

Study on Technical Approaches of Ecological Wind Erosion Prevention Measures in the Interlaced Area of the Southern Margin of Horqin Sandy Land

Qun Wang, Yanan Sun, Jiafeng Jin, Dong Wang, Qidong Jiang

Institute of Sand Governance and Utilization, Liaoning Province, Fuxin Liaoning
Email: Wangq6264@163.com

Received: Apr. 10th, 2019; accepted: Apr. 21st, 2019; published: Apr. 28th, 2019

Abstract

According to the general situation of Horqin Sandy Land and the hazards and causes of wind erosion, this paper analyzes the current status and existing problems of farmland wind erosion prevention technology in the farming-pastoral ecotone in the southern margin of Horqin Sandy Land. Combining the production practice and the theory of ecological protection, this paper explores the technical approach of farmland ecological wind erosion prevention, and provides reference for the sustainable and stable production of farmland and efficient utilization of limited resources in this region.

Keywords

Horqin, Sandy Land, Farming-Pastoral Ecotone, Ecology, Wind Erosion, Technical Approach

科尔沁沙地南缘农牧交错区生态防风蚀措施技术途径研究

王 群, 孙亚男, 金嘉丰, 王 冬, 蒋启东

辽宁省沙地治理与利用研究所, 辽宁 阜新
Email: Wangq6264@163.com

收稿日期: 2019年4月10日; 录用日期: 2019年4月21日; 发布日期: 2019年4月28日

摘要

根据科尔沁沙地概况以及风蚀的危害及成因,剖析科尔沁沙地南缘农牧交错区的农田防风蚀技术现状和存在问题,紧密结合生产实际和生态保护的理论和理论,探究农田生态防风蚀的技术途径,为该地区农田的持续稳定生产和有限资源的高效利用提供借鉴。

关键词

科尔沁, 沙地, 农牧交错区, 生态, 防风蚀, 技术途径

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 科尔沁沙地概况

科尔沁沙地是我国东北地区西部长达 400 km 的一条大沙带,是东北平原向内蒙古高原的过渡地带。处于 N42°~43°左右, E117°~123°左右,西起内蒙古自治区翁牛特旗的巴林桥,东至吉林省通榆县和双辽县,南部延伸到辽宁省彰武、康平和昌图县等县。面积 4 万 km² 之多,属于辽河的冲击和湖积平原,西高东低。科尔沁沙地的气候属于半干旱大陆性季风气候,以处在科尔沁沙地南缘地带的彰武县为例,该沙地为第四纪冰期后沉积的沙层。年降水量 350~500 毫米,多集中在 7、8、9 三个月,约占全年降水的 70%,湿润指数在 0.59~0.30 之间,属于湿润不足的半湿润地带。冬季少雪,全年蒸发量为 1731.2 mm,为降水量的 3~4 倍。全年平均风速 3.7 m/s,春季风速可达 4.2~5.9 m/s。年起沙风(≥ 5 m/s)达 240 次,风蚀严重。年平均气温 5.8℃~6.4℃。本区水资源丰富,河流多,水量大,地下水埋深浅。

科尔沁沙地南缘地区位于辽宁的彰武、康平以及吉林、内蒙等部分地区,属于农牧交错地区。农业种植作物主要以玉米、花生为主,由于过度的追求产出,地下水埋深增加,地力衰减,生产的成本增高,效益下降。科尔沁沙地风沙环境的形成一方面与人口膨胀、人类过度经济活动有关,同时也与沙地生态系统的原本脆弱性有关,又由于受全球气候暖干化的影响,近几十年来,年平均气温升高 1℃以上,而且气候波动性变大,使生态系统的脆弱性增强。气候的这种变化是导致科尔沁沙地环境退化的主要原因之一[1]。

2. 科尔沁沙地风蚀危害及成因

风蚀,是指一定风速的气流作用于土壤或土壤母质而使土壤颗粒发生位移,造成土壤结构破坏、土壤物质损失的过程[2]。

2.1. 风蚀的危害

2.1.1. 风蚀对生产和环境的危害

科尔沁南缘农牧交错区,耕作区面积占土地面积较大,据统计,彰武县耕地面积达 40%以上。农业多以旱作为主,夏季雨热季节极短,农田地表大多数时间处于裸露状态,加之风力大,持续时间长,风蚀的作用下,表层土壤的有机质和粘粒物质被吹蚀,土壤发生粗化[3]。耕层有机质含量为 0.6%~0.8%,

产量低, 明显影响作物产量[4]。耕地的土壤可风蚀性程度大于沙岗地和裸地, 对大气的粉尘贡献率耕地远大于沙岗地和裸地, 在春季, 吉林和辽宁的大气受到污染是这两个地区沙尘暴的一个重要物质来源[5]。

2.1.2. 风蚀危害对土壤理化性状的影响

风蚀造成农田沙漠化, 沙漠化较严重农田的土壤有机质和粘粒含量分别下降了 84.3%和 66.2%, 而沙粒(粒径 0.05~1.0 mm)含量增加 1.33 倍, 导致土壤持水能力下降, 干旱时期, 非沙化农田土壤含水量仍可达到 9.2%, 而严重沙化农田只有 3.1%。与此同时, 地温上升, 肥力下降, 严重沙漠化农田在生长季地温平均高 0.9℃, 最高差 2.8℃, 全养分含量下降 9.3%~72.8%, 速效养分含量下降了 27.5%~69.0%。严重沙漠化农田的土壤速效 N 含量仅为 13.0 mg/kg, 仅相当于非沙漠化农田的 31% [6]。随着农田的风蚀, 2~0.1 mm 的土壤颗粒含量从 64.4%增加到 96.1%, 100 cm 深土壤有机碳含量下降 34.4%~90.9% [7]。

2.1.3. 对农田生产力的影响

沙漠化过程的土地生产力水平下降 41.1%~50.6%, 严重沙漠化土地几乎丧失生产力[8]。严重沙漠化农田的土壤速效 N 含量仅为 13.0 mg/kg, 干旱年份甚至短期的季节干旱都会导致作物严重减产甚至绝收。地温的升高引起农业生物量的下降[6]。作物(绿豆)的生物量就较非风蚀农田分别下降了 15.3%~60.5%。在我国北方沙漠化地区旱作农业中真正对作物产量制约最大的还是土壤水分和氮素不足[6]。

2.2. 风蚀危害的成因

2.2.1. 气候原因

土壤风蚀的产生, 风是外因, 风速大小就决定着风蚀率的程度。风干的农田土样在风速 3.7 m/s 时开始出现风蚀现象。增加土壤含水量, 是本地区风季减小风蚀的有效方法[2]。近代以来, 气候暖干化, 降雨减少, 植物覆盖度降低, 种群多样性减少, 也是引起分式的气候和生态因素。

2.2.2. 土质源原因

科尔沁沙地为第四纪地质结构, 科尔沁沙地南缘的风沙土, 松散而无结构, 90%以上的土壤颗粒的粒径在 0.5~0.05 mm 之间。据测定, 风沙土不易被风吹扬的粒径 > 1 mm 的细砾不超过 0.1%。通常, 5 m/s 即为起沙风速, 春季的强季风极易引起风吹沙扬, 造成土壤风蚀, 或使下风区产生沙尘(暴)的气象灾害。

2.2.3. 人为因素

滥垦、滥伐、滥牧是人为破坏的直接原因。贾延光[9]认为不当人为因素使裸露沙地、沙化和扬沙面积日益扩大。花生种植面积逐年扩大, 仅彰武地区最大种植年份, 达到 85 万亩。种植花生是极易加剧土壤风蚀、加速土地沙化的农作物。由于开垦和上世纪的, 砍伐乔灌木作为生活基本的生活资料, 树木减少, 自然防风林遭到破坏, 土地直接遭受季风和暖干气候的为害。

过度放牧导致土地沙化, 草场在 75%的持续重牧条件下, 其植被的平均盖度、高度、产草量和根量分别下降 32.9%、81.0%、88.4%和 76.2%, 裸地率增加了 66.1%。致使沙地土壤直接裸露于季风侵袭之下 [10]。

3. 科尔沁沙地防风蚀技术现状

防风蚀途径应从两个方面考虑: 一是风蚀起因, 由于风大吹蚀, 导致土壤沙化, 因此应着手抑制风速, 使流动沙丘向固定稳定的农田方向转变。二是农田环境改善, 形成稳定优良的微域耕作环境, 提高地力, 增加土壤的粘性和有机质含量, 合理耕作, 防治土壤的沙化。简言之, 即抑制风速固沙阻沙防风蚀与农业耕作措施防风蚀两方面。

3.1. 固沙阻沙技术现状

建造防风林是最有效的防治沙丘流动的方法,减缓风速,抑制沙丘移动,加速土壤(沙体)熟化[11]。将农田防护林的营造设计总结为:1)林带结构的设计和选择;2)农田防护林林带走向;3)农田防护林林带间距及网眼大小的确定三个方面内容。蒋德明认为:7年生农田防护林带背风面10~15 H范围内,平均可以减弱风速43%~47%;8年生草牧场防护林带20 H范围内平均降低风速31%~43%,林网内蒸发量减少15%~22%。

防风林主要以乔木林为主,但灌木林的防风效果也是防风系统不可或缺的一部分。科尔沁沙地防风效果较好的灌木有黄柳、柠条锦鸡儿、羊柴等[12]。在流动沙丘进行人工固沙时采用1.0~1.0 m草方格内播种小叶锦鸡儿的措施具有较好的固沙效果,一般经过2年可使沙丘表面得到固定。小叶锦鸡儿人工群落的建立可大幅度提高土壤微生物生物量,并随着年龄的增加,微生物生物量C、N、P的含最均呈现增加趋势[13]。

为使防风林起到稳定的防风效果,完全有必要长期对防护林系统更新抚育,采用平茬复壮[12]、间伐和疏伐[14]等都会起到很好的抚育作用,维持稳定的生态防护功能[15]。

3.2. 耕作对土壤风蚀的影响及防风蚀农业措施

从生态角度防风蚀,在我国半干旱风沙区,加强农田防护林建设,减弱土壤风蚀的动力。减少汲水灌溉,应推行草田轮作、粮草间作或套作,以减少农田的风蚀沙化[16]。

从农业耕作方面的微观角度防风蚀,有序增加植被的盖度,实行冬灌增加沙土湿度,利用农牧业冗余物制备有机混合物,垂直于风向草带条田相间排列的耕作方法,秋季种植作物留根茬等均具有较好的防风蚀效果[17][18][19]。

针对科尔沁沙地的生产实际,介绍几种具体的防风蚀措施。

1)花生茬的翻耕方式。花生茬深翻即是输沙量最大的耕作方式,最小的为旋耕覆盖,其他三种从大到小依次为秋翻地、春浅旋灭茬、秋浅旋灭茬[20]。

2)不同作物的条带式栽培。林网内扁杏//花生(间作)增强了花生裸茬抗风蚀能力,土壤防风蚀效果达90%;林网内玉米//花生(间作)玉米收获后秸秆站立(农田休闲期)玉米带完全不受风蚀,花生裸茬防风蚀效果达95% [21]。推广花生玉米带状种植模式,在一定程度上为花生轮作倒茬创造了条件,解决花生重茬种植造成减产问题的同时,也为花生田防风蚀创造了条件[22]。

3)作物秋冬季留茬。可显著提高地表抗风蚀能力,在相同风速条件下,抗风蚀能力大小依次为燕麦茬地 > 玉米茬地 > 向日葵茬地 > 绿豆茬地 > 翻耕地;与翻耕地相比,燕麦茬地、玉米茬地、向日葵茬地和绿豆茬地的起动风速分别抬高了53.3%、17.8%、11.1%、8.9%。同时针对科尔沁沙地农田特点,采用免耕留茬措施可以提高地表覆盖度、增加土壤表层(0~5 cm)含水量和地表粗糙度、改善影响风蚀的其他土壤物理特性,减少耕地表层土壤流失,有效防治当地土壤风蚀[23]。玉米秸秆立体覆盖削弱风速效果最好,距地面100 cm可削弱风速2.45 m/s,玉米秸秆平伏覆盖花生茬风蚀度比对照减少4.2 cm,玉米秸秆平伏覆盖花生茬土壤水分提高10.1% [24]。

4)液态地膜的使用。花生地使用液态膜,含水量高于对照,促进花生生长,减缓旱衰[25]。

5)镇压的运用。这种方式对松散花生地具有防风蚀作用,可以减少风蚀量,带状留茬的土壤风蚀量最少,而且能增加土壤含水量。地表粗糙度增加,在一定程度上不仅能控制土壤风蚀,还可以改善农业生态环境。玉米带状留茬 > 谷子带状留茬 > 扁杏林带花生地 > 松杨林带花生地[26]。

总之,对种植模式、播期、垄向、镇压、整地等方面进行调整能够有效减少风蚀危害;采取秸秆还田、合理轮作、增施有机肥等保护性耕作方式以及利用液态膜、保水剂、抗蒸腾剂等化学方法也能够对

风蚀的危害进行缓解[27]。

由上所述,防风蚀措施,首先从生态林角度,有效降低风速,创造一个较好的微域栽培环境,然后再从栽培方法等方面减少风蚀的危害,提高和利用土壤和空间的生产力。

4. 防风蚀存在问题

目前应用的防风蚀技术,从不同的角度研究很多,从事生态保护研究的侧重于生态的治理与维护,而从农业耕作的角度研究,则侧重于某项单一技术环节的使用,明显忽略对生态涵养哺育研究,对掠夺性生产研究的偏多,过度追求眼前和短时期的经济利益,而忽视对环境的破坏和持续稳定性影响。

从生态防风林、农业栽培防风蚀措施方面,存在以下几方面的问题。

4.1. 防风林的建设面积和树种选择

科尔沁沙地南缘的防风林作为三北防护林的重要一部分,对辽宁中部城市群在抑制风沙生态保护方面起到了重要的作用。从生态角度在本区域片面强调森林覆盖率的提高,而忽略了原本是疏林草原的生态承载基础,忽视乡土灌木树种的固沙阻沙作用,有的地区森林覆盖率达到 36%以上,由于树木耗水比普通作物耗水要大,导致区域水资源通过地表蒸发和林木蒸腾散失于大气中随风散失,地下水位下降加剧,致使樟子松、杨树等速生乔木树种出现大面积枯梢衰退,影响防风效果。另外,在防风林建植技术方面存在林分结构树种单一,纯林面积大,抵御病虫害能力弱,林分密度大,林地土壤水分亏缺,林木生长势弱等问题。

4.2. “倡导”种植小麦,提高复种指数

从农业生产角度,“倡导”早春(3月末4月初)种植春小麦等早春作物,增加土表湿度,提高地表植被覆盖,来解决早春4~5月份的风蚀危害问题是有较好的效果。但从生态角度考虑,本区域春季降雨量较小,小麦每次浇水需水量大,有的每次40 t/667 m²以上,消耗大量地下水,而且,一般多采用微喷灌方式,水分由于空气湿度低和风的作用,使水分无效散失。近20年间的监测资料显示,地下水位持续下降,降幅达1~10 m,造成原有的生态草甸退化,沼泡干涸,小型沙地湖泊消失,恶性循环,进一步导致降雨量逐年减少,气候暖干化。

4.3. 作物地膜覆盖栽培

采用地膜覆盖技术措施是获得作物丰产的最有效的措施,不仅能提高水分利用率,也能抵御土表被风侵蚀,与此同时,由于提高产量而消耗了土壤的大量养分,也超负荷的使用当地的水资源积存。只要采用地膜覆盖,就会很严重的破坏沙地表面层,造成沙地土壤结构的不稳定性,使耕地成为潜在的沙化脆弱区,另外最重要是当使用地膜时,必然会造成地膜污染,虽然现在已开始应用降解膜,或者液态膜,但都存在效果不理想达不到产量预期,或降解不彻底,或由于地膜残留,使植物秸秆不能为畜牧利用等问题,间接造成经济损失。

4.4. 草炭及其他矿化物改土

科尔沁沙地南缘,原本是水草肥美的疏林草原,沼泽甸子星罗棋布,存在丰富的草炭资源,彰武地区存量亦在3000万m³。沙地土壤往往采用草炭改土,效果良好,作为相当于矿产资源的草炭,是不可再生资源。从作为改良土壤,增加地力角度看,肥效是暂时的,没有持续性,而且经济效益回报较低,无法实现资源的最大化利用。目前人们开始用蚯蚓粪、油母页岩、膨润土来改良土壤质地,效果很好,但由于是外来引入的,而且比重大,用量大,针对广袤的沙地改良经济回报低,杯水车薪,大面积实施

改土根本不现实。

5. 生态防风蚀技术途径

从生态平衡考虑防风蚀技术，切忌孤立研究防风蚀的方法，而是有机联系全方位考量：不能解决一个问题，又连带产生新的其它问题；既要考虑农业增产增收的目的，更要考虑生态栽培环境的承载力。所采用的农业技术应具有典型的生态标签，如依据土质源特点，水资源亏缺的状况，风蚀危害的时期，生长季雨热同季特征等，如借鉴雨养农业的生产理念，采用错期栽培，减少早春和初秋的生长季的利用。减少水资源过度使用，尤其生态水禁止开采，维持原有生态水平衡，改善耕作微域环境。

5.1. 生态防风林的建设原则

合理布局林带。防风林合理的布局，因风害而设防。同时应遵守适地适树的原则，宜乔则乔，宜灌则灌。农牧交错区采用乔灌草(经、粮、油)种植模式，即与耕地构成“马赛克”相间网格生态种植模式。

大力营造混交林，采取带状和块状混交，提高林分的稳定性。风口区片林以油松为主，平缓沙地的农田林网以彰武小叶杨、樟子松、蒙古栎为主，附植灌木沙棘等，利用树木生长边行优势，采用两行一带式造林设计，灌木防风林以黄柳、绣线菊、胡枝子、羊柴等，形成条带式次级防风林，也可采用人工机械沙障(防虫网、遮阳网)。在乔灌林网内种植草或农作物，实行粮草轮作，大面积种植草木樨、沙打旺，根茬肥田，割草养畜。

农田林网主体防风林所占比例 10%左右，树高度 12~16 米，建设的防风比例 1:8~10；次级防风林所占比例应在 15%~20%，株高 1.5 米左右，按 1:5 设置防风比例，以切割春季常规风向的条带式田间布局。

经济林的防风作用不要夸大化，适地适时种植适宜的生产力相对较小的果品种类，果树运用矮化栽培等技术，而且侧重干果类的为主，对表面商品性要求低的耐储坚果种类，如榛子等，或鲜食的特色的水果，如葡萄，结合棚室设施防风栽培。

5.2. 调整产业空间比例

植树种草是防治区域性风蚀最有效的措施，加大牧草的种植空间。依据科尔沁沙地南缘的自然气候条件、水资源情况、土壤环境条件，调整适宜科尔沁沙地南缘一带林带、草场、农田空间比例，合理利用资源，维持生态群落的持续稳定。

区域生态产业空间比例，缩小农田耕种面积，林：草：田 = 2:5:3；农田林网内比例，乔：灌：田 = 1.5:2.5:6。

草场的合理利用是充分发挥草场生产潜力、提高载畜量的战略措施。4~9 月围封，9 月草场打草，同时 8 月份青储。植物种数以碱草、白草等群落为基础，增加沙打旺、草木樨、锦鸡儿、胡枝子等植物。以放牧为主的主要建立放牧库伦。草本植物草场，应中牧为主(牧草利用率 50%~55%)，严禁草地过度放牧，尤其是持续过度放牧，将导致草场群落的稳定性下降。

5.3. 农田防风蚀技术

5.3.1. 沙地地力提升

大力发展传统的畜牧业，除利用本地区草场的秸秆饲料外，应重视外域有机质(草料)的引入，发展现代舍饲草食性畜牧业，利用广阔的草地适度放牧，充分利用优势。有机质经牲畜过腹还田，提高土壤有机质含量，增加团粒结构，提高防风蚀能力。

5.3.2. 休耕免耕, 保护性耕作

在原有生态植物, 选取优势的生态与生产的植物, 考虑经济产量的、消耗资源水平、市场价格等方面, 不破坏土壤表层的条件下开发利用。对优质牧草、玉米等实行免耕种植, 或封沙育草, 牧草休耕 1~2 年后在种植高效作物, 秋季收获后镇压这种方式对松散花生地具有防风蚀作用等保护性耕作技术。

5.3.3. 作物留茬间作、秸秆覆盖

利用农田防护林网主林带降低风速, 林网内花生//玉米、玉米//谷子、扁杏//花生带状间(轮)作种植模式, 解决花生重茬种植造成减产问题的同时, 也为花生田防风蚀创造了条件。作物留茬, 玉米、燕麦、向日葵均可留茬, 秋冬秸秆(作物残体)覆盖果粮间作。垄向与风向垂直栽培; 粮草轮坐等对风沙地防风蚀栽培有显著的效果。

5.3.4. 地面覆盖技术的合理使用

采用厚度强度较高的地膜覆盖栽培, 并利用先进的技术合理回收, 减少对土壤的污染程度; 液态地膜对花生地的防风作用明显, 促进花生生长, 减缓早衰; 经济林配合园艺地布使用; 地表覆盖秸秆。

5.3.5. 充分利用热季, 错季或夏季倒茬

温、光、风环境因子最优的季节(6 月中旬后)栽植合适的作物, 集中充分利用此段时间的光热资源, 规避晚霜和风危害以及早霜低温来临的生长不适, 选用早熟的花生、玉米、马铃薯、甘薯等集中结成的生育期短的作物, 减轻因土壤承受的负荷过大而引起的风蚀和沙化。春季作物尽量延缓错季, 如红干椒晚定植栽培, 采用适宜夏季轮换的作物, 尽量夏季破土播种, 如夏末秋初种草等, 春季、秋末冬初免翻耕。例如, 春季马铃薯地膜栽培 7 月收后, 及时种草等。

5.3.6. 减少定植密度

沙地栽培植物, 应减少种植密度, 避免因密度过大引起伏旱作物对水分的竞争, 抵御常年的伏旱, 提高籽实结率。

6. 结论

生态平衡是一个地区社会发展平衡稳定的前提。对于科尔沁沙地南缘的农牧交错区, 水资源的自然亏限供给、沙地的松弛瘠薄和春秋时节季风的肆虐导致生态环境极其脆弱。农田防风蚀能力的水平, 决定着农业生产的持续稳定, 依据自然规律, 构建稳定的沙地防风蚀人工生态栽培技术体系, 可改善区域生态环境。在生产实践中, 单一的防风蚀技术措施的实施, 都要建立在有限资源的平衡利用, 不过度追求土地产出, 不破坏生态环境的基础上, 追求生态平衡的栽培技术, 防风蚀技术体系应在防风林建设前提下, 采用科学的力地提升、有限节水灌溉技术, 减少人为干预环节, 降低生产操作成本, 充分利用有限的可再生资源, 解决风蚀问题的同时, 减少和遏制新问题的产生, 达到作物产量的稳中有升, 资源持续平衡利用。

参考文献

- [1] 李冬, 曹成有, 李洪波, 等. 科尔沁沙地气候变化趋势的初步研究[J]. 辽宁林业科技, 2003(1): 25-27.
- [2] 移小勇, 赵哈林, 李玉霖, 等. 科尔沁沙地不同风沙土的风蚀特征[J]. 水土保持学报, 2009, 20(2): 10-13.
- [3] 赵哈林, 刘新民, 李胜功. 科尔沁沙地脆弱生态环境的基本属性特征和成因分析[J]. 中国沙漠, 1998, 18(增 2): 10-17.
- [4] Kennedy, A.C. (1995) Microbial Characteristics of Soil Quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, **50**, 243-248.
- [5] 马玉凤, 介冬梅, 严平, 等. 科尔沁东部沙地土壤可风蚀性研究[J]. 世界地质, 2007, 26(3): 338-344.

- [6] 刘新民, 赵哈林. 科尔沁沙地生态环境综合整治研究[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993.
- [7] 李玉强, 尚雯, 赵哈林, 等. 农田沙漠化过程对土壤性质和作物产量的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 926-931.
- [8] 封建民, 李晓华, 孟艳. 沙漠化对土地生产力的影响——以通辽市为例[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3819-3823.
- [9] 贾延光. 沙坨地农田风蚀问题的探讨[J]. 辽宁农业科学, 1981(1): 6-10.
- [10] 赵哈林, 根本正之, 大黑俊哉, 等. 内蒙古科尔沁沙地放牧草地的沙漠化机理研究[J]. 中国草地, 1997, 3: 15-23.
- [11] 张效谦, 王燕, 吕凤岐, 等. 科尔沁沙地农田防护林营造技术浅析[J]. 内蒙古林业调查设计, 2013, 36(1): 79-80.
- [12] 王宗华. 草障植物带林木平茬复壮技术试验[J]. 防护林科技, 2006(z1): 1005-5215.
- [13] 蒋德明, 曹成有, 李雪华, 等. 科尔沁沙地植被恢复及其对土壤的改良效应[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1135-1139.
- [14] 朱廷耀, 关德新, 吴家兵, 等. 论林带防风效应结构参数及其应用[J]. 林业科学, 2004, 40(4): 9-14.
- [15] 胡小龙, 薛博, 袁立敏, 等. 科尔沁沙地人工黄柳林平茬复壮技术研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(5): 135-139.
- [16] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 沙漠化过程中沙质旱作农田土壤环境的变化及其对生产力形成的影响[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 1-4.
- [17] 张华, 李锋瑞, 伏乾科, 等. 沙质草地植被防风抗蚀生态效应的野外观测研究[J]. 环境科学, 2004, 25(2): 119-124.
- [18] 王少昆, 赵学勇, 王晓江, 等. 有机混合物的制备及其在退化沙地恢复方面的应用[J]. 中国沙漠, 2016, 36(4): 990-995.
- [19] 胡孟春, 刘玉章, 乌兰, 等. 科尔沁沙地土壤风蚀的风洞实验研究[J]. 中国沙漠, 1991, 11(1): 22-29.
- [20] 李国. 彰武地区耕地风蚀防治技术与应用[J]. 农业开发与装备, 2016, 10: 59.
- [21] 颜景波, 王慧新, 韩志松, 等. 风沙半干旱区风沙土防风蚀技术研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(5): 2831-2833.
- [22] 王慧新, 等. 辽西北风沙半干旱区花生防风蚀研究现状[C]//中国环境科学学会. 2013 中国环境科学学会学术年会论文集: 第六卷. 2013: 6054-6058.
- [23] 李梅, 胡跃高, 曾昭海, 等. 科尔沁沙地 4 种作物根茬抗风蚀效果风洞试验研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(11): 254-258.
- [24] 王海新, 王慧新, 蔡立夫, 等. 花生防风蚀种植技术研究[J]. 辽宁农业科学, 2016(5): 37-39.
- [25] 李广芬, 吴祥云, 张婷婷, 等. 阜新地区花生地液态膜防风蚀措施研究[J]. 防护林科技, 2012(2): 10-11.
- [26] 李广芬. 阜新风沙区花生地防风蚀措施研究[D]: [硕士学位论文]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2013.
- [27] 张宇, 崔瑞, 王慧新, 等. 风沙地花生防风蚀种植技术[J]. 农业科技通讯, 2016(3): 160-162.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org