

滴灌条件下不同保水剂在枣林坡地的应用效果研究

汪 勇^{1,3}, 汪 星¹, 汪有科^{1,2,3}, 宋海燕^{1,3}, 杨直毅²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
3. 国家节水灌溉杨凌工程研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用野外试验方法, 在滴灌条件下研究了保水剂在坡地枣林中的使用效果。试验结果证明: 施用保水剂的土壤含水量较对照提高了 15.3%~39.2%, 使 10~70 cm 土层有较高贮存水量, 在年生育期平均降雨量为 395 mm 情况下, 确定红枣整个生育期(为 210 d)共灌水 4 次, 按大约每 55 d 灌溉一次计算, 可减少灌溉 2 次, 节约用水 264 m³/hm²; 0~60 cm 土壤平均容重降低 0.05~0.16 g/cm³, 改善了土壤的通气透水的土壤物理性质, 促进了枣树的生长发育, 与对照株产 5.6 kg 相比, 四年生红枣单株最高可增产 2.85 kg/株; 就不同保水剂综合来说, Hs 和 Hm 表现出良好的适宜性。

关键词: 滴灌; 保水剂; 枣树

中图分类号: S157.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0078-06

陕北黄土高原地区生态环境脆弱, 自然灾害频繁, 水土流失和土地退化严重, 是我国典型的生态脆弱区。为加快这一区域生态环境治理, 大面积退耕坡地栽种经济效益较好的枣树, 已取得了不错的生态、经济和社会效益^[1]; 但是干旱少雨、水资源短加之黄土的特点, 水分利用效率低, 水土流失严重, 已制约枣树的生长, 影响了枣子产量和品质。减少地表水流失, 充分利用降水资源, 增加作物的种植面积, 提高作物的产量, 已成为该区农业研究的重要问题之一。

该区农业生产要向高产稳产方向发展, 必须发展以充分利用有限降水并提高水分利用效率为中心的旱地节水保水技术。保水剂作为一种化学节水产品, 它具有较强的吸水、保水性能, 减少水土流失, 提高水分利用效率^[2~7], 它在农业生产应用中的效果越来越明显, 并被越来越重视^[2,3]。笔者结合当地气候、土壤状况, 进行了滴灌条件下不同保水剂在枣树上的使用效应试验, 以期选择适宜黄土高原地区的优良保水剂品种, 加快保水剂在该区推广和应用和在滴灌条件下进一步降低灌水量。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验区位于米脂县孟岔村。属中温带半干旱气候区, 年日照时数 2 761 h, 日照百分率 62.0%, 年总辐射量 580.5 kJ/cm²; 平均气温 8.4℃, 最冷月平均气

温 -8.6℃, 最热月平均气温 23.5℃, 极端最高气温 38.2℃, 极端最低气温 -24.8℃; 气温日较差 13.8℃。年降雨量 451.6 mm, 80% 保证率的降雨量 354 mm, 降雨多集中在 7、8、9 三个月, 占全年的 64%。

试验区 0~30 cm 土层以黄绵土为主, 30 cm 土层以下为红焦土, 0~60 cm 平均容重 1.36 g/cm³, 0~60 cm 为计划灌溉湿润层, 田间持水量为 22% (重量比); 0~30 cm 土壤的基本理化性质: 土壤较为贫瘠, 经测定孟岔枣园有效 N、P、K 含量分别为 34.73, 2.90, 101.9 mg/kg, 有机质含量为 0.21%, pH 为 8.6, 坡度平均为 21°; 供试作物为骏枣, 树龄 4 a, 以 2 m×2 m 的方式栽种, 以水平阶水土保持工程措施为主, 水平阶面平整。

供试保水剂为: 普华高能抗旱保水剂(Pa)(东莞普华实业有限公司提供); 鸿森保水剂(Hs)(购于西安鸿森农业生态科技股份有限公司); 稷丰农林保水剂(Jf)(广州德一丰生物有限公司提供); 海明高吸水树脂抗旱保水剂(Hm)(购于保定市海明树脂有限公司); 法国 SNF 农林业保水剂(Sn)(北京绿色奇点有限公司提供); 博亚高能抗旱保水剂(By)(购于博亚科技有限公司)。

1.2 试验设计与方法

选取同一坡向同一坡度同一坡位的若干树势相近的枣树作为实验树, 每 3 棵树为 1 个处理, 每个处理为 1 个小区, 重复 3 次, 共 21 个小区, 以不施保水剂的滴灌区为对照。

收稿日期: 2008-11-12
基金项目: 陕西省重大科技项目(2007BAD88B05)
作者简介: 汪 勇(1981—), 男, 安徽霍山人, 在读硕士, 研究方向为水土保持与水土资源高效利用。E-mail: wangyong6698@163.com。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

保水剂施用方法^[8]:根据果树根系在垂直向主要分布于0~60 cm 土层(根重占总根系80%),在水平向主要分布距树干最近处和树冠垂直投影2/3处(树干处是以疏导根为主,2/3树冠处以吸收根为主)的特点,将保水剂施在果树树冠垂直投影半径的1/3~2/3处,株间滴头下挖坑,宽30 cm、长40 cm、深60 cm(施得过浅,会造成根系上移,减少果树抗逆性能,还会因太阳光照射加快保水剂的降解速度,缩短使用寿命)。每株保水剂用量100 g,先将保水剂用水浸泡2~5 h,使其饱和再将其充分拌土,然后分层装在20~60 cm 土层中,上层用浮土覆盖。

每小区树冠外围东、西、南、北四个方向随机选择1个新梢,测定新梢长度和新梢中部大叶面积,用SPAD-502型手持叶绿素仪测定叶绿素含量;平均单果重量测定,随机在每个处理果树外围的东、西、南、北4个方向各摘取25个枣子,计算单果的平均重量;测定产量。

2 结果分析与讨论

2.1 不同保水剂对土壤含水量的影响

保水剂施用后,每15 d打土钻(在0~100 cm 之间每10 cm处取土样)1次,观测不同保水剂对土壤含水量随时间变化的影响,见图1。在此期间,6月7日进行了1次灌溉。

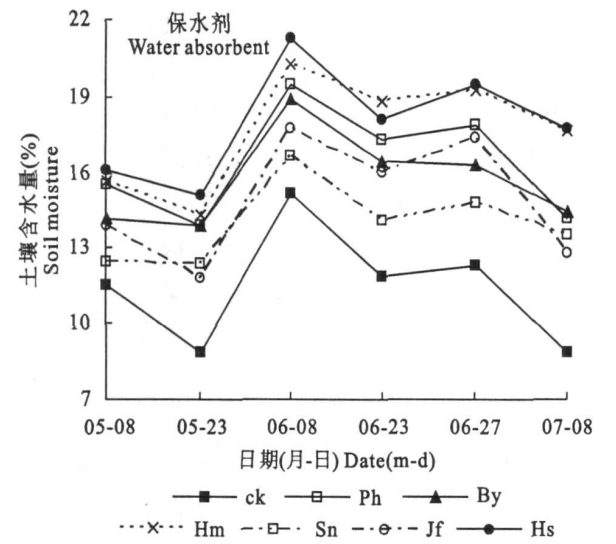


图1 不同保水剂对土壤水分随时间变化的影响
Fig.1 Effect of different aquasorb on the soil water of different time

由图1可知,不同处理在0~100 cm 土层中的土壤含水量对照处理明显低于保水剂处理,使用保水剂Hs和Hm的土壤水分最高,这由于一是保水剂通过强吸水力,抑制了蒸发,二是保水剂覆盖在土壤中设置了一层物理阻隔,土壤水分垂直蒸发直接受

阻,迫使水分横向运移或放射性蒸发(向没有均匀施用保水剂处移动),土壤水分蒸发速度相对减缓,总蒸发量大幅度下降。6月8日的土壤水分峰值出现是由于6月7日进行了灌水,土壤含水量高低差距仍较为明显,对照含水量要比保水剂处理低1.5%~6.1%,这是因为保水剂吸水性强,加入土壤后能提高土壤对水的吸收能力,提高了土壤含水量;6月27日因降雨(降雨量42 mm),各处理含水量也出现了小幅增加,保水剂吸收和保蓄外来降雨能力要高于对照。从整个观测期来看,土壤含水量从高到低的顺序为:Hs>Hm>Pa>By>Jf>Sn>CK,各保水剂之间比较来说,法国保水剂Sn土壤含水量最低,保水剂Hs土壤含水量最高,彼此之间含水量差距为23.9%;该观测阶段内保水剂处理的土壤含水量比对照提高了15.3%~39.2%,这说明了保水剂保水效果较为明显。

与对照滴灌相比,在相同条件下保水剂可以保持较高土壤含水量,而保水剂Hs和Hm保水效果优于其他品种保水剂。

根据2008年5月26日~8月13日12次测定的0~100 cm 土壤含水量数据的平均值,对不同深度的土壤水分分析(见图2),所有保水剂处理后,土壤剖面的含水量明显高于对照CK。观测期间内CK在0~100 cm 土层水分累计量较保水剂处理要低18.63%~42.64%,其中保水剂施入层20~60 cm 土层的土壤水分最为明显。相对于对照,保水剂Pa、By、Hm、Sn、Jf、Hs分别提高了24.09%、19.41%、28.73%、13.13%、17.18%、29.84%。通过试验观察,枣树吸收毛细根系主要分布于20~60 cm 深度的土层间,保水剂把水分保蓄在该“有效的深度”土层,这有利于水分被枣树吸收,提高水分利用效率;保水剂施入层以下60~100 cm 的土壤水分也高于对照,这是由于在灌溉或降雨时,保水剂自身吸饱水后将“剩余水”贮存于混合土层下,当作物不需补充水分时就阻断毛管水上升,进行贮存;作物遇干旱需要水分时,又向“有效的深度”传输水分,以满足作物水分吸收,长期如此有利于形成“土壤水库”,起着调蓄作用;从整个土层不同保水剂间比较看,土壤含水量均为:Hm>Hs>Ph>By>Jf>Sn。对不同深度的土壤水分分析说明,保水剂的使用有利于水分被作物吸收利用和“土壤水库”形成积累,与对照滴灌相比,施用保水剂的土层有较高的贮存水量(这与保水剂处理的土壤含水率要高出对照9.3%~62.4%,而且保水剂施入层附近含水率变化明显低于表层以及深层^[9~12]结果一致),保证土壤长期保持湿润,可

减少灌溉次数;保水剂 Hs 和 Hm 使用效果最好。

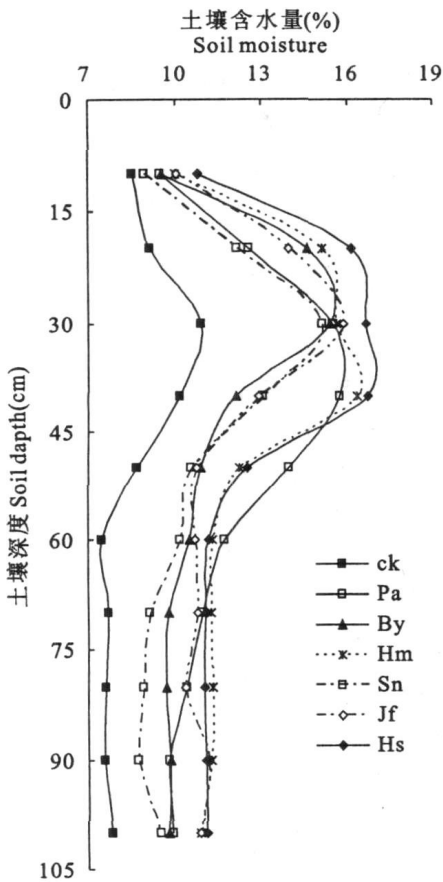


图 2 保水剂对不同深度土壤水分的影响

Fig.2 Effect of aquasorb on the soil water of different depth

2.2 不同保水剂对灌溉的影响

为了探讨保水剂对灌溉的影响,我们做了不同保水剂处理灌溉后对土壤水分的连续观测。用 Diviner 2000(澳大利亚)测定土壤 10~70 cm 的水分,每隔 10 cm 记一个值,从 6 月 8 日~10 月 20 日每天观测 1 次(除下雨外),并用土钻法校正,在作图计算时将测量的体积含水量转化为重量含水量。在 6 月 7 日进行了灌溉,灌溉量 80 L/株,每公顷 132 m³(忽略灌溉流量的不均匀)。试验确定土壤水分含量 7%左右为灌溉下限,根据多年的(1956~2007 年的 3~10 月)整个生育期平均降雨量为 395 mm,确定共灌水 4 次。

6 月 8 日测得 Hs、Hm、Pa、By、Jf、Sn、CK 7 个处理含水量分别是 21.3%、20.6%、19.5%、18.4%、17.7%、16.8%、15.2%,由于保水剂具有较强的吸水性,通过吸收超过自身重量几百倍的水扩大了土层吸水能力,灌溉 24 h 后保水剂处理在 10~70 cm 土层含水量高于对照 1.6%~6.1%。观测不同保水剂对 10~70 cm 土壤保持湿润和延长灌溉天数的影响,如图 3 所示,所有的保水剂处理从灌溉后到第

二次灌溉(即土壤含水量为 7%)的天数,通过持续观测,较没施用保水剂的滴灌对照都有显著的提高:对照 CK 从灌溉后到第二次灌溉的天数仅为 50 d,不同保水剂处理可以保持到 81~101 d,较对照最高可延长 51 d,这可能是因为保水剂像一个较厚的“海绵层”,一方面在接近土壤表层面有效地降低土壤水分的蒸发,另一方面在“海绵层”下方是保水剂通过强吸水性,降低了土壤水分渗透速度。在按整个生育期(为 210 d)灌水 4 次,大约每 55 d 灌溉一次计算,可减少灌溉 2 次,节约用水 264 m³/hm²;保水剂间比较来看,Hs 和 Hm 延长天数较长。

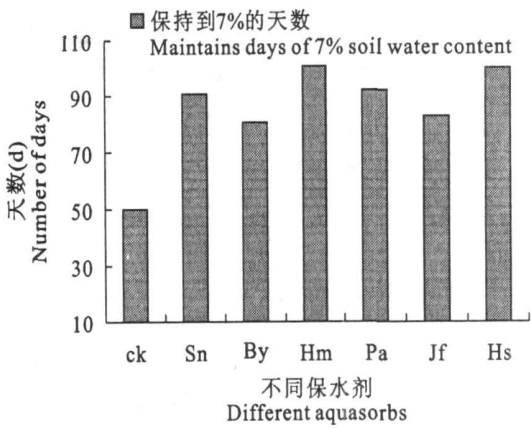


图 3 保水剂保持土壤 7%含水量的天数

Fig.3 Aquasorb on maintain days of 7% soil water content

2.3 不同保水剂对土壤容重和孔隙度的影响

土壤结构直接决定着保水、保肥性,决定着提供作物、树木生长所需的水、肥、热、气条件^[13]。保水剂的使用不仅降低土壤容重,增加土壤孔隙度,同时也改变了土壤孔隙的组成,它们的改善必然同时改善了土壤的通气透水的土壤物理性质。

如表 1 所示,保水剂 Sn、By、Hm、Pa、Jf、Hs 在 0~60 cm 土壤平均容重较对照分别降低 0.05, 0.08, 0.15, 0.16, 0.13, 0.15 g/cm³,土壤的孔隙度增加 2.49%~9.79%,毛管孔隙度增加 2.02%~7.67%,非毛管孔隙增加 0.38%~2.12%。与对照相比,不同保水剂处理的各级孔隙比例都有增加。土壤通气透水的土壤物理性质改善能促进土壤微生物的生命活力,加快根际周围有机无机养分的转化与释放,促进枣树根系的吸收和发育。保水剂间比较看,Pa 使用效果较好,Hs 次之。

2.4 不同保水剂对枣树生理及生长的影响

保水剂改善了旱地果园土壤水分的条件,不同程度地提高了肥料在土壤中的溶解和果树根系吸收,从而促进了树体的生殖生长和营养生长^[13],进而提高了作物产量。

表 1 不同保水剂对土壤容重和孔隙度的影响

Table 1 Effect of different water absorbenton soil bulk density and porosity

处理 Treatment	容重 Soil bulk density (g/cm ³)	毛管孔隙度 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙度 Noncapillary porosity (%)	非毛管孔隙度增加 Noncapillary porosity increased (%)	总孔隙度 Total porosity (%)	总孔隙度增加 Total porosity increased (%)
CK	1.36	45.60	2.01	—	47.61	—
Sn	1.31	47.62	2.39	0.38	50.01	2.4
By	1.28	49.65	3.41	1.40	53.06	5.45
Hm	1.21	51.97	3.54	1.53	55.51	7.9
Pa	1.20	53.27	4.13	2.12	57.40	9.79
Jf	1.23	51.05	3.28	1.27	54.33	6.72
Hs	1.21	53.10	4.02	2.01	57.12	9.51

表 2 不同保水剂对枣树生理及生长有关指标的影响

Table 2 Influence of different water absorbent to growth condition of Jujube trees

处理 Treatment	枝条长度 Branch length (cm)	干周净增长量 Girth of tree trunk increased(mm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	叶绿素指数 Index number of chlorophyll	平均单果重 Average weight of the single fruit(g/个)	每公顷产量 Yield per hectares (kg/hm ²)
CK	17.23	2.55	10.64	19.08	25.67	9240
Sn	23.88	3.35	12.02	21.11	25.48	11748
By	20.50	3.65	11.34	20.82	27.95	10890
Hm	25.18	3.86	12.60	21.42	33.78	13464
Pa	28.03	3.67	11.83	21.43	29.52	12111
Jf	20.45	3.49	11.81	20.99	30.05	12672
Hs	28.75	3.92	13.20	22.30	32.50	13942.5

从表 2 不同保水剂对枣树生理及生长有关指标的影响看,使用保水剂促进了新梢的生长、树干干周的增粗,叶面积、叶绿素相对含量和平均单果重也都有一定的增加和提高,除保水剂 Sn 平均单果重指标外均优于对照 CK。这是由于使用保水剂改善了土壤的供水、通气环境条件,提高了水分利用效率,但果树的生长发育还受众多条件(如采光、坡位、通风状况)影响;从数据分析来看,使用保水剂与对照相比,新梢的生长提高了 18.7%~62.7%,树干干周的增粗了 31.5%~51.4%,叶面积提高 6.5%~13.0%,叶绿素指数提高了 9.1%~12.3%。保水剂的使用促进了树体的营养生长,进而提高了作物产量,平均单果重提高了 8.9%~31.6%,每公顷产量最高增加了 4 702.5 kg;使用保水剂 Sn、By、Hm、Pa、Jf、Hs 后,每公顷产量增幅分别为 27.1%、17.8%、45.7%、31.1%、37.1%、50.9%;就保水剂之间比较来看,枣树生理及生长指标状况:Hs>Hm>Ph>Jf>By>Sn,保水剂 Hs 使用效果最好,Hm 次之,进口保水剂 Sn 一般。结果表明,保水剂的使用促进了枣树的生长发育,提高了产量,保水剂 Hs 和 Hm 使用效果好于其他品种。

2.5 不同保水剂的经济效益分析

保水剂的经济效益直接关系使用者的经济收益,影响其能否大面积的推广应用。从不同保水剂的经济效益分析(见表 3)可知,使用保水剂都表现一定的增产增收效果,使用保水剂 Sn、By、Hm、Pa、Jf、Hs 后,每公顷产量分别增加了 2 508、1 650、4 224、2 871、3 432、4 702.5 kg,每公顷增加收入 481.8~12 361.8 元;施保水剂 Hs 枣树单株与对照株产量 5.6 kg 相比,最高可增产 2.85 kg/株,每公顷增产(每公顷 1 650 棵树)为 4 702.5 kg,增产幅度可高达 50.9%,增收 9.9 元/株,水费按每方 1.5 元计算,每公顷节约水费 316.8 元,每公顷可增收 12 361.8 元。可见,选择适宜的保水剂使用,可获得较好的经济效益;其中保水剂 Hs 经济效益最高,Hm 次之。

3 小结

1) 保水剂的施用,对水分在时间和空间上进行再分配,提高了土壤含水量、不同土层贮存水量,有利于“土壤水库”形成积累;保水剂 Hs 和 Hm 保水效果优于其他品种保水剂。

表 3 不同保水剂的经济效益分析

Table 3 Analysis of economic benefit with different water absorbent

处理 Treatment	平均单株增收效益 Income increased each tree					每公顷增收效益 Income increased per hectare		
	材料费 Material cost (元)	用工费 Labor cost (元)	产量 Yield (kg)	果品价格 Price of fruit (元/kg)	增收 Income increased (元/株)	增产 Yield increased (kg)	节水费 Fee of water saved(元)	增收 Increased income (元)
CK	—	—	—	5.6	4.00	—	—	—
Sn	3.6	0.5	7.12	4.0	1.98	2508	316.8	3583.8
By	3.4	0.5	6.60	4.0	0.10	1650	316.8	481.8
Hm	3.0	0.5	8.16	4.0	7.54	4224	316.8	11437.8
Pa	3.2	0.5	7.34	4.0	3.26	2871	316.8	5695.8
Jf	3.0	0.5	7.68	4.0	4.82	3432	316.8	8269.8
Hs	3.6	0.5	8.45	4.0	9.90	4702.5	316.8	12361.8

2) 通过持续观测,按整个生育期(为 210 d)灌水 4 次,可减少灌溉 2 次,节约用水 264 m³/hm²;保水剂间比较来看,Hs 和 Hm 延长灌溉天数较长。

3) 保水剂的使用改善根系生长的微域环境条件。不仅降低土壤容重,增加土壤孔隙度,同时也改变了土壤孔隙的组成;保水剂间比较看,Hs 使用效果较好,Pa 次之。

4) 由于保水剂改善了果园土壤物理性质和提高水分利用效率,促进了枣树的生长发育,提高了产量;保水剂 Hs 和 Hm 促进枣树生长发育的效果好于其他品种。

5) 使用保水剂都表现一定的增收效果。选择适宜的保水剂使用,可获得较好的经济效益;保水剂 Hs 经济效益最高,Hm 次之。

综合上述,就不同的保水剂在黄土高原区的气候、土壤条件下使用效果来说,保水剂 Hs 和 Hm 表现出良好的适宜性,笔者推荐可在该区推广应用。在滴灌条件下施用适宜的保水剂能改善果树水环境,对水分在时间和空间上进行再分配,为果树的生长发育创造出适宜的水分环境,提高水分利用效率和促进了枣树的生长发育,使丰富的光热资源的生产潜力发挥出来,因而,适宜的优良保水剂在黄土高原具有广阔的应用前景。

参 考 文 献:

[1] 雷 敏,曹明明,郗 静.米脂县退耕还林的综合效益评价与政策取向[J].水土保持通报,2007,27(3):151—157.

[2] 山 仑,黄占斌,张岁歧.节水农业[M].北京:清华大学出版社,2000;16—38.

[3] 杜晓东,王丽娟,刘作新.保水剂及其在节水农业上的应用[J].河南农业大学学报,2000,34(3):255—259.

[4] 黄占斌,万会娥,邓西平,等.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):52—55.

[5] 杜太生,康绍忠,魏 华.保水剂在节水农业中的应用研究现状与展望[J].农业现代化研究,2000,21(5):317—320.

[6] Singh J. Effect of stockosorb polymers and potassium levels on potato and onion[J]. Journal of Potassium Research, 1998, (4):78—82.

[7] Woodhouse J, Johnson MS. Effect of super absorbent polymers on survival and growth of crop seedling[J]. Agricultural Water Management, 1991,20(3):63—70.

[8] 黄占斌,李茂林,夏春良,等.农用保水剂应用原理与技术[M].2005;28—29.

[9] 介晓磊,李有田,韩燕来,等.保水剂对土壤持水特性的影响[J].河南农业大学学报,2000,34(1):22—24.

[10] Ben Hur M, Faris J, Malik M, et al. Polymers as soil conditioners under consecutive irrigation and rainfall [J]. Soil Sci Soc Am J, 1989,53;73—77.

[11] Levin J, Bern Hur M, Gal M, et al. Rain energy and soil amendments effect on infiltration and erosion of three different soil types[J]. Aust J Soil Res, 1997, 29;455—465.

[12] Arthur Wallance, Gam A Wallace. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lecture seedling[J]. Soil Sic, 1986,141;324—327.

[13] 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,2002,3(2):183—185.

Study on effect of using different water absorbents on jujube in slope land under the condition of drip irrigation

WANGN Yong^{1,3}, WANG Xing¹, WANG You-ke^{1,2,3}, SONG Hai-yan^{1,3}, YANG Zhi-yi²
(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Nationnal Engineering Reasearch Center for Water-saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Through the field experiment for the purpose of studying the effect of using water absorbent on jujube in slope under the condition of drip irrigation. The results showed that the soil water of under water absorbent treatments raised by 15.3%~39.2% compared to the control, keeping higher water storage in 10~70 cm soil layer. In cases of the many years of the 395 mm rainfall during growth period, 4 times of irrigation is needed for Jujube trees in the whole growth period(210 d), with an interval of about 55 days. However, with the treatments of water absorbent, two times of irrigation can be reduced, saving 264 m³ water per hectare, and the average bulk density of soil is reduced by 0.05~0.16 g/cm³ in 0~60 cm, thus improving soil physical properties of air and water permeability and promoting the growth and development of jujube trees. Compared to 5.6 kg per tree of the control, the yield of a four-year-old jujube tree is increased by 2.85 kg. Among different water absorbents, Hs and Hm show better suitability.

Keywords: drip irrigation; water absorbent; jujube tree

(上接第 52 页)

Effects of water and fertility spatial coupling in rootzone soil of winter wheat on root growth and activity

LI Kai-feng, ZHANG Fu-cang, QI You-ling
(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Effects of water and fertility spatial coupling on root fresh and dry weight and root activity were studied at different growing stages of winter wheat (Xiaoyan No. 22). The experiment contains three kinds of wet ways (i.e. the overall soil wetting, the upper soil wetting and the lower soil wetting) and three kinds of fertilization ways (the overall soil fertilization, the upper soil fertilization and the lower soil fertilization). The results showed as follows : (1) Under different soil wetting treatment, fresh root weight of winter wheat with the treatment of overall soil wetting at flowering—filling stage was increased compared to the treatments of the upper and the lower soil wetting, with an average raise of 5.63% and 18.09%, respectively. There was no obvious difference of root activity between the treatments of overall soil wetting and the upper soil wetting, but the root activity of the treatments of overall soil wetting and the upper soil wetting were higher than the treatment of lower soil wetting; (2) Under different fertilization ways, the root fresh and dry weight and root activity of the upper and overall fertilization treatment was higher than that of the treatment of the lower fertiliza-tion at tillering and jointing stage. At flowering—filling stage, the reducing rate of root activity by the treatment of lower fertilization was lower than other two treatments. At maturing stage, there was a “premature senility” phenomenon of root activity in the treatment of soil lower fertilization; (3) From the coupling effect of soil wetting and fertilization mode from the changes of the winter wheat root activity, the combination treatment of overall soil wetting and the upper soil fertiliza-tion was the best, which can enhance the root fresh and dry weight and root activity and reduce residues of nitrogen and phosphorus in the soil.

Keywords: water and fertilizer spatial coupling; root activity; root fresh and dry weight; winter wheat