

不同覆盖措施对滴灌枣园土壤水热及矿质氮素的影响

马 军,雷 江,李发永,孙留东,魏晓明,王 锦

(塔里木大学水利与建筑工程学院,新疆 阿拉尔 843300)

摘 要: 为了提高南疆枣园滴灌水肥利用效率,有效改善土壤特性,进行了芦苇秸秆、小麦秸秆、地膜(白色)、玉米秸秆 4 种覆盖措施的研究。结果表明:4 种覆盖措施都能够减少棵间蒸发,提高土壤水分,与对照相比土壤棵间蒸发量分别减少了 34.95%、31.08%、35.75%、29.38%,芦苇和地膜的保墒效果较好;保温效果为地膜>小麦秸秆>玉米秸秆>芦苇,芦苇覆盖温度最高土层在 10 cm,其他处理均在 5 cm 处;不同生育阶段各处理土层的矿质氮素含量不同,地膜覆盖能显著影响土壤的硝态氮含量,7—8 月中旬覆盖条件下的矿质氮素与对照相比均有所增加,与对照相比 7 月中旬地膜覆盖提高幅度最大,为 323.96%,其含量与气温高低相关;枣树生育阶段前期小麦秸秆覆盖下土壤碱解氮含量相对较高,其中 7 月中旬增幅最大,达到了 57.41%。综合分析表明芦苇覆盖下土壤水热及矿质氮素的田间变异较小。

关键词: 枣园;覆盖措施;棵间蒸发;含水率;矿质氮素;土壤温度

中图分类号: S152.7;S152.8;S158 **文献标志码:** A

Effects of covering methods on soil water, temperature and nitrogen of Jujube Orchard under drip irrigation

MA Jun, LEI Jiang, LI Fa-yong, SUN Liu-dong, WEI Xiao-ming, WANG Jin

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: In order to improve water and fertilizer use efficiency of Jujube Orchard under drip irrigation in South Xinjiang and improve soil properties, we performed a field experiment consisting of four soil covering patterns including reeds, wheat straw, white plastic film, and corn stalks mulching. The results showed that four covering methods reduced soil evaporation and improve soil water, compared with the control treatment, by 34.95%, 31.08%, 35.75%, 29.38%, respectively. Reeds and plastic film mulching were the best way for moisture conservation, with the heat insulation effects in the order of plastic mulch > wheat straw > corn stalks > reeds. Reeds covering had the highest soil temperature in 10 cm depth, while the other treatments in 5 cm. Soil nitrogen content varied with growth stages of Jujube, plastic film mulching significantly affected the nitrate content of soil. Soil covering obviously increased soil mineral nitrogen content from early July to the mid August. Compared with control, plastic film mulching had an increase of 323.96% in mid July, which is partially due to soil temperature. Alkali-hydrolysable nitrogen was relatively high for wheat straw mulch at the early growth stages, being as high as 57.41% in mid-July. However, reeds covering had relatively smaller influence on soil water, temperature, and nitrogen.

Keywords: Jujube orchard; covering method; soil evaporation; water content; mineral nitrogen; soil temperature

滴灌技术是节水农业中最有效的措施之一,它集灌溉施肥于一体,能适时适量地给果树供水、施肥,同时具有节水、节肥等优点,而且有利于作物产

量和水分及肥料利用率的提高,其优越性已被大量研究证明^[1-2]。近年来已有大量学者将滴灌应用于南疆红枣^[3-6],取得了显著的效果,然而由于南疆地

收稿日期:2015-01-03
基金项目:国家自然科学基金(51169024;51569030)
作者简介:马 军(1993—),男,宁夏固原人,硕士研究生,主要从事农业水土环境研究。E-mail:18609976987@qq.com。
通信作者:李发永(1982—),男,河南开封人,副教授,主要从事极端干旱区农业水土环境研究。E-mail:lisen8279@163.com。

区地表蒸发强烈,滴灌后其湿润范围较小,地表滴头附近湿润度较高,加上枣树株行距较大,易受气温影响,无效蒸发较多,造成本已极度短缺的水资源浪费严重。因此,将滴灌带上增加一些覆盖物有利于抑制土壤无效蒸发,同时又可以废弃的秸秆等生物资源还田,提高土壤有机质含量。国内外学者在滴灌与覆盖结合应用在大田作物方面开展了大量研究,但这些研究多集中在棉花、玉米等单季作物覆膜滴灌方面^[7-8],Lakew W J 等^[9]将滴灌和稻草覆盖结合对洋葱进行了研究,研究表明,稻草覆盖可以显著降低土壤蒸发量,0.3 kg·m⁻²的稻草覆盖量能显著提高洋葱产量。然而,在果树特别是红枣方面将滴灌和覆盖措施相结合的研究还较少,随着南疆红枣种植面积的不断扩大,对现有的灌溉方式进行改进,对提高水资源利用具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于新疆塔里木大学现代农业工程自治区高校重点实验室节水灌溉试验基地,经纬度为 40°20'47"~41°47'18"N,79°22'33"~81°53'45"E,占地面积 1 379.5 m²(31 m×44.5 m),属暖温带干旱气候区,降水量稀少,蒸发量大,气候干燥。年平均气温 10℃,1 月份平均气温 -8℃,7 月份平均气温 25℃。年平均降水量 100 mm 左右。太阳总辐射量 544.115~590.155 J·cm⁻²,日照时间 2 855~2 967 h,无霜期 205~219 d,风沙浮尘天气较多,主要集中在春季和夏季。春季升温快而不稳,秋季降温快。

1.2 试验设计

供试枣树为骏枣(*Zizyphus jujuba* Mill.),枣树滴灌统一采用单翼迷宫式滴灌带,在其结构上通过增加迷宫,延长水流通道起到消能作用,特点为紊流态多口出水,抗堵塞能力强,出水均匀。滴头间距为 30 cm,单滴头最大流量为 3~5 L·h⁻¹,工作压力为 0.1 MPa。每行枣树铺设一根毛管,铺设于枣树内侧距根区 20 cm 处。试验设玉米秸秆、聚乙烯塑料地膜、小麦秸秆、芦苇秸秆等 4 种覆盖形式,其中玉米秸秆、小麦秸秆和芦苇秸秆室外自然风干碾压,将 4 种覆盖物根据不同的处理要求覆盖于滴灌带之上,玉米秸秆、小麦秸秆和芦苇秸秆铺设宽度 1 m,厚度为 5 cm。地膜铺设以枣树根部为中心宽度为 1 m。将大田试验划分为 5 个处理区,分别为滴灌+玉米秸秆区、滴灌+覆膜区、滴灌+小麦秸秆区、滴灌+芦苇秸秆区、滴灌+无覆盖对照区。每个处理区重

复 3 次,处理区之间设置隔离带,即处理间均有单行枣树作为间隔,中间条带两边设置 50 cm 深分离沟。每个处理滴灌施肥量一致,灌水定额为 75 mm,全生育期灌水 12 次,灌溉定额为 900 mm。全生育期施肥 3 次,施肥周期以枣树生育期为主,花期 1 次,幼果期 1 次,果实膨大期 1 次,N、P、K 比例为 2:1:1,全生育期施肥量为 2 250 kg·hm⁻²。

1.3 试验方法

土壤水分:采用重量法测定土壤水分,利用土钻在距枣树根部 10 cm 处取土,取土深度分别为 0~10、10~20、20~40、40~60、60~80 cm。

棵间蒸发量测定:用自制的 Micro-Lysimeters(小型棵间蒸发器)进行测定。Micro-Lysimeters 由 PVC(聚氯乙烯)圆管制成(选择 PVC 材料是为了尽量减小热传导的影响),高 15 cm,壁厚 3 mm,内径为 10.4 cm。为了避免操作时破坏附近的土体结构,用内径稍大(12 cm)的 PVC 管做成外套,固定于行间。

土壤温度:采用曲管地温计测量枣树根区土壤地温,测量深度为 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm。4 月 1 日—6 月 21 日每天 14:00 和 20:00 进行测定。

土壤养分:利用土钻分别于 7 月 16 日、8 月 19 日、8 月 29 日采集土壤进行硝态氮测定,采样深度同土壤水分测定,取回土样立即进行测定防止硝态氮损失,不同深度测定后取平均值。分别于 6 月 14 日、7 月 16 日、8 月 19 日利用土钻采集不同土层土样进行碱解氮测定,采样方法同土壤水分测定,测定后取平均值。采用碱解扩散法测定土壤碱解氮;采用酚二磺酸比色法测定土壤硝态氮^[12]。

1.4 数据处理与分析

利用 SPSS 20.0 及 Microsoft Excel 2007 进行数据整理、统计和误差分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖措施对棵间蒸发的影响

对滴灌枣园采取覆盖措施后,土壤棵间蒸发量显著减少,与对照相比 6 月 21 日—8 月 20 日覆盖芦苇、小麦秸秆、地膜、玉米秸秆的土壤棵间蒸发量分别减少了 34.95%、31.08%、35.75%、29.38%(图 1)。棵间蒸发为无效蒸发,其数值降低意味着土壤水分储量增加,能够起到保墒作用。各处理棵间蒸发量为对照>玉米秸秆>小麦秸秆>芦苇>地膜,由此可见地膜和芦苇具有较好的保墒作用,但芦苇覆盖棵间蒸发总量与地膜覆盖差异不大。

2.2 不同覆盖措施对土壤含水率的影响

不同覆盖条件下土壤水分差异在枣树不同生育阶段表现不同,由图 2 可知,总体上枣树生育期内采取覆盖措施的各处理土壤平均含水率除 6 月 18 日玉米秸秆覆盖处理与对照不显著外,其他处理均显著高于对照处理($P < 0.05$),6 月 6 日枣树处于新梢生长期,枣树需水量较大,土壤水分含量较低,此时良好的保墒效果对果树极为重要,由图可知,芦苇覆

盖处理土壤含水量显著高于其他处理,小麦秸秆、地膜、玉米秆等覆盖方式下土壤水分差异不显著;6 月 18 日枣树进入初花期,新梢生长减弱,并开始木质化。枣树需水量略有下降,土壤含水率较高,此时以地膜覆盖处理土壤含水率最高,达到了 23.54%,芦苇、小麦秸秆无显著差异,但均显著高于玉米秸秆覆盖处理。

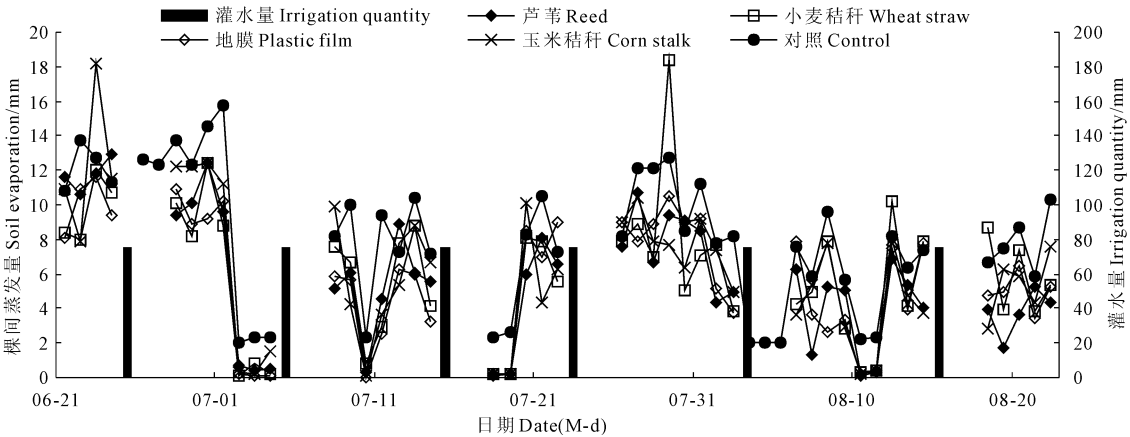


图 1 4 种覆盖处理棵间蒸发量
Fig.1 Soil evaporation of four kinds of mulching treatments

进入 7 月份后,气温逐渐升高,蒸发强烈,各处理土壤含水率又急剧减少,均低于 10%。但仍以芦苇和地膜覆盖处理土壤水分较高,二者差异不显著($P < 0.05$),此时覆盖处理中小麦秸秆处理土壤水分最低,但与玉米秸秆差异不显著($P > 0.05$)。7 月 16 日进入盛花期后仍以芦苇和覆膜处理含水率显著高于其他处理,且二者差异不显著($P < 0.05$)。8 月 1 日枣树处于幼果期,此时以芦苇和玉米秸秆土壤含水率较高,二者差异不显著。地膜覆盖处理含水率较低,可能与土壤温度过高有关,覆膜下过高的土壤温度导致土壤水分蒸发后在膜上形成了液态水,能显著影响土壤平均水分含量。

通过上述分析可以看出枣树生育期内土壤水分易受覆盖措施影响,芦苇秸秆处理下土壤水分含量较高,可作为田间覆盖的主要措施之一,地膜覆盖也能够显著提高土壤含水率。但是地膜覆盖下土壤温度较高,水分蒸发后,膜上凝结落入地表,易造成地表水浅层土壤水分含量过高,对枣树根系向深层发育不利。

2.3 不同覆盖措施对土壤温度的影响

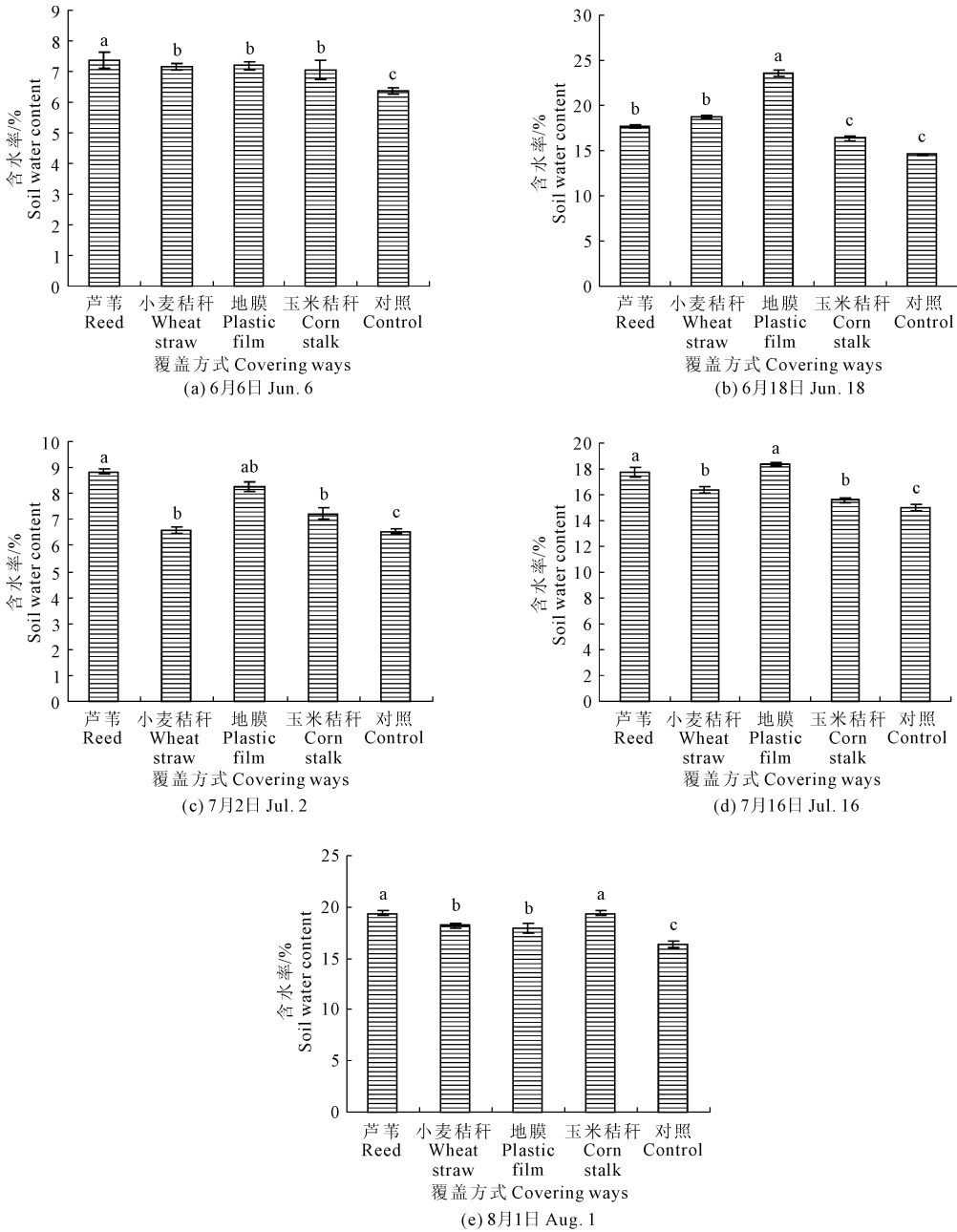
各处理 4 月 1 日—6 月 20 日土壤温度及气温变化情况见图 3,各处理在此阶段土壤温度均表现为逐渐上升的总体趋势,各处理的日变化与气温的变化趋势相一致,即气温高时土壤温度较高,气温低时

土壤温度也较低。最高气温为 33.52℃,最低气温为 13.86℃;土壤温度最高为地膜覆盖处理,其值为 27℃,最低为芦苇覆盖处理,其值为 6.5℃。各处理间土壤温度以地膜 > 小麦秸秆 > 玉米秸秆 > 芦苇。4、5、6 月地膜覆盖处理土壤平均温度分别为 13.00℃、17.18℃、22.54℃,小麦秸秆处理分别为 11.99℃、16.66℃、19.96℃,玉米秸秆处理分别为 11.30℃、15.84℃、19.03℃,芦苇秸秆处理分别为 9.55℃、14.10℃、18.15℃。平均气温分别为 21.12℃、25.96℃、26.38℃。由此可见,地膜的保温效果最好,其对表层土壤的影响较大,其次是小麦秸秆,芦苇的保温效果最差。芦苇覆盖处理较低的土壤温度可能与其较高的土壤含水量有关。

对各处理不同深度的土壤温度进行了分析(见表 1),芦苇覆盖处理 4、5、6 月均以 10 cm 土层温度最高,以 20 cm 土层为最低,二者均差分别为 3.13℃、2.52℃、2.12℃。6 月份 5~20 cm 各土层差异不显著($P > 0.05$);小麦覆盖处理 4 月、5 月、6 月均以 5 cm 土层温度最高,25 cm 土层为最低,二者均差分别为 2.96℃、1.98℃、1.56℃,6 月份 10 cm 以下土层差异不显著($P > 0.05$);地膜覆盖处理土壤温度变异性较大,4、5、6 月均以 5 cm 土层温度最高,25 cm 土层为最低,二者均差分别为 7.86℃、5.18℃、5.00℃,6 月份各土层与 4、5 月份相比差异性有所降

低;小麦覆盖处理 4、5 月以 5 cm 土层温度最高,6 月以 10 cm 土层温度最高,以 25 cm 土层为最低,二者均差分别为 3.73℃、2.61℃、1.3℃。由上分析可知,地膜覆盖土层温度较高,各土层变异较大,秸秆覆盖

的各处理各土层温度变异较小。除了芦苇覆盖温度最高土层在 10 cm 外,其他处理均在 5 cm 处,因此芦苇的提温效果慢,但保墒效果好,湿热变异不大,对维持田间水热平衡有较好的效果。



注:不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平下差异显著。下同。
Note: Different letters represent significant difference at $P < 0.05$. The same below.

图 2 各覆盖处理不同时段土壤平均含水率

Fig.2 Average soil moisture of mulching treatments at different time

2.4 不同覆盖措施对土壤养分的影响

覆盖秸秆和地膜后土壤蒸发量减少,含水率提高,表层土壤湿度增加,微生物代谢作用增强,土壤硝化作用增加^[10],在 7 月 16 日枣树盛花期,枣树从新梢生长期进入盛花期后对氮素的需求量下降,此

时受覆盖物的影响土壤温度较高,加上此时气温较高,土壤微生物代谢旺盛,硝态氮含量相对较高,此时相对于对照处理,芦苇、小麦秸秆、地膜、玉米秸秆覆盖处理土壤硝态氮含量分别提高了 61.00%、51.57%、98.28%、60.99%(图 4)。各覆盖处理间土

壤硝态氮含量为覆膜 > 芦苇秸秆 > 玉米秸秆 > 麦秆。8 月 19 日枣树为果实膨大期,此时土壤硝态氮含量与 7 月 16 日相似,各覆盖处理分别与对照相比提高了 196.16%、159.58%、323.96%、288.16%。覆盖处理间土壤硝态氮含量为覆膜 > 玉米秸秆 > 芦苇秸秆 > 麦秆。芦苇秸秆覆盖处理与玉米秸秆覆盖处理差异不显著($P > 0.05$)。8 月 29 日枣树为果树膨

大期后期,即将进入果实成熟期,此时受气温影响土壤温度下降,土壤含水率较低,有机氮素的矿化速率降低,枣树此阶段对土壤氮素的需求下降。此时若硝态氮含量过多易造成氮素流失,而地膜覆盖处理土壤硝态氮含量最低,其次为小麦秸秆和芦苇秆覆盖处理,二者差异不显著($P > 0.05$)。

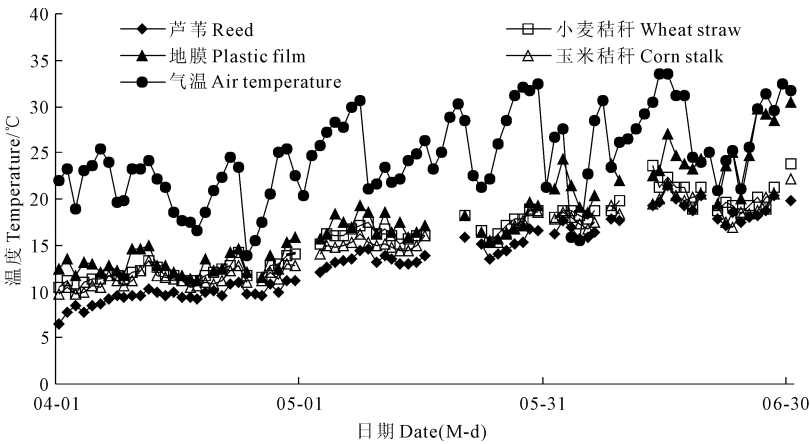


图 3 不同覆盖措施下土壤平均温度

Fig.3 The average temperature of soil under different covering methods

表 1 各处理不同深度土壤温度/℃(14:00)

Table 1 Soil temperature of each treatment in different soil depths

处理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm	4 月 April				5 月 May				6 月 June			
		最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD
芦苇 Reed	5	13.00	8.00	10.52b	1.12	18.00	13.00	14.09bc	1.35	22.00	14.00	18.25ab	2.24
	10	13.00	8.50	11.13a	1.17	19.00	14.00	15.52a	1.31	23.00	17.00	19.25a	1.73
	15	11.00	7.00	9.60c	1.07	17.00	12.00	14.48b	1.41	22.00	16.00	18.50ab	1.71
	20	10.00	4.00	8.00d	1.24	15.00	10.50	13.00d	1.23	20.00	15.00	17.13b	1.75
	25	10.00	5.00	8.48d	1.22	16.00	11.00	13.43cd	1.31	20.00	15.00	17.63b	1.71
小麦秸秆 Wheat straw	5	18.00	11.00	13.86a	1.43	20.00	15.50	17.89a	1.28	24.00	19.00	20.69a	1.45
	10	15.00	10.00	12.28b	1.10	19.50	15.00	16.83b	1.22	23.00	18.00	19.88ab	1.54
	15	14.00	9.00	11.72c	1.19	19.00	15.00	16.67bc	1.35	22.00	18.00	19.81ab	1.28
	20	13.00	9.00	11.19c	0.99	18.00	14.00	16.00cd	1.09	22.00	16.00	19.56ab	1.92
	25	13.00	8.00	10.90c	1.14	18.00	14.00	15.91d	0.98	22.00	16.00	19.13b	2.00
地膜 Plastic film	5	23.00	14.00	18.10a	3.05	26.00	18.00	20.35a	2.21	32.00	19.00	25.20a	3.12
	10	17.00	11.00	13.66b	1.70	21.00	16.00	18.17b	1.56	30.00	19.00	23.73ab	2.84
	15	15.00	11.00	12.38c	1.21	20.00	15.00	16.89c	1.40	27.00	18.00	22.4b	2.29
	20	13.00	8.00	10.60d	1.28	18.00	13.00	15.30d	1.26	25.00	17.00	20.57c	2.19
	25	12.00	8.00	10.24d	1.15	18.00	13.00	15.17d	1.23	23.00	17.00	20.20c	1.87
玉米秸秆 Corn stalk	5	15.00	10.00	12.83a	1.31	21.00	15.00	16.83a	1.59	22.00	17.00	19.27a	1.44
	10	15.00	10.50	12.21b	1.06	20.00	15.00	16.61a	1.49	22.00	17.00	19.30a	1.39
	15	13.00	9.00	10.97c	0.90	19.00	13.50	15.50b	1.23	22.00	16.50	18.77ab	1.52
	20	13.00	9.00	11.41c	1.02	20.00	14.00	16.07ab	1.42	22.00	17.00	19.33a	1.50
	25	11.00	7.00	9.10d	1.09	20.00	12.00	14.22c	1.88	20.00	16.00	18.00b	1.41

注:表中同一列不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平下差异显著。
Note: Different letters in same column represent significant difference at $P < 0.05$ level.

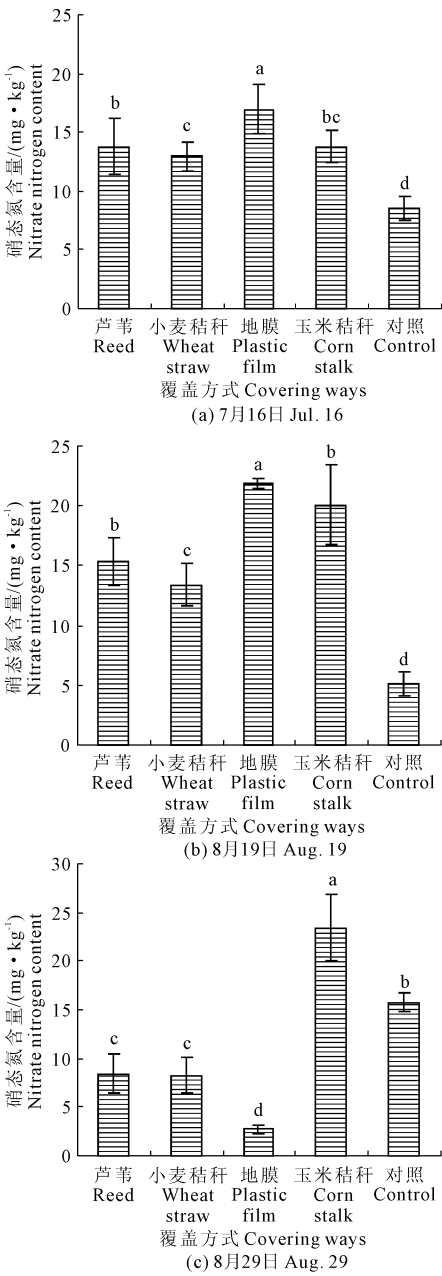


图 4 不同处理下土壤硝态氮含量的变化

Fig.4 Soil nitrate nitrogen content of the four covering treatments

各处理碱解氮的平均含量生育期内变化与硝态氮相比较为稳定,各土层碱解氮变异较小,其平均含量约在 30~70 mg·kg⁻¹ 范围内(图 5)。6 月 14 日各覆盖处理土壤碱解氮平均含量较对照分别提高了 10.54%、47.50%、20.90%、25.73%。7 月 16 日各覆盖处理土壤碱解氮平均含量较对照分别提高了 7.94%、57.41%、24.07%、65.74%。而 8 月 19 日各覆盖处理土壤碱解氮平均含量较对照分别降低了 26.63%、28.64%、21.61%、20.10%。因此,在枣树新梢生长期和花期覆盖处理土壤碱解氮比对照高,亦与有机氮矿化速率较高有关,而在生育后期(果

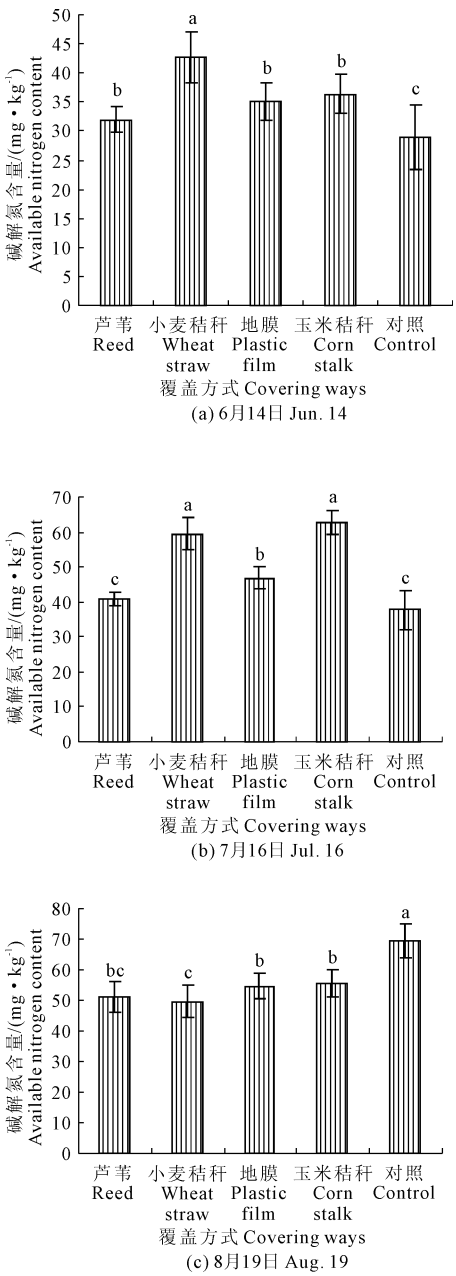


图 5 不同处理下土壤碱解氮含量的变化

Fig.5 Soil available nitrogen content of the four covering treatments

实膨大后期)覆盖处理土壤碱解氮含量比对照低,与此时土壤碱解氮利用效率较高有关。6 月 14 日新梢生长期各覆盖处理土壤碱解氮含量为小麦秸秆>玉米秸秆>地膜>芦苇秸秆,其中玉米秸秆、地膜和芦苇秸秆覆盖差异不显著($P>0.05$);7 月 16 日枣树花期为玉米秸秆>小麦秸秆>地膜>芦苇,其中玉米秸秆和小麦秸秆差异不显著($P>0.05$);进入 8 月 19 日果树膨大后期以后为玉米秸秆>地膜>芦苇>小麦秸秆,其中芦苇、玉米秸秆、地膜覆盖处理差异不显著,小麦秸秆和芦苇差异不显著($P>0.05$)。

综合分析表明,不同的覆盖措施均能够改变枣园原有的土壤养分状况,能够显著促进土壤氮素的矿化及利用,地膜覆盖对土壤硝态氮含量有显著影响,主要为硝态氮易随水运移,地膜覆盖时土壤水分特别是表层土壤水分含量较高。而碱解氮能够更真实地反映土壤有机氮素的矿化状况,碱解氮并不易随水发生运移^[11-13],虽然其在土壤剖面上的分布也呈现一定的阶梯状,但与硝态氮相比其更依赖于土壤与大气的交换,因此表现出地膜覆盖处理对其影响并不如小麦秸秆处理。

3 结 论

1) 采用小型棵间蒸发器对枣树棵间蒸发的监测表明,4 种覆盖方式都能够大幅度降低土壤的棵间蒸发,但以芦苇和地膜的保墒作用效果最好。芦苇秸秆处理下土壤水分含量较高。可作为田间覆盖的主要措施之一,地膜覆盖也能够显著提高土壤含水率。但是地膜覆盖下土壤温度较高,水分蒸发后,膜上凝结落入地表,易造成地表水浅层土壤水分含量过高,可能造成枣树吸水根系浮于地表,对枣树根系发育不利。与其他覆盖处理相比玉米秸秆处理保水效果最差。

2) 地膜的保温效果最好,其对表层土壤温度的影响较大,而对深层土壤的影响较小,其次是小麦秸秆,芦苇的保温效果最差。芦苇覆盖处理较低的土壤温度可能与其较高的土壤含水量有关。除了芦苇覆盖温度最高土层在 10 m 外,其他处理均在 5 m 处。芦苇的提温效果慢,但保墒效果好,湿热变异不大,对维持田间水热平衡有较好的效果。

3) 4 种覆盖方式均能够改变枣园原有的土壤矿质氮素的含量,能够显著促进土壤氮素的矿化及利用,地膜覆盖对土壤硝态氮含量有显著影响,主要为硝态氮易随水运移,地膜覆盖时土壤水分特别是表层土壤水分含量较高。而碱解氮能够更真实地反映土壤有机氮素的矿化状况,虽然其在土壤剖面上的

分布也呈现一定的阶梯状,但与硝态氮相比其更依赖于土壤与大气的交换,因此表现出地膜覆盖处理对其影响并不如小麦秸秆处理。芦苇覆盖下土壤碱解氮含量较低,可能是其较低的土壤温度影响了有机氮的矿化速率。但是到底是气体交换还是土壤温度对其影响更大一些,还有待进一步考证。

参 考 文 献:

[1] 左文龙,汪寿阳,陈 曦,等.新疆水资源开发利用现状及其应对跨越式发展的战略对策[J].新疆社会科学,2013,(1):33-39.

[2] 夏 军,翟金良,占车生.我国水资源研究与发展的若干思考[J].地球科学进展,2011,26(9):905-915.

[3] 柴仲平,王雪梅,孙 霞,等.滴灌条件下红枣生育期需肥特征研究[J].西南农业学报,2010,23(2):493-496.

[4] 姚宝林,孙三民,马 洁,等.不同灌溉定额对滴灌红枣土壤盐分布的影响[J].中国农村水利水电,2011,(4):88-91.

[5] 王 成,李 宁,王兴鹏,等.不同生育阶段咸水滴灌对红枣根区土壤有机碳垂直分布特性的影响[J].干旱区研究,2012,29(5):883-889.

[6] 万素梅,胡守林,吴先民,等.干旱胁迫对塔里木盆地红枣光合特性及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(3):171-175.

[7] 袁晶晶,汪丙国.膜下滴灌棉田土壤温度分布特征[J].中国农村水利水电,2014,9:16-22.

[8] 张金珠,王振华,虎胆·吐马尔白.干旱区秸秆覆盖对滴灌棉花生长及产量的影响[J].排灌机械工程学报,2014,32(4):350-355.

[9] Lakew W J, Anteneh B A, Ayalew L T. Yield and water use efficiency of mulched drip-irrigated onion in low land region of amhara, north central ethiopia[J]. Universal Journal of Agricultural Research, 2014, 2(6):203-210.

[10] 侯建安.滴灌条件下不同覆盖与施肥处理对灵武长枣生长与果实品质的影响[D].银川:宁夏大学,2013.

[11] 李发永,王 龙,严晓燕,等.微咸水滴灌条件下氮素在红枣根区的分布特征研究[J].塔里木大学学报,2010,22(1):8-13.

[12] 李发永,王兴鹏,林 杰,等.不同矿化度的微咸水滴灌对红枣根区土壤碱解氮的影响[J].干旱区研究,2013,30(3):424-429.

[13] Pier J W, Doerge T A. Nitrogen and water interactions in trickle-irrigated Water melon [J]. Soil Science Society of America Journal, 1995,59:145-150.