

不同物料对喀斯特山区黑麦草抗旱效果的影响

张 耀¹, 张雷¹, 刘 方¹, 姚 斌²

(1. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要:为了促进畜牧业及草业的可持续发展,在施用复合肥、保水剂、蚯蚓粪及秸秆炭的土壤中,种植多年生黑麦草,探究在极端干旱天气条件下,各种物料对黑麦草生长、土壤含水率及其抗旱效果的影响。结果表明:在土壤中施用复合肥、保水剂、蚯蚓粪、秸秆炭后,黑麦草的平均株高(60 d后)分别比未施物料处理增加了20.78%、16.13%、51.16%和43.46%,而黑麦草的地上生物量则提高了42.75%、33.70%、76.09%和60.14%。施用复合肥、保水剂、蚯蚓粪、秸秆炭后土壤有效水分别比未施物料处理提高了16.75%、13.68%、30.63%和20.65%。在持续干旱条件下,蚯蚓粪及秸秆炭施用使黑麦草植株出现永久性枯萎的时间明显推迟了5 d,其抗旱系数比未施物料处理高11.5和9.2百分点,明显地提高了黑麦草的抗旱能力。

关键词:黑麦草;枯萎率;土壤水分;抗旱效果

中图分类号:S688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)08-0045-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.08.0045

黑麦草是南方山区广泛种植的优质牧草,其草质柔嫩多汁,适口性好,是牛、羊、兔、猪、鸡、鹅、鱼的好饲料,在畜牧业生产中有极大的推广前景^[1-3]。黑麦草生长喜温凉湿润气候,遇到高温干旱天气,黑麦草会枯黄或中途死亡,而保持土壤中适宜水分和营养物质有利于提高黑麦草的抗旱能力^[3-8]。在黑麦草种植过程中,肥料增施与秸秆还田、水肥耦合等农艺节水技术措施日益受到重视^[9-12]。生物质炭具有高度的孔隙结构,可以增加土壤的孔隙度和保水能力,降低土壤容重,有利植物根系生长^[13-14]。蚯蚓粪具有比表面积大、吸附能力强、保肥供肥性能好的特点,是一种高效优质的有机肥^[15]。

黑麦草适宜在贵州喀斯特山区生长,由于喀斯特生态环境脆弱,土层浅薄,土壤保水能力较弱,土壤水分是影响黑麦草生长的主要限制因子。此外,在贵州喀斯特地区容易出现季节性的春旱及伏旱,黑麦草的生长受季节性干旱的影响严重。近年来,对喀斯特山区黑麦草的种植土壤条件、生长状况及施肥技术方面开展了一些研究工作^[4,16],但在土壤改良剂对黑麦草抗旱效果的影响方面还缺乏系统性的研究。因此,本研究重点以蚯蚓粪及生物质炭为土壤改良剂,探讨有机物

料改良土壤对喀斯特山区黑麦草生长及其抗旱效果的影响,为该区畜牧业及草业的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试复合肥(盛茂)、保水剂(珠海农神)均购自农用市场。在田间收集废弃的玉米秸秆烧制(520℃)秸秆炭。以奶牛养殖场的牛粪作为原料,将新鲜牛粪经过堆放发酵后,加入引种蚯蚓(大平2号),蚯蚓饲养过程中牛粪含水率维持在65%~75%,待牛粪被蚯蚓彻底消化成蚯蚓颗粒粪便时,过筛将蚯蚓分离取出,得到粒度均匀的蚯蚓粪。实验土壤为石灰岩风化物发育的旱作土(土壤pH 7.74、有机质38.6 g·kg⁻¹、碱解氮172 mg·kg⁻¹、速效磷7.5 mg·kg⁻¹、速效钾159 mg·kg⁻¹)。黑麦草品种为多年生黑麦草。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 选取由石灰岩发育的旱作土0~15 cm的表层土壤,带回实验室过2 mm的土筛后,混合均匀待用。黑麦草种植采用盆栽方法。试验设5个处理,分别为对照(未施用土壤改良剂)、复合肥(5%复合肥)、保水剂(5%土壤保水剂)、蚯蚓粪(5%蚯蚓粪)、秸秆炭(5%秸秆炭)。每个处理重复3次。种植时,先将土壤与物料混合均匀,再分别装入塑料盆钵中(每盆1 kg土),每盆播种0.5 g干草种。以后进行日常浇水管理(每盆等量浇水),待黑麦草生长60 d后(分蘖数3片),停止浇水。

1.2.2 测定项目与方法 ①株高测定。播种第

收稿日期:2014-07-25

基金项目:贵州省科技厅农业科技攻关资助项目(黔科合NY[2013]3075号);国家林业局948资助项目(2013-4-80)

第一作者简介:张耀(1989-),男,湖北省天门市人,在读硕士,从事土壤学方面研究。E-mail:zy4726654@163.com。

通讯作者:刘方(1964-),男,贵州省天柱县人,教授,从事环境污染控制及环境生态方面研究。E-mail:lfang6435@163.com。

60 天设 3 个重复组(每盆取 10 棵草)测定其株高取平均值。

②地上生物量(鲜重)测定。播种第 60 天设 3 个重复组(每盆取有代表性的十颗草,其总重为一个重复组的地上生物量)测定鲜重并取平均值(g)。

③枯萎率。播种第 60 天后,在持续干旱(5 月份,未浇水)的条件下,每次从每盆中选取 10 株黑麦草,每隔 5 d 观察自然失水过程中各种处理黑麦草植株出现枯萎的株数及严重程度。根据植株茎叶失水情况进行枯萎程度分级,共分 4 个等级进行记录并计算相应等级的枯萎率。1 级:植株生长基本正常,只有 1 叶片开始出现失水症状,叶尖发黄。2 级:植株明显枯萎,1 片老叶枯萎死亡,生长点及幼叶保持伸展状。3 级:植株严重枯萎,叶脉全部下垂,2 片老叶枯萎死亡,生长点卷缩,恢复困难。4 级:植株 3 片叶全部枯萎死亡。

④抗旱系数计算。利用抗旱系数测定法^[17],计算出各处理的黑麦草抗旱系数,公式:

抗旱系数(%) = $[1 - \sum(\text{各级枯萎率} \times \text{相应级数})/4] \times 100$

⑤土壤含水率测定。采用常规土钻取土烘干法,测定各处理组的平均土壤含水率。

⑥最大持水量测定。用环刀取土,在环刀下垫一张滤纸,用橡皮筋固定在环刀上之后将环刀放在盘子里,给盘中倒水至没过滤纸,隔天将环刀中的土壤取出,放到已知重量的铝盒中称重,得到土壤最大持水量时的质量 W_1 ,之后把铝盒放入烘箱中 105℃烘干 10 h 以上,至恒重,得到干土质量 W_2 ,最大持水量 = $(W_1 - W_2) / W_2$ 。每 3 个重复组土壤最大持水量的平均值为各处理组的最大

持水量。

⑦凋萎系数。即黑麦草开始出现永久凋萎(4 级枯萎)时的土壤含水率。

⑧土壤有效水计算。即土壤最大持水量与凋萎系数之差。

2 结果与分析

2.1 不同物料对黑麦草生长的影响

播种后 60 d 黑麦草株高与地上部分生物量见表 1,在复合肥、保水剂、蚯蚓粪、秸秆炭处理上,黑麦草平均株高分别比未施物料处理高 1.43、1.11、3.52、2.99 cm。可见,在旱地上施用不同种类的物料后,黑麦草的株高明显增加,其中以蚯蚓粪和秸秆炭处理下黑麦草的生长状况最好。由表 1 可以看出,各物料施用处理黑麦草的生物量均高于未施物料处理。复合肥、保水剂、蚯蚓粪、秸秆炭处理地上部分的平均鲜重分别比未施物料处理增加了 42.75%、33.70%、76.09%和 60.14%,说明旱地土壤施用蚯蚓粪与秸秆炭可以明显提高黑麦草的生物量。可能的原因是:蚯蚓粪除了含有丰富的 N、P、K 和腐殖质及有机质等,还有多种酶和微生物,比单一的复合肥和保水剂更能促进和调节植物生长。Arancon 等^[18]的研究也证明蚯蚓粪能通过增加根际微生物的数量和活性来影响植物生长激素的分泌和氮循环速度,对草莓的生长发育、产量有显著的促进作用;生物炭不仅含有较多的可溶性矿物养分(如 N、P、K、Ca 等),而且有较大的比表面积和多孔结构,改变了土壤微环境,从而改变微生物活性和多样性,间接提高了土壤的保肥性能。傅秋华等^[19]研究表明,向土壤中施入竹炭颗粒后,土壤中水解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和镁等元素含量显著提高。

表 1 不同改良处理下黑麦草的株高和生物量比较

Table 1 Comparison on plant height and biomass of ryegrass in different modified treatments					
测定项目 Determination of the project	未加物料 None material	物料 Materials			
		复合肥 Compound fertilizer	保水剂 Water retaining agent	蚯蚓粪 Vermi compost	秸秆炭 Straw carbon
株高/cm Plant height	6.88±0.31 c	8.31±0.23 b	7.99±0.15 b	10.40±0.27 a	9.87±0.48 a
地上生物量/g Aboveground biomass	0.276±0.034 c	0.394±0.029 ab	0.369±0.018 b	0.486±0.041 a	0.442±0.036 a

不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。
Different lowercases mean significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同物料对黑麦草枯萎状况的影响

根据持续干旱条件下黑麦草的失水特点,可以把黑麦草植株的枯萎过程分为两个阶段。阶段

A(1~2 枯萎级别):叶尖发黄至一片老叶死亡;从表 2 看出,干旱 5 d 后,试验组均出现失水症状,叶尖发黄、部分老叶死亡,老叶死亡率大小顺

序为对照处理>保水剂、复合肥>蚯蚓粪、秸秆炭(大小相差大于 5%)。其中,对照处理最先出现两片老叶死亡。可见,在旱地土壤施用复合肥、保水剂、蚯蚓粪及秸秆炭后,都能在一定程度上延缓黑麦草老叶的死亡;其中,蚯蚓粪和秸秆炭处理效果更明显。

阶段 B(3~4 枯萎级别):一片老叶死亡至植株发生永久枯萎。停止浇水 15 d 后,对照组、复合肥、保水剂处理部分植株倒伏,绿色泛白;在干旱 20 d 后,各改良处理组均有两片老叶死亡;在干旱 25 d 后,植株严重枯萎,全部倒伏,两片老叶全部死亡率大小顺序为照处理>保水剂>复合肥>秸秆炭>蚯蚓粪(大小相差大于 5%)。在连

续干旱 30 d 后,植株开始出现死亡,死亡率大小顺序为照处理>保水剂>复合肥>秸秆炭、蚯蚓粪(大小相差大于 5%)。35 d 后,对照组、复合肥和保水剂处理黑麦草全部死亡,蚯蚓粪和秸秆炭仍有少部分存活。施用复合肥与保水剂分别提高土壤的无机盐含量与保水能力,能在一定程度上延缓黑麦草枯萎。不仅可以促进黑麦草的健壮生长,而且使黑麦草全部枯萎死亡的时间推迟 5 d,尤其以蚯蚓粪的效果更为显著。出现这种结果的原因可能是,施用蚯蚓粪处理的黑麦草生物量较大,含水量高,具有更强的抗旱能力。张智猛等^[20]也指出了花生的形态指标(株高、生物量等)与其抗旱性有关。

表 2 持续干旱下黑麦草植株枯萎状况

Table 2 Continuation of perennial ryegrass plants wilting under drought condition

干旱天数/d Drought days	黑麦草植株枯萎率/% Ryegrass plant wilting rate				
	对照组	复合肥	保水剂	蚯蚓粪	秸秆炭
	Control group	Compound fertilizer	Water retaining agent	Vermi compost	Straw carbon
5	20 ₁ 67 ₂ 3 ₃	40 ₁ 40 ₂	30 ₁ 43 ₂	53 ₁ 27 ₂	33 ₁ 23 ₂
10	20 ₁ 73 ₂ 7 ₃	53 ₁ 40 ₂	33 ₁ 50 ₂	53 ₁ 37 ₂	33 ₁ 30 ₂
15	17 ₁ 73 ₂ 10 ₃	33 ₁ 60 ₂ 3 ₃	20 ₁ 70 ₂	15 ₁ 85 ₂	27 ₁ 60 ₂ 3 ₃
20	7 ₁ 73 ₂ 20 ₃	20 ₁ 70 ₂ 10 ₃	7 ₁ 80 ₂ 13 ₃	3 ₁ 87 ₂ 10 ₃	20 ₁ 67 ₂ 7 ₃
25	40 ₂ 60 ₃	60 ₂ 40 ₃	50 ₂ 50 ₃	75 ₂ 25 ₃	67 ₂ 33 ₃
30	10 ₂ 50 ₃ 40 ₄	23 ₂ 50 ₃ 27 ₄	20 ₂ 47 ₃ 33 ₄	23 ₂ 70 ₃ 7 ₄	17 ₂ 73 ₃ 10 ₄
35	100 ₄	100 ₄	100 ₄	13 ₃ 87 ₄	7 ₃ 93 ₄

植株枯萎率为小角标数字对应枯萎级别的枯萎植株百分率。枯萎率为 0 的相应级别均未标出。
Plant wilting rate mean small angle superscript numbers corresponding levels of fusarium wilt plants percentage. 0 levels of fusarium isn't marked.

2.3 不同物料对土壤含水率及抗旱效果的影响

在持续干旱条件下,不同处理的土壤含水率的变化趋势见图 1。在持续干旱的第 10 天,只有对照处理黑麦草植株有两片叶死亡现象,其土壤含水率为 34.92%,复合肥、保水剂、蚯蚓粪和秸秆炭处理的土壤含水率分别为 34.61%、34.67%、29.52%和 26.54%;在持续干旱的第 15 天,除保水剂和蚯蚓粪处理外,其它处理组均出现少许严重枯萎(两片老叶死亡),保水剂、蚯蚓粪处理的土壤含水率分别为 15.05%、12.27%,而对照、复合肥及秸秆炭处理的土壤含水率分别为 15.98%、13.33%、11.48%;在持续干旱 25 d 后,各试验组植株出现永久性枯萎,此时,对照、复合肥、保水剂、蚯蚓粪及秸秆炭处理的土壤含水率分别为 5.16%、4.37%、4.68%、3.84%、3.75%。

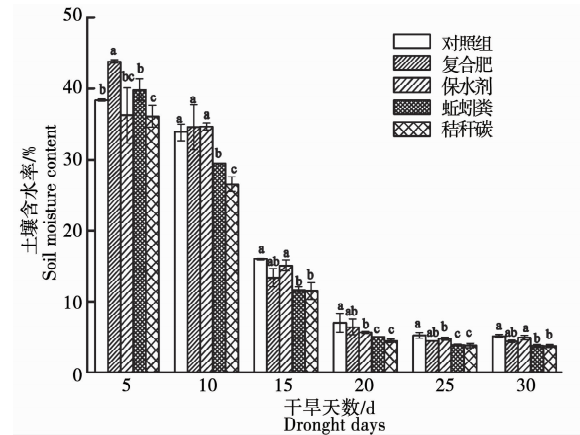


图 1 不同处理下种植黑麦草土壤的含水率

Fig. 1 Soil moisture content of different treatments

在干旱前期(干旱前 10 d),复合肥、蚯蚓粪及秸秆炭处理的土壤含水率下降显著,可能因为黑

麦草地上生物量大,植株的蒸腾作用较大,导致植株从土壤中吸收的水分较多。而保水剂处理的土壤含水率无明显变化,说明保水剂增加了土壤保持水分的能力,降低了土壤水分蒸发量,在一定程度上延缓了黑麦草的枯萎;在干旱中期(10~25 d),蚯蚓粪、秸秆炭处理组的土壤含水率较低,其3级枯萎率也较低。在干旱后期(25~35 d),各处理组的土壤含水率趋于稳定,并没有明显的差异。而蚯蚓粪处理组的黑麦草死亡率(4级枯萎)明显低于其它处理组。

通过对不同处理土壤的最大持水量、凋萎系

表 3 不同处理下种植黑麦草的土壤有效水含量比较

able 3 Comparison on effektiv water content of the soil planting perennial ryegrass under different treatmen

类别 Category	对照组 Control group	复合肥 Compound fertilizer	保水剂 Water retaining agent	蚯蚓粪 Vermi compost	秸秆炭 Straw carbon
最大持水量/% Maximum water holding capacity	64.52±4.99	73.67±0.25	72.16±4.73	81.38±1.24	75.37±2.11
凋萎系数 Wilting coefficient	5.16	4.37	4.68	3.84	3.75
有效水/% Effective water	59.36±4.99	69.30±0.25	67.48±4.73	77.54±1.24	71.62±2.11

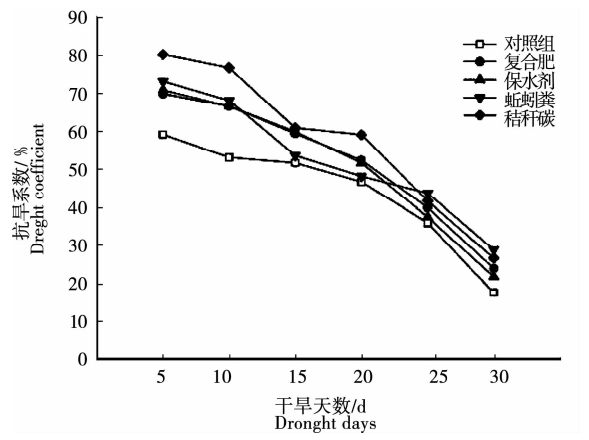


图 2 不同处理下种植黑麦草的抗旱系数
Fig. 2 Drought coefficient of perennial ryegrass under different treatments

根据表 2 的统计结果,计算出各处理组下黑麦草在不同干旱时期的抗旱系数,如图 2 所示。黑麦草的抗旱系数随着干旱时间的增长而减小,不同物料处理的黑麦草抗旱系数均大于未施物料处理。在干旱前期,保水剂和复合肥的抗旱系数减小速率较小;在干旱中后期(20~25 d),保水剂、复合肥、秸秆炭的抗旱系数急剧下降,而蚯蚓粪的抗旱系数缓慢下降。干旱第 30 天时,各处理

数的测定,计算土壤有效水的含量(见表 3),不同物料处理之间土壤有效水含量出现明显的差异,其大小顺序为蚯蚓粪>秸秆炭>复合肥>保水剂>对照组。施用复合肥、保水剂、蚯蚓粪及秸秆炭处理的土壤有效水含量(3 次测定值的平均数)分别比未施物料处理提高了 16.75%、13.68%、30.63%和 20.65%,蚯蚓粪施用明显增加了土壤有效水含量,增加了黑麦草可吸收利用的土壤水分。这一结果说明了土壤有效水含量与黑麦草的抗旱能力有一定的关系。

组土壤含水率在 4.75%~5.16%,并无明显差异。在基本相同的土壤水分条件下,植株的枯萎程度很好地说明了作物对水分胁迫的耐受性和适应性。对照组、复合肥、保水剂、蚯蚓粪、秸秆炭处理下黑麦草的抗旱系数分别为 17.5%、24.0%、21.8%、29.0%、26.7%。由此可见,土壤施加蚯蚓粪、秸秆炭后,黑麦草的抗旱系数显著提高。

3 结论

在土壤中施用蚯蚓粪、生物质炭后,黑麦草生长 60 d 后的平均株高比未施物料处理增加了 51.16%和 43.46%,而黑麦草的地上生物量则提高了 76.09%和 60.14%。土壤施用蚯蚓粪、生物质炭对黑麦草的生长有明显的促进作用。

在持续干旱条件下,土壤施用蚯蚓后,黑麦草植株出现永久性枯萎的时间会延迟;土壤施用生物质炭、蚯蚓粪后,黑麦草老叶死亡将会延迟,同时黑麦草全部死亡的时间也会得到推迟 5 d。

干旱前期,复合肥、保水剂、蚯蚓粪施用明显提高了土壤保水能力,在一定程度上延缓了黑麦草的枯萎;在干旱中后期,土壤含水率较低情况下,复合肥和保水剂处理对增强黑麦草的抗旱效果没有蚯蚓粪和生物质炭处理的显著;蚯蚓粪施

用使土壤有效水含量增加了 30.63%,并且明显提高了黑麦草的抗旱系数。

蚯蚓粪、生物质炭对土壤有明显的保墒作用,增加了黑麦草可吸收利用的土壤水分和黑麦草的耐旱性,蚯蚓粪及生物质炭改土对黑麦草有明显的抗旱效果。

参考文献:

- [1] 张磊,刘东燕,邵涛.黑麦草的饲用价值及其应用前景[J].草业科学,2008(4):64-69.
- [2] 何焕周,宋先平,刘玉芳,等.人工牧草的种植技术与舍饲养羊[J].草业与畜牧,2008(5):48-50.
- [3] 罗文坤.种草养畜应注意的几个问题[J].草业与畜牧,2010(3):59-60.
- [4] 刘方,罗海波,蒲通达,等.喀斯特山区旱地施用生物有机肥对一年生黑麦草生长的影响[J].贵州农业科学,2011(12):190-193.
- [5] 李珊,刘方,何腾兵,等.粉煤灰不同配比基质对黑麦草生长的影响[J].环境科学与技术,2008(11):54-57.
- [6] 周巧玲,徐庆国.PEG-6000 对不同黑麦草品种萌发期抗旱性的影响[J].作物研究,2014(2):159-162.
- [7] 马行,刘刊,权俊娇,等.高温胁迫下保水剂对黑麦草光合特性的影响[J].北方园艺,2013(21):77-81.
- [8] 马艳华,宋瑜,张洪荣.烯效唑对黑麦草抗旱生理特性的影响[J].草业科学,2009(5):169-173.
- [9] 张艾青,席冬梅,初晓辉,等.修剪高度和频度对两种冷季型草坪草生长及外观质量的影响[J].草业与畜牧,2013(5):

10-13.

- [10] 熊先勤,张圆,张文超,等.种植方式对黑麦草生育特性的影响研究[J].种子,2013(9):78-81.
- [11] 孙学映,刘春英,朱体超,等.黑麦草高产栽培技术研究[J].南方农业学报,2013(7):1105-1109.
- [12] 刘高军,韩建国,魏臻武,等.施氮量对一年生黑麦草生长特性的影响[J].草原与草坪,2011(1):33-36,41.
- [13] 袁金华,徐仁扣.生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J].生态环境学报,2011(4):779-785.
- [14] Laird D A, Fleming P, Davis D D, et al. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil[J]. Geoderma, 2010, 158(3/4):443-449.
- [15] 于跃跃,王胜涛,金强,等.施用蚯蚓粪对草莓生长和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2014(7):219-223.
- [16] 高渐飞,苏孝良,熊康宁,等.贵州岩溶地区的草地生态环境与草地畜牧业发展[J].草业学报,2011(4):279-286.
- [17] 刘明军,侯栋,岳宏忠,等.海藻肥在黄瓜上的抗旱效应研究[J].甘肃农业大学学报,2003(4):450-454.
- [18] Aranon N Q, Edwards C A, Bierman P. Influences of vermin composts on field strawberries; Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties[J]. Bioresource Technology, 2006, 97:831-840.
- [19] 傅秋华,张文标,钟泰林,等.竹炭对土壤性质和高羊茅生长的影响[J].浙江林学院学报,2004,21(2):159-163.
- [20] 张智猛,万书波,戴良香,等.花生抗旱性鉴定指标的筛选与评价[J].植物生态学报,2011(1):100-109.

Effect of Materials on the Drought Resistance of Perennial Ryegrass in Karst Mountain Areas

ZHANG Yao¹, ZHANG Lei-yi¹, LIU Fang¹, YAO Bin²

(1. Resources and Environment Engineering College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: In order to promote the sustainable development of animal husbandry and prataculture, perennial ryegrass was planted in the soil applying compound fertilizer, water retention agent, earthworm manure and straw charcoal, the effect various kinds of modifier on perennial ryegrass growth, soil moisture content as well as the drought resistance were explored in extremely dry weather conditions. The results showed that after the application of compound fertilizer in the soil, water retention agent, earthworm manure and straw charcoal, the average plant height (60 days) of perennial ryegrass were increased by 20.78%, 16.13%, 51.16% and 43.46% than conditioner treatment, and the above ground biomass of perennial ryegrass was increased by 42.75%, 33.70%, 76.09% and 60.14%. After the application of compound fertilizer, water retention agent, earthworm manure and straw charcoal, soil effective water increased by 16.75%, 13.68%, 30.63% and 20.65% than giving conditioner respectively. Under the condition of continuous drought, the permanent time of perennial ryegrass delayed 5 d significantly applied the earthworm dung and straw charcoal, the drought resistance coefficient was 11.5 and 9.2 percent point higher than conditioner processing, which improved the drought-resistant ability of perennial ryegrass significantly.

Keywords: perennial ryegrass; withering rate; soil moisture; effect of drought resisting