

灌水对胡麻籽粒产量和水分利用效率的影响

孙银霞^{1,2}

(1. 甘肃省兰州市高新技术开发区管理委员会, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省榆中县连塔乡政府农技服务中心, 甘肃 榆中 730105)

摘要: 以陇亚杂 1 号为材料, 研究了不同灌水处理对胡麻籽粒产量和水分利用效率的影响。结果表明, 胡麻的总耗水量随着灌水量的增加而增加。与不灌水处理相比, 现蕾期灌水 180 mm 处理和盛花期灌水 180 mm 处理的产量水分利用效率分别显著增加了 17.14% 和 9.26%。胡麻籽粒折合产量随灌水量的增加, 呈现先增加后降低的趋势, 其中现蕾期灌水 180 mm 处理的折合产量最高, 达 2 461.32 kg/hm², 较不灌水处理显著增产 952.29 kg/hm², 增产率 63.11%; 盛花期灌水 180 mm 处理的折合产量为 2 354.55 kg/hm², 较不灌水处理增产 56.03%。综上所述, 现蕾期灌水 180 mm 是胡麻兼顾高产和节水的最佳灌溉方式。

关键词: 胡麻; 灌水; 籽粒产量; 水分利用效率

中图分类号: S565.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2016)03-0049-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2016.03.017

Effect of Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Oil Flax Seed

SUN Yinxia^{1,2}

(1. Hi-tech Industry Development Zone Management Committee in Lanzhou County, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. The Lianta Township Government Agricultural Technology Service Center, Yuzhong Gansu 730105, China)

Abstract: Longyaza 1 as materials, the effects of different irrigation on yield and water use efficiency of oil flax seed is studied. The result shows that the total water consumption of flax increased with the increase of irrigation amount, compared with no irrigation, yield and water utilization efficiency are significantly increased 17.14% and 9.26%, higher than that of the check no irrigation, which irrigation amount 180 mm at the budding stage and irrigation amount 180 mm at the full flowering stage. The equivalent yield of flax grain with the increase of irrigation water, showing the trend of first increased and then decreased, which the equivalent yield of irrigation amount 180 mm at the budding stage is the highest, reached 2 461.32 kg/hm² and 63.11% higher than that of the check no irrigation, significantly increased yield 952.29 kg/hm²; the equivalent yield of irrigation amount 180 mm at the flowering stage is 2 354.55 kg/hm² and 56.03% higher than that of the check no irrigation. In summary, irrigation amount 180 mm at the budding stage is best irrigation method and both high yield and water saving.

Key words: Oil flax (*Linum usitatissimum* Linn); Irrigation; Seed yield; Water use efficiency

我国是世界上相对缺水的国家, 农业用水浪费严重, 灌溉水利用率只有 40%~60%, 水分生产效率不足 1 kg/m³, 受全球气候的影响, 农业用水短缺已成为制约我国农业发展的瓶颈^[1-2], 高效利用有限的水资源, 发展节水农业, 建立高效节水灌溉制度是我国摆脱水资源危机的必然选择^[3-4]。研究表明, 适度的限量灌溉可以降低麦田耗水量, 提高水分利用效率, 并且有利于干物质的积累, 促进籽粒灌浆, 提高小麦籽粒产量^[5-6]。许振柱等认为适度水分亏缺可以提高作物产量, 促进作物对深层土壤水的利用, 提高水分利用率和灌溉效率^[7]。灌水时期也直接影响到水分利用

效率, 不同生育阶段缺水对作物产量的影响不同, 需水关键期水分亏缺可能导致较大的减产^[8]。关于灌水量和灌水时期对作物生长发育、产量形成和水分高效利用的影响在小麦、玉米等作物上已有研究^[9-10], 而在胡麻方面的研究相对较少。

胡麻(*Linum usitatissimum* L.), 又称油用亚麻, 是我国继大豆 (*Glycine max*)、油菜 (*Brassica campestris* L.)、向日葵 (*Helianthes*) 和花生 (*Arachis hypogaea*) 之后的第五大油料作物, 具有较强的耐旱、耐寒和耐瘠薄能力, 生育期短、适应性广, 是黄土高原丘陵沟壑区主要的经济作物之一^[11-14]。甘肃黄土高原丘陵沟壑区年降水量 400 mm 左右,

收稿日期: 2015-11-03

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-17-GW-9)

作者简介: 孙银霞(1978—), 女, 甘肃榆中人, 农艺师, 主要从事设施农业的基础研究工作。联系电话: (0)13919294919。

E-mail: 2803210014@qq.com

而蒸发量为 1 400 mm, 是降水量的 3.5 倍^[15]。水资源随年季变化较大, 农业生产用水主要依靠自然降水, 7—9 月的降水量占全年总降水量的 55%^[16], 降水对水分的供应与作物对水分的需求不协调, 春旱和伏旱已成为制约胡麻生产发展不可避免的自然因素。灌溉是调节土壤水分状况的主要措施, 灌溉与否、灌溉量、灌溉次数及灌溉时期对作物的生长发育及水分利用效率均有一定的影响^[17]。在作物生长发育期间, 如何调控土壤水分以增加灌溉水利用效率仍是众多学者研究节水农业的热点之一^[18]。为此, 我们试验研究了不同水分处理对胡麻籽粒产量和水分利用效率的影响, 旨在为制定胡麻的高产节水栽培技术提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

指示胡麻品种为陇亚杂 1 号。供试肥料为尿素(含 N 46.4%)、磷酸二铵(含 P₂O₅ 46%, N 18%)、硫酸钾(含 K₂O 52%)。

1.2 试验区概况

试验于 2015 年 3—9 月在甘肃省兰州市榆中县(92° 13' E~108° 46' E, 32° 11' N~42° 57' N)良种繁育场进行。试验区地处黄土高原丘陵沟壑区, 海拔 1 875 m, 年平均气温 7 ℃, 年日照时数 2 563 h, 无霜期 146 d, 年降水量 382 mm, 年蒸发量 1 341 mm。试验地前茬为玉米, 常年精耕细作, 土质较好, 肥力中等。试验地土壤属砂壤土, 播前 0~20 cm 土层含有机质 16.41 g/kg、全氮 1.20 g/kg、全磷 0.88 g/kg、全钾 20.26 g/kg、碱解氮 59.33 mg/kg、速效磷 13.21 mg/kg、速效钾 125.65 mg/kg, pH 为 7.54。

1.3 试验方法

试验采用单因素随机区组设计方法。设不同的灌水时期及灌水量共 7 个处理(表 1)。小区面积为 28 m² (7 m × 4 m), 随机区组排列, 3 次重复。小区间留 1.5 m 的隔离区。播前结合整地施 N 90 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 53 kg/hm²。胡麻于 3 月 22 日人工条播, 播深 3 cm, 行距 20 cm, 密度 750 万株/hm²。8 月 7 日收获。其余管理方式同一般大田。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤含水量 胡麻播前和收获后用土钻随机取各小区 0~200 cm 土层的土样, 每 20 cm 为 1

表 1 不同时期灌水量处理方案 mm

处理	分茎期	现蕾期	盛花期	灌水量总量
CK	0	0	0	0
T1	135	0	0	135
T2	0	135	0	135
T3	0	180	0	180
T4	0	0	180	180
T5	0	0	225	225
T6	0	0	270	270

层, 称土壤鲜重后, 在 105 ℃恒温下烘 8 h 至恒重, 称土壤干重, 计算土壤含水量, 根据土壤含水量计算土壤贮水量^[19]。

土壤含水量 = [(土壤鲜重 - 土壤干重) / 土壤干重] × 100%。

土壤贮水量: $Sw = d \times r \times w \times 0.1$, 式中, Sw 为土壤贮水量(mm), d 为土层厚度(cm), r 为土壤容重(g/cm³), w 为土壤含水量(%)。

1.4.2 耗水量 采用农田水分平衡法计算作物耗水量(mm)^[20]。

$ETa = P + I - \Delta W$, 式中: ETa 为作物生育期耗水量 (mm), 包括植物蒸腾量与棵间蒸发量; P 为降雨量(mm); I 为灌溉量(mm); ΔW 为作物不同生育时期之间的土壤贮水变化量, 即土壤贮水消耗量。

1.4.3 产量 收获时每小区中随机取样 30 株, 带回实验室进行常规考种。分别测定单株有效果数、果粒数、千粒重和单株产量。收获时按小区单打单收, 晒干后称取胡麻籽粒重量, 测得小区实际产量。

1.4.4 水分利用效率 产量水分利用效率 [kg/(hm²·mm)] = 籽粒产量(kg/hm²) / 作物全生育期耗水量(mm); 灌水利用效率[kg/(hm²·mm)] = 籽粒产量(kg/hm²) / 灌水量(mm)^[21]。

1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对耗水量的影响

由表 2 可以看出, 不同灌溉水平下胡麻的总耗水量随着灌水量的增加而增加。与对照 (CK) 相比, 不同灌水处理的耗水量显著增加了 33.75% ~ 56.98%, 降水量占总耗水量的比例降低了 13.77 ~ 21.19 百分点, 土壤贮水消耗量占总耗水量的比例

降低了 18.09 ~ 34.74 百分点, 达到了显著差异水平 ($P < 0.05$), 表明在不灌水条件下, 胡麻生长主要消耗降水和土壤水。不同处理的土壤总耗水量及灌水量占总耗水量的百分率均随灌水量的增大而增加, 而降水和土壤贮水所占比例则呈下降趋势, 可见, 增加灌水量显著促进了胡麻对灌溉水的吸收利用, 降低了胡麻对降水和土壤贮水的利用。

2.2 不同处理对胡麻单株产量及其构成因子的影响

通过表 3 可以看出, 不同灌水处理对胡麻的单株产量及其构成因子有明显的影 响。单株有效果数以 T5 最多, 为 9.27 果, 较 CK 显著增加 11.15%; T4 次之, 为 9.09 果, 较 CK 显著增加 8.99%。果粒数除 T1、T2 外, 其余处理较 CK 显著增加了 6.49% ~ 10.01% ($P < 0.05$)。不同处理的千粒重从大到小依次为 T3、T4、T5、T6、T2、T1、CK, 除 T1 处理外, 其余处理的千粒重显著高于 CK, 其中 T3 较 CK 显著增加了 12.13%。单株产量以 T4 最高, T3 次之, 分别比 CK 显著增加了 78.72%、68.09%, 且 T3、T4 之间差异未达显著水

表 3 不同处理对胡麻籽粒产量及其构成因子的影响

处理	单株有效果数 (个)	果粒数 (粒)	千粒重 (g)	单株产量 (g)	籽粒产量 (kg/hm ²)
CK	8.34 d	7.09 c	8.90 e	0.47 d	1 509.03 f
T1	8.69 c	7.25 cd	9.05 de	0.53 cd	1 854.15 e
T2	8.92 bc	7.43 bc	9.13 d	0.76 ab	1 979.87 d
T3	8.87 bc	7.80 a	9.98 a	0.79 ab	2 461.32 a
T4	9.09 ab	7.67 ab	9.76 b	0.84 a	2 354.55 b
T5	9.27 a	7.72 ab	9.54 c	0.65 bc	2 107.85 c
T6	9.00 ab	7.55 ab	9.21 d	0.52 cd	1 958.33 d

平 ($P > 0.05$)。胡麻籽粒折合产量随灌水量的增加呈现先增加后降低的趋势。其中 T3 最高, 达 2461.32 kg/hm², 较 CK 显著增产 952.29 kg/hm², 增产率 63.11%; T4 次之, 为 2 354.55 kg/hm², 较 CK 显著增产 56.03%。可见, 灌水量较高或较小均不利于胡麻籽粒产量的形成, 适量灌水有利于胡麻高产。

2.3 不同处理对胡麻水分利用效率的影响

由图 1 可知, 不同灌水处理间的产量水分利用效率由大到小依次为 T3、T4、T2、CK、T5、T1、T6, 与 CK 相比, T3、T4、T2 的产量水分利用效率分别增加了 17.14%、9.26%、0.25%, 且

表 2 不同处理对不同来源水分消耗量占总耗水量的百分率

处理	总耗水量 (mm)	灌水量 (mm)	灌溉量占 总耗水量比例 RRT(%)	降水量 (mm)	降水量占 总耗水量比例 RPT (%)	土壤贮水消耗量 (mm)	土壤贮水量占 总耗水量比例 RST(%)
CK	307.54 f	0	0 e	179.5	58.37 a	128.04 a	41.63 a
T1	411.34 de	135	32.82 d	179.5	43.64 bc	96.84 b	23.54 b
T2	402.51 e	135	33.54 cd	179.5	44.60 b	88.01 c	21.87 b
T3	428.22 cd	180	42.03 bc	179.5	41.92 bed	68.72 e	16.05 c
T4	439.19 bc	180	40.98 bed	179.5	40.87 bed	79.69 d	18.14 c
T5	460.45 b	225	48.87 ab	179.5	38.98 cd	55.95 f	12.15 d
T6	482.77 a	270	55.93 a	179.5	37.18 d	33.27 g	6.89 e

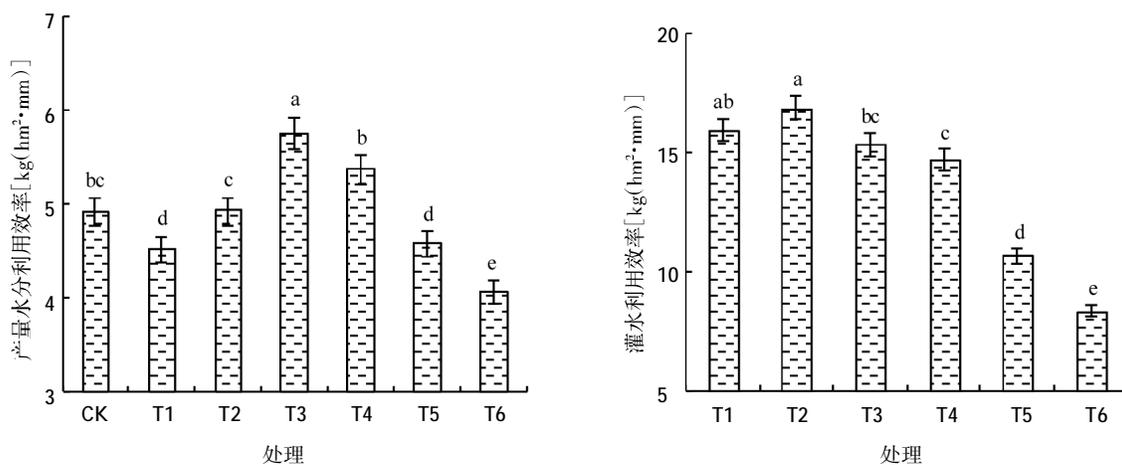


图 1 不同处理的胡麻产量水分利用效率和灌水利用效率

T3、T4 处理与 CK 之间有显著差异($P < 0.05$)；其余处理的产量水分利用效率较 CK 相比，降低幅度达 6.70% ~ 17.33%，差异达显著水平。胡麻的灌水利用效率以 T2 最高，为 16.89 kg/(hm²·mm)；T1 次之，为 15.96 kg/(hm²·mm)；T6 最低，为 8.36 kg/(hm²·mm)，与 T6 相比，T1、T2 处理的灌水利用效率显著增加了 2 倍左右。

3 小结与讨论

1) 研究表明，不同灌溉水平下胡麻的总耗水量随着灌水量的增加而增加。与不灌水处理相比，灌水处理的耗水量显著增加了 33.75% ~ 56.98%，降水量占总耗水量的比例降低了 13.77 ~ 21.19 百分点，土壤贮水消耗量占总耗水量的比例降低了 18.09 ~ 34.74 百分点。胡麻籽粒折合产量随灌水量的增加，呈现先增加后降低的趋势，其中现蕾期灌水 180 mm 折合产量最高，达 2 461.32 kg/hm²，较不灌水处理显著增产 952.29 kg/hm²，增产率 63.11%；盛花期灌水 180 mm 折合产量为 2 354.55 kg/hm²，较不灌水处理显著增产 56.03%。通过对不同的灌水量和灌水时期相结合对胡麻水分利用效率的研究表明，与不灌水处理相比，现蕾期灌水 180 mm 和盛花期灌水 180 mm 产量水分利用效率分别显著增加了 17.14% 和 9.26%。灌水利用效率以现蕾期灌水 135 m³ 最高，为 16.89 kg/(hm²·mm)，分茎期灌水 135 m³ 次之，为 15.96 kg/(hm²·mm)，盛花期灌水 270 m³ 最低，为 8.36 kg/(hm²·mm)。可见，增加灌水量明显地促进了胡麻对灌溉水的吸收利用，进而逐渐成为胡麻耗水构成的主要部分。灌水量较高或较小均不利于胡麻籽粒产量的形成，适量的灌水有利于胡麻高产。综上所述，该试验条件下，现蕾期灌水 180 mm 是胡麻兼顾高产和节水的最佳灌溉方式。

2) 作物生长发育与土壤水分状况有密切的关系，当土壤水分出现严重亏缺时，会抑制作物地上部器官生长，降低作物产量^[22]。然而，王彩绒等认为限量灌水不但能提高产量，还能在一定程度上提高水分生产率^[23]。提高自然降水和灌溉水的利用效率是节水农业要解决的关键问题^[1]，作物充分利用环境水和最大限度地节约本身用水相结合是实现作物高效用水的基本途径^[24]。研究表明，籽粒产量与灌水量之间呈现抛物线关系，而适量水分的亏缺有利于作物产量和水分利用率的增加^[25-26]。

3) 胡麻的生长发育、耗水量及水分利用效率除受灌水时期、灌水量和降雨年型的影响之外，还受施肥量和施肥时期等的影响。胡麻是需肥较多而不耐高氮的作物^[27]，在今后的研究中，应将灌水和施氮相结合进一步探讨水氮互作对胡麻籽粒产量和水分利用效率的影响，以期提出胡麻节水高产的灌水和施肥方案。

参考文献：

- [1] 山 仑. 借鉴以色列节水经验发展我国节水农业[J]. 水土保持研究, 1999, 6(1): 117-120.
- [2] 杨贵羽, 王 浩. 基于农业水循环结构和水资源转化效率的农业用水调控策略分析[J]. 中国水利, 2001(13): 14-17.
- [3] 张艳敏, 李晋生, 钱维朴, 等. 小麦冠层结构与光分布研究[J]. 华北农学报, 1996, 11(1): 54-58.
- [4] 王会肖, 刘昌明. 作物光合、蒸腾与水分高效利用的试验研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1 632-1 636.
- [5] 许振柱, 于振文. 限量灌溉对冬小麦水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 6-10.
- [6] ZHANG B C, LI F M, HUANG G B, et al. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area[J]. Agric Water Manag, 2006(79): 28-42.
- [7] 许振柱, 于振文, 王 东, 等. 灌溉条件对小麦籽粒蛋白质组分积累及其品质的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 682-687.
- [8] RAO N, SARMA P, CHANDER SUBHASH. Irrigation scheduling under a limited water supply[J]. Agricultural Water Management, 1998, 15(2): 25-32.
- [9] 孟雄伟, 张永丽, 马兴华, 等. 灌水时期和灌水量对小麦耗水特性和旗叶光合作用及产量的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(10): 1 884-1 892.
- [10] 樊廷录, 杨 珍, 王建华, 等. 灌水时期和灌水量对甘肃河西玉米制种产量和水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 1-6.
- [11] 崔红艳, 胡发龙, 方子森, 等. 不同水分处理对胡麻干物质积累与分配及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(5): 34-40.
- [12] 王利民. 我国胡麻生产现状及发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2014(4): 60-61.
- [13] 李雨阳. 白银市沿黄灌区胡麻氮肥基施与追施比例及追肥时期研究[J]. 甘肃农业科技, 2015(8): 41-43.
- [14] 张运晖, 赵 瑛, 罗俊杰. 甘肃胡麻产业发展浅议[J]. 甘肃农业科技, 2013(7): 54-55.
- [15] 张 雷, 李小燕, 牛芬菊, 等. 旱地微垄地膜覆盖

深松对陇东旱塬区土壤蓄水保墒及小麦和玉米产量的影响

王新俊, 王桂英, 程建峰, 万建宏

(甘肃省平凉市农业机械化技术推广站, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 在陇东旱塬区进行了小麦、玉米田机械化深松整地与当地传统耕作整地之间的对比试验, 研究了机械深松对陇东旱塬区耕层土壤蓄水保墒性能及小麦、玉米生长和产量的影响。结果表明, 小麦夏季深松整地后, 较常规翻耕土壤平均含水量增加2.32个百分点, 蓄水量平均增加140.1 m³/hm²; 土壤容重下降0.037 g/cm³, 降低3.19%; 折合产量5 675.70 kg/hm², 较常规翻耕增产596.10 kg/hm², 增产率11.73%。玉米深松整地后, 较常规翻耕耕层土壤平均含水量增加2.01个百分点, 土壤蓄水量增加80.85 m³/hm²; 土壤容重降低0.065 g/cm³, 降低5.40%; 折合产量1 0971.9 kg/hm², 较常规翻耕增产1 265.7 kg/hm², 增产率13.04%。说明小麦收获后夏季深松蓄水保墒和增产效果较好, 玉米田深松整地适期为秋季玉米收获后覆膜前。

关键词: 深松; 土壤水分; 产量; 小麦; 玉米; 陇东旱塬区

中图分类号: S343 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2016)03-0053-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2016.03.018

平凉市地处甘肃陇东黄土高原, 农田土壤大部分为黄绵土质, 降水量少, 季节分布不均, 全年降雨主要集中在7、8、9月, 冬春季和夏初常年出现持续少雨时段, 除泾河、汭河流域等少量川水区外, 绝大部分山塬地土层深厚, 地下水位深, 天然降水成为土壤水分的唯一供给途径, 是

典型的雨养旱作农业区, 水分已成为当地农作物生长的主要限制因子之一。受传统农业耕作方式影响和农机具的局限, 农民长期习惯于用小型拖拉机旋耕或浅翻耕种, 土壤耕深仅20 cm左右, 耕层逐年变浅, 犁底层土质板结坚硬, 土壤保墒、抗旱、防涝、入渗和作物根系下扎能力下降, 农

收稿日期: 2015-12-21

作者简介: 王新俊(1962—), 男, 甘肃泾川县人, 高级农艺师, 长期从事农业植物保护及农业机械化技术推广工作。联系电话: (0)13993350189。E-mail: gsplzbz@126.com

- 沟播栽培对土壤水分和胡麻产量的影响[J]. 作物杂志, 2011(4): 95-97.
- [16] 张雷, 牛建彪, 张成荣, 等. 旱地玉米双垄全膜覆盖“一膜用两年”免耕栽培模式研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 8-12.
- [17] 肖俊夫, 刘战东, 刘祖贵, 等. 不同灌水次数对夏玉米生长发育及水分利用效率的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 36-40.
- [18] 任三学, 赵花荣, 霍治国, 等. 有限供水对夏玉米根系生长及底墒利用影响的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 161-165.
- [19] 廖允成, 韩思明, 温晓霞. 黄土台塬旱地小麦土壤水分特征及水分利用效率研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(3): 55-58.
- [20] 江晓东, 李增嘉, 侯连涛, 等. 少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 20-24.
- [21] 张永丽, 于振文. 灌水量对不同小麦品种籽粒品质、产量及土壤硝态氮含量的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 155-158.
- [22] WANG T, ZHANG X, LI C. Growth, abscisic acid content, and carbon isotope composition in wheat cultivars grown under different soil moisture[J]. *Biologic Plantarum*, 2007, 51(1): 181-184.
- [23] 王彩绒, 田霄鸿, 李生秀. 沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(2): 208-214.
- [24] 高延军, 张喜英, 陈素英, 等. 冬小麦品种间水分利用效率的差异及其影响因子分析[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(5): 45-49.
- [25] 李运生, 王菱, 刘士平, 等. 土壤—根系界面水分调控措施对冬小麦根系和产量的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(10): 1 680-1 687.
- [26] 赵俊晔, 于振文. 高产条件下施氮量对冬小麦氮素吸收分配利用的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(4): 484-490.
- [27] 索全义, 郝虎林, 索凤兰, 等. 氮磷化肥对胡麻产量形成的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2002(土肥专辑): 18-19.

(本文责编: 陈伟)