中其他物种(包括土壤微生物和小动物)的迁入和定居。

3.3 沙蒿和沙拐枣灌丛土壤容重特征

沙蒿灌丛由表层至深层的土壤容重平均值为(图 5): $1.57\pm0.03\text{ g/cm}^3$ 、 $1.57\pm0.04\text{ g/cm}^3$ 、 $1.55\pm0.02\text{ g/cm}^3$ 和 $1.53\pm0.01\text{ g/cm}^3$,沙拐枣各层土壤容重分别为(图 6): $1.54\pm0.04\text{ g/cm}^3$ 、 $1.57\pm0.05\text{ g/cm}^3$ 、 $1.54\pm0.03\text{ g/cm}^3$ 和 $1.50\pm0.02\text{ g/cm}^3$,其中第四层容重最小,变异也最小,表层容重稍大于深层。各层容重间及各距离处容重间均未达到显著差异,沙蒿容重平均值为 1.56 g/cm^3 ,沙拐枣容重平均 1.53 g/cm^3 ,沙蒿灌丛容重稍大于沙拐枣,但差异不

显著。可见,两种不同特征的灌丛对土壤容重的影响不显著。

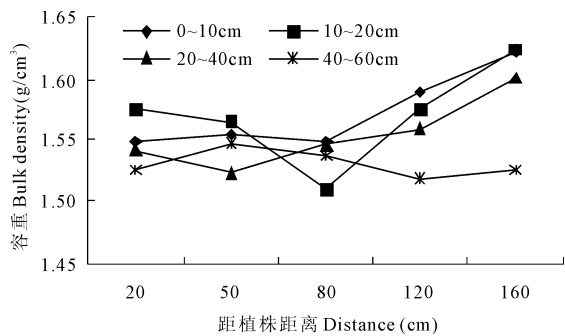


图 5 沙蒿灌丛不同土层和不同距离的土壤容重

Fig.5 Soil bulk density in different layers and distances of *A. arenaria* shrub

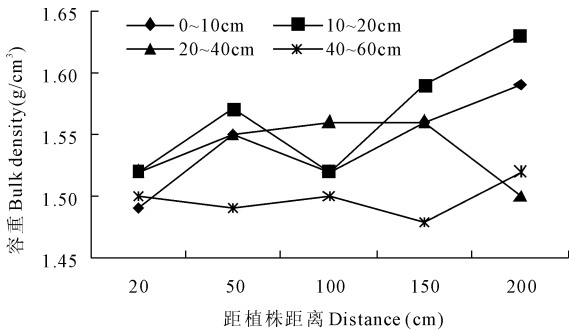


图 6 沙拐枣灌丛不同土层和不同距离的土壤容重

Fig.6 Soil bulk density in different layers and distances of *C. mongolicum* shrub

4 小 结

1) 垂直梯度上,随土层深度的增加,两种灌丛土壤含水量均呈增加趋势,其中下部 2 层(20~40 cm 和 40~60 cm)土壤含水量显著($P<0.05$)高于上部 2 层(0~10 cm 和 10~20 cm),而上部 2 层间、下部 2 层间土壤含水量差异均不显著,即土壤水分随深度变化形成 0~20 cm 的低湿层,20~60 cm 的相对湿层。

2) 水平梯度上,沙蒿灌丛上部 2 个土层、沙拐枣灌丛全部 4 个土层上,不同距离间的土壤含水量无显著差异,但沙蒿灌丛 20~60 cm 土层上,中环区(50 cm)的土壤含水量最高,并显著($P<0.05$)高于灌丛边缘(80 cm)。

3) 两种灌丛上部 2 层土壤容重稍高于下部 2 层,但灌丛间、不同距离和不同土层间差异均不显

著,表明这两种不同类型的灌丛并未引起土壤容重特性的差异。

总之,由于沙拐枣灌丛稀疏的分枝造成其灌丛内外土壤含水量几乎一致,而分枝稠密的沙蒿灌丛则由于灌丛的遮蔽效应表现出一定的水分“沃岛效应”,这种效应在灌丛中环区更为明显。一些研究认为,“沃岛效应”是灌丛状植物,或灌丛化植物的重要特征,如藏锦鸡儿、灌丛化草原等,有利于这些植物在“岛内”生存^[14,15]。本研究也认为,这种水分“沃岛效应”有利于沙蒿种群的生长、扩散和繁殖,这可能也是造成二者分布差异的重要原因。然而,沙蒿灌丛和沙拐枣灌丛是否具有养分的“沃岛效应”,还有待于进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 郭彩玲.黄土高原半干旱区生态环境恢复的对策研究[J].地域研究与开发,2008,27(3):79—82.

[2] 李新荣,张志山,王新平,等.干旱区土壤—植被系统恢复的生态水文学研究进展[J].中国沙漠,2009,29(5):845—852.

[3] 李正平,王万鹏,朱 恭,等.兰州干旱半干旱地区植被恢复模式与应用[J].草业科学,2004,21(12):124—127.

[4] 孟晓军,刘志辉,胡祚均.新疆干旱区生态系统的恢复机制[J].草业科学,2008,25(3):1—5.

[5] 张继光.干旱半干旱区植被恢复技术途径探讨[J].甘肃科技,2006,22(9):213—214,196.

[6] 程积民,万惠娥,王 静,等.半干旱区柠条生长与土壤水分消耗过程研究[J].林业科学,2005,41(2):37—41.

[7] 李得伟.丘陵区半干旱区覆盖灌木造林土壤水分变化特征研究[J].现代农业科技,2010(13):212—213.

[8] 张建兵,熊黑钢,郭宇翔,等.古尔班通古特沙漠南缘春季沙丘不同部位表层土壤水分空间变异性研究[J].水土保持研究,2010,17(2):125—129,135.

[9] 周志宇,张莉丽,高文星,等.试论灌木是干旱、半干旱区草地恢复中重要的生物资源[J].草业科学,2007,24(12):19—21.

[10] 张立运,陈昌笃.论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J].生态学报,2002,22(11):1923—1932.

[11] 李 江.沙漠地区修建输水明渠的工程行为影响与防沙固沙措施研究[J].新疆水利,2009,(5):17—22.

[12] 李 博.生态学[M].北京:高等教育出版,2000.

[13] 新疆植物志编委会.新疆植物志(1)[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993:200—338.

[14] 熊小刚.生态学中的新领域——沃岛效应与草原灌丛化[J].植物杂志,2003,(2):45—46.

[15] 张璞进,杨 劼,宋炳煜,等.藏锦鸡儿群落土壤资源空间异质性[J].植物生态学报,2009,33(2):338—346.

Investigation on dynamical laws of salt in groundwater in Yili River Basin of Xinjiang

Hamid·Yimit¹, Tursunjan·Ibrahim^{1,2}, Mihrigul·Mamat^{1,2}, Gulnar·Tohti^{1,2}, HUANG Zhi-fang^{1,2}

(1.Key Lab of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi 830046, China;

2.College of Resources & Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: The entire irrigation district is divided into three terraces based on the geology and geomorphology of the study area in this research. The water-salt in soil dynamic behavior on the three terraces is real-time monitored on the spot, and the paper analyzes detailedly the change situation of groundwater conductivity along with groundwater depth at different stages and in different distribution conditions using the method of double-factor variance analysis. The results indicate that groundwater conductivity has close relation with water level, and this situation exhibits strong regional characteristics that the increase of *EC* value on each terrace is along with the rise of the water level, the high *EC* value always appears in the high water level district, and there exists significant variation of conductivity on the second terrace. In addition, the outside factors such as the micro-region environment, the human activity, the climate etc., can also affect the dynamical process of groundwater and salt. Therefore, the reduction of the water level in this irrigation district is an important measure to control the soil salinification and is a key to realizing the sustainable development of agriculture.

Keywords: groundwater salt; dynamic law; groundwater level; groundwater conductivity; spatial variability

(上接第 167 页)

Contrastive study on soil water content characters of *Artemisia arenaria* and *Calligonum mongolicunl* shrubs in artificial sand-fixation area in Gurbantunggut Desert of Northwest China

HOU Jian-xiu¹, ZHANG Yuan-ming², TAO Ye^{2,3},

QUAN Yong-wei¹, LI Ming-jie¹, DU Xiao-hu¹

(1.Engineering Construction Management Bureau for Ertix River Basin Development in Xinjiang, Urumqi 830000, China;

2.Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Xinjiang Institute of Ecology and Geography,

Chinese Academy of Science, Urumqi 830011, China; 3.Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The natural *Artemisia arenaria* and *Calligonum mongolicunl* shrubs were selected in five-year sand fixation area beside the desert canal in Gurbantunggut Desert, Northwest China. According to shrub crown size, five horizontal distance levels and four vertical depth levels were chosen to contrastively study the soil water content (SWC) of the two shrubs. The result showed that the SWC values increased with the soil layer depth, the AWC values of two lower layers (20~40 cm, 40~60 cm) were significantly ($P<0.05$) more than the two upper layers (0~10 cm, 10~20 cm), while the other AWC were not markedly different. There were no clear differences at every distance at the soil layers of the two upper levels of *A. arenaria* shrub and total four of *C. mongolicunl* shrub. While the RWC of mid-shrub (50 cm) at the two lower layers of *A. arenaria* were the most, and it was significantly ($P<0.05$) different from the shrub edge (80 cm). The soil bulk density values at the upper layers of the two shrubs were slightly higher than those at the two lower layers, but there were no evident differences between the two shrubs, different distances and different layers. It was found that *A. arenaria* shrub with dense branches had a certain “fertile island effect” of water, compared to *C. mongolicunl* shrub which had sparse branches. This effect was beneficial to the growth and diffusion of *A. arenaria* population, maybe it was one of the important factors to cause the distribution difference of the two shrubs and to widely distribute in the artificial sand-fixation area for *A. arenaria* population.

Keywords: artificial sand-fixation area; *Artemisia arenaria*; *Calligonum mongolicunl*; soil water content; bulk density; fertile island effect; Gurbantunggut Desert