

不同保水材料对内蒙古黄土高原旱作玉米 幼苗生长及土壤贮水特性的影响

田 露, 李立军, 郭晓霞, 刘景辉, 刘 霞

(内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: 为明确内蒙古旱作区不同保水材料的蓄水保墒效果和缓解土壤水分缺乏对玉米苗期生长的制约效应, 本试验于 2011 年在内蒙古清水河县设聚丙烯酸钾 PAA(A1)、聚丙烯酰胺 PAM(B1)、腐植酸(C1)、膨润土(D1)和不施保水材料(CK)5 个处理, 2012 年为 A2、B2、C2、A1、B1、C1、D1 和 CK 8 个处理(1 表示保水材料只施入 1 年, 2 表示连续施入 2 年), 分析其对玉米苗期生长、土壤的保水特性以及作物产量的影响。结果表明: 2011 年各处理总体表现为 $A1 > B1 > D1 > C1 > CK$, 不同保水材料均能提高玉米出苗率并缩短玉米整体出苗时间, 同时将玉米出苗时间提前 1~2 d。2012 年各保水材料均对玉米苗期生长及土壤保水性起到促进作用, 总体表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$, 分别较 CK 玉米出苗率提高了 9.87%、7.28%、5.71%、5.41%、4.41%、3.13% 和 1.26%; 株高日增量提高了 15.67%、14.93%、13.43%、11.94%、11.94%、8.21% 和 0.00%; 鲜重提高了 38.84%、34.52%、28.80%、25.17%、21.93%、13.67% 和 2.48%; 苗期 0~20 cm 土壤贮水量平均提高了 30.07%、28.16%、16.26%、15.62%、8.50%、7.97% 和 2.34%; 玉米产量提高了 25.15%、22.45%、19.05%、15.05%、14.17%、12.88% 和 5.37%。综合各指标及年际变化可知, D1 处理在第二年的总体效果优于 A1、B1 和 C1, 具有较好的长效性。

关键词: 保水材料; 玉米苗期生长; 土壤贮水量; 产量; 长效性

中图分类号: S513;O63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0054-07

Effects of different water-holding materials on seedling growth of dry-farming maize and soil water storage in Loess Plateau of Inner Mongolia

TIAN Lu, LI Li-jun, GUO Xiao-xia, LIU Jing-hui, LIU Xia

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: In order to make clear the water conserving effects of different water-holding materials and to relief the restriction of water shortage on seedling growth of maize in dry-farming area, the experiment was conducted in Qingshuihe County, Inner Mongolia. There were 5 treatments including PAA(A1), PAM(B1), humic acid(C1), bentonite(D1) and control(CK) in 2011, and 8 treatments including A2, B2, C2, A1, B1, C1, D1 and CK (1 meant that the water-holding materials were applied in only one year, while 2 meant that they were applied continuously in two years) in 2012. The effects of these materials on water conserving ability of soil as well as seedling growth and yield of maize were analyzed. The results showed that, in 2011, the overall effect of the treatments was ordered as: $A1 > B1 > D1 > C1 > CK$; the water-holding materials could increase the emergence rate and shorten the emergence time of maize by 1~2 days. In 2012, all water-holding materials promoted the seedling growth of maize and the water conserving ability of soil, and the overall effect of the treatments was ordered as: $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$. Compared with CK, the emergence rate of maize under A2, B2, C2, D1, A1, B1 and C1 increased by 9.87%, 7.28%, 5.71%, 5.41%, 4.41%, 3.13% and 1.26%, respectively; the daily increment of plant height increased by 15.67%, 14.93%, 13.43%, 11.94%, 11.94%, 8.21% and 0.00%, respectively; the fresh weight increased by 38.84%, 34.52%, 28.80%, 25.17%, 21.93%, 13.67% and 2.48%, respectively; the soil water storage in 0~20 cm during seedling stage increased by 30.07%, 28.16%, 16.26%, 15.62%, 8.50%, 7.97% and 2.34%, respectively;

收稿日期: 2012-10-05

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003053-4)

作者简介: 田 露(1988—), 女, 山西朔州人, 硕士研究生, 主要从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail: tltltl_hi@126.com。

通信作者: 李立军(1972—), 男, 硕士生导师, 教授, 主要从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail: imaulj@yahoo.com.cn。

and the yield of maize increased by 25.15%, 22.45%, 19.05%, 15.05%, 14.17%, 12.88% and 5.37%, respectively. Considering all the indexes and the annual changes comprehensively, the overall effect of D1 was better than that of A1, B1 and C1, and its effect was more persistent.

Keywords: water-holding material; maize; seedling growth; soil water storage; yield; persistent effect

黄土高原内蒙古段是我国北方典型的干旱地区,该地区降水少且分布不均,土壤水分亏缺已成为影响农业生产和生态环境建设的主导因子,如何提高和保持土壤水分,发展旱作节水农业是该地区农业生产中亟待解决的问题^[1]。同时春旱缺墒造成播种难、出苗难、保苗难也是该区旱作农业面临的严峻挑战,每年因春旱造成农田不能适期播种或缺苗断垄现象非常严重,因此保播种、抓全苗显得尤为重要。随着干旱农业研究的不断深入,保水材料由于特殊的结构与性能,是近年来发展迅速的一项化学抗旱节水材料,受到农业领域的重视,研究结果越来越多地被应用在农业改土保水方面^[2-5]。保水材料是一种不溶于水、高水膨胀性的吸水力强的物质^[6-7],有土壤“微型水库”之称,所吸收水分的85%~95%以上是植物可以利用的有效水,吸水后的水凝胶可缓慢释放水分供作物利用,起到蓄水保墒作用^[6,8]。近年来相关研究表明,保水材料施用于土壤可减少土壤水分、养分流失,调节土壤水、肥、气、热状况,改善土壤肥力结构,有效促进作物根系发育^[9]、提高作物出苗率^[10]、促进作物个体生长^[11],提高作物水肥利用率^[12-13],从而达到节水增产的目的^[14-15],其在玉米生产中有较强的增产作用^[16-18]。近年来国内外关于保水材料的研究较多,但多针对于高分子保水材料的施入方式、施用量的研究,关于天然保水材料及各保水材料不同年限的施用效果研究较少。本研究选择2种高分子保水材料,同时选用2种天然保水材料对其在抗旱补水保苗的年际效应上进行比较试验,探究其对玉米苗期生长状况及对土壤保水性的影响,揭示施用不同保水材料对提高作物出苗质量的影响原理,筛选出更加适宜该地区土壤类型的保水材料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在内蒙古清水河县(111°39'E, 40°6'N)进行,该地属黄土高原丘陵沟壑区,平均海拔1 374 m,年平均温度7.1℃,≥10℃积温2 370℃,无霜期140 d,年日照时数为2 914 h,年平均大风(指瞬间风速达17 m·s⁻¹,即八级以上)日数达19 d,年总辐射量为570.6 kJ·cm⁻²,年均降雨量365 mm,年蒸发量

2 577 mm,属典型的中温带半干旱大陆性季风气候。试验地土壤类型为黄绵土,土壤总孔隙度为43.65%,团聚体为118.8 g·kg⁻¹,有机质为10.96 g·kg⁻¹,全氮为0.49 g·kg⁻¹,全磷为0.43 g·kg⁻¹,碱解氮为35.10 mg·kg⁻¹,速效磷为4.55 mg·kg⁻¹,速效钾为118.90 mg·kg⁻¹。

1.2 供试材料

供试玉米品种:哲单7号。

供试保水材料:PAA(聚丙烯酸钾,选购于北京汉力森公司);PAM(聚丙烯酰胺,选购于北京汉力森公司);粗加工腐植酸(主要成分为腐植酸,由内蒙古永业集团提供);膨润土(由内蒙古三岩实业有限公司提供)。

1.3 试验设计

试验于2011—2012年在内蒙古清水河县宏河镇一间房村进行,设75 kg·hm⁻² PAA(A1)、75 kg·hm⁻² PAM(B1)、1 500 kg·hm⁻²腐植酸(C1)、18 000 kg·hm⁻²膨润土(D1)、不施保水材料(CK)5个处理,其中PAA、PAM和腐植酸在2012年将原有田块面积均分为2块,一块在2011年施入保水材料后将不再继续施入,另一块在2012年继续施入等量的保水材料分别设为A2、B2、C2,1表示保水材料只在第一年施入,2表示在第二年继续施入等量的保水材料。其中4种保水材料的用量均为厂家提供的适宜用量,均匀撒施于地表后进行旋耕,耕深为15 cm左右。旋耕时间为4月25日,当日耕后直接进行播种。小区面积4 m×5 m=20 m²,采用随机区组设计,重复3次。玉米播种深度为5 cm、种植株距40 cm、行距50 cm,种植密度为45 000株·hm⁻²;底肥为磷酸二铵(300 kg·hm⁻²)和尿素(50 kg·hm⁻²),在玉米拔节期进行追施尿素(175 kg·hm⁻²)。

1.4 测定指标与方法

出苗率的测定:出苗率测定以叶片露出表土2 cm为准,到出苗率稳定3 d后结束。

株高、植株鲜干重的测定:用卷尺测定株高;用称重法测定植株鲜重,后用烘干称重法测定植株干重。

土壤贮水量:通过对土壤容重和土壤质量含水率的测定,计算土壤贮水量。计算公式为:

$$h = Hs \times w \times d \times 10$$

式中, h 为土壤贮水量(mm); H_s 为土层深度(cm); w 为土壤质量含水率(%); d 为土壤容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)。其中土壤容重的测定采用环刀法, 土壤质量含水率的测定采用铝盒烘干称重法, 测定深度均为 0~10、10~20、20~40、40~60、60~80 cm 和 80~100 cm, 0~100cm 土壤总贮水量为各层土壤贮水量之和。

1.5 数据处理分析

数据采用 SPASS 18.0 软件进行试验数据的方差分析。

2 结果与分析

2.1 保水材料对玉米出苗率的影响

由图 1 可知, 4 种保水材料对玉米出苗均存在影响。2011 年各处理出苗率总体表现为 $A1 > B1 > D1 > C1 > CK$, 出苗历时表现为 $A1 < B1 = D1 < C1 =$

CK, 玉米出苗时间范围在 5 月 10 日~5 月 15 日之间。其中 A1、B1、C1、D1 分别较 CK 玉米出苗率提高了 8.87%、6.20%、0.33%、2.74%。由此可见, 4 种保水材料均能提高玉米出苗率, 缩短出苗时间 1~2 d, 尤其 A1、B1 两个处理促进玉米提前出苗并缩短出苗时间, 利于玉米实现苗齐、苗匀和苗壮。2012 年各处理出苗率总体表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$, 出苗历时表现为 $A2 = B2 < C2 = A1 = B1 = D1 < C1 = CK$, 玉米出苗时间范围在 5 月 7 日~5 月 13 日之间, 且以 A2 和 B2 两个处理对玉米出苗质量的正向影响最大, 均在 5d 内出苗达到稳定, 并提前出苗。其中 A2、B2、C2、A1、B1、C1 和 D1 的出苗率分别较 CK 提高了 9.87%、7.28%、5.71%、4.41%、3.13%、1.26% 和 5.41%。

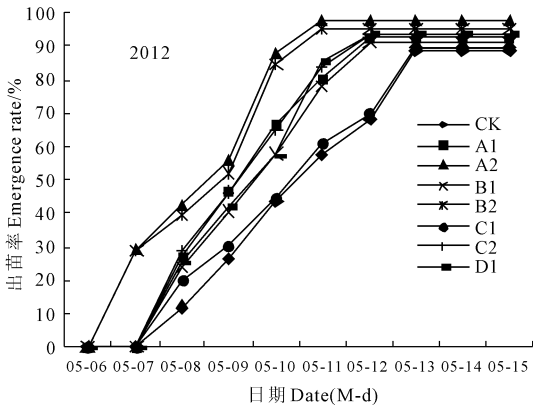
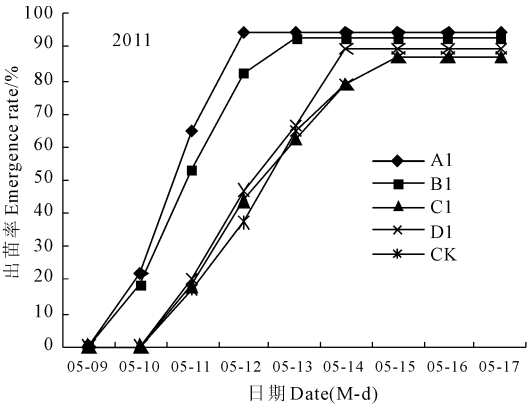


图 1 保水材料对玉米出苗进程的影响

Fig.1 Effect of water-holding materials on the emergence process of maize

2.2 保水材料对苗期玉米株高的影响

由表 1 可知, 2011 年各处理在 3 次株高测定中均表现为 $A1 > B1 > D1 > C1 > CK$; 2012 年各处理均表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$ 。2011 年 5 个处理包含在 2012 年各处理中, 且两年相同处理对玉米株高影响趋势一致。各处理在 2012 年 3 次玉米株高测定中变化趋势一致, 以出苗率稳定后 22 d 为例, 各处理对玉米株高日增量的影响总体表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 = CK$, 分别较 CK 增加了 18.41%、16.72%、15.32%、11.94%、11.94%、8.26%、0.00%。各处理对玉米株高依据显著性分析分为三个层次, 其中 A2 和 B2 两个处理极显著 ($P < 0.01$) 高于其他几个处理, 其次为 C2、D1、A1 和 B1 4 个处理, C1 和 CK 处理对其影响最小。可见不同保水材料及相同保水材料施入 1 年和 2 年均能不同程度地提高玉米苗期株高, 在不同保水材料中以 PAA、PAM 和膨润土效果较好, 在不同

施入年际均表现为施入 2 年的效果高于施入 1 年的效果。本试验值得注意的是膨润土只在第 1 年施入以后, 第 2 年的效果优于第 1 年, 可见在长效性分析上, 以膨润土对玉米苗期株高的促进作用最好。

2.3 保水材料对玉米苗期植株干鲜重的影响

由表 2 可知, 2011 年各处理在 3 次植株鲜干重测定中均表现为 $A1 > B1 > D1 > C1 > CK$; 2012 年各处理均表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$ 。2011 年 5 个处理包含在 2012 年各处理中, 且两年相同处理对玉米鲜干重影响的变化趋势一致。以 2012 年玉米出苗率稳定后 22 天为例, 各处理对玉米鲜重和干重的影响总体表现为 $A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK$, 分别较 CK 增加了 38.84%、34.52%、28.80%、25.17%、21.93%、13.67%、2.48% 和 37.06%、31.82%、27.62%、25.17%、16.78%、9.09%、2.10%。可见不同保水材料及相同保水材料施入 1 年和 2 年均能不同程度地提高玉

米苗期株高,在不同保水材料中以 PAA、PAM 和膨润土效果较好,在不同施入年际均表现为施入 2 年的效果高于施入 1 年的效果。值得注意的是膨润土

只在第 1 年施入,但玉米的生长状况表现为第 2 年的效果优于第 1 年,可见在长效性分析上,以膨润土处理对玉米苗期株高的促进作用最好。

表 1 保水材料对玉米苗期株高的影响

Table 1 Effect of water-holding materials on plant height of maize during seedling stage

年份 Year	处理 Treatment	7 d	较对照/% Comparison with CK	15 d	较对照/% Comparison with CK	22 d	较对照/% Comparison with CK	株高日增量 Daily increment of plant height /(cm·d ⁻¹)
2011	A1	18.72Aa	17.44	27.45Aa	14.57	33.16Aa	16.39	0.96
	B1	18.53Aa	16.25	26.31Bb	9.81	32.83Bb	15.23	0.95
	C1	16.21Cc	1.69	24.33Cc	1.54	29.26Cc	2.70	0.87
	D1	17.46Bb	9.54	26.05Bb	8.72	31.47Bb	10.46	0.93
	CK	15.94Cc	—	23.96Cc	—	28.49Cc	—	0.84
2012	A1	18.22BCed	7.56	26.90Cc	7.34	40.72BCc	9.82	1.50
	B1	18.02CDde	6.38	26.84Cc	7.10	39.78Cd	7.28	1.45
	C1	17.76De	4.82	25.86Dd	3.19	37.82De	2.00	1.34
	D1	18.52Bbc	9.33	27.00Cc	7.74	41.02Bbc	10.63	1.50
	A2	19.40Aa	14.53	29.38Aa	17.24	42.86Aa	15.59	1.56
	B2	19.29Bb	10.04	29.1ABa	16.12	42.44Aa	14.46	1.59
	C2	18.84BCbc	8.86	28.46Bb	13.57	41.62Bb	12.24	1.55
	CK	16.94Ef	—	25.06Ee	—	37.08Ef	—	1.34

注:表中 7 天、15 天、22 天分别代表出苗率稳定后的天数,同列大(小)写字母表示 0.01(0.05)水平差异。下同。

Note: 7 d, 15 d and 22 d stand for the days after emergence rate being stable. Different capital (small) letters in same columns indicate significance at 0.01 (0.05) level. The same as below.

表 2 保水材料对玉米苗期植株鲜干重的影响

Table 2 Effect of water-holding materials on fresh and dry weight of maize plants during seedling stage

年份 Year	处理 Treatment	7 d		15 d		22 d	
		鲜重/(g·株 ⁻¹)	干重/(g·株 ⁻¹)	鲜重/(g·株 ⁻¹)	干重/(g·株 ⁻¹)	鲜重/(g·株 ⁻¹)	干重/(g·株 ⁻¹)
		Fresh weight /(g·plant ⁻¹)	Dry weight /(g·plant ⁻¹)	Fresh weight /(g·plant ⁻¹)	Dry weight /(g·plant ⁻¹)	Fresh weight /(g·plant ⁻¹)	Dry weight /(g·plant ⁻¹)
2011	A1	4.54Aa	0.76Aa	9.53Aa	1.56Aa	17.89Aa	3.31Aa
	B1	4.36Bb	0.71Bb	9.22Bb	1.49Ab	17.62Aa	3.27Bb
	C1	3.72Dd	0.56Dd	7.76CDd	1.17Cd	16.04Cc	2.85Cd
	D1	4.04Cc	0.61Cc	7.96Cc	1.21Bc	16.51Bb	2.98Bc
	CK	3.68Dd	0.53Dd	7.63Dd	1.15Cd	15.83Cc	2.78Cd
2012	A1	4.92Dd	0.87Dc	9.45DEde	1.62DEd	19.18Cd	3.34BCb
	B1	4.64Ee	0.78Ed	9.14EFef	1.58Ede	17.88De	3.12Cc
	C1	4.52Ef	0.69Fe	8.91Ff	1.45Eef	16.12Ef	2.92Dd
	D1	4.95CDd	0.90CDc	9.64CDcd	1.82CDc	19.69BCcd	3.58BCb
	A2	5.51Aa	1.01Aa	10.46Aa	1.98Aa	21.84Aa	3.92Aa
	B2	5.36Bb	0.98ABa	10.15ABab	1.91ABab	21.16Ab	3.77Aa
	C2	5.06Cc	0.92BCb	9.97BCbc	1.84BCbc	20.26Bc	3.65Bb
	CK	4.58Eef	0.76Ed	8.83Ff	1.42Ef	15.73Ef	2.86Dd

2.4 保水材料对玉米苗期土壤贮水量时空变化影响

由图 2 可知,0~100 cm 土壤水分的空间变化规律为随着土层深度的增加,土壤贮水量整体呈先增

大后减小的变化趋势。各处理间的土壤贮水量在 10~20 cm 土层达到最大,在 20 cm 土层以下,土壤贮水量呈降低趋势并在各处理间的差异逐渐减小。

以 15 cm 土层土壤贮水量为例,2011 年 A1、B1、C1、D1 分别较 CK 提高了 26.32%、23.04%、8.03%、15.69%;2012 年 A2、B2、C2、A1、B1、C1、D1 分别较 CK 提高了 30.07%、28.16%、16.26%、8.50%、7.97%、2.34%、15.62%。分析玉米苗期 0~100 cm 土壤总贮水量的时间变化可知,随玉米苗期的推进,各处理土壤贮水量总体呈先增大后降低的趋势。在玉米整个苗期生长过程中,保水材料在施入土壤至作物未出苗的时段,保水材料处于吸水过程,且随着种子萌发吸水及土壤蒸发散失,使土壤贮水量呈降低趋势。但由于保水材料在吸水后具有缓慢释水作用,使各处理土壤贮水量呈增加趋势,且以 A、B 两

个处理增加较为明显。到植株生长后期,随着土壤水分消耗增大,同时由于保水材料在保水性上的差异,使土壤贮水量在各处理间差距增大且总体呈下降趋势。2011 年不同处理间 0~100 cm 土壤总贮水量总体表现为 A1>B1>D1>C1>CK,且以 A1 和 B1 两个处理较高。2012 年不同处理间 0~100 cm 土壤总贮水量总体表现为 A2>B2>C2>D1>A1>B1>C1>CK。由此可见保水材料在作物苗期能够保持有限土壤水分,减少土壤水分蒸发,提高水分利用效率,不同材料间以 A、B、D 较好,不同施入年限间以连续施入两年的优于施入一年的保水效果。

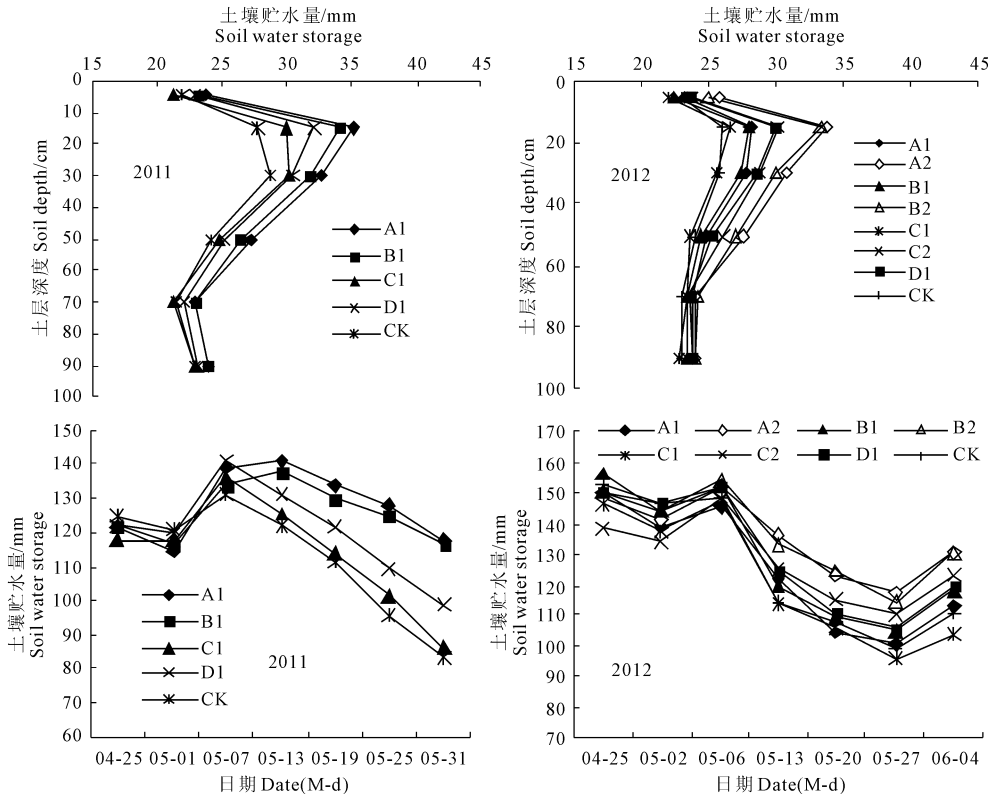


图 2 玉米苗期土壤贮水量时空变化

Fig.2 The spatio-temporal change of soil water storage during seedling stage of maize

2.5 0~20 cm 土壤贮水量与玉米苗期各指标的相关性分析

由图 3 可知,0~20 cm 土层土壤贮水量均与玉米出苗率、苗期株高、苗期鲜干重呈极显著正相关关系。其中 0~20 cm 土层土壤贮水量与玉米出苗率间的关系式为 $y = 39.411\ln(x) - 27.491$, $r = 0.9718$;与玉米苗期株高间的关系式为 $y = 51.377\ln(x) - 131.84$, $r = 0.9516$;与玉米苗期植株鲜重间的关系式为 $y = 25.585\ln(x) - 62.357$, $r = 0.9354$;与玉米苗期植株干重间的关系式为 $y = 4.3183\ln(x) - 10.88$, $r = 0.9336$ 。因此,玉米苗期土壤贮水量的

多少将直接影响作物出苗以及苗期植株的生长,对实现苗期作物苗齐、苗壮和苗匀起到重要作用。

2.6 保水材料对玉米籽粒产量的影响

由表 3 可知,4 种保水材料对玉米籽粒产量均有一定影响,两年保水材料均能显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 提高玉米的产量。各处理对玉米产量性状指标穗粒数、穗粒重和百粒重的影响与籽粒产量保持一致,以籽粒产量为例,2011 年,以 A1、B1 两种保水材料增产效果优于 C1 和 D1,其中 A1、B1、C1、D1 分别较 CK 籽粒产量增加了 15.20%、13.60%、9.32%、11.10%;2012 年,各处理对玉米籽

粒产量的影响表现为 A2 > B2 > D1 > C2 > B1 > A1 > C1 > CK, 各处理籽粒产量分别较对照增加了 25.15%、22.45%、19.05%、15.05%、14.17%、12.88%、5.37%, 可见保水材料在实现玉米增产效果上, 以 PAA、PAM 和膨润土效果较好, 施入年限上

整体以连续两年施入效果优于只施入一年, 比较只施入一年的 A1、B1、C1 和 D1 四个处理, 以处理 D1 (只施入一年的膨润土) 效果较好, 且增产幅度大于连续两年施入的腐殖酸 (C2), 可见膨润土的长效性优于其他 3 种保水材料。

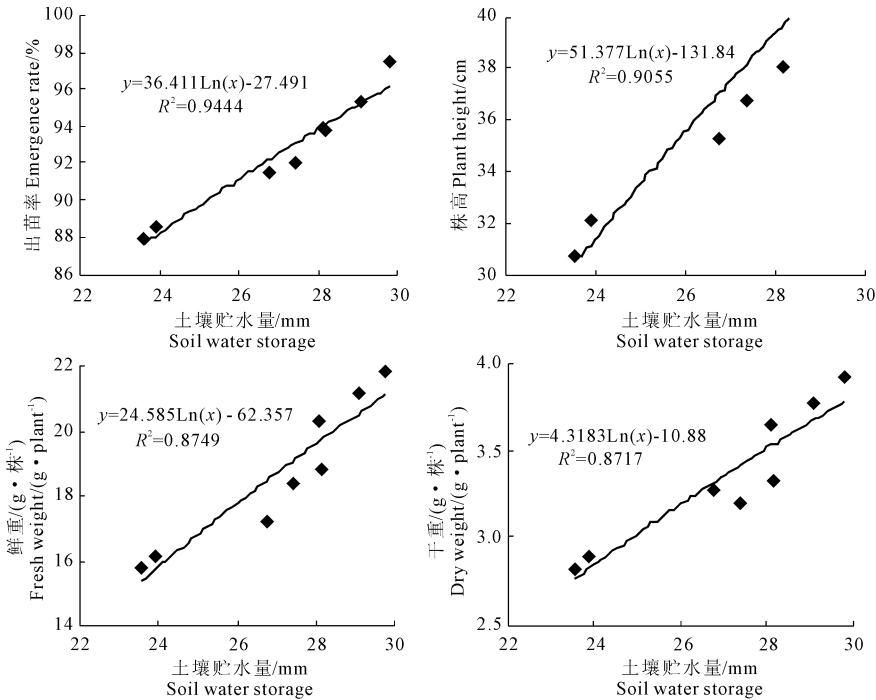


图 3 0~20 cm 土层土壤贮水量与玉米苗期各指标的相关性分析

Fig.3 Correlation analysis between soil water storage in 0~20 cm layer and the growth indexes of maize during seedling stage

表 3 保水材料对玉米产量的影响

Table 3 Effect of water-holding materials on maize yield

年份 Year	处理 Treatment	穗粒数/粒 Grains per ear/grain	穗粒重/g Grain weight per ear	百粒重/g 100-grain weight	籽粒产量/(kg·hm ⁻²) Grain yield
2011	CK	438Cc	109.46De	24.71Cc	5675.73Dd
	A1	486Aa	139.30Aa	28.16Aa	6538.50Aa
	B1	461Bb	134.60Bb	27.86Aa	6447.35Bb
	C1	458Bb	122.09Dd	25.19Cc	6204.75Dd
	D1	465Bb	127.24Cc	26.21Bb	6305.50Cc
2012	CK	486Eg	122.45Gg	26.86Ed	5911.95Ee
	A1	526De	138.97Dee	28.06Dc	6749.75Dd
	B1	524De	137.66Ee	28.22CDc	6673.48Dd
	C1	498Ef	129.21Ff	27.31Ed	6229.64Ee
	D1	550Cc	149.98Cc	28.79BCb	7038.35Bb
	A2	579Aa	161.44Aa	29.77Aa	7398.72Aa
	B2	564Bb	154.78Bb	29.31ABa	7238.93Bb
	C2	536Dd	142.23Dd	28.37CDbc	6801.58Cc

3 讨 论

PAA 和 PAM 属于高分子化合物, 本身不溶于

水, 却能在 10 min 内吸附超过自身重量 100~1400 倍的水分, 体积大幅度膨胀后形成饱和和吸附水球, 变成一种凝胶状态。其在湿润时可将充足水分吸收保

蓄,干旱时又可将保蓄的水分慢慢释放以供植株生长利用^[19-20],在一定时期内可在植株根系土壤局部形成“微型水库”,为植株生长提供适宜的水分生态条件和水分供需条件。其施入土壤能够有效地增加降雨入渗,可提高土壤持水能力,减少蒸发量,增加土壤有效含水量^[14,16,21]。同时适量的保水剂可使土壤水分聚集在施入点,土壤水分横向和纵向扩散均较慢,可为种子发芽及苗期生长提供充足的水分及养料,能促使玉米种子萌发,并使得苗壮、根系发达,前期生长茁壮^[22]。施用 PAA 和 PAM 后,玉米苗期土壤贮水量均保持较高水平,且使耕层土壤贮水特性较好,改善了苗期土壤水分环境,使玉米出苗提前,出苗时间缩短,出苗率较对照显著提高。同时苗期玉米植株生长状况也明显优于对照,并且连续施入 2 年后土壤保水性及玉米苗期生长状况均优于只施入 1 年的效果,但是连年施入后可能对土壤造成污染,因此我们在施用时需多方面进行考虑,给我们下一步试验研究提出了新的思路。膨润土和腐植酸(HA)是将天然材料经过粗加工而成的保水材料。膨润土是与众多矿物伴生以蒙脱石为主要成份的粘土矿物,它具有独特结构使其具有较强的吸水性、膨胀性、吸附性、粘着性及阳离子交换性等^[23-24]。前人关于膨润土应用于农田节水保土,促进作物生长发育的研究较少,部分研究表明膨润土应用砂质土壤,可以提高土壤含水率,达到保水保肥的目的,对玉米秸秆粗度的增加和株高的生长有很好的促进作用,最终实现玉米产量的增加^[25-26]。本研究结果表明,膨润土能缩短玉米整体出苗时间,增加玉米日增生物量,提高土壤蓄水保墒能力。值得注意的是膨润土处理虽只在第一年施入,但其综合效应在第 2 年明显优于第 1 年,说明膨润土具有较好的长效性。且在不同保水材料中,只在第一年施入的条件下,第二年膨润土的综合效应均高于其他处理,可见其他保水材料在第二年分解的比例较大,其保持水土的能力明显下降,而膨润土对土壤的改良是一个长期过程,在短时间内其保水,促进植株生长的作用不能很好地发挥,综合土壤生态环境及土壤水分状况等指标考虑,在该地区膨润土是最佳选择。腐植酸是一种带负电荷的亲水可逆胶体,具有较强的吸附能力,具有保水、增加土壤肥力的作用,但目前关于腐植酸的研究大多集中于腐植酸类肥料的研究上,有研究表明腐植酸能够保水增肥,有效防止土壤水分流失和蒸发,保证玉米水分供应,达到保墒抗旱的目的^[27],对将褐煤经粗加工后无任何添加剂的腐植酸应用农田土壤研究较少,本研究结果表明,施用

腐植酸后能增加土壤水分含量,提高玉米出苗率,但在玉米出苗时间上并无改善,在一定程度上促进玉米苗期生长状况。腐植酸施用后效果不及 PAA、PAM 和膨润土,其原因可能与腐植酸自身结构的保水特性以及在土壤中的分解有关。

4 结 论

1) 保水材料能提高玉米出苗率,实现玉米提前出苗并缩短出苗时间。2011 年不同处理间以施用 A1 和 B1 效果优于 D1 和 C1。2012 年以连续两年施入 A2、B2、C2 和只施入一年的膨润土(D2)效果较好,出苗率分别提高了 9.87%、7.28%、5.71% 和 5.41%,玉米提前出苗 1~2 d。

2) 保水材料能促进玉米苗期的生长,增加了玉米的株高和鲜干重。2011 年以施用 A1、B1 和 D1 效果优于 C1。2012 年以 A2、B2、C2 和 D1 效果较好,其中株高日增量分别提高了 15.67%、14.93%、13.43% 和 11.94%;植株鲜重提高了 38.84%、34.52%、28.80% 和 25.17%;干重提高了 37.06%、31.82%、27.62% 和 25.17%。

3) 保水材料能提高苗期土壤贮水量,保持土壤水分。2011 年 A1、B1 使玉米苗期土壤贮水量保持较高水平;D1 和腐植酸 C1 对提高土壤贮水量变化不明显。2012 年各处理总体表现为 A2 > B2 > C2 > D1 > A1 > B1 > C1 > CK, 0~20 cm 土壤贮水量分别提高了 30.07%、28.16%、16.26%、15.62%、8.50%、7.97%、2.34%。

4) 0~20cm 土层土壤贮水量与玉米出苗率以及苗期各指标之间存在显著或极显著相关关系。

5) 保水材料能够增加玉米产量,2011 年 A1、B1、C1、D1 分别较 CK 籽粒产量增加了 15.20%、13.60%、9.32%、11.10%;2012 年,各处理对玉米籽粒产量的影响表现为 A2 > B2 > D1 > C2 > B1 > A1 > C1 > CK, 各处理籽粒产量分别较对照增加了 25.15%、22.45%、19.05%、15.05%、14.17%、12.88%、5.37%。

参 考 文 献:

- [1] 王幼奇,樊 军,邵明安,等.黄土高原地区近 50 年参考作物蒸散量变化特征[J].农业工程学报,2008,24(9):6-10.
- [2] 李云开,杨培岭,刘洪禄.保水剂农业应用及其效应研究进展[J].农业工程学报,2002,18(3):182-187.
- [3] Woodhouse J, Johnson M S. Effect of super absorbent polymers on survival and growth of crop seedling[J]. Agricultural Water Management, 1991,20:63-70.

(下转第 68 页)

[21] 王 灿,王德建,孙瑞娟,等.长期不同施肥方式下土壤酶活性与肥力因素的相关性[J].生态环境,2008,17(2):688-692.

[22] 杨 刚,谢永宏,陈心胜,等.洞庭湖区退田还湖后不同恢复模式下土壤酶活性的变化[J].应用生态学报,2009,20(9):2187-2192.

[23] Vepsilinen M, Kukkonen S, Vestberg M, et al. Application of soil enzyme activity test kit in a field experiment[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001,(33):1665-1672.

[24] Kozdroj J, Van Elsas J D. Response of the bacterial community to root exudates in soil polluted with heavy metals assessed by molecular and cultural approaches[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000,32(10):1405-1417.

[25] Eivazi F, Bayan M R. Select soil enzyme activities in the historic sanborn field as affected by long term cropping systems[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2003,(34):2259-2275.

[26] 薛 冬,姚槐应,何振立,等.红壤酶活性与肥力的关系[J].应用生态学报,2005,16(8):1455-1458.

[27] 沈 宏,曹志洪,徐本生,等.玉米生长期土壤微生物量与土壤酶变化及其相关性研究[J].应用生态学报,1999,10(4):471-474.

[28] 牛俊义,闫志利.旱地作物地膜覆盖栽培理论与技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2012:64-86.

[29] 熊明彪,田应兵,雷孝章,等.小麦生长期土壤养分与土壤酶活性变化及其相关性研究[J].水土保持学报,2003,17(4):28-30.

[30] 郭天财,宋 晓,马冬云,等.施氮量对冬小麦根际土壤酶活性的影响[J].应用生态学报,2008,19(1):110-114.

[31] 马宁宁,李天来,武春成,等.长期施肥对设施菜田土壤酶活性及土壤理化性状的影响[J].应用生态学报,2010,21(7):1766-1771.

[32] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987:182-228.

[33] 程东娟,刘树庆,王殿武,等.长期定位培肥对土壤酶活性及土壤养分动态变化影响[J].河北农业大学学报,2003,26(3):34-36.

[34] 陈 亮,赵兰坡,赵兴敏.秸秆焚烧对不同耕层土壤酶活性、微生物数量以及土壤理化性状的影响[J].水土保持学报,2012,26(4):119-122.

[35] 李东坡,武志杰,陈利军,等.长期不同培肥黑土磷酸酶活性动态变化及其影响因素[J].植物营养与肥料学报,2004,10(5):550-553.



(上接第 60 页)

[4] Gehring J M, Lewis A J. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants[J]. J Amer Soc Hortsci, 1980,105(4):511-513.

[5] 黄 震,黄占斌,李文颖,等.不同保水剂对土壤水分和氮素保持的比较研究[J].中国生态农业学报,2010,18(2):245-249.

[6] 杨连利,李仲谨,邓娟利.保水剂的研究进展及发展新动向[J].材料导报,2005,19(6):42-44.

[7] 李秧秧,黄占斌.节水农业中化控技术的应用研究[J].节水灌溉,2001,(3):4-6.

[8] 董 英,郭绍辉,詹亚力.聚丙烯酰胺的土壤改良效应[J].高分子通报,2004,(5):83-87.

[9] 赵玉坤,武继承.不同用量保水剂对玉米苗期生理生态特性的影响[J].河南农业科学,2010,(6):31-34.

[10] 王洪君,陈宝玉,梁烜赫,等.保水剂吸水特性及对玉米苗期生长的影响[J].玉米科学,2011,19(5):96-99.

[11] 黄占斌,张玲春,董 莉,等.不同类型保水剂性能及其对玉米生长效应的比较[J].水土保持学报,2007,21(1):140-143.

[12] 方 锋,黄占斌,俞满源.保水剂与水分控制对辣椒生长及水分利用效率的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):73-76.

[13] 汪立刚,武继承,王林娟.保水剂有效使用的土壤水分条件及对小麦的增产效果[J].土壤,2003,(1):80-82.

[14] 吴德瑜.保水剂与农业[M].北京:中国农业科技出版社,1991:39-42.

[15] 黄占斌,辛小桂,宁荣昌,等.保水剂在农业生产中的应用与发展趋势[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):11-14.

[16] 高凤文,罗盛国,姜佰文.保水剂对土壤蒸发及玉米幼苗抗旱性的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(1):11-14.

[17] 陈琼贤,郭和蓉,彭志平,等.营养型土壤改良剂对玉米的增产效果和对土壤肥力的影响[J].土壤通报,2005,6(3):463-464.

[18] 唐泽军,雷廷武,赵小勇,等.PAM改善黄土水土环境及对玉米生长影响的田间试验研究[J].农业工程学报,2006,22(4):216-219.

[19] Huttermann A, Zommodi M, Reise K. Addition of hydro-gels to soil for prolonging the survival of Pinus halepensis seedling subjected to drought[J]. Soil and Tillage Research, 1999,50(4):295-304.

[20] 王哈生,王青宁.保水剂农用抗旱增效研究现状[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):38-45.

[21] 员学锋,汪有科,吴普特,等.PAM对土壤物理性状影响的试验研究及机理分析[J].水土保持学报,2005,19(2):37-40.

[22] 丁 林,张新民.保水剂对春玉米注水播种条件下土壤水分及生长发育的影响[J].中国农村水利水电,2010,(11):56-60.

[23] 严慧峻,魏由庆,左余宝,等.盐渍土麦秸还田效应研究初探[J].土壤肥料,1993,(3):15-17.

[24] 王小彬.土壤颗粒大小对水、肥保持和运移的影响[J].土壤,1997,15(1):64-68.

[25] 李吉进,徐秋明,张宜霞,等.膨润土对土壤水分和玉米植株生育性状的影响[J].北京农业科学,2001,(6):18-20.

[26] 李吉进,徐秋明,倪小会,等.施用膨润土对土壤含水量和有机质含量的影响[J].华北农学报,2002,17(2):88-91.

[27] 吕晋晓,王曰鑫.腐植酸保水肥与秸秆覆盖在旱作玉米上的试验研究[J].腐植酸,2009,(4):14-18,36.