

不同覆膜处理对土壤水热效应及春玉米产量的影响

霍轶珍, 郭彦芬, 韩翠莲, 李生勇

(河套学院 土木工程系, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘 要:为探讨生物地膜在农业生产中的适用性,采用田间试验的方法,设置了普通地膜覆盖、生物地膜覆盖及不覆盖 3 个处理进行对比研究,对 3 种覆盖方式下土壤温度、土壤水分变化规律及玉米生产性状指标进行了对比研究。研究表明:玉米生育前期,生物地膜保温、保墒效果显著,且与普通地膜处理差异不显著($p>0.05$),但均显著高于不覆膜处理($p<0.05$);玉米进入生育中后期阶段,生物地膜降解破损,保温、保墒效果减弱,玉米生育中期 3 种覆盖方式下各土层土壤平均温度差异性显著($p<0.05$),生育末期,生物地膜保温保墒效果几乎丧失,土壤水热状况与不覆膜处理无显著性差异,且显著低于普通地膜覆盖($p<0.05$);生物地膜与普通地膜相比玉米产量及生产性状指标差异不显著($p>0.05$),但均显著优于不覆膜处理($p<0.05$),平均较不覆膜增产 19.48% 和 20.41%,水分利用效率高 22.18% 和 22.56%。研究结果可为河套灌区可降解生物地膜在农业生产中的应用提供理论基础。

关键词:生物地膜; 土壤温度; 土壤水分; 玉米产量; 河套灌区

中图分类号:S152.8; S513

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)05-0124-05

Effects of Different Film Mulching Treatments on Soil Moisture, Heat and Spring Maize Yield

HUO Yizhen, GUO Yanfen, HAN Cuilian, LI Shengyong

(Department of Civil Engineering, Hetao University, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China)

Abstract: With the objective to figure out the availability of biodegradable film in agricultural production, three treatments including ordinary film, biodegradable film and non film were used to compare the effects of different film mulching treatments on soil moisture, heat and yield of maize based on field experiment. Results indicated that, during the initial growth stage of maize, the effects of heat and moisture preservation were significant when using the biodegradable film, there was no significant difference in comparison with those of ordinary film mulching($p>0.05$), besides, considered parameters of non film were the significantly least ($p<0.05$). With in the mid-later stage of maize, the effects of heat and moisture preservation were weakened due to the degradation and damage of biodegradable film. Regarding all three mulching methods in the middle growth stage, significant differences were found in the mean soil temperature in all soil layers ($p<0.05$). At the end growth stage, the effects of heat and moisture preservation of biodegradable film almost lost, no significant variations were found in the soil moisture and heat conditions, when compared to those of non film, corresponding parameters were remarkably lower than those of ordinary film ($p<0.05$). Considering the yield and production of maize, no significant differences were observed between biodegradable film and ordinary film ($p>0.05$), however, related parameters of both former methods were considerably higher than those of non film ($p<0.05$), in this sense, associated mean yields were increased by 19.48% and 20.41%, respectively. The water use efficiencies were rose by 22.18% and 22.56%, respectively. The results are capable of providing theoretical basis for the application of biodegradable film in the agricultural production in Hetao Irrigation District.

Keywords: biodegradable film; soil temperature; soil moisture; yield of maize; Hetao Irrigation District

土壤的水热状况是影响作物生长和产量形成的关键因素^[1],地膜覆盖后很好地起到了增温、保墒和控盐的作用^[2],因此在农业生产中被广泛应用。大量学者也针对地膜覆盖对土壤水热变化、水分利用效率、作物生理生化指标、作物产量的影响等进行了广泛的研究^[3-6]。然而,普通农用地膜主要成分为一种分子结构非常稳定的聚乙烯材料,自然条件下很难分解,且收获期后难以回收利用,长此以往必然会在农田大量残留积累,形成白色污染,进而影响农业的健康发展;近些年来,随着不同类型可降解生物地膜的出现及在农业生产中不断尝试应用,这一问题有待缓解,有研究表明,与普通地膜相比,生物地膜具有可降解、减小环境污染的优点,同时在土壤增温、保墒和作物增产方面具有很好的效果^[7-9]。然而,由于生物地膜自身的一些缺点,即受到机械强度、受拉伸性能等的限制^[10],还主要是处在小范围的试验应用阶段。春玉米作为内蒙古河套灌区主要的粮食作物,其种植面积占总粮食种植面积比例较大,而灌区多年种植模式主要为覆膜种植,少量采用不覆膜裸地种植,但经过多年实践经验发现对于寒冷干旱的盐渍化灌区,不覆膜裸地种植玉米产量显著低于覆膜种植。本文在灌区常规种植模式的基础上,增加可降解生物地膜覆盖种植,研究不同覆盖条件对土壤保墒、增温效应及玉米产量的影响,旨在为灌区生物降解地膜的推广提供理论基础和技术支撑,对绿色农业的可持续发展具有重要意义。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于内蒙古巴彦淖尔市临河区双河镇,该地区多年平均降雨量为 140 mm 左右,年平均气温 6.8℃,年平均日照时数 3 229.9 h,无霜期 130 d 左右,较适宜农作物的生长,属于典型的中温带干旱大陆性气候。试验区以砂质壤土为主,0—100 cm 土壤平均容重 1.45 g/cm³,土壤全氮、全磷、全钾质量比为 0.093%,0.07%,1.60%,有机质 1.2%,平均 pH 值 7.6。地下水埋深年内变化为 0~3 m,灌溉水源为黄河水,平均矿化度为 0.6~0.8 g/L。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设计 普通地膜采用巴彦淖尔市磴口县华丰商贸有限责任公司生产 0.008 mm 聚乙烯吹塑农用地膜,生物降解地膜采用山东意可曼科技有限责任公司生产的 0.008 mm 生物地膜,宽度均为 70 cm,玉米品种为较适宜于该地区种植的豫奥 6 号。

试验设置普通地膜、生物地膜、不覆膜 3 个处理,每

个处理 3 次重复,随机排列组合,各小区面积为 48 m² (6 m×8 m)。平地耙地后机械覆膜播种玉米,垄上种 2 行玉米,行距 45 cm,株距 30 cm;按当地常规施肥量,玉米播种时施足底肥 450 kg/hm² (磷酸二铵、尿素),灌第三水时施肥 450 kg/hm² (尿素),灌第四水时施肥 300 kg/hm² (尿素),玉米全生育期灌 3 次水。

1.2.2 测定项目与方法 各生育期在玉米行间采用土钻定点取土,烘干称重法测定土壤含水率,每个处理取 3 个重复,取样深度 0—100 cm,每 20 cm 为一层;采用直角地温计定点读取玉米各生育期内行间地温,于每天 8:00—20:00 每隔 2 h 对 5—25 cm 土层进行定时定点监测,每个处理读取 3 个重复,各生育期连续读 3 d 取平均值,时间为 5 月 14—16 日、6 月 13—15 日、7 月 13—15 日、8 月 14—16 日、9 月 12—14 日,读取地温和测定土壤含水率时间段一致。玉米成熟期,各处理选取具有代表性的 25 株测定其生产性状指标和产量。

玉米水分利用效率(WUE)的计算:

$$WUE=Y_s/ET_s \quad (1)$$

$$ET=\Delta W+P+I+U-D-R \quad (2)$$

式中: Y_s 为玉米籽粒产量(kg/hm²); ET_s 为玉米生育期总耗水量(mm); ΔW 为玉米生育期内 100 cm 深度土体内土壤贮水量变化(mm); P 为玉米生育期有效降雨量(mm); I 为灌溉量(mm); U 为地下水补给量(mm); D 为深层渗漏量(mm); R 为径流量(mm);由试验区地势平坦且未发生持续性降雨,地面径流损失忽略不计。

1.2.3 数据处理 采用 MS-Excel 2003 进行数据处理并绘制图表,SPSS 17.0 进行相关数据方差检验。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖方式对土壤温度的影响

太阳辐射及地表覆盖物是影响土壤表层温度的主导因素,由表 1 全生育期土壤温度变化规律可知,各覆盖方式下玉米苗期开始随气温升高,太阳辐射增强,土壤温度呈现出上升趋势,而后随时间推移,受气温下降及作物枝叶的遮荫影响,整体呈现出下降趋势;各土层土壤温度由表层至深层(5—25 cm)呈现出递减规律,全生育期普通地膜、生物地膜、不覆膜处理表层较深层土壤温度平均高 8.56~16.81℃,8.49~16.82℃,8.27~17.26℃,且在太阳辐射及温度梯度作用下,表层土壤温度变化幅度明显大于深层土壤。

生物地膜随生育期延长易于降解,有研究表明通常其降解诱导期为 1~2 个月^[11];玉米苗期至拔节期,生物地膜降解程度较小,有极少量裂纹,地膜比较

完整;研究发现,此阶段普通地膜和生物地膜覆盖方式下各土层土壤温度无显著性差异($p>0.05$),说明保温效果相近,但两处理各土层土壤温度均显著高于不覆膜处理($p<0.05$),说明此时覆膜可显著提高作物耕层土壤温度,有利于种子萌发及作物生长。玉米生育中后期(7月中下旬)开始,在风力、光照、田间杂草等综合因素的影响下,生物地膜开始变脆、变薄,破损严重,保温效果逐渐低于普通地膜,但此时气温较高,略低的地温不会影响玉米的生长发育,且有利

于降低高温对玉米生长的危害;研究发现,玉米抽雄吐丝期,3种覆盖方式下各土层土壤温度差异性显著($p<0.05$),普通地膜、生物地膜 5—25 cm 土壤平均温度分别较不覆膜处理高 8.53%和 4.35%;玉米进入灌浆期(8月中下旬)至成熟期,生物地膜已全部破损,此时普通地膜土壤平均温度显著高于生物地膜和不覆膜处理($p<0.05$),但生物地膜与不覆膜处理之间差异性不显著($p>0.05$),这也说明此时生物地膜保温效果丧失。

表 1 不同覆盖方式下各生育期不同土层地温平均值

覆盖方式	土层深度/cm	苗期 (05-14—05-16)	拔节期 (06-13—06-15)	抽雄吐丝期 (07-13—07-15)	灌浆期 (08-14—08-16)	成熟期 (09-12—09-14)
		地温/℃	地温/℃	地温/℃	地温/℃	地温/℃
普通地膜	5	27.52a	36.42a	39.56a	28.62a	23.56a
	10	22.46a	28.50a	30.35a	26.44a	20.34a
	15	20.11a	24.33a	26.44a	24.39a	18.56a
	20	18.93a	21.56a	24.23a	22.19a	16.23a
	25	17.62a	19.61a	22.41a	20.06a	15.42a
生物地膜	5	27.42a	36.21a	38.14b	25.81bc	22.34bc
	10	22.01a	28.25a	29.02b	24.24bc	18.96bc
	15	19.95a	24.16a	25.14b	22.09bc	17.32bc
	20	18.62a	21.31a	23.45b	19.76bc	15.76bc
	25	17.33a	19.39a	21.73b	17.62bc	14.62bc
不覆膜	5	25.34b	34.16b	37.22c	25.66c	22.31c
	10	20.04b	25.78b	28.15c	24.01c	18.63c
	15	18.05b	22.03b	24.33c	21.68c	17.09c
	20	16.57b	19.42b	22.09c	19.69c	15.35c
	25	15.43b	17.53b	19.96c	17.39c	14.31c

注:小写字母代表相同时期同一土层深度处理间地温的 5%显著水平的差异性。

2.2 不同覆盖方式对土壤水分的影响

地膜覆盖后,由于“隔膜效应”,阻断了土壤水分垂直蒸发的途径,有效地储蓄了土壤水分。由图 1 可知,在蒸腾作用、降雨及灌水影响下,生育期内各土层含水率呈现出一定的动态变化,但总体来看,玉米苗期和拔节期在地膜覆盖的保墒作用下,普通地膜和生物地膜 0—20,20—40 cm 土壤水分差异不显著,但均显著高于不覆膜处理($p<0.05$);抽雄吐丝期,玉米生长旺盛,需水强度大,同时此阶段生物地膜开裂破损,土壤水分耗散较多,此时 3 种覆盖方式下 0—20 cm 土壤水分达到显著性水平,且普通地膜及生物地膜显著大于不覆膜处理($p<0.05$),平均含水率较不覆膜处理分别大 21.78%和 11.88%;而 20—40 cm 土壤水分普通地膜要显著大于生物地膜和不覆膜处理,而生物地膜与不覆膜处理间差异性未达到显著性水平($p>0.05$),同时也说明此时生物地膜只对表层 0—20 cm 土壤水分的保蓄有一定作用。玉米生育后期,耗水量减弱,同时此时普通地膜比较完整,而生物

地膜已完全破损,基本丧失保水效应,研究发现,此时普通地膜 0—20,20—40 cm 土壤水分显著大于生物地膜和不覆膜处理($p<0.05$)。

2.3 不同覆盖方式对玉米产量的影响

通过对 3 种覆盖方式下的玉米生产性状进行对比分析,由表 2 可知,不同覆盖方式下玉米各生产性状指标间差异大多达到显著性水平($p<0.05$),穗长、穗粗、穗粒数、百粒重、产量均表现为普通地膜>生物地膜>不覆膜,但秃尖长不覆膜处理要显著高于普通地膜和生物地膜($p<0.05$),产量方面普通地膜和生物地膜相当,较不覆膜分别增产 20.41%和 19.48%,这主要是由于覆膜更好地改善了土壤水热条件,有利于产量的形成。

2.4 不同覆盖方式对玉米水分利用效率的影响

在干旱半干旱地区,供水不足是制约农业发展的关键性因素,因此,在这种现状下农业生产过程中在保证粮食产量的基础上,必须以水分的高效利用为中心。表 3 为不同覆盖方式下玉米水分利用效率变化。结果表

明,不同覆盖处理对玉米水分利用效率的影响依次为普通地膜>生物地膜>不覆膜,且两种覆膜方式下水分利用效率差异不显著,但分别较不覆膜处理高 22.56%和

22.18%,达到显著性差异($p<0.05$),这主要是因为覆膜较大程度上抑制了玉米棵间蒸发量,使得这部分无效蒸发被作物有效利用,提高了水分利用效率。

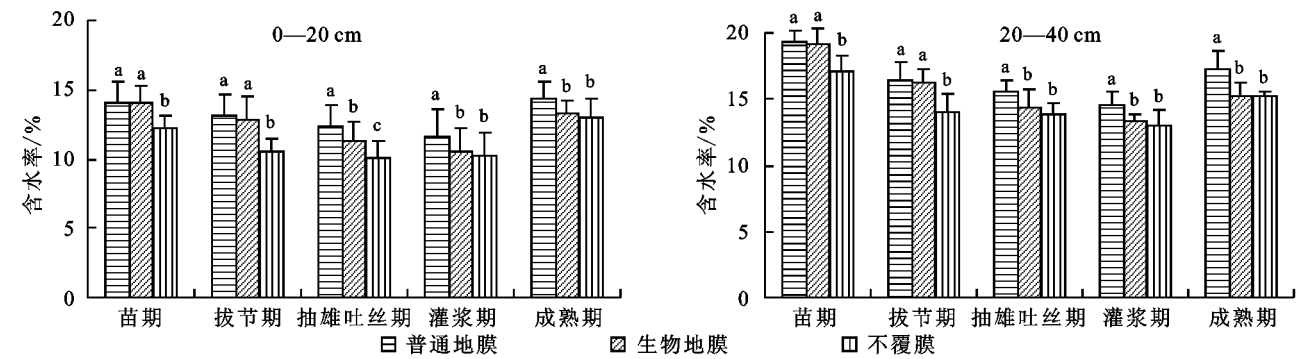


图 1 不同覆盖方式下各生育期 0—40 cm 土层水分变化

表 2 不同覆盖方式下玉米生产性状对比

覆盖方式	穗长/cm	穗粗/cm	穗粒数/粒	秃尖长/cm	百粒重/g	产量/(kg·km ⁻²)
普通地膜	20.8a	17.1a	659a	1.1b	38.43a	9447.52a
生物地膜	20.6a	16.9a	647a	1.2b	37.22a	9375.22a
不覆膜	19.3b	16.5a	588b	2.1a	31.21b	7846.39b

注:小写字母代表各指标不同处理间 5%显著水平的差异性,下表同。

表 3 不同覆盖方式下玉米水分利用效率对比

覆盖方式	贮水量变化/mm	灌溉量/mm	降雨量/mm	补给量/mm	总耗水量/mm	产量/(kg·km ⁻²)	综合水分利用效率/(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
普通地膜	37.9	262	89.63	96.2	485.73	9447.52	19.45a
生物地膜	33.5	262	89.63	98.5	483.63	9375.22	19.39a
不覆膜	28.6	262	89.63	114.3	494.53	7846.39	15.87b

3 讨论与结论

由于地膜覆盖较好地改善了作物耕层土壤的水热状况,所以在北方干旱半干旱的寒冷地区得到了广泛的应用,而玉米作为典型的喜温性作物,由于覆膜后增温保墒效果显著,河套灌区广泛采用垄上覆膜种植技术,但随之而来的塑料薄膜废弃物造成的“白色污染”问题日趋严重,这直接影响到了土壤中水肥运移,造成作物减产,进而影响到了农业的可持续发展^[12],而近年来环保型可降解地膜的出现给绿色农业的发展带来了生机^[13]。本研究在灌区常采用的普通地膜覆盖和不覆膜种植技术基础上,增加了可降解生物地膜,研究了不同覆盖条件下玉米全生育期土壤水热状况变化,同时对比研究分析了玉米生产性状指标。研究发现,在玉米生育前期,可降解生物地膜保温、保墒效果显著,与普通地膜无显著差异,但均显著高于不覆膜处理,这与王鑫等^[14]的研究成果基本一致;玉米生育中后期,由于生物地膜出现裂纹和破损降解现象,保温保墒效果逐渐减弱,生育中期 3 种覆盖方式下各土层土壤平均温度存在显著性差异,而玉米进入灌浆成熟期的生育末期后,生物地膜保温保墒

效果几近丧失,土壤水热状况与不覆膜处理无显著性差异,且显著低于普通地膜覆盖($p<0.05$),这与乔海军等^[15]的研究成果一致。地膜覆盖可显著提高玉米产量,普通地膜与生物地膜覆盖条件下玉米产量分别较不覆盖处理高 20.41%和 19.48%,而普通地膜与生物地膜产量相当,无显著性差异($p>0.05$),这与李建奇^[16]、李仙岳等^[17]的研究结果具有一致性;通过对不同覆盖条件下玉米生产性状指标的研究发现,普通地膜与生物地膜各指标间无显著性差异但与不覆膜处理间存在显著性差异($p<0.05$),这与申丽霞等^[11]的研究结果具有一定的一致性。

综上所述,生物地膜与普通地膜相比,在土壤水分的保蓄及保温效应方面效果相当,尤其在玉米生育前期显著优于不覆膜处理,同时在适宜的土壤水热状况下,较不覆膜玉米增产显著,增产效应与普通地膜相当。然而生物地膜具有的降解性可有效减轻地膜的残留污染,因此进一步研究可降解地膜在不同农田生态环境下的降解过程和机理对生物地膜的大面积推广及发展绿色农业具有重要意义。

本研究只针对一种生物降解地膜与普通地膜、不覆膜进行了对比研究,后续研究中应增加不同种类生物地

膜,同一材料不同规格、不同厚度地膜进行对比研究,以筛选出更适宜河套灌区农业生产的生物地膜种类和规格。

参考文献:

- [1] Ramakrishna A, Tam H M, Wani S P, et al. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern vietnam[J]. Field Crops Research, 2006,95(2/3):115-125.
- [2] 张德奇,廖允成,贾志宽. 旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(1):208-213.
- [3] Li F M, Wang P, Wang J, et al. Effects of irrigation before sowing and plastic film mulching on yield and water uptake of spring wheat in semiarid Loess Plateau of China [J]. Agricultural Water Management, 2004,67(2):77-88.
- [4] 张永涛,汤天明,李增印. 地膜覆盖的水分生理生态效应[J]. 水土保持研究,2001,8(3):45-47.
- [5] 李尚忠,王勇,樊廷录,等. 旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J]. 中国农业科学,2010,43(5):922-931.
- [6] 郑和祥,郭克贞,郝万龙. 作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究. 水土保持研究,2011,18(3):210-212,216.
- [7] 王星,吕家珑,孙本华. 覆盖可降解地膜对玉米生长和土壤环境的影响[J]. 农业环境科学学报,2003,22(4):397-401.
- [8] Moreno M M, Moreno A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop [J]. Scientia Horticulturae, 2008,116(3):256-263.
- [9] 康虎,敖李龙,秦丽珍,等. 生物质可降解地膜的田间降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013,29(6):54-58.
- [10] 申丽霞,王璞,张丽丽,等. 可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J]. 农业工程学报, 2012,28(4):111-116.
- [11] 申丽霞,王璞,张丽丽,等. 可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(6):25-30.
- [12] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等. 农田地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报,2006,22(11):269-272.
- [13] Immirzi B, Santagata G, Vox G, et al. Preparation, characterisation and field-testing of a biodegradable sodium alginate-based spray mulch[J]. Biosystems Engineering, 2009,102(4):461-472.
- [14] 王鑫,胥国宾,任志刚,等. 无公害可降解地膜对玉米生长及土壤环境的影响[J]. 中国农业生态学报,2007,15(1):78-81.
- [15] 乔海军,黄高宝,冯福学,等. 生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008,10(5):71-75.
- [16] 李建奇. 地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J]. 玉米科学,2008,16(5):87-92,97.
- [17] 李仙岳,彭遵原,史海滨,等. 不同类型地膜覆盖对土壤水热与葵花生长的影响[J]. 农业机械学报,2015,46(2):97-103.

(上接第123页)

量最少,20—50 cm 增加,50—80 cm 最高。降雨与3个层次土壤含水量都呈极显著相关性。(2)从小雨到暴雨,土壤含水量对降雨的响应都可以分为平台期、上升期、峰值期和退水期;各层次土壤含水量对降雨的响应是比较复杂的,0—20 cm 表层土壤由于受降雨和地表径流的影响,土壤含水量波动较大,而20—50 cm 和 50—80 cm 土壤则波动较缓。(3)在上升期,表层 0—20 cm 土壤含水量增加最快,退水期,50—80 cm 土壤最快,这与前期土壤含水量及降雨强度有关。降雨和前期土壤含水量都会影响土壤透水能力,进而导致优势流现象的时变性。

参考文献:

- [1] 王丽媛,王克勤,李太兴,等. 红壤坡耕地烤烟生长季土壤水分动态变化特征[J]. 中国水土保持,2013(8):57-60.
- [2] 汪春林,张金池,庄义琳,等. 南京城郊不同植被类型土壤含水量变异规律[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(6):911-918.
- [3] 高红贝,邵明安. 干旱区降雨过程对土壤水分与温度变化影响研究[J]. 灌溉排水学报,2011,30(1):40-45.
- [4] 吴胡强,邵永昌,庄义琳,等. 南京城郊麻栎林坡面土壤体积分含水率与侧向流对降雨响应[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(5):683-689.
- [5] 段文军,李海防,王金叶,等. 漓江上游典型森林植被对降水径流的调节作用[J]. 生态学报,2015,35(3):663-669.
- [6] 李海防,王金叶,刘兴伟,等. 广西猫儿山主要林型水源涵养功能研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(1):50-53.
- [7] 赵明秀,樊亚明,史梅容,等. 广西猫儿山典型植被林冠结构比较研究[J]. 西部林业科学,2015,44(1):125-128.
- [8] 鲍彪,毕华兴,云雷,等. 晋西黄土区刺槐林地土壤水分对降雨的响应[J]. 北京林业大学学报,2012,34(2):84-89.
- [9] 倪广艳,赵平,朱丽薇,等. 荷木整树蒸腾对干湿季土壤水分的水力响应[J]. 生态学报,2015,35(3):652-662.
- [10] 李谦,郑锦森,朱青,等. 太湖流域典型土地利用类型土壤水分对降雨的响应[J]. 水土保持学报,2014,28(1):6-11.