

秸秆覆盖和灌水量对枸杞生长和 水分利用效率的影响

曾晓春¹, 李维华², 强生才³, 潘菊梅¹, 张云亮¹, 齐广平^{1*}

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003;

3. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为确定适宜引黄灌区枸杞灌溉生产模式, 在甘肃省景泰县玉杰枸杞种植园进行了秸秆覆盖和灌水试验研究。试验以三年生宁杞 1 号为研究对象, 设秸秆覆盖下灌溉定额 7 840 m³·hm⁻² (T1)、6 270 m³·hm⁻² (T2)、4 705 m³·hm⁻² (T3) 处理, 无覆盖措施、灌溉定额为 7 840 m³·hm⁻² (CK) 处理为对照, 测定和分析了新梢生长量、耗水量、产量和水分利用效率等指标。结果表明: (1) 新梢生长量随灌溉定额的增大而增大, T1 处理的新梢生长量显著高于 ($P < 0.05$) 其余处理, T3 和对照 CK 处理差异不显著 ($P > 0.05$); (2) 灌溉定额与枸杞干果产量没有呈现出正相关, 产量大小依次为: T2 > T1 > CK > T3, 其中 T2 处理达到 2 598.32 kg·hm⁻²; (3) 水分利用效率以 T2 处理最高, 为 2.32 kg·mm⁻¹·hm⁻², 依次较 CK、T1 和 T3 处理提高了 52.6%、24.7% 和 25.4%, 差异显著 ($P < 0.05$); (4) T2 处理的耗水量 (1 121.36 mm) 显著低于 ($P < 0.05$) CK 和 T1 处理。灌溉定额为 6 270 m³·hm⁻² 且采取秸秆覆盖处理是一种最优的枸杞节水增产水分管理模式。

关键词: 枸杞; 灌水量; 秸秆覆盖; 生长量; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S567.1⁺9; S274.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0061-05

Effects of straw mulch and irrigation on growth and water use efficiency of *Lycium*

ZENG Xiao-chun¹, LI Wei-hua², QIANG Sheng-cai³, PAN Ju-mei¹, ZHANG Yun-liang¹, QI Gunag-ping^{1*}

(1. School of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450003, China; 3. Key Lab of Agricultural Soil and

Water Engineering in Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to determine a suitable irrigation mode for *Lycium* in Yellow River irrigation area, four treatments of straw mulching and irrigation were tested on *Lycium* of three-year old, Ningqi 1, in Jingtai yujie plantation. CK as control, had no straw mulch coverage with an irrigation quota of 7 840 m³·hm⁻². T1 to T3 treatment had straw mulch, and irrigation quota were 7 840 m³·hm⁻², 6 270 m³·hm⁻², and 4 705 m³·hm⁻² respectively. Shoot growth, water consumption, yield, and water use efficiency were measured and calculated. The results showed that: (1) *Lycium* shoot growth increased with rise of irrigation quota, shoot growth of *Lycium* in T1 treatment was significantly higher ($P < 0.05$) than in other treatments. There no significant difference between CK and T3 ($P > 0.05$); (2) There were no positive correlation between irrigation quota and dried *Lycium* production. The order of *Lycium* yield with different treatments was T2 > T1 > CK > T3. T2 treatment gained the highest yield, reached 5 168.39 kg·hm⁻²; (3) T2 treatment gained the highest water use efficiency, which was 4.61 kg·mm⁻¹·hm⁻². Compared to CK, T1 and T3 treatment, water use efficiency was increased 52.6%, 24.7% and 25.4%, respectively. (4) Water consumption in T2 treatment reached 1 121.36 mm, which was significant lower than in CK and T1 treatment; In conclusion, T2 treatment, straw mulch combined with the irrigation quota of 6 270 m³·hm⁻², was the best mode for enhance the *Lycium* yield and for water-saving irrigation.

收稿日期: 2013-02-04

基金项目: 甘肃省教育厅导师项目“引黄灌区枸杞节水栽培灌溉技术研究”(0902-11)

作者简介: 曾晓春(1986—), 男, 甘肃景泰人, 硕士研究生, 研究方向为节水灌溉技术。E-mail: zxcun.cn@qq.com。

* 通信作者: 齐广平(1969—), 男, 甘肃庆阳人, 博士(后), 教授, 主要从事农业水土工程研究。

Keywords: *Lycium*; irrigation quantity; straw mulch; growth; yield; water use efficiency

景泰县地处我国西北干旱地区,降雨不足及土壤盐碱化是制约当地农业发展的两大瓶颈。由于土壤长期干旱缺水,灌溉已成为当地农业增产的必要途径,而该地灌溉大多以漫灌为主,灌溉定额大,水分利用效率低,水资源浪费严重。因此,开展高效的节水生产模式已成为当地亟待解决的一个关键问题。

秸秆覆盖技术由于其所具有的抑制土壤蒸发、保墒蓄水、调节土温、提高土壤肥力、抑制杂草生长等多方面的综合作用在我国的西北干旱半干旱地区得到了大面积的应用^[1-3]。目前,关于秸秆覆盖节水效应已有较多报道,赵聚宝等研究认为覆盖量越大,总耗水量越小^[4],孟毅等研究表明秸秆覆盖增加的水分主要集中在 0~50 cm,且采用秸秆覆盖后土壤的含水率与不覆盖裸地的差异十分明显^[5]。卜玉山等^[6]在晋中进行秸秆覆盖栽培玉米试验结果表明,覆盖量 10 000 kg·hm⁻²可增产 19.1%。

枸杞作为景泰县的主流经济作物,由于其对土壤环境适应性较强,对温度、光照、土壤要求不严格,可在旱地、沙地、盐碱地上种植,因此被誉为干旱地区盐渍化土壤改良的先锋植物^[7-8]。近年来,关于枸杞合理的灌溉量也有研究,朱金霞等人在宁夏试验发现灌溉量为 675 mm 时枸杞产量和水分利用效率最佳^[9],郑国琦研究认为,在节水条件下,900 m³·hm⁻²的月灌溉定额较适合枸杞生长^[10],张广忠等人在景泰进行了薄膜、秸秆、细沙三种覆盖材料对枸杞田的保水效果研究,认为薄膜对于枸杞田的保水增产效果最明显^[11];目前,前人的研究大多集中在覆盖或者灌溉某种单一因素上^[9-12],而对适宜于西北内陆引黄灌区枸杞生长,且在灌溉与覆盖双重作用下的最佳灌溉模式研究尚不多见。

为改善枸杞灌水效率,提高枸杞生产效益,探索

枸杞适宜的高效节水生产模式,本试验将限额灌水技术与秸秆覆盖集水保墒技术相结合,研究了不同灌水量和秸秆覆盖措施对枸杞的生长、产量和水分利用效率的影响,以期探索出一种适合引黄灌区枸杞生长的节水灌溉模式。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2011 年 3—9 月在甘肃省景泰县玉杰农贸有限公司枸杞种植园内进行,试验区降雨稀少,气候干燥,年均气温 8.2℃,极端最高气温为 36.6℃,极端最低气温为 -27.3℃,无霜期为 177 d,多年降水量为 185 mm,蒸发量为 3 028 mm,年日照时数 2 725.5 h 以上。试验地土壤田间最大持水量为 23.0%,土壤容重 1.39 g·cm⁻³,有机质含量 1.29%,pH 值 8.03,全氮 0.083%,全磷 0.022%,全钾 2.45%。

1.2 试验设计

试验以三年生宁杞 1 号为试验材料,采取沟灌栽植模式,其中沟宽 1.5 m,深 0.25 m,作物株距 1.5 m,行距 3.0 m。试验共设三个不同的灌溉定额,依次为 7 840 m³·hm⁻²(T1)、6 270 m³·hm⁻²(T2)、4 705 m³·hm⁻²(T3),其中 T1、T2 和 T3 处理在春稍萌芽前覆盖等量 20 cm 短截玉米秸秆,覆盖厚度为 4 cm,覆盖位置为灌水沟内,以灌水量为 7 840 m³·hm⁻²且采取不覆盖秸秆的处理(CK)作为对照。各小区面积为 60 m²(3 m×20 m),单行栽培,每处理共 12 株枸杞苗木,各处理之间采取随机排列,共三次重复。各处理生育期耕施肥均采用同一水平。灌溉水通过水泵抽取,灌水量通过水表(精度 0.001)量取,其灌水量、灌水时期及覆盖方式如表 1 所示。

表 1 灌水量分配表

Table 1 Irrigation volume allocation

处理 Treatment	灌溉定额 Irrigation quota /(m ³ ·hm ⁻²)	萌芽期 Germination /(m ³ ·hm ⁻²)	营养生长期 Vegetative growth /(m ³ ·hm ⁻²)	盛花期 Full-blossom /(m ³ ·hm ⁻²)	盛果期 Full fruit period /(m ³ ·hm ⁻²)	秋果生长期 Fall fruit growing period /(m ³ ·hm ⁻²)	冬水 Winter irrigation /(m ³ ·hm ⁻²)	覆盖方式 Mulching models
CK	7840	1200	1200	1500	1500	1000	1440	不覆盖 Non-mulching
T1	7840	1200	1200	1500	1500	1000	1440	秸秆覆盖 Straw mulching
T2	6270	960	960	1200	1200	800	1150	秸秆覆盖 Straw mulching
T3	4705	720	720	900	900	600	865	秸秆覆盖 Straw mulching

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤水分测定 采用烘干法测定土壤水分,

各处理的测点在距植株 30 cm 处,分 6 个深度剖面,依次为 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~50 cm、

50 ~ 70 cm、70 ~ 100 cm, 从春稍萌芽前(3 月 20 日)到收获期(9 月 20 日)在主要生育期各测定 1 次。

1.3.2 新梢生长量 4 月 20 号开始测量新梢长度, 每处理取 5 株样树, 每株树分东、南、西、北、中 5 个不同方向, 每方向选定 1 枝并作标记, 每隔 5 d 通过卷尺测量其新梢长度, 最终各处理的新梢生长量为 5 株各方向新梢长度的平均值。

测定时段新梢生长量 = 本次测定长度 - 上次测定长度。

1.3.3 产量 6 月下旬开始采收果实, 每 7 ~ 8 d 采收 1 次, 9 月上旬进行最后一次采摘, 共采收 10 次。各处理的枸杞产量为分批次收获制干后的累加值。

1.3.4 水分利用效率 水分利用效率采用产量水平上的水分利用效率(WUE)。文中具体应用公式如下:

$$WUE = Y / WU \tag{1}$$

式中, WUE 为水分利用效率; Y 为作物产量; WU 为作物整个生长季的总耗水量。

土壤供水量 = 生育期初土壤含水量 - 生育期末土壤含水量

$$\tag{2}$$

耗水量 = 生育期总灌水量 + 生育期总降雨量 + (生育期初土壤贮水量 - 生育期末土壤贮水量)

$$\tag{3}$$

1.4 数据分析与处理

实验数据采用 Excel 2003 作图和 SPSS 18.0 软件中的 LSD 多重比较法比较数据之间差异的显著性。各图表中的数据均为平均值。

2 结果与分析

2.1 不同处理对枸杞新梢生长量的影响

由图 1 可见, 枸杞新梢生长速率总体表现出“单峰型”生长过程, 起初从 5 月 4 日到 5 月 24 日之间新梢生长较为缓慢, 之后从 5 月 24 日到 6 月 1 日之间其生长速率达到峰值, 日均生长量高达 3.2 cm, 最后从 6 月 1 日到 6 月 30 日各处理的新梢生长速率呈逐渐减小的趋势; 就覆盖条件下各灌水量处理新梢生长速率而言, T1 处理在全生育期显著高于其它处理(P < 0.05), 其次是 T2 和 T3 处理, 由此可见, 水分是影响新梢生长的最主要因素, 随着灌水量的增加新梢生长量也逐步增大, 即新梢生长量与灌水量之间呈现出正相关性; 在同等灌水量条件下, 采取覆盖的 T1 处理显著高于不覆盖的 CK 处理, 这与秸秆覆盖抑制了土壤水分蒸发, 为枸杞新梢生长提供了适宜的水分条件有关。

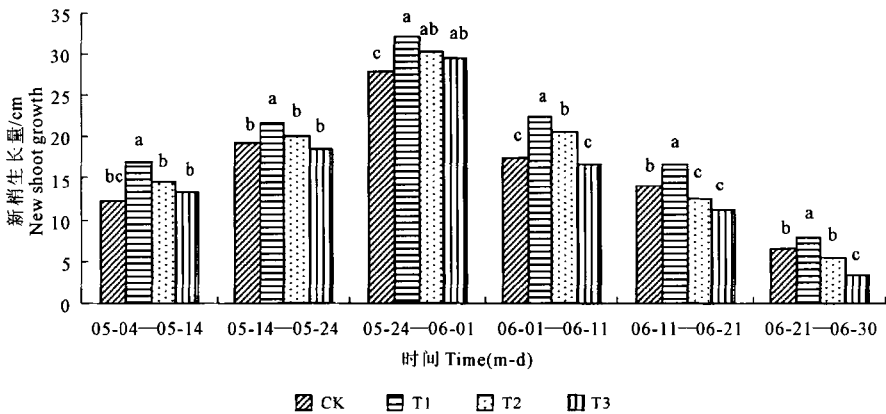


图 1 不同处理对新梢生长量的影响

Fig.1 The effects of different treatments on new shoot growth of Lycium

2.2 不同处理对枸杞产量的影响

由图 2 可知, 枸杞单株干果产量以 T2 处理最高, 达到了 1 188.73 g。就覆盖条件下不同灌水量而言, 枸杞产量并不随灌水量的提高而提高, 灌水量相对较小的 T2 处理比灌水量较高的 T1 处理高出 166.42 g, 比灌水量最少的处理 T3 高出 361.41 g, T3 处理的产量仅为 827.32 g; 在同等灌水量条件下, 采用了秸秆覆盖的 T1 处理比不覆盖的 CK 处理单株产量高 113.31 g, 而灌水量较小采用秸秆覆盖的 T2 处理比灌水量大不覆盖的 CK 处理提高了 14 %, 差

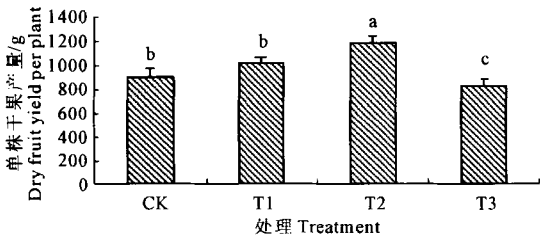


图 2 不同处理对单株干果产量的影响

Fig.2 The effects of different treatment on dried fruit yield per plant

异显著($P < 0.05$)。由此可见,适度的水分胁迫可以更好地协调作物地上生物量在营养生长和生殖生长之间的分配,进而影响光合产物在植株体内的分布,并最终影响到产量,但是过度的水分亏缺则会大幅降低单株干果产量。

2.3 不同处理对枸杞耗水量的影响

从表 2 可以看出,枸杞耗水量主要是由三部分组成,分别为降雨量、灌水量和土壤供水量,就三者在枸杞的总耗水量的构成来看,灌水量在三者之中所占的权重最大,贡献率为 48.1%~65.3%,其次是

降雨量,为 21%~28.1%,最后是土壤供水量;就总耗水量而言,充分供水的 CK 处理最大为 1 305.95 mm,T3 处理的耗水量最小仅为 977.33 mm,而 T1 和 T2 处理差异不显著,分别为 1 200.25 mm 和 1 121.36 mm;在相同灌水量下,经秸秆覆盖处理的 T1 较无覆盖的 CK 处理耗水量少 105.7 mm,这与秸秆覆盖可以汇集更多的降雨和减少无效的蒸发有关;在秸秆覆盖下,耗水量随着灌水量的减少而减少,而土壤水分的消耗随灌水量的减少却呈现出明显增加的趋势。

表 2 不同处理对枸杞耗水量构成和水分利用效率的影响

Table 2 The effects of different treatments on water consumption and water use efficiency of *Lycium*

处理 Treatment	降雨量 Rainfall		灌水量 Irrigation quantity		土壤供水量 Soil water supply		耗水量 Water consumption /mm	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	水分利用效率 WUE /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
	降雨量/mm Rainfall	比例/% Proportion	灌水量/mm Irrigation quantity	比例/% Proportion	土壤水/mm Soil water	比例/% Proportion			
CK	274	21.0	784.0	60.0	248.0	19.0	1306.0	1986.89	1.52c
T1	274	22.8	784.0	65.3	142.3	11.9	1200.3	2234.56	1.86b
T2	274	24.4	627.0	55.9	220.4	19.7	1121.4	2598.32	2.32a
T3	274	28.1	470.5	48.1	232.8	23.8	977.3	1808.35	1.85b

注:同一列中不同字母表示各处理之间达到 0.05 水平显著差异($P < 0.05$)。
Note: different letters in the same line show a significant difference among treatment groups at 0.05 level.

2.4 不同处理对枸杞水分利用效率的影响

枸杞产量和水分利用效率的变化与灌水量的变化之间呈现出二次曲线关系(图 3),在灌水量较少时,产量和水分利用效率均随灌水量的增加而增大,当灌水量增加到某一值时,产量和水分利用效率分别达到最大值,其后随着灌水量的继续增大,产量和水分利用效率反而呈现出下降趋势。图中两条曲线的拐点即为产量和水分利用效率的最大值,可以看出,随灌水量的增加,产量和水分利用效率并不是同时达到最大值,两个拐点间的区间即为最佳耦合区间,如图中双向箭头所示。该区间所对应的灌水量即为产量和水分利用效率达到最佳的理想灌水区间。

从表 2 可以看出,不同处理之间 T2 处理的水分利用效率最高为 2.32 kg·mm⁻¹·hm⁻²。其次是 T1 和 T3 处理分别为 1.86 kg·mm⁻¹·hm⁻²和 1.85 kg·mm⁻¹·hm⁻²,最小的是 CK 处理为 1.52 kg·mm⁻¹·hm⁻²;在秸秆覆盖条件下,T2 处理较 T1 和 T3 处理分别提高了 24.7%和 25.4%,差异显著($P < 0.05$),T1 处理和 T3 处理之间差异不显著($P > 0.05$);在相同灌水量下,进行秸秆覆盖处理的 T1 较不覆盖处理的 CK 水分利用率提高了 22.4%,差异显著($P < 0.05$),由此可见,秸秆覆盖有利于提高枸杞水分利用效率。造成 T2 处理水分利用效率高的原因在于适度的水分胁迫抑制了地上生物量在营养生长期过度的生长,与此同时秸秆覆盖的蓄水保墒的作用,减少了土壤水的消耗。

3 结论与讨论

研究结果表明,在秸秆覆盖下灌水量为 6 270 m³·hm⁻²时,枸杞生长、产量、水分利用效率较于其余几个处理均有显著提高,是一种引黄灌区适宜的水分管理模式。

土壤水分状况是影响作物根系生长的关键因素,对作物生长发育和产量具有决定性作用^[13]。本试验结果表明,枸杞的新梢生长过程呈现出“单峰型”的变化曲线,其快速生长期主要出现在 5 月下

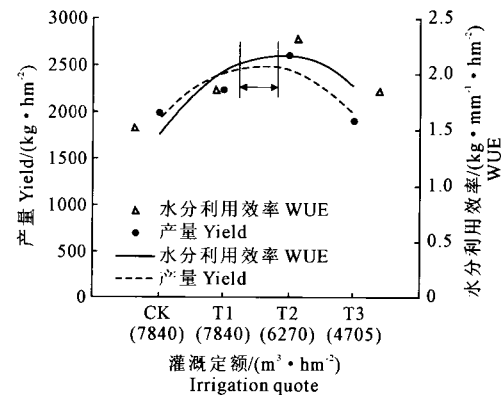


图 3 产量、水分利用效率与灌水定额的关系

Fig.3 Relationship between yield,water use efficiency and irrigation quota

旬,日均增长量为3.2 cm。就不同灌水量与新梢生长的关系来看,两者之间呈正相关性,灌水量最大的T1处理其全生育期的新梢生长量为146.3 cm,显著高于灌水量最小的T3处理的112.3 cm,这与杨素苗等人在红富士苹果上的研究结果一致^[14]。同等灌水量条件下采取秸秆覆盖措施可显著增加新梢的增长量,这是因为秸秆覆盖收集雨水促进了下渗,减少了无效蒸发而使更多水分转化为有效的生物蒸腾,有效的抑制了农田水分的非目标性输出^[15],进而改善了土壤水分状况,促进了新梢生长。

作物耗水量主要由三部分组成,分别为降雨量、灌水量和土壤水^[16],王淑芬等^[17]研究表明,灌溉水占到了冬小麦耗水量的18%~68%。本试验结果表明,灌水量对枸杞的耗水量贡献最大,在48.1%~65.3%之间。从耗水量的构成趋势来看,耗水量与灌溉定额呈正比,呈现出耗水量越大,灌溉定额所占比例越大,反之,耗水量与降雨量和土壤供水量的大小呈负相关,这与宋爱红等人研究结论一致^[18]。就总耗水量的大小而言:CK>T1>T2>T3,其中CK的耗水量为1305.95 mm,T3为977.33 mm。

试验中枸杞产量、水分利用效率与灌水量之间呈二次曲线关系,这与王淑芬等人在冬小麦上的研究结果相似^[17]。从产量、水分利用效率与灌水定额的关系图可以看出,在秸秆覆盖措施下,灌水量为6270 m³·hm⁻²的T2处理在所有处理中表现为耗水量较低,而产量和水分利用效率最高的覆盖及灌溉模式;但是从理论层面上讲,要同时使得枸杞产量和水分利用效率出现最佳耦合的灌水量应在6270 m³·hm⁻²至7840 m³·hm⁻²区间,因此更进一步的枸杞精确定量灌溉需要多年多梯度的细化研究。

参考文献:

- [1] Doring T F, Brandt M, et al. Effects of strawmulch on soil ni-trate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes[J].

Field Crops Research, 2005,94:238-249.

- [2] 虎胆·吐马尔拜. 秸秆覆盖保墒效果探讨[J]. 灌溉排水学报, 1997,16(3):23-27.
- [3] 刘超, 汪有科, 湛景武, 等. 秸秆覆盖量对夏玉米产量影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008,27(4):64-66.
- [4] 赵聚宝, 梅旭荣, 薛军红, 等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 1996,29(2):59-66.
- [5] 孟毅, 蔡焕杰, 王健, 等. 麦秆覆盖对夏玉米的生长及水分利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005,33(6):131-135.
- [6] 卜玉山, 苗果园, 邵林海, 等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报, 2006,32(7):1090-1093.
- [7] 郑国琦, 马宏伟, 许兴. 盐胁迫下宁夏枸杞盐分、甜菜碱累积及其与光合作用关系的研究[J]. 中国生态农业学报, 2003,19(3):58-60.
- [8] 尚德福. 节水灌溉是宁夏引(扬)黄灌区改造的必由之路[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2002,21(2):170-173.
- [9] 朱金霞, 张源沛, 郑国保, 等. 不同灌水量对枸杞光合特性和产量的影响[J]. 节水灌溉, 2012,(1):28-30.
- [10] 郑国琦, 张磊, 郑国保, 等. 不同灌水量对干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010,21(11):2806-2813.
- [11] 张广忠, 王有科, 樊辉, 等. 不同覆盖材料的保水效果及其对枸杞生长发育的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010,28(2):49-52.
- [12] 强生才, 张恒嘉, 莫非, 等. 微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响[J]. 生态学报, 2011,31(9):2366-2370.
- [13] 于舜章, 陈雨海, 余松烈, 等. 沟播和垄作条件下冬小麦田的土壤水分动态变化研究[J]. 水土保持学报, 2005,19(2):133-137.
- [14] 杨素苗, 李保国, 齐国辉, 等. 灌溉方式对红富士苹果根系活力和新梢生长及果实产量质量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010,28(5):181-184.
- [15] 樊廷录. 旱地农田微集水种植的水分生产潜力增进机理研究[J]. 水土保持研究, 2003,10(1):98-100.
- [16] 管建慧, 张永平, 蒋阿宁. 不同灌水处理对春小麦耗水特性及产量的影响[J]. 农学通报, 2009,25(08):272-276.
- [17] 王淑芬, 张喜英, 裴冬. 不同供水条件对冬小麦根系分布、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2006,22(2):27-32.
- [18] 宋爱红, 王文龙, 王仰仁. 灌水对麦田水分状况及耗水量的影响[J]. 人民黄河, 2010,32(3):76-78.

(上接第18页)

- [18] Kishor, Atreya, Subodh Sharma, et al. Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching[J]. Journal of Environmental Management, 2008,88:547-555.
- [19] 王俊, 李凤民, 宋秋华, 等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报, 2003,14:205-210.
- [20] 李荣, 王敏, 贾志宽, 等. 渭北旱塬区不同沟垄覆盖模式对春玉米土壤温度、水分及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2012,28(2):106-113.
- [21] 李爽, 孙占祥, 张莹, 等. 不同覆盖方式对春玉米土壤水分

及生长发育的影响[J]. 辽宁农业科学, 2010,(1):1-4.

- [22] 王学兰. 全膜双垄沟播方式对旱地玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 甘肃科技, 2011,27(19):183-185.
- [23] 蔡太义, 贾志宽, 孟蕾, 等. 渭北旱塬不同秸秆覆盖量对土壤水分和春玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2011,27(3):43-48.
- [24] 王昕, 贾志宽, 韩清芳, 等. 半干旱区秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及作物水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009,27(4):196-202.