

膜下滴灌条件下生物质炭对土壤水热肥效应的影响^①

高利华, 屈忠义*

(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要: 通过田间小区试验, 研究膜下滴灌条件下农田施用生物炭 0 t/hm²(A0)、15 t/hm²(A15)、30 t/hm²(A30) 和 45 t/hm²(A45) 后玉米各生育期土壤含水率、温度和有机质及速效养分含量的变化规律。试验结果表明: 在每个生育期, 各处理耕层土壤含水率均随生物炭施用量增加呈先增加后减少的趋势, 且均高于对照。在玉米拔节期、抽雄期和灌浆期差异性显著, 且显著相关, 其中 A30 处理增幅最大, 达 13.74%; 在玉米三叶期和拔节初期, 施用生物炭显著提高土壤表层温度, 且呈正相关; 在抽雄期、灌浆期和成熟期, 土壤表层温度依次为 A30>A0>A45>A15, 与施炭量没有表现出显著相关; 耕层土壤有机质和有效磷含量随施炭量增加而显著增加, 且均高于对照, 与施炭量表现出极显著相关; 整个玉米生育期, 相比对照 A0, 处理 A15、A30 和 A45 有机质最大增幅分别为: 14%、20% 和 58%, 有效磷最大增幅分别为: 62%、99% 和 113%; 施用生物炭后, 各处理均显著提高了耕层土壤碱解氮和速效钾含量, 相比对照 A0, 处理 A15、A30 和 A45 碱解氮的最大增幅分别为 13%、17% 和 10%, 速效钾的最大增幅分别为: 35%、48% 和 63%。综上所述, 膜下滴灌条件下适量施用生物炭可有效增加耕层土壤含水率、土壤温度和有机质及速效养分, 生物炭具有一定的保水、保温、保肥特性, 有利于提高土壤水、肥利用率。

关键词: 膜下滴灌; 生物炭; 含水率; 土壤温度; 有机质; 速效养分

中图分类号: S15 **文献标识码:** A

内蒙古地处干旱半干旱地区, 降雨量少、蒸发量大, 水资源严重匮乏, 是水土流失较严重的区域^[1], 伴随着中国经济社会的快速发展、持续加大的农业集约化压力, 化肥施用数量和强度不断增加, 导致土壤板结酸化、面源污染问题等不断加重, 而且在未来的一段时间内可能还会继续恶化^[2], 因此如何提升土壤的保水、保肥能力是迫切需要解决的关键问题之一。近年来的研究表明, 生物炭在土壤改良^[3-8]和固碳减排^[9-10]方面具有一定效果, 在土壤中施用生物炭也许是解决上述问题的途径之一。

生物炭(biochar)主要是指植物或其他有机物在限氧或无氧条件下经高温裂解形成的稳定的富碳产物, 元素组成主要包含 C、H、O 等, 其次是灰分, 其性质稳定, 孔隙结构发达, 比表面积巨大, 具有大量的表面负电荷以及高电荷密度的特性, 能较多地吸附土壤阳离子^[11]。因此, 生物炭施入土壤后可能会提高土壤的保水、保肥能力, 进而提高土壤的水肥利用

效率。周桂玉等^[12]和勾芒芒等^[13]通过室内土柱试验发现添加生物炭以后土壤中的速效养分均不同程度增加。Chan 等^[14]通过盆栽试验也得出了相同的结论。高海英等^[15]发现随着生物炭施用量的增多, 土壤持水能力在一定范围内有所增强。

在内蒙古河套灌区, 玉米是主要农作物之一, 大部分废弃秸秆都被直接焚烧, 对环境造成了严重的影响。如果能将其应用到生物炭技术中来, 不仅能够解决环境污染问题, 而且可以促进资源的可持续利用。应用生物炭技术是利用现有资源、节约水资源、改善土壤肥力、修复农田生态环境、实现农业可持续发展的一个新思路。然而目前的研究大都集中于室内及大棚试验^[12-14], 而大田试验农田的灌溉方式多数为地面灌溉^[3, 9]。膜下滴灌是近年来新兴的节水灌溉方式, 滴灌可使作物主要根系区的土壤始终保持在最优化水状态, 地膜覆盖则进一步减少了作物棵间水分的蒸发^[16-17]。且能提高耕层土壤的温度^[18], 然而有关生

基金项目: 国家自然科学基金项目(41161038)、内蒙古自治区科技厅应用项目(201501061)和“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0501301)资助。

* 通讯作者(quzhongyi@imau.edu.cn)

作者简介: 高利华(1990—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生, 主要研究方向为农业水土资源利用与水土环境调控。E-mail: 1436082044@qq.com

物炭与膜下滴灌相结合的农田效应研究几乎为空白。因此本文旨在膜下滴灌条件下设置不同生物质炭施用量梯度,通过研究土壤水、肥、热的变化规律,为生物质炭在内蒙古地区的推广利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2015 年 5 月初到 10 月中旬在内蒙古河套灌区临河区双河镇进步村九庄农业合作社(107°18'E, 40°41'N, 海拔 1 041 ~ 1 043 m)进行。该地属于中温带半干旱大陆性气候,其特点是云雾少、降水量少、风大气候干燥,多年年均降水量 140 mm 左右,平均气温 6.8℃,昼夜温差大,日照时间长,平均日照时间 3 229.9 h,无霜期为 130 d 左右,地势东高西低,地面坡降 1/6 000。

1.2 供试材料

供试生物质炭为辽宁金和福农业开发有限公司的玉米秸秆生物质炭产品,该产品选用当年玉米秸秆在炭化温度为 400℃于缺氧条件下燃烧 8 h 后制成。生物质炭及供试土壤主要性质见表 1。

表 1 供试土壤和生物质炭基础理化性状
Table 1 Physico-chemical properties of tested soil and biochar before initiation of experiment

理化性状	土壤	生物质炭
pH(水土比 1 : 5)	8.5	9.04
电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	318.5	1 688
有机质(g/kg)	14.473	-
碱解氮(mg/kg)	65.89	159.15
有效磷(mg/kg)	5.3	394.18
速效钾(mg/kg)	184	783.98
C 质量分数(%)	-	47.17
N 质量分数(%)	-	0.71
H 质量分数(%)	-	3.83
碳氮比(C/N)(%)	-	67.03

1.3 试验处理

将生物质炭施于土壤表面,用旋耕机将生物质炭与耕层土壤均匀混合。本试验采用单因素 4 水平设计,生物质炭施用量分别为 0 t/hm²(A0)、15 t/hm²(A15)、30 t/hm²(A30)、45 t/hm²(A45),每个处理 3 个重复,共 12 个小区,每个小区面积为 90 m²(15 m × 6 m)。供试作物为玉米,品种为西蒙 6 号,株距 30 cm,行距 60 cm,种植密度为 55 556 株/hm²。基肥施用量:磷酸二铵(N: P₂O₅: K₂O = 14: 39: 0)450 kg/hm²,复合肥(N: P₂O₅: K₂O = 30: 5: 5)337.5 kg/hm²。共追施尿素($\omega(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = 46.67\%$)375 kg/hm²(在拔节前、中、后期追

肥 3 次,抽雄期 1 次,灌浆期 1 次,共 5 次,每次 75 kg/hm²),施肥方式为随水施肥。灌水方式为膜下滴灌,通过张力计监测土壤水分状况,灌水下限为 -35 kpa,灌水定额为 225 m³/hm²。

1.4 观测项目及方法

在玉米的各主要生育期(三叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期)对不同处理分别多点取 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 的土层样品,混匀后,取部分土样测定土壤含水率;在每个生育期对各处理通过直角地温计连续 3 d 读取表层土壤温度(10 cm),从每天早上 6:00 到晚上 8:00,每隔 2 h 读一次,最后将 3 d 同一时间地温求平均值;在各生育期对不同处理用土钻分别于 0 ~ 15 cm 和 15 ~ 30 cm 土层取样,经自然风干、过筛后,测定碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量。土壤含水率测定采用烘干称重法^[19],碱解氮测定采用碱解扩散法^[19],有效磷和速效钾测定采用联合浸提-比色法^[20],有机质测定采用重铬酸钾容量法^[21]。

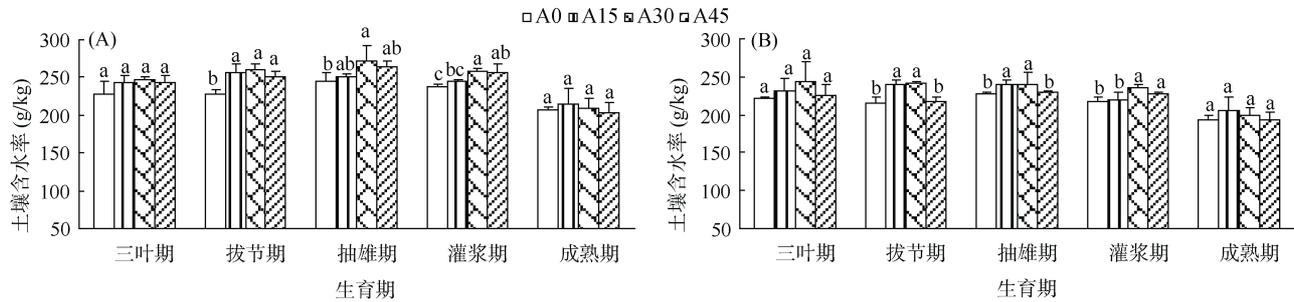
1.5 数据分析与处理

数据通过 Microsoft Excel 2003 进行整理并作图,使用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析和相关性分析,采用 LSD 方法进行显著性检验($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 生物质炭对土壤含水率的影响

0 ~ 10 cm(图 1A)和 10 ~ 20 cm(图 1B)土层土壤含水率的变化趋势基本一致,随着施炭量的增加呈先增加后减少的趋势,且均高于对照。0 ~ 10 cm 土层土壤含水率在三叶期各处理间差异均不显著;拔节期处理 A15、A30 和 A45 土壤含水率分别比对照 A0 提高 11.95%、13.74%、9.60%,差异达到显著水平;抽雄期处理 A30 土壤含水率比对照 A0 提高 10.42%,差异达到显著水平,处理 A15 和 A45 差异未达到显著水平;灌浆期,处理 A30 和 A45 的土壤含水率分别比对照 A0 提高:8.94%、8.06%,差异达到显著水平,A15 差异不显著;成熟期,各处理差异均不显著。10 ~ 20 cm 土层土壤含水率观测结果如图 1B 所示,三叶期各处理的土壤含水率差异均不显著;拔节期处理 A15 和 A30 的土壤含水率比对照增加 11.43%、12.39%,差异显著,A45 与 A0 差异不显著;抽雄期处理 A30 和 A15 比对照 A0 分别增加 5.27%、4.79%,差异显著,而 A45 与对照差异不显著;灌浆期处理 A30 和 A45 的土壤含水率比对照分别增加 7.84%、4.31%,差异达到显著水平,处理 A15 与 A0 差异不显著;成熟期,各处理的差异均不显著。通过分析可



(图中小写字母不同表示同一生育期不同处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 玉米全生育期土壤含水率(A. 0 ~ 10 cm; B. 10 ~ 20 cm)

Fig. 1 Soil moisture in maize growth period (A. 0 - 10 cm ; B. 10 - 20 cm)

知,施用生物炭后可有效增加耕层土壤含水率,但是并不是生物炭越多增加的幅度就越大,这种增加效应有一定的限度。

2.2 生物炭对土壤肥力的影响

玉米三叶期测得不同处理土壤碱解氮、速效钾、

有机质和有效磷的含量(图 2)均随着生物炭施用量的增加呈逐渐增加的趋势,且均高于对照。较大生物炭用量处理(A30、A45)增幅效果较大,两处理碱解氮增幅均为 6%,有机质增幅超过 20%,速效钾和有效磷增幅超过 48%。

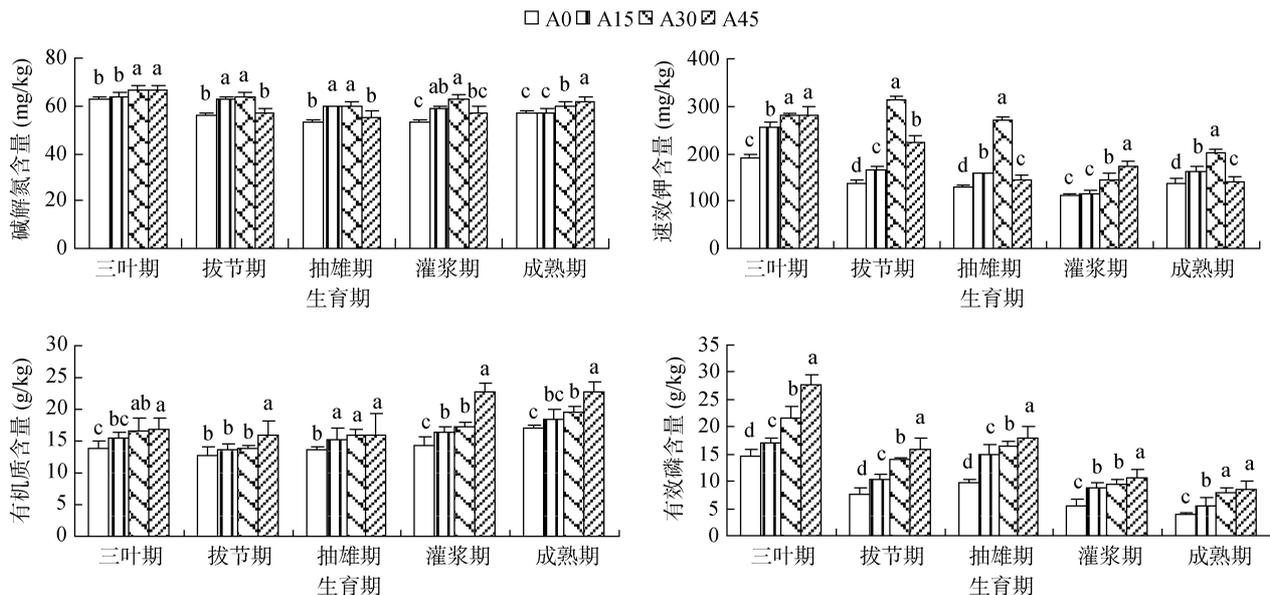


图 2 玉米全生育期耕层土壤肥力

Fig. 2 Soil fertility of plough layer in maize growth period

在拔节期,土壤碱解氮含量从大到小依次为 $A30 > A15 > A45 > A0$,其中,A30和A15分别比A0提高了14%和13%。土壤速效钾含量从大到小依次为 $A30 > A45 > A15 > A0$,其中A30、A45、A15分别比A0提高了130%、63%和21%。有机质和有效磷随生物炭施用量增加而增加,且均大于对照,其中A45和A30有机质分别增加23%和9%,有效磷分别增加108%和83%。

在抽雄期,土壤碱解氮含量从大到小为 $A30 > A15 > A45 > A0$,其中A30和A15分别比A0增加了14%和12%。土壤速效钾含量从大到小依次为 $A30 > A15 > A45 > A0$,其中A30、A15、A45分别比

A0提高了109%、21%和11%。有机质和有效磷随生物炭施用量增加而增加,其中A45和A30有机质增加18%和17%,有效磷增加85%和70%。

在灌浆期,土壤碱解氮含量从大到小依次为 $A30 > A15 > A45 > A0$,其中A30和A15分别增加17%和11%。土壤速效钾、有机质和有效磷含量随生物炭施用量增加呈递增趋势,其中A45和A30效果最佳,速效钾增幅超过31%,有机质增幅超过20%,有效磷增幅超过70%。

在成熟期,土壤速效钾含量从大到小依次为 $A30 > A15 > A45 > A0$,其中A30和A15分别增加46%和16%。碱解氮、有机质和有效磷随生物炭施用量增

加呈逐渐增加的趋势，其中 A45 和 A30 增幅最大，碱解氮增幅超过 5%，有机质增幅超过 14%，有效磷增幅超过 99%。

2.3 生物炭对土壤温度的影响

如图 3 所示，在三叶期和拔节期，随着生物炭施用量的增加，土壤温度呈逐渐增加的趋势，不同处理的土壤温度依次为 A45>A30>A15>A0。在抽雄期、灌浆期和成熟期，不同处理土壤温度呈现相同规律，

均为 A30>A0>A45>A15。

2.4 生物炭与土壤水、肥、热指标相关性分析

通过土壤含水率与生物炭相关性分析可知(表 2)，在 0~10 cm 土壤深度，拔节期和抽雄期土壤含水率与生物炭施用量相关性显著，灌浆期达到极显著，而三叶期和成熟期未表现出显著相关；在 10~20 cm 土壤深度，拔节期、抽雄期和灌浆期土壤含水率与生物炭施用量显著相关，而三叶期和成熟期未表现出显著相关。

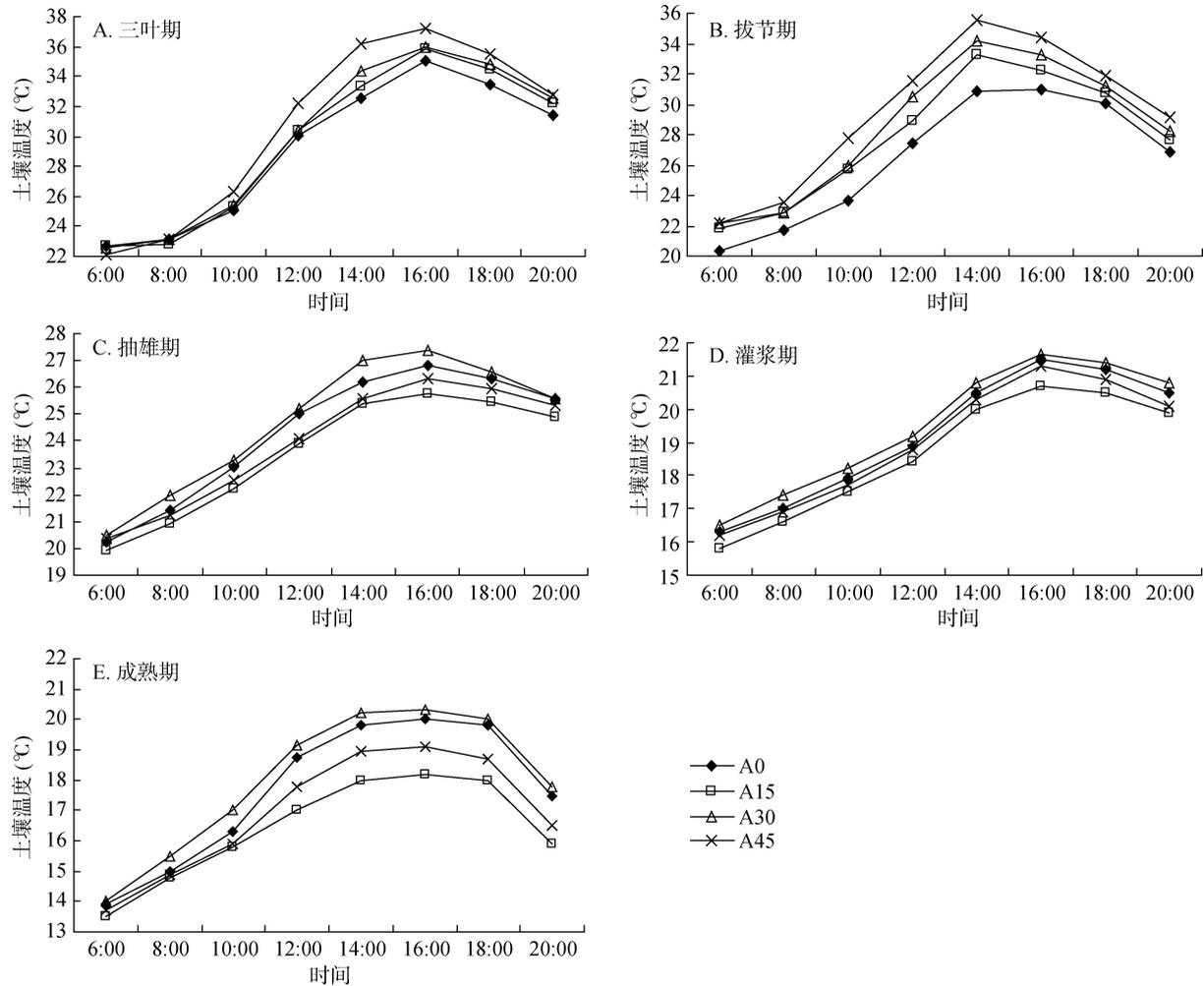


图 3 玉米全生育期地温(10 cm)日变化

Fig. 3 Daily variation of soil temperature (10 cm depth) in maize growth period

表 2 耕层土壤含水率、有机质、速效养分、地温与生物炭施用量的相关分析

Table 2 Correlation coefficients between biochars with soil moisture, organic matter, available nutrients, 10 cm depth temperature of plough layer

玉米生育期	含水率		碱解氮	速效钾	有机质	有效磷	地温
	0~10 cm	10~20 cm					
三叶期	0.423	0.200	0.906**	0.897**	0.874**	0.973**	0.538*
拔节期	0.539*	0.502*	0.004	0.675**	0.827**	0.977**	0.571*
抽雄期	0.590*	0.523*	-0.313	0.318	0.824**	0.939**	0.231
灌浆期	0.776**	0.550*	-0.036	0.939**	0.913**	0.919**	0.213
成熟期	-0.135	-0.420	0.932**	0.237	0.918**	0.934**	-0.065

注：* 表示在 P<0.05 水平上显著相关；** 表示在 P<0.01 水平上显著相关(n=12)。

土壤耕层养分与生物炭相关分析如表 2, 碱解氮含量与生物炭施用量在三叶期和成熟期表现出极显著相关; 在拔节期、抽雄期和灌浆期相关性不显著。速效钾含量与生物炭施用量在三叶期、拔节期和灌浆期表现出极显著相关, 在抽雄期和成熟期相关不显著。有机质含量和有效磷含量与生物炭施用量在玉米整个生育期均表现出极显著相关。

在三叶期和拔节期, 表层土壤温度与生物炭施用量表现出显著相关; 在抽雄期、灌浆期和成熟期相关性未达到显著水平。

3 讨论

3.1 生物炭对耕层土壤含水率的影响

试验研究表明, 施入生物炭可有效提高土壤含水率, 这与尚杰等^[22]和 Edward 等^[23]的研究结果相吻合。施入生物炭后减小土壤的体积质量, 进而增大土壤的孔隙度^[22], 有利于土壤含水率的增加; 另一方面生物炭具有多孔结构和一定的亲水性, 吸附力大, 从而提高土壤的保水能力。生物炭本身含有较高的盐分含量, 施入土壤后土壤盐分的增加会加大土壤的吸湿能力, 减缓土壤水分蒸发^[24]。在整个玉米生育期, 随生物炭施用量进一步增加, 土壤含水率逐渐降低, 这与高海英等^[15]的研究结果一致, 可能是因为较大生物炭施用量导致土壤通气孔隙增加, 保水能力降低。

3.2 生物炭对耕层土壤肥力的影响

大量的室内室外试验研究表明, 施用生物炭可有效提高土壤中的有机质含量^[3-4, 12-13, 25], 本试验研究结果表明, 施用生物炭后, 在玉米的全生育期均提高了耕层土壤有机质含量, 且呈正相关, 这一方面是因为, 生物炭本身碳含量非常高, 可以增加土壤中有机质的含量^[26]; 另一方面是因为生物质中的碳主要由生物质通过热解生成, 以惰性的芳香环状结构存在, 因此生物炭很难被分解^[27], 据报告生物炭可以封存上千年。生物炭表面丰富的含氧官能团所带的负电荷及其复杂的孔隙结构赋予了其较大的阳离子交换量和强大的吸附力, 因此生物炭可作为肥料缓释载体, 延缓肥料养分在土壤中的释放, 降低肥料养分的淋失及固定等损失, 提高肥料养分利用率^[26]。在玉米全生育期耕层土壤各生物炭处理的碱解氮、速效钾和有效磷含量均高于对照, 这一方面是因为生物炭增大土壤阳离子交换量, 减少土壤中氮、磷、钾的淋溶损失; 另一方面是因为生物炭具有强大的吸附能力, 可吸附铵离子、钾离子, 还可吸附磷和其他水溶性盐离子,

具有保肥性能^[28]。然而本试验中, 高施炭量处理土壤碱解氮和速效钾含量较中低施炭量处理在部分生育期降低, 且相关性不显著, 可能是高生物炭施用量导致土壤高的 C/N, 从而引起土壤碱解氮的生物固定^[29], 具体原因有待进一步研究。

3.3 生物炭对土壤温度的影响

土壤温度是决定作物生长优劣的重要指标, 受土壤含水率和土壤颜色的影响, 太阳辐射和土壤微生物生命活动是其热量的主要来源。各处理表层土壤温度在三叶期和拔节期随施炭量的增加而升高, 且呈显著正相关, 这与李昌见等^[30]的试验结果一致, 这是因为高浓度的生物炭会加深土壤颜色^[4]。Briggs 等^[31]通过试验发现, 添加生物炭后孟塞尔色度值随着施炭量增加降幅增大, 而孟塞尔色度值与土壤反射率呈线性相关^[32], 且此段时期植株较小, 各处理差异较小, 植株对太阳光遮挡的作用不大, 高浓度生物炭处理土壤颜色较深, 有利于吸收更多太阳的辐射, 从而引起表层土壤温度增加。也有可能是生物炭的多孔结构为微生物繁殖和生存提供了有利场所, 而在微生物的生命活动过程中会释放出大量热量, 从而增加土壤温度; 在抽雄期、灌浆期和成熟期, 土壤表层温度与生物炭没有表现出显著相关, 与李昌见等^[30]的研究结果不一致, 原因可能是供试的作物不同, 李昌见等^[30]研究的番茄在整个生育期株高较小, 太阳光对地面辐射所受影响较小, 而玉米在抽雄期及以后株高将近 3 m, 严重遮挡太阳光对地面的辐射, 削弱了土壤颜色对土壤温度的影响。试验中, A30 处理表层土壤温度最高, 可能是因为 A30 更加有利于土壤孔隙尤其是持水孔隙的增加, 有利于土壤水、气协调, 促进土壤微生物活动及土壤养分转化, 有利于作物根系生长与养分吸收等。本试验中, 生物炭施用量 30 t/hm² 综合作用效果较优。

4 结论

1) 随着生物炭施用量的增加, 耕层土壤含水率先增加后减小, 说明土壤的保水能力与施炭量有密切的联系, 本试验中 30 t/hm² 施炭量可较大幅度提高土壤含水率, 有利于提高土壤水分利用率和减少水分损失。

2) 施用生物炭能在一定程度上提高土壤肥力, 在玉米整个生育期, 其中有机质和有效磷含量随施炭量增加呈逐渐增加的趋势, 碱解氮和速效钾呈先增加后减少的趋势。利用生物炭提高土壤肥力同样需适当考虑生物炭施用量。

3) 生物炭具有增强土壤保温的性能,且保温效果与作物种类及生物炭施用量有一定关系,本试验中,30 t/hm²的生物炭施用量对土壤增温效果最明显。

参考文献:

- [1] 刘艳慧. 内蒙古水资源供求状况分析及评价[J]. 内蒙古统计, 2008(2): 21-22
- [2] 张锋. 中国化肥投入的面源污染问题研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011
- [3] 陈红霞, 杜章留, 郭伟, 等. 施用生物炭对华北平原农田土壤容重、阳离子交换量和颗粒有机质含量的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(11): 2930-2934
- [4] 武玉, 徐刚, 吕迎春, 等. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 68-79
- [5] Busscher W J, Novak J M, Evans D E, et al. Influence of pecan biochar on physical properties of a norfolk loamy sand[J]. Soil Science, 2010, 175(1): 10-14
- [6] Oguntunde P G, Abiodun B J, Ajayi A E, et al. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. Journal of Plant Nutrition & Soil Science, 2008, 171(4): 591-596
- [7] 王梅勋, 陈利军, 王家民, 等. 玉米秸秆生物炭对烟田褐土水分库容及烤烟生物量的影响[J]. 土壤, 2015, 47(6): 1076-1084
- [8] 刘园, Jamal Khan M, 靳海洋, 等. 秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 850-858
- [9] 秦晓波, 李玉娥, Wang H, 等. 生物质炭添加对华南双季稻田碳排放强度的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(5): 230-231
- [10] Angst T E, Six J, Reay D S, et al. Impact of pine chip biochar on trace greenhouse gas emissions and soil nutrient dynamics in an annual ryegrass system in California[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2014, 191: 17-26
- [11] 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
- [12] 周桂玉, 龚森, 刘世杰. 生物质炭结构性质及其对土壤有效养分和腐殖质组成的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(10): 2075-2080
- [13] 勾茫茫, 屈忠义, 杨晓, 等. 生物炭对砂壤土节水保肥及番茄产量的影响研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1): 137-142
- [14] Chan K Y, Van Zwieten L, Meszaros I. Agronomic values of green-waste biochar as a soil amendment[J]. Australian Journal of Soil Research, 2007, 45(8): 629-634
- [15] 高海英, 何绪生, 耿增超, 等. 生物炭及炭基氮肥对土壤持水性能影响的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 207-213
- [16] 艾先涛, 李雪源, 孙国清, 等. 新疆棉花膜下滴灌技术研究及存在问题[J]. 新疆农业大学学报, 2004, 27(增刊), 69-71
- [17] 顾烈烽. 新疆生产建设兵团棉花膜下滴灌技术的形成与发展[J]. 节水灌溉, 2003(1): 27-29
- [18] 刘洋, 栗岩峰, 李久生, 等. 东北半湿润区膜下滴灌对农田水热和玉米产量的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(10): 93-104
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [20] 中华人民共和国农业部. 中性、碳性土壤铵态氮、有效磷、速效钾的测定 联合浸提——比色法(NY/T 1848-2010) [S]. 北京: 标准出版社, 2010
- [21] 中华人民共和国农业部. 土壤检测 第6部分: 土壤有机质的测定(NY/T 1121.6-2006) [S]. 北京: 标准出版社, 2006
- [22] 尚杰, 耿增超, 赵军, 等. 生物炭对壤土水热特性及团聚体稳定性的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(7): 1969-1976
- [23] Edward Y, Ohene A B, Obosu E S, et al. Biochar for soil management: Effect on soil available N and soil water storage[J]. Journal of Life Sciences, 2013, 7(2): 202-209
- [24] 王浩, 焦晓燕, 王劲松, 等. 生物炭对土壤水分特征及水胁迫条件下高粱生长的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(2): 253-257
- [25] Kimetu J M, Lehmann J. Stability and stabilisation of biochar and green manure in soil with different organic carbon contents[J]. Australian Journal of Soil Research, 2010, 48(7): 577-585
- [26] 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物炭生产与农用的意义及国内外动态[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 1-7
- [27] Gaunt J L, Johannes L. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(11): 4152-4158
- [28] 张文玲, 李桂花, 高卫东. 生物质炭对土壤性状和作物产量的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(17): 153-157
- [29] 曾爱, 廖允成, 张俊丽, 等. 生物炭对壤土土壤含水量、有机碳及速效养分含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(5): 1009-1015
- [30] 李昌见, 屈忠义, 勾茫茫, 等. 生物炭对土壤水肥热效应的影响试验研究[J]. 生态环境学报, 2014, 23(7): 1141-1147
- [31] Briggs C M, Breiner J, Graham R, et al. Contributions of pinus ponderosa charcoal to soil chemical and physical properties[C]. USA: The ASACSSA-SSSA International Annual Meetings Salt Lake City, 2005
- [32] Post D F, Fimbres A, Matthias A D, et al. Predicting Soil Albedo from Soil Color and Spectral Reflectance Data[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(3): 1027-1034

Effects of Biochar on Soil Water-Heat-Fertility Behavior Effect Under Mulched Drip Irrigation

GAO Lihua, QU Zhongyi*

(*Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China*)

Abstract: Field plot experiments were conducted to study the effects of biochar on the behavior of soil moisture, temperature, organic matter and available nutrient contents in different growth periods of maize under mulched drip irrigation conditions. The dosages of biochar were set at 0 t/hm² (A0), 15 t/hm² (A15), 30 t/hm² (A30) and 45 t/hm² (A45), respectively. Results showed that, with the increase of biochar use, soil moisture increased first and then decreased in plough layer during the growth period of maize. Soil moisture in the treatments with biochar were higher than that in control (A0), significant differences were observed in the jointing, tasseling and filling stages of maize and the highest increase rate (13.74%) was found in A30. At three-leaf stage and early jointing stage, biochar application increased the temperature of surface soil layer remarkably. At tasseling, filling and maturity stages, the temperature of surface soil layer followed an order of A30>A0>A45>A15, with no significant correlation to biochar rate. Moreover, organic matter and available phosphorus contents in plough soil layer increased with biochar rate. During the growth period of maize, as compared with control (A0), soil organic matter contents in A15, A30 and A45 increased by 14%, 20% and 58%, while available phosphorus by 62%, 99% and 113%, respectively. The application of biochar significantly increased alkali-hydrolyzable nitrogen and rapidly available potassium contents in plough soil layer. In comparison with control (A0), alkali-hydrolyzable nitrogen of A15, A30 and A45 increased by 13%, 17% and 10%, while rapidly available potassium increased by 35%, 48% and 63%, respectively. In conclusion, biochar use under mulched drip irrigation effectively increased soil moisture, temperature, organic matter and rapidly available nutrients in plough soil layer, which indicate that biochar could maintain soil water-heat-fertility, is of great significance in improving soil water and fertilizer use efficiency.

Key words: Mulched drip irrigation; Biochar; Soil moisture; Temperature; Organic matter; Rapidly available nutrients