

不同冬小麦品种的离体叶片失水速率差异及对供水的反应

赵洪亮¹, 马瑞昆², 贾秀领², 侯立白¹, 刘恩才¹

(1. 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 河北省农林科学院 粮油作物研究所, 河北 石家庄 050031)

摘要: 较低的离体叶片失水速率(RWL)与抗旱性有关已经得到很多研究者的认同。选取8个冬小麦品种为试材, 设置干旱(0水)、节水(2水)和足水(4水)的水分条件, 研究不同冬小麦品种对供水条件的反应和生育时期的RWL变化特征。结果表明: 不同品种间的RWL差异不显著。RWL随着灌水次数的增加而增高。0水处理的衡7228 RWL最低, 冀5579和石麦16也较低。2水处理的石麦16最低, 石麦14和冀5579也较低。4水处理下, 石新618的RWL最低, 石麦14和衡7228较低, 综合3种灌水结果, 石麦16、冀5579和石麦14抗旱节水性较好。RWL随着生育进程而变化, 拔节期较低, 逐渐增加, 至抽穗期达到峰值, 此后明显下降, 直至成熟。前期控水对降低小麦离体叶片失水速率, 提高抗旱节水性有利。

关键词: 冬小麦; 品种; 离体叶片失水速率; 灌水; 生育时期

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2009)06-0153-05

Difference of Excised-leaf Water Loss Rate of Different Winter Wheat Cultivars and Response to Water Supply

ZHAO Hong-liang¹, MA Rui-kun², JIA Xi-ling², HOU Li-bai¹, LIU En-cai¹

(1. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: It is accepted that low excised-leaf water loss rate (RWL) is related to drought resistance. Responses and characteristics of RWL to water regimes of 8 winter wheat cultivars at different growth stages were studied under conditions of drought (no irrigation), water-saving (2 irrigations) and well water (4 irrigations). The results showed that there was no remarkable difference in RWL among cultivars. RWL of Heng7228 showed best under drought, also Ji5579 and Shimai16. The lowest RWL was Shimai16 for 2 irrigation treatment followed by Ji5579 and Shimai14. Under 4 irrigation, RWL of Shixin618 was lowest, and Shimai14 and Heng7228 was followed. Thus, Shimai 16, Ji5579 and Shimai14 performed good water saving by lower RWL under irrigation condition. RWL was lower at jointing stage of winter wheat, reached highest at heading stage, and then fell sharply until maturity. It was profitable to bring down RWL of wheat by early water stress to raise traits of drought resistance and water saving of winter wheat

Key words: Winter wheat; Cultivars; Excised-leaf water loss rate; Irrigation; Development stages

小麦生育期间消耗水分的绝大部分主要通过作物表面散失到大气中。通常以离体叶片失水速率(RWL)来表示小麦叶片保水力的高低, 较低的RWL与作物抗旱性有关^[1-5]。有关RWL的研究前人已经做过很多, 多是围绕RWL的基因型差异^[6-9]、与

其他生理指标^[10-12]和产量的关系^[7,8]及RWL的遗传特性^[2,13]等方面进行研究, 关于小麦生育时期对RWL的影响研究较少。本研究选用近年来北方地区育成的8个冬小麦品种, 在不同的灌水水平下, 比较在旱作和节水条件下RWL的品种差异, 为品种的

收稿日期: 2009-09-04

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD69B04); 国家“863”计划(2006AA100202); 河北省财政专项(2008055002)

作者简介: 赵洪亮(1980-), 男, 河北徐水人, 助教, 博士, 主要从事小麦水分生理研究。

通讯作者: 马瑞昆(1949-), 男, 河北肃宁人, 研究员, 双硕士, 主要从事作物栽培生理研究。

节水抗旱性状提供试验依据。

1 材料和方法

1.1 参试品种

8 个参试品种为石麦 12, 石麦 14, 石麦 16, 石 6138, 良星 99, 衡 7228, 冀 5579, 石新 618, 来自河北, 北京和山东。

1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况 试验于 2004– 2005 年在位于河北省太行山前平原区的河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站进行, 试验地为壤土。0~ 20 cm 土壤土层有机质 14. 40 mg/ g, 全氮 0. 94 mg/ g, 全磷 1. 82 mg/ g, 碱解氮 59. 14 μg/ g, 有效磷 16. 90 μg/ g, 有效钾 92. 00 μg/ g。

1.2.2 试验设计 试验采用裂区设计, 灌水为主区, 品种为副区。灌水处理设 3 个水平, 0 水, 2 水和 4 水。品种 8 个, 3 次重复。灌水处理及生育期降水量见表 1。

表 1 小麦生育期间灌水处理及降水量 2004– 2005

Tab. 1 Precipitation and irrigation in winter wheat season

| 灌水处理 Irrigation | 灌水量/ mm Irrigation | | | | 降水量/ mm Precipitation | 供水总量/ mm Water supply |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 起身水 03– 15 Leaf-erecting water | 拔节水 04– 08 Jointing water | 孕穗水 04– 28 Booting water | 灌浆水 05– 24 Grain filling water | | |
| 0 水 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87. 3 | 87. 3 |
| 2 水 | 0 | 57. 1 | 57. 1 | 0 | 87. 3 | 201. 3 |
| 4 水 | 71. 4 | 57. 1 | 57. 1 | 57. 1 | 87. 3 | 329. 3 |

1.2.6 数据处理 采用 DPS 软件进行数据统计分析, 用 LSD 法检测差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同灌水处理间 RWL 差异分析

有关研究结果表明, 不同灌水处理间 RWL 差异不显著^[2]。本试验结果表明, 拔节期(4 月 5 日) 灌水处理间差异极显著, 拔节后期(4 月 19 日) 灌水处

表 2 不同灌水处理 RWL 差异分析

Tab. 2 Analysis of RWL differences under different water regimes

| 取样日期(月– 日) Sampling date | 灌水处理 Water regime | 离体叶片失水速率 RWL | 5% 显著水平 5% remarkable level | 1% 极显著水平 1% remarkable level | F |
|-----------------------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------|
| 04– 05 | 0 水 | 3. 01 | b | B | 98. 828** |
| | 4 水 | 4. 18 | a | A | |
| 04– 19 | 0 水 | 3. 65 | a | A | 16. 004 |
| | 4 水 | 5. 39 | a | A | |
| 04– 29 | 0 水 | 5. 12 | a | A | 1. 552 |
| | 2 水 | 5. 62 | a | A | |
| | 4 水 | 5. 14 | a | A | |
| 05– 16 | 0 水 | 2. 15 | a | A | 1. 644 |
| | 2 水 | 2. 21 | a | A | |
| | 4 水 | 2. 12 | a | A | |

注: * 和** . 分别代表在 $P= 0. 05$ 和 $P= 0. 01$ 水平差异显著。下同。
Note: * and ** . Represent respectively remarkable differences at $P= 0. 05$ and $P= 0. 01$ levels. The same below.

1.2.3 田间管理 小麦前茬为玉米, 播种前施用干鸡粪 2 250 kg/ hm^2 , 精细整地。2004 年 10 月 6 日播种, 每处理 10 行, 行距 10 cm。基本苗 300 万/ hm^2 。病虫草防除采用常规管理方法。

1.2.4 离体叶片失水速率测定 参见文献[6]。在 8: 00– 10: 00, 每处理取 3~ 5 片最上部展开叶, 迅速装入塑料封口袋, 并密封袋口, 置于冰壶内带回距试验田约 200 m 的实验室内。实验室应保持恒温、避风、无阳光直射, 试验台保持稳定不动。将叶样从塑料袋内取出, 迅速擦干叶片上可能沾有的水分, 用 1/1 000 电子天平称取叶样初始(时间为 t_0) 鲜质量(IWt), 在称重过程中, 通过数据线与微机相联, 使用称量微机软件将重量和对应的称量时间储存到微机中。称取初重后, 将叶样置于实验台纱网上自然失水 3 h 左右(时间为 t_1), 称取失水后的叶重(FWt)。将称重后的叶样在烘箱内 80℃ 条件下烘干至恒重, 称取干质量(DWt)。

$$\text{RWL}= (\text{IWt}- \text{FWt}) / \text{DWt}/ (t_1- t_0) \tag{1}$$

理间差异达到弱显著($P= 0. 057\ 2$), 挑旗期(4 月 29 日) 和灌浆期(5 月 16 日) 灌水处理间差异均不显著(表 2)。这与前人的结果基本一致。可以看出小麦生育前中期, 即抽穗期以前, 灌水处理对 RWL 的影响效果较为明显; 而抽穗期后, RWL 几乎没有什么差别。前期的差异主要表现为灌水处理 RWL 值高于干旱处理。

2.2 RWL 的品种差异

有关资料表明, 冬小麦品种间 RWL 存在显著差异^[2]。本试验结果表明, 品种间 RWL 差异不显著(表 3)。在拔节期和抽穗期均未表现出明显差异, 只有石新 618 在灌浆期与其他 7 个品种表现出明显差异, RWL 值偏高。与灌水间处理一致, 不同品种间的 RWL 值也呈现先升高后下降的变化趋势, 以灌

浆期最低。这个时期是小麦产量形成的关键时期, 较低的 RWL 值有利于小麦籽粒灌浆进程和保持较高的同化物质转运。从不同品种的 RWL 位次来看, 冀 5579 在所有品种的 4 次测定中均保持较低的 RWL 值, 表现出较好的节水抗旱性。石新 618 在小麦灌浆期以前的各次测定中位次较低, 灌浆期测定值为所有品种的最大值, 其前期抗旱节水性较好。

表 3 不同冬小麦品种的 RWL 差异

| Tab. 3 The differences of RWL of different winter wheat cultivars | | | | | | |
|---|-------------------|-------|----------|----------|----|----------|
| 取样时期 Sampling date | 品种(系) Cultivar | RWL | P= 0. 05 | P= 0. 01 | 位次 | F |
| 拔节期 04- 05 Jointing | 石麦 14 | 3. 32 | a | A | 7 | 0. 804 |
| | 衡 7228 | 3. 52 | a | A | 4 | |
| | 冀 5579 | 3. 43 | a | A | 6 | |
| | 良星 99 | 3. 48 | a | A | 5 | |
| | 石麦 16 | 3. 95 | a | A | 1 | |
| | 石 6138 | 3. 54 | a | A | 3 | |
| | 石麦 12 | 3. 85 | a | A | 2 | |
| | 石新 618 | 3. 25 | a | A | 8 | |
| | 石麦 14 | 4. 48 | a | A | 5 | |
| | 衡 7228 | 5. 19 | a | A | 1 | |
| 拔节后 04- 19 Late jointing stage | 冀 5579 | 4. 19 | a | A | 8 | 0. 734 |
| | 良星 99 | 4. 64 | a | A | 3 | |
| | 石麦 16 | 4. 93 | a | A | 2 | |
| | 石 6138 | 4. 38 | a | A | 6 | |
| | 石麦 12 | 4. 60 | a | A | 4 | |
| | 石新 618 | 4. 20 | a | A | 7 | |
| | 石麦 14 | 5. 21 | a | A | 5 | |
| | 衡 7228 | 4. 94 | a | A | 7 | |
| | 冀 5579 | 5. 44 | a | A | 4 | |
| | 良星 99 | 5. 72 | a | A | 2 | |
| 抽穗期 04- 29 Heading | 石麦 16 | 4. 72 | a | A | 8 | 0. 805 |
| | 石 6138 | 5. 69 | a | A | 3 | |
| | 石麦 12 | 6. 03 | a | A | 1 | |
| | 石新 618 | 5. 15 | a | A | 6 | |
| | 石麦 14 | 2. 34 | b | AB | 2 | |
| | 衡 7228 | 1. 96 | b | B | 5 | |
| | 冀 5579 | 1. 95 | b | B | 6 | |
| | 良星 99 | 1. 85 | b | B | 7 | |
| | 石麦 14 | 1. 96 | b | B | 4 | |
| | 石 6138 | 2. 20 | b | B | 3 | |
| 灌浆期 05- 16 Grain filling | 石麦 12 | 1. 72 | b | B | 8 | 3. 327** |
| | 石新 618 | 3. 29 | a | A | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

2.3 不同品种 RWL 对供水的反应

不同品种的 RWL 在不同灌水处理下表现不同。不同灌水处理下, 不同品种的 RWL 呈现出不同的位次和水平。总的来说, RWL 随着灌水次数增加而增加。也就是说, 灌水次数多的小麦水分状况较好, 水分含量较高, 就会使得 RWL 较高。从品种方面来看, 0 水处理下石麦 12 的 RWL 最高, 石麦 14 次之, 石新 618 也较高。2 水处理下石新 618 跃居第一, 石麦 14 仍居第二, 石麦 12 位居第三。4 水处理下, 石新 618 的 RWL 处于 8 个品种末尾, 石麦 14 和石麦

12 也有较大幅度的下降。综合 3 种灌水结果来看, 石新 618 的 RWL 最高, 石麦 12 次之, 衡 7228 也较高。根据品种对供水的反应可以看出, 石新 618 和石麦 12 在干旱和节水条件下 RWL 较高, 不利于叶片水分的保持。冀 5579 在所有处理中保持较低的 RWL, 具有节水栽培的潜力和抗旱特性, 石麦 16 在干旱和节水条件下也表现较低 RWL (表 4)。

不同品种的 RWL 随着生育进程, 对供水的反应表现出不同的变化特点(表 5)。拔节期, 石麦 16 的 RWL 在 0 水处理下最高, 4 水处理下仍然是最高; 石

新 618 在 0 水处理下 RWL 较低, 4 水处理下最低。拔节后, 冀 5579 在 0 水处理下 RWL 较低; 4 水处理下, 石新 618 和石麦 12 RWL 较低。在抽穗期衡 7228 的 0 水处理中 RWL 最低。

灌浆期 0 水处理下有效低 PWL 的品种有石麦 16 和石新 618。石新 618 的 RW 在 2 水和 4 水处理下均最高。对照田间表现来看, 石新 618 的叶片在

生育后期叶片顶部和边缘比较早干枯。后期保持较低 RWL 的品种有冀 5579、良星 99 和衡 7228。2 水处理的 2 次测定中, 较低 RWL 的品种为冀 5579 和石麦 16。0 水处理的 4 次测定中, 保持较好叶片保水力(即较低 RWL)的品种有冀 5579 和良星 99。石麦 16 前期较高, 后期较低。

表 4 不同品种 RWL 及对供水的反应

| Tab.4 Responses to water regimes of RWL of winter wheat cultivars | | | | | | | | mg/(g· min) |
|---|--------------------|----|-------|----|-------|----|-------|--------------|
| 品种(系) Cultivar | 灌水处理 Water regimes | | | | | | | |
| | 0 水 | | 2 水 | | 4 水 | | 品种平均 | |
| | RWL | 位次 | RWL | 位次 | RWL | 位次 | RWL | 位次 |
| 石麦 14 | 3. 87 | 2 | 3. 44 | 7 | 3. 97 | 7 | 3. 76 | 6 |
| 衡 7228 | 3. 10 | 8 | 4. 62 | 2 | 4. 12 | 6 | 3. 94 | 3 |
| 冀 5579 | 3. 32 | 7 | 3. 79 | 6 | 4. 14 | 4 | 3. 75 | 7 |
| 良星 99 | 3. 38 | 5 | 3. 82 | 5 | 4. 45 | 3 | 3. 88 | 5 |
| 石麦 16 | 3. 34 | 6 | 3. 31 | 8 | 4. 46 | 2 | 3. 70 | 8 |
| 石 6138 | 3. 42 | 4 | 3. 83 | 4 | 4. 54 | 1 | 3. 93 | 4 |
| 石麦 12 | 3. 88 | 1 | 3. 97 | 3 | 4. 17 | 5 | 4. 01 | 2 |
| 石新 618 | 3. 57 | 3 | 5. 04 | 1 | 3. 97 | 8 | 4. 19 | 1 |
| 灌水平均 | 3. 49 | | 3. 98 | | 4. 23 | | | |

表 5 不同品种不同生育时期 RWL 对供水的反应

| Tab. 5 Responses of RWL to water regimes of different cultivars during different growth stages | | | | | | | | | | mg/(g• min) |
|--|----------------------|---------------------------|----|--------------------------------------|----|--------------------------|----|--------------------------------|----|--------------|
| 品种 Cultivar | 灌水处理 Water regime | 拔节期 Jointing 04– 05 | | 拔节后 Late jointing stage 04– 19 | | 抽穗期 Heading 04– 29 | | 灌浆期 Grain filling 05– 16 | | |
| | | RWL | 位次 | RWL | 位次 | RWL | 位次 | RWL | 位次 | |
| 石麦 14 | 0 水 | 2. 74 | 6 | 3. 79 | 5 | 6. 31 | 1 | 2. 64 | 2 | |
| 衡 7228 | 0 水 | 2. 98 | 3 | 3. 90 | 3 | 3. 55 | 8 | 1. 97 | 4 | |
| 冀 5579 | 0 水 | 2. 87 | 5 | 2. 65 | 8 | 5. 88 | 3 | 1. 86 | 5 | |
| 良星 99 | 0 水 | 2. 64 | 8 | 3. 47 | 6 | 5. 73 | 4 | 1. 69 | 8 | |
| 石麦 16 | 0 水 | 3. 16 | 1 | 4. 32 | 1 | 4. 11 | 7 | 1. 79 | 7 | |
| 石 6138 | 0 水 | 2. 88 | 4 | 3. 36 | 7 | 5. 58 | 5 | 1. 86 | 6 | |
| 石麦 12 | 0 水 | 3. 13 | 2 | 4. 21 | 2 | 6. 21 | 2 | 1. 99 | 3 | |
| 石新 618 | 0 水 | 2. 72 | 7 | 3. 81 | 4 | 4. 49 | 6 | 3. 25 | 1 | |
| 石麦 14 | 2 水 | – | – | – | – | 4. 43 | 8 | 2. 45 | 3 | |
| 衡 7228 | 2 水 | – | – | – | – | 7. 34 | 1 | 1. 89 | 4 | |
| 冀 5579 | 2 水 | – | – | – | – | 5. 77 | 5 | 1. 81 | 5 | |
| 良星 99 | 2 水 | – | – | – | – | 5. 86 | 4 | 1. 79 | 6 | |
| 石麦 16 | 2 水 | – | – | – | – | 4. 95 | 6 | 1. 66 | 8 | |
| 石 6138 | 2 水 | – | – | – | – | 4. 95 | 7 | 2. 72 | 2 | |
| 石麦 12 | 2 水 | – | – | – | – | 6. 21 | 3 | 1. 73 | 7 | |
| 石新 618 | 2 水 | – | – | – | – | 6. 58 | 2 | 3. 51 | 1 | |
| 石麦 14 | 4 水 | 3. 90 | 7 | 5. 16 | 6 | 4. 90 | 5 | 1. 92 | 7 | |
| 衡 7228 | 4 水 | 4. 06 | 5 | 6. 48 | 1 | 3. 91 | 8 | 2. 02 | 6 | |
| 冀 5579 | 4 水 | 3. 98 | 6 | 5. 72 | 3 | 4. 65 | 6 | 2. 18 | 3 | |
| 良星 99 | 4 水 | 4. 32 | 3 | 5. 81 | 2 | 5. 58 | 3 | 2. 08 | 4 | |
| 石麦 16 | 4 水 | 4. 74 | 1 | 5. 54 | 4 | 5. 11 | 4 | 2. 44 | 2 | |
| 石 6138 | 4 水 | 4. 20 | 4 | 5. 39 | 5 | 6. 55 | 1 | 2. 03 | 5 | |
| 石麦 12 | 4 水 | 4. 57 | 2 | 4. 98 | 7 | 5. 67 | 2 | 1. 46 | 8 | |
| 石新 618 | 4 水 | 3. 78 | 8 | 4. 58 | 8 | 4. 38 | 7 | 3. 13 | 1 | |

2. 4 不同品种 RWL 随生育进程的变化趋势

不同品种在不同灌水处理下均表现为拔节期和拔节后 RWL 较低, 并保持增加趋势, 至抽穗期达到峰值, 此后明显下降, 直至成熟 (图 1)。

从图 1 可以看出, 0 水处理下各品种随生育进程 RWL 的变化较 4 水剧烈, 但最高值相差不大。其中衡 7228 变化幅度最小, 且在拔节后出现最大值, 最大值不是很明显, 从拔节期至灌浆期的整个过程

中RWL变化平缓。与其相似的还有石麦16,也是在拔节后达最大值,但是最大值高于衡7228。其余6个品种变化趋势一致。冀5579在拔节期至拔节后的变化中呈下降趋势,在拔节后的RWL达到8个品种的最小值,随后迅速升高至抽穗期达最大值后下降。根据RWL与抗旱性的关系可以得出,衡7228在拔节期至灌浆期始终保持较低的RWL,抗旱性较好。

在4水处理下,8个品种的RWL变化趋势和0水有较大的区别。衡7228在拔节后的RWL位居所

有品种之首,其后迅速下降,抽穗期后下降趋势放缓,直至灌浆期达到最小值。石新618在4水处理下抽穗期前RWL一直较低,从拔节期至灌浆期的变化幅度不大。石6138抽穗期前一直保持增长,抽穗后迅速下降。石麦12和冀5579等品种抽穗期前RWL变化幅度很小,抽穗期后开始下降,至灌浆期达到最低。除石6138外,所有品种均是拔节后期出现最大值,且与抽穗期差别不大,最小值均是出现在灌浆期。

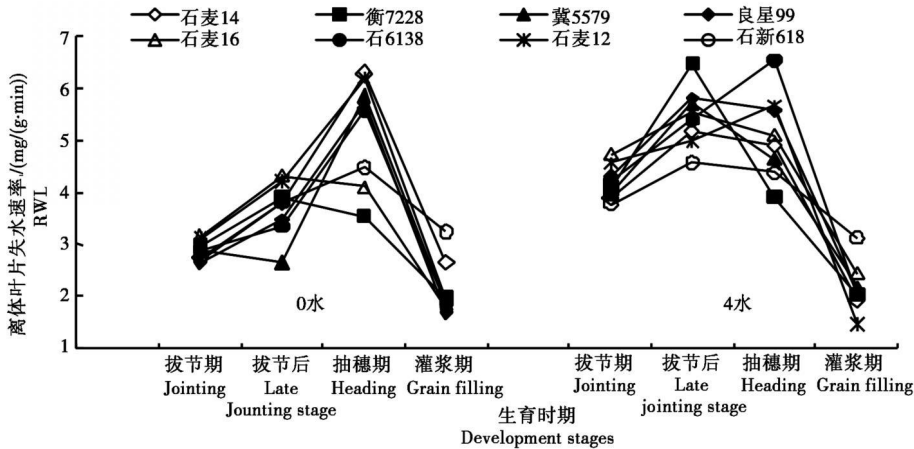


图1 不同灌水处理下冬小麦品种的RWL随生育时期的变化趋势

Fig.1 Changes trends of RWL of winter wheat cultivars during growth stage under different irrigation

3 讨论与结论

较低的RWL与抗旱性有关已得到很多研究者的认同。本试验得出的结果是不同冬小麦品种间的RWL差异不很显著,可能与选用的品种有关。前期控水对降低RWL,提高抗旱节水性能,实现小麦节水栽培有利。同时,不同生育期、不同品种和不同灌水的RWL表现不同。随着灌水次数的增加,RWL呈上升趋势。0水处理下衡7228RWL最低,冀5579和石麦16也较低。增加灌水次数后,2水处理下石麦16最低,石麦14和冀5579也较低。继续增加灌水次数至4水,石新618的RWL最低,石麦14和衡7228表现出较低的RWL。综合3种灌水结果,石麦16、冀5579和石麦14表现节水性较好。

不同品种RWL随着生育进程变化为拔节期RWL较低,拔节后期增加,至抽穗期达峰值,而后明显下降,直至成熟。可以看出RWL值随着生育进程呈现出一种先升高后降低的变化趋势,且后期值要小于前期。前期控水对降低小麦离体叶片失水速率,提高抗旱节水性有利。

参考文献:

[1] Clarke J M, McCaig T N. Evaluation of techniques for screen-

ing for drought resistance in wheat [J]. Crop Sci, 1982, 22: 503- 505.

- [2] Clarke J M, Townley T F. Heritability and relationship to yield of excised-leaf water retention in durum wheat [J]. Crop Sci, 1986, 26: 289- 292.
- [3] Clarke J M. Phenological variability: Effect on determination of leaf water loss in wheat [J]. Crop Sci, 1992, 32: 1457- 1459.
- [4] Clarke J M, Romagosa I, Jana S, et al. Relationship of excised-leaf water loss rate and yield of durum wheat in diverse environments [J]. Can J Plant Sci, 1989, 69: 1075- 1081.
- [5] McCaig T N, Romagosa I. Measurement and use of excised-leaf water status in wheat [J]. Crop Sci, 1989, 29: 1140- 1145.
- [6] 马瑞昆, 贾秀领, 赛家利, 等. 离体小麦叶片干旱胁迫过程中水分生理性状的变化 [J]. 华北农学报, 1999, 14 (3): 49- 54.
- [10] 马瑞昆, 贾秀领, 赛家利, 等. 栽培措施和样本大小对冬小麦离体叶片失水的影响 [J]. 河北农业科学, 1998, 2(2): 43- 48.
- [7] 马瑞昆, 贾秀领, 赛家利, 等. 冬小麦基因型离体叶片失水与产量结构和植株性状的关系 [J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 5- 10.
- [8] 马瑞昆, 贾秀领, 张全国. 冬小麦离体叶片失水速率和农艺性状的同步选育效应 [J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(2): 4- 7.
- [11] 马瑞昆, 赛家利, 贾秀领, 等. 冬小麦离体叶片失水速率、特点及生育时期叶龄、叶位和测定条件的影响 [M] // 赵可夫. 植物抗性生理研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1992: 107- 111.
- [12] 马瑞昆, 刘淑贞, 贾秀领, 等. 高产节水小麦基因型生理特性及综合评价 [J]. 中国农业科学, 1995, 28(6): 32- 39.
- [9] 贾秀领, 马瑞昆, 刘淑贞, 等. 冬小麦气孔与非气孔失水特性的基因型差异 [J]. 华北农学报, 1996, 11(1): 59- 65.
- [13] 白志英, 李存东, 孙红春. 干旱胁迫对小麦染色体代换系旗叶相对含水量和离体失水速率的影响 [J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 62- 65.