

姜麟珂,郑文轩,杨 瑛. 棉秆炭基复合肥的特征及对土壤理化性质的改良效果[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):293-297.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.053

棉秆炭基复合肥的特征及对土壤理化性质的改良效果

姜麟珂,郑文轩,杨 瑛

(塔里木大学机械电气化工程学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:以棉秆为原料,热解制作生物炭进而制备炭基复合肥,探讨棉秆炭基复合肥对土壤改良效果的影响。炭基复合肥的表现颗粒形貌分析表明,炭肥具有大小均匀、表面积大的特点。土壤通过棉秆炭基复合肥的添加结果,能够有效降低土壤容重,提高饱和含水率,土壤饱和含水率最大可达 40.53%,相比原土壤提高 6.34%。弱酸性炭肥能有效中和沙化土壤的碱性,使土壤更有利于作物生长,另外炭基复合肥的添加对土壤饱和导水率的改良可达到 0.48 mm/min 是原来的 2 倍,有效改善了土壤的渗透性。本研究为南疆生物质秸秆资源综合利用、肥料的充分吸收、碱性土壤的性质改良提供了新方法。

关键词:棉秆炭基复合肥;饱和导水率;土壤容重;饱和含水率;土壤 pH 值

中图分类号: X712;S156 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0293-04

生物质炭(biochar-biocharcoal)是生物质原料在无氧或缺少氧的状态下进行高温热裂解得到的一种黑色固态产物^[1]。将废弃的棉花秸秆热解制作生物炭,然后将生物炭与普通肥料按照添加不同比例与水混合在一起,利用万能压力材料试验机挤压制作成棉秆炭基复合肥^[2-3]。炭基复合肥含有氮、磷、钾 3 种元素,由于生物质炭本身的特性,炭肥也具有较大的比表面积,孔隙结构疏松发达。炭肥施加入土壤后可改良新疆沙化土壤的 pH 值,降低土壤容重^[4],增加土壤通透性,提高土壤饱和含水率,并且对土壤饱和导水率也有一定的改善。生物炭肥成为近年来研究的热点,但现有文献里很少有人提到研究炭基复合肥的,棉秆生物炭肥不仅使棉花废弃秸秆得到充分利用,而且能够减少普通化肥的利用。将生物炭配合普通肥料制作成的生物炭肥可明显提高普通肥料的利用效果,将普通肥料的元素更好地被充分吸收和利用。

土壤饱和导水率是指土壤被水充分饱和吸收时,单位水势梯度下、单位时间内通过单位土壤横截面积的水量^[5],它是土壤质地、容重、孔隙分布特

征的函数。饱和导水率受土壤质地、容重、孔隙大小以及有机质含量不同而发生变化,其中孔隙分布特征对土壤饱和导水率的影响最大。土壤饱和导水率反映了不同结构土壤的水分入渗能力,国内外学者对土壤饱和导水率方面进行了大量研究,但多集中于土壤结构性质对饱和导水率的影响^[6],以及对饱和导水率不同研究方法的研究^[7],比如环刀法、渗透法、土壤渗透仪器测量法等。

本研究根据新疆维吾尔自治区南疆沙化土壤的性质,通过田间采集土壤进行试验探究棉秆炭基复合肥的不同添加量对土壤理化性质的改良,以期新疆棉花废弃秸秆以及肥料的资源化合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及仪器材料

2019 年 9 月试验在新疆维吾尔自治区阿拉尔市塔里木大学现代农业工程重点实验室进行。使用的主要材料仪器:微机控制电子万能材料试验机,上海卓技仪器设备有限公司生产;JF-2000 型智能马弗炉,江苏江分电分析仪器有限公司生产;远红外快速干燥箱,上海博泰实验设备有限公司生产;TFW 系列土壤分析仪,武汉市天联科教仪器发展有限公司生产;普通分析纯肥料尿素,氯化钾、过磷酸钙和磷酸氢二铵均为分析纯,rise-3002 颗粒图像分析仪、高速多功能粉碎机、150 mL 瓷坩埚、PH-2603 多参数酸度测试仪、HY-4A 数显调速多

收稿日期:2019-12-17

基金项目:国家自然科学基金(编号:51466014);塔里木大学现代农业工程重点实验室开放课题(编号:TDNG20140401)。

作者简介:姜麟珂(1996—),男,硕士,河南驻马店人,主要从事农业生物环境方面的研究。E-mail:565603529@qq.com。

通信作者:郑文轩,博士,副教授,主要从事农业生物环境与能源工程方面的研究。E-mail:591908603@qq.com。

用振荡器、环刀(内径 51 mm,高 50 mm)、铝盒、电子秤(最大量程 600 g,精确度 0.01 g)、1 mm 筛子、马氏瓶(5 000 mL)、广口瓶(250 mL)、量筒(10、25 mL)、环刀(100 cm³)、喷水壶吸水纸以及保鲜膜等。

1.2 棉秆炭基复合肥的制作

将预处理过的棉花秸秆用粉碎机粉碎过 1 mm 筛,然后通过马弗炉在 400 ℃ 无氧条件下热解 180 min。将冷却后的棉秆炭与分析纯肥料和水(其中所有材料一共 50 g,棉秆炭 8.32 g、蒸馏水 6.50 mL、分析纯尿素 9.17 g、氯化钾 8.33 g、过磷酸钙 13.33 g、磷酸氢二铵 4.35 g)混合搅拌均匀后,用多功能万能材料机挤压成型,制作成炭基复合肥^[8]。最后放入真空干燥箱中,干燥温度为 45 ℃,

干燥 4 h 后取出并冷却至室温后保存备用。肥料及土壤电导、pH 值用土壤分析仪测定,制作的炭肥颗粒分析及数据见图 1、表 1。

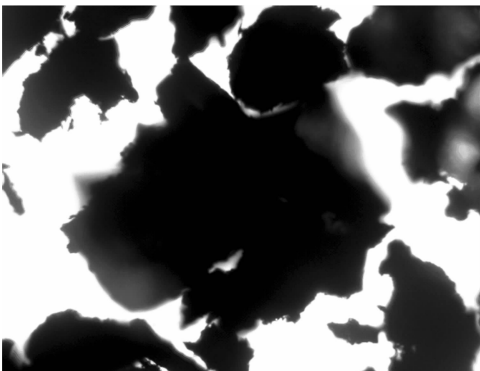


图1 棉秆炭基复合肥的颗粒分析照片

表 1 棉秆炭基复合肥的颗粒分析

平均径	复合肥颗粒经(μm)						球形度
	周长径	面积径	长径	短径	0 度 FERET 径	90 度 FERET 径	
个数长度平均径	183 984.453	134 329.827	210 964.092	92 628.798	151 435.897	159 662.797	0.757
个数面积平均径	225 293.395	161 833.195	264 052.037	111 340.229	193 603.699	205 252.935	0.759
个数体积平均径	251 534.016	179 625.010	298 722.871	124 152.858	226 348.349	239 460.818	0.761
长度面积平均径	275 877.189	194 967.743	330 499.271	133 831.452	247 513.259	263 860.888	0.761
长度体积平均径	294 106.438	207 713.148	355 466.313	143 734.848	276 727.034	293 257.977	0.763
面积体积平均径	313 540.230	221 291.743	382 319.451	154 371.085	309 388.885	325 930.234	0.765
D10(有效径)	245.470	208.930	269.150	3.890	186.210	194.980	0.300
D30(限定径)	47 862.990	36 307.800	54 954.060	6 025.600	50 118.700	45 708.800	0.740
D50(中间径)	97 723.670	85 113.770	104 712.850	69 183.120	91 201.090	97 723.670	0.780
D60(有效径)	234 422.820	177 827.940	263 026.850	114 815.350	151 356.070	158 489.250	0.780
D90(限定径)	331 131.110	239 883.360	407 380.400	173 779.990	346 736.820	363 078.010	0.790
D97(中间径)	338 844.320	257 039.490	436 515.700	186 208.710	363 078.010	380 189.330	0.790
不均匀系数	954.996	851.136	977.250	29 515.514	812.825	812.849	2.600
曲率系数	2.187 77 × 10 ¹²	1.122 02 × 10 ¹²	2.951 25 × 10 ¹²	1.071 65 × 10 ¹²	2.041 72 × 10 ¹²	1.698 28 × 10 ¹²	1.424

从表 1 可以看出,炭肥颗粒整体均匀、体积小,具有较大的表面积,对后期土壤容重和饱和含水率有良好的改良效果。

1.3 棉秆炭基复合肥和试验土壤的基本性质

室内试验所用棉秆和土壤采自新疆维吾尔自治区南疆第一师十二团连作棉花地,供试棉秆炭和所选土壤的基本理化性质见表 2。

1.4 棉秆炭基复合肥对土壤饱和和含水率改良的测定

土壤饱和含水量是指土壤中所有孔隙全部充满水时的含水量,土壤总孔隙度越大,饱和含水量越大。室内采用烘箱烘干法进行土壤饱和含水率

表 2 棉秆炭基复合肥和供试土壤性质

指标	棉秆炭基复合肥	供试土壤
pH 值	6.31	8.29
电导(mS/cm)	11.10	9.70
速效磷含量(mg/kg)	61.37	25.73
速效钾含量(mg/kg)	89.57	45.35

测定,用质量含水量表示,试验设置 6 个处理。按照每 100 g 土壤添加棉秆炭基复合肥,设置炭肥与土壤质量比为 0%、2%、4%、6%、8%、10%,每个处理重复 3 次,土样过 1 mm 筛备用。将土样炭基复合肥混合均匀放入底盖(带有孔和滤纸)的环刀中准备加水饱和。利用喷壶向环刀土壤中加入蒸馏水

直到环刀底部渗透出水,达到水饱和状态为止。利用传统烘干法将样本放于 105 ℃ 的远红外烘箱内烘干处理 24 h,计算炭基肥不同添加量下土壤饱和含水率。

先对空环刀(带底盖和滤纸)进行称量,记作 m_1 ;在试验样本中,添加棉秆炭基复合肥后饱和状态下土壤和环刀的总质量记作 m_2 ;最后将土壤和环刀置于 105 ℃ 环境下进行 24 h 烘干作业,称量环刀和干燥后土壤的质量,记为 m_3 。环刀的体积为 100 cm³。土壤饱和含水率的最终计算公式为

$$\omega = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100\%。$$

式中: ω 为土壤饱和含水率(%)。

1.5 棉秆炭基复合肥添加量对土样 pH 值和电导的影响

为研究棉秆炭基复合肥对沙化土壤酸碱性的影响,测定了炭肥不同比例添加量下土壤样品的 pH 值以及电导,每次比例重复 3 组共 18 组试验。采用酸度计测量 pH 值。具体步骤如下:对照组不添加棉秆炭基复合肥,每份称取 3 次 100 g 过 1 mm 筛的风干土样,试验组 5 组每组称取 100 g 土样,并分别添加 2、4、6、8、10 g 炭肥。土样和蒸馏水比例为 1:2.5,将土样装于 500 mL 烧杯中,振动筛振荡 1 h 后静置 30 min。将 pH 计电极插入到静止的炭基肥土壤试样中,轻轻搅拌并记录数值。

1.6 棉秆炭基复合肥添加量对土壤容重的影响

取试验土样过 1 mm 筛,每 100 g 土壤分别加入不同比例的棉秆炭基复合肥,每个不同添加比例土壤测定 3 次,共计 18 组试验。利用传统烘干法把装有试样的铝盒在 105 ℃ 下烘干 12 h,取出冷却到室温后,立即进行测量。

对空铝盒称质量,记作 m_x ;在试验样本中烘干后称量土壤加铝盒的质量记作 m_z ;计算公式如下

$$r_s = \frac{m_z - m_x}{V}。$$

式中: r_s 为土壤容重(g/cm³); V 为环刀体积(cm³)。

1.7 棉秆炭基复合肥添加量对土壤饱和导水率的影响

饱和导水率是土壤被水饱和时,单位水势梯度下,单位时间内通过单位面积的水量,可根据达西定律得到^[9]。将试验土样装入环刀中,在室内浸入水中 5 h,浸水过程中保持水面稍低于环刀上口,保证水不会进入环刀。浸水结束后将环刀取出,除去

顶盖在上面套一个规格一样的空环刀并密封好。然后将接合的环刀放到漏斗上,漏斗下放置一个 150 mL 的广口瓶。

试验利用马氏瓶向上层空环刀中加水,水层厚 5 cm。上层环刀加水后,从漏斗下方滴下第 1 滴水时用秒表开始计时,每隔 1、2、3、5、7、10、15 min 更换漏斗下的广口瓶(间隔时间的长短,视土壤渗透水速度快慢而定),直到单位时间内渗透水量达到稳定。饱和导水率(渗透系数)按下式计算:

$$K_s = \frac{10Q_n L}{St_n(h+L)}。$$

式中: K_s 为土壤饱和导水率(mm/min); Q_n 为 n 次渗出水量(cm³); t_n 为每次渗透时间间隔(min); S 为土壤渗透经过的横截面积(cm²); h 为水层厚度(cm); L 为土层厚度(cm)。

2 结果与分析

2.1 棉秆炭基复合肥添加量对土壤饱和含水量和土壤容重的影响

土壤饱和含水率的变化会影响土壤持水量,土壤饱和含水率是土壤重要的理化性质之一。饱和含水率增加有助于土壤水分的保存和持久吸收。土壤饱和含水率和土壤容重随棉秆炭基复合肥添加量的变化关系见图 2。

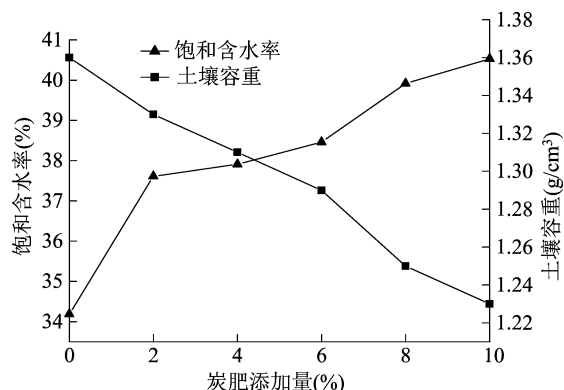


图2 不同炭肥添加量下土壤饱和含水率及土壤容重的变化

从图 2 可以看出,沙化土壤初始含水率为 34.19%,随着棉秆炭基复合肥添加量的增加,饱和含水率呈增加趋势,当添加量为 10% 时含水率达到 40.53%。由于棉秆炭基复合肥表面带有生物炭,生物炭颗粒粗糙细小,但表面积大,与普通肥料混合后,土壤能吸收更多的水分,提高土壤的饱和含水率。炭肥表面的生物炭还能保持肥料本身含有的少量水分不会大量挥发,使得土壤保持一定的持水

量,提高土壤饱和含水率。

随着棉秆炭基复合肥的添加,土壤容重呈下降趋势,与土壤饱和含水率变化相反^[10]。初始对照组土壤容重为 1.36 g/cm^3 ,改良后土壤容重下降至 1.23 g/cm^3 。这是由于炭肥表面带有生物质炭,表面颗粒小而疏松,混合土壤后能降低土壤容重,棉秆炭基肥料表面含有带电官能团,能够与土壤中的胶体发生一定的吸引或排斥作用,当二者之间发生相互排斥作用时,土壤中的胶体及其组织发生分散,最终导致土壤容重降低。可见炭肥影响土壤容重是炭肥表面炭的发达孔隙结构、表面带电官能团与土壤组织之间作用力相互竞争排斥的结果。

2.2 棉秆炭基复合肥添加量对土壤 pH 值的影响

土壤酸碱性是土壤重要的理化性质,对土壤肥力及植物生长影响很大。因此,研究棉秆炭基复合肥添加量是否影响土壤 pH 值,降低沙化土壤的酸碱度至关重要,棉秆炭基复合肥对 pH 值的影响见图 3。

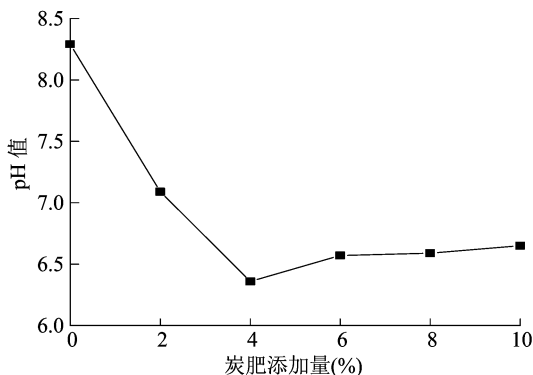


图3 不同炭肥添加量下土壤 pH 值的变化

从图 3 可以看出,随着炭基肥添加量的增加,pH 值先降低后增加。当炭肥添加量为 2% 和 10% 时土壤 pH 值接近于中性,分别为 7.09 和 6.65。由于分析纯肥料呈现弱酸性与碱性生物炭混合制作成的炭肥表现为弱酸性^[11],能够中和碱性沙化土壤,因此土壤施加棉秆炭肥后土壤 pH 值明显下降。分析结果表明,随着炭肥含量的增加,pH 值越来越趋向中性,因此,棉秆炭基复合肥的添加有利于碱性沙化土壤作物的生长。本试验结果也为棉秆炭肥改良沙化土壤的酸碱性提供了理论和实践基础。

2.3 棉秆炭基复合肥添加量对土壤饱和和导水率的影响

从图 4 可以看出,土壤的初始饱和和导水率为 0.24 mm/min ,随着炭肥添加量的增加饱和和导水率先增加后降低,当添加量为 6% 时达到最大值,为 0.48 mm/min 。由于棉秆炭基复合肥表面含有生物

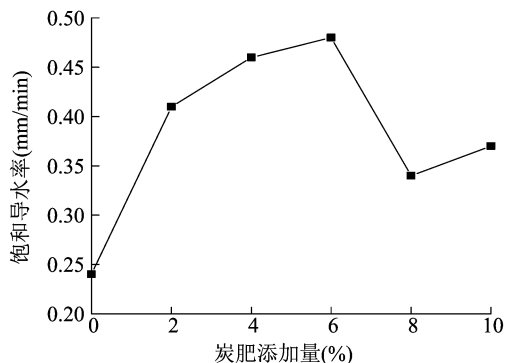


图4 土壤饱和和导水率随棉秆炭基复合肥添加量的变化

炭,颗粒微小摩擦程度不大,对渗透水流有一定的促进作用,颗粒孔隙小,刚接触水分时水分渗透快,因此,添加一定量的棉秆炭基肥提高了土壤的饱和和导水率。当棉秆炭基复合肥添加量超过 6% 时,饱和和导水率开始呈下降趋势,这可能是由于炭肥增多后,表面生物炭的表面积大、空隙多,开始缓慢吸水,造成大量的水分被炭肥吸收固定,降低了水分的外渗流动速度,使得最后流出的水分减少,单位时间内渗透出的水分变少降低了土壤饱和和导水率。

由于土壤空隙度与水摩擦不同,炭肥的施加对水流有不同的促进力和抑制力^[12],土壤中间和边界的渗透水流速度也会有所差异。本试验采用的渗透土层厚度和水层高度得到的结果有一定的局限性,不同情况下棉秆炭基复合肥对土壤饱和和导水率的影响也可能有差异,还有待进一步研究。

3 结论

棉秆生物炭和肥料混合后制备的炭肥显著降低了生物炭的碱性,呈现弱酸性。添加到碱性沙化土壤中有效降低了土壤的 pH 值,pH 值最终随着添加量的增加总体趋向于中性。

针对新疆维吾尔自治区沙化土壤,通过棉秆炭基复合肥的添加,土壤饱和含水率呈现明显的增加趋势,而土壤容重表现为下降趋势,有效改善了土壤的性质。当棉秆炭基复合肥添加量为 6% 时饱和和导水率达到最大值,为 0.48 mm/min ,再次添加时表现出下降趋势,但都比对照组饱和和导水率大。因此,炭基复合肥的添加能有效改良土壤容重,提升土壤的最大持水量和饱和和导水率。

参考文献:

- [1] 刘玉学,刘 微,吴伟祥,等. 土壤生物质炭环境行为与环境效应[J]. 应用生态学报,2009,20(4):977-982.

赵宏胜, 兰登明, 冯 霜, 等. 乌拉特后旗荒漠区 8 种灌丛地上部生物量模型[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(15): 297–305.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.054

乌拉特后旗荒漠区 8 种灌丛地上部生物量模型

赵宏胜, 兰登明, 冯 霜, 王 伟, 王志国

(内蒙古农业大学, 内蒙古呼和浩特 010010)

摘要:以乌拉特后旗荒漠区常见的 8 种灌丛[珍珠猪毛菜(*Salsola passerina*)、绵刺(*Potania mongolica*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、甘蒙锦鸡儿(*Caragana opulens*)、短叶假木贼(*Auabasis brevifolia*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)和松叶猪毛菜(*Salsola laricifolia*)]为研究对象,采用样方调查法进行调查,灌丛的测量采用标准株结合标准枝法,计算获得其生物量,并测量高度、冠幅,对比分析生物量得大小,通过主成分分析确定预测函数模型的最优变量,然后建立单株灌丛生物量模型。结果表明,8 种灌丛依生物量大小排序为霸王>驼绒藜>绵刺>松叶猪毛菜>红砂>珍珠猪毛菜>甘蒙锦鸡儿>短叶假木贼,这与植物自身特性及放牧干扰有直接关系;根据 r^2 ,松叶猪毛菜、短叶假木贼、霸王地上部生物量与灌丛面积的平方(S^2)极显著相关,最优预测模型均为幂函数模型;绵刺地上部生物量与植株高度及冠幅面积乘积的平方(H^2S^2)极显著相关,最优预测模型为幂函数模型;驼绒藜地上部生物量与冠幅体积(HS)极显著相关,最优模型为幂函数模型;甘蒙锦鸡儿、红砂地上部生物量与植株高度的平方和面积的乘积(H^2S)极显著相关,最优预测模型为幂函数模型;珍珠猪毛菜地上部生物量与灌丛面积的平方及高度的乘积(HS^2)极显著相关,最优模型为线性函数。经预测值和实测值的拟合率(P)、相对误差[样本的平均误差(R_s)和样本的平均相对误差(R_{MA})]检验,发现 8 种灌丛预测模型精度检验结果均达标准水平。灌丛生物量预测模型的建立,可以为定性评价生态系统的稳定性提供数据支撑,为研究区内植物资源的开发利用提供理论依据,并为修复脆弱生态区提供科学的技术措施。

关键词:荒漠区;灌丛;生物量;主成分分析;预测模型

中图分类号: S718.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0297-09

生物量是指某一时刻单位面积内实存生活的

有机物质总量^[1],是衡量一个生态系统土地生产力的重要指标^[2]。目前,对生物量的预测研究主要是通过建立数学模型法,不仅可以高效地掌握研究区内植物资源现状、环境状况及土地生产力,而且其操作性能强、实用性能好。

国内外学者对灌丛生物量的研究较多,主要针对对分布在林区、荒漠区的乔、灌丛生物量。杨昊天

收稿日期:2020-05-02

基金项目:国家科技基础资源调查专项(编号:2017FY100204)。

作者简介:赵宏胜(1995—),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:1677945967@qq.com。

通信作者:兰登明,硕士,教授,主要从事野生动植物资源保护与利用工作。E-mail:landengming@163.com。

[2]张阿凤,潘根兴,李恋卿. 生物黑炭及其增汇减排与改良土壤意义[J]. 农业环境科学学报,2009,28(12):2459–2463.

[3]Ogawa M, Okimori Y. Pioneering works in biochar research, Japan [J]. Soil Research, 2010, 48(7):489–500.

[4]赵 红,袁培民,吕贻忠,等. 施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J]. 土壤,2011,43(2):306–311.

[5]Zhao P, Shao M A, Wang T J. Spatial distributions of soil surface – layer saturated hydraulic conductivity and controlling factors on dam farmlands [J]. Water Resources Management, 2010, 24 (10): 2247–2266.

[6]陈凤琴,石 辉. 缙云山常绿阔叶林土壤大孔隙与入渗性能关系初探[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2005,30(2):350–353.

[7]胡克林,李保国,陈 研. 表层土壤饱和导水率的空间变异对农

田水分渗透的影响[J]. 水利学报,2006,37(10):1217–1223.

[8]崔英德. 复合肥的生产与施用[M]. 北京:化学工业出版社,1995.

[9]邵明安,王全九,黄明斌. 土壤物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2006:70–96.

[10]宋宝栋,覃齐正,郭子玉,等. 生物炭添加量对南疆沙化土壤理化性质和水分特征的影响[J]. 塔里木大学学报,2018,30(4):70–75.

[11]Novak J M, Busscher W J, Laird D L, et al. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil[J]. Soil Science, 2009, 174(2):105–112.

[12]王文焰,张建丰,汪志荣,等. 砂层在黄土中的阻水性及减渗性的研究[J]. 农业工程学报,1995,11(1):104–110.