

# 不同矿化度咸水灌溉对小麦生长及产量的影响研究

马俊永<sup>1</sup>, 曹彩云<sup>1</sup>, 郑春莲<sup>1</sup>, 李科江<sup>1</sup>, 张苍根<sup>2</sup>

(1. 河北省农林科学院 旱作农业研究所, 河北 衡水 053000 2 衡水市气象局, 河北 衡水 053000)

**摘要:** 为了研究小麦对不同矿化度咸水灌溉的综合反应, 于 2007–2008 和 2008–2009 年度在河北省农林科学院旱作农业研究所试验站, 分别采用 1(CK), 2, 4, 6, 8 g/L 5 个矿化度咸水对石家庄 8 号、衡观 35、山融 3 号、衡观 136 和沧 6004 5 个小麦品种进行灌溉研究。结果表明, 小麦的株高、生物量、叶面积和群体随灌溉水矿化度增高而降低; 比叶重 (叶片厚度)、叶绿素含量以及千粒重随灌溉水矿化度增高而呈现升高趋势。这一研究结果表明, 可以利用适度的咸水一定程度上塑造合适的株型。灌溉水的盐分对小麦群体的影响是造成产量降低的重要原因, 采用具有一定株高和分蘖成穗率强的小麦品种, 适当加大播量是提高咸水灌溉小麦产量的重要手段。

**关键词:** 小麦品种; 咸水灌溉; 矿化度; 生长; 产量

中图分类号: S512.07 文献标识码: A 文章编号: 1000–7091(2010)增刊–0213–07

## Study on the Impact of Saline Water with Varied Mineral Content on Growth and Yield of Wheat

MA Jun-yong<sup>1</sup>, CAO Cai-yun<sup>1</sup>, ZHENG Chun-lian<sup>1</sup>, LI Ke-jiang<sup>1</sup>, ZHANG Cang-gen<sup>2</sup>

(1. Dry-land Farming Institute of Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences

Hengshui 053000 China 2 Hengshui Meteorological Bureau Hengshui 053000 China)

**Abstract** In order to study the integrated responses of wheat to saline water irrigation, a trial was conducted with five wheat varieties irrigated with saline water of 1, 2, 4, 6, 8 g/L five mineral contents during 2007–2008 and 2008–2009 in the research station of Dry-land Farming Institute. The results showed that the plant height, biomass, leaf area and per ha spikes reduced with the increase of mineral content, while the leaf weight of unit area, chlorophyll content and 1000-kernel weight increased. This result indicated that modifying the plant gesture by certain saline water was probable. The seriously decreased spike numbers was an important reason for saline water causing yield loss. Using varieties with certain plant height and high spike numbers and increasing the seeding rate when sowing were effective measures for improving the wheat yield irrigated with saline water.

**Key words** Wheat varieties; Saline water irrigation; Mineral content; Growth; Yield

黑龙港地区是河北省重要的粮棉主产区, 但淡水资源严重缺乏是制约农业发展的主要瓶颈。同时该区埋藏有丰富的咸水资源有待大规模开发利用<sup>[1–3]</sup>。目前国内外对咸水应用和理论进行了大量研究, 但主要侧重点是盐分对作物生长和产量等抑制作用的表现、机理等方面<sup>[4–8]</sup>, 虽然对合理开发利用咸水应用方面起到了重要作用, 但也表现出一定的局限性, 比如为实现小麦的高产稳产, 人们专门利用生长抑制剂来降低株高<sup>[9]</sup>, 而一定矿化度的咸水

具有同样的作用。小麦是河北省乃至华北地区灌溉需水量最大的粮食作物, 本研究以小麦为对象, 从盐分对小麦产量形成利弊影响的两个方面进行分析, 以便较全面的评价咸水灌溉对小麦生长和产量的综合作用, 为小麦利用咸水灌溉技术的研究和应用提供理论指导。

## 1 材料和方法

试验在位于衡水护驾迟的河北省农林科学院旱

收稿日期: 2010–09–21

基金项目: 国家科技支撑计划 (2007BAD69B08, 2009BADA3B05)

作者简介: 马俊永 (1965–), 男, 河北博野人, 研究员, 主要从事栽培与节水农业研究。

通讯作者: 李科江 (1965–), 男, 河北宁晋人, 研究员, 主要从事节水农业研究。

作农业研究试验站进行,土壤为粘壤质潮土,有机质含量 12.8 g/kg

试验设计:采用裂区设计,主处理为咸水矿化度,分 1(CK),2 4 6 8 g/L 5个水平。副处理为小麦品种,其中 2007-2008年度采用石家庄 8号、沧 6004 山融 3号和衡观 35四个品种,2008-2009年度将 4个品种中的沧 6004改为衡观 136。生育期间进行底墒水、拔节水和灌浆水 3次灌溉,灌水量每次灌溉 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,用水表控制。咸水矿化度用咸水并结合工业食盐配制。小区面积 57 m<sup>2</sup>,随机排列,3次重复。

播种收获:2007年 10月 22日播种,2008年 6月 10日收获;2008年 10月 18日播种,2009年 6月 9日收获。

施肥水平:底施磷酸二铵(44-17-0)450 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 150 kg/hm<sup>2</sup>,尿素 132 kg/hm<sup>2</sup>。春季追施尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>,2年相同。

测定方法:在收获期取代表性植株 30株测量株高求平均值;生物量测定于收获期每小区收获 4 m<sup>2</sup>测定风干质量。叶绿素含量采用日本产 SPAD-502型叶绿素仪于植株长成后的扬花期测定旗叶中间部位,取 10株测定平均值,同期采用 LiCor3000叶面积仪测定全株小麦总叶面积,测定 30株平均值,利用叶片烘干称重与其叶面积的比计算比叶重。

采用 Excel作图与统计功能进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 咸水灌溉对植株生长的影响

2.1.1 对小麦株高的影响 在咸水灌溉技术研究中,常常用咸水灌溉处理的某项指标占淡水灌溉对照的百分率来量化咸水矿化度的影响程度。根据 2007-2008和 2008-2009年度 5个小麦品种收获

期株高结果,转化为各矿化度处理占淡水对照株高百分数即相对株高,研究了各品种株高随灌溉水矿化度的变化趋势。为了便于比较不同品种株高对盐分的敏感程度,统一采用了  $Hr=100-kx$  的线性模型对观察值进行处理,其中  $Hr$  为相对株高(%), $k$  为斜率, $x$  为灌溉水的矿化度(g/L),2年的计算结果如下:

2007-2008年度:

石家庄 8  $Hr=100-1.5797x$ ,  $r^2=0.8018$

沧 6004  $Hr=100-2.0457x$ ,  $r^2=0.9254$

山融 3号:  $Hr=100-2.8958x$ ,  $r^2=0.8462$

衡观 35:  $Hr=100-1.7861x$ ,  $r^2=0.8483$

2008-2009年度:

石家庄 8  $Hr=100-1.4756x$ ,  $r^2=0.9099$

衡观 136  $Hr=100-3.1409x$ ,  $r^2=0.8535$

山融 3号:  $Hr=100-3.2566x$ ,  $r^2=0.9199$

衡观 35:  $Hr=100-2.6698x$ ,  $r^2=0.9608$

从上述的分析结果来看,各小麦品种相对株高均随灌溉水矿化度提高而降低,但不同品种株高对盐分的敏感程度明显不同(图 1)。从 2年的试验结果来看,石家庄 8号的斜率均最小,即其株高对盐分敏感性最低,山融 3号斜率均最大,即其株高对盐分敏感,而衡观 35斜率居中。这一结果表明,小麦品种株高对盐分的敏感性与品种特性关系密切,不同年份之间品种的株高对盐分反映的敏感度较稳定。株高的这种性质对耐盐品种的选择有重要参考价值,2007-2008年度相对株高与相对籽粒产量的相关系数达到 0.8783,2008-2009达到 0.9603。需要指出的是,山融 3号是专门从山东引进的耐盐小麦品种,但该品种在衡水的试验结果其株高对盐分很敏感,较当地的普通小麦还要敏感。因此株高对盐分的敏感性结果并不是唯一的,还要参考产量结果。

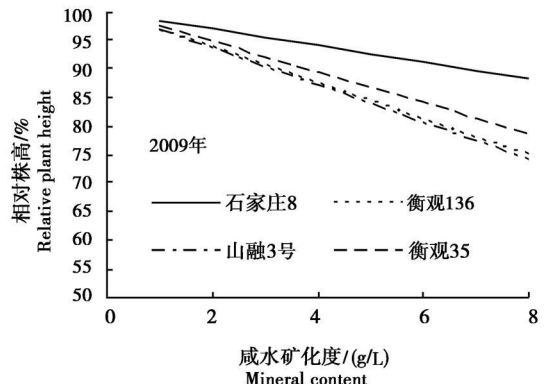
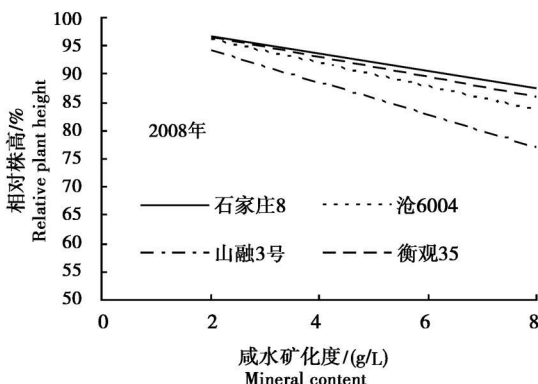


图 1 咸水矿化度对不同小麦品种成熟期相对株高的影响

Fig 1 The trend of the relative plant height of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water at harvest

2.1.2 对群体生物量的影响 小麦的生物产量与籽粒产量密切相关, 咸水对株高影响的同时必然会对生物产量造成影响。与株高的分析方法一样, 同样以淡水对照为参考, 研究各品种不同咸水处理的相对产量随灌溉水矿化度变化趋势, 采用同样的线性模型, 计算各小麦品种不同年度相对生物产量与咸水矿化度关系如下:

2007- 2008年度:  
石家庄 8  $Br=100-5.0572x, r^2=0.8014$   
沧 6004  $Br=100-5.6796x, r^2=0.9574$   
山融 3号:  $Br=100-4.914x, r^2=0.7463$   
衡观 35  $Br=100-6.1247x, r^2=0.8908$   
2008- 2009年度:  
石家庄 8  $Br=100-3.1117x, r^2=0.8857$   
衡观 136  $Br=100-6.3119x, r^2=0.7353$   
山融 3号:  $Br=100-8.1434x, r^2=0.9513$   
衡观 35  $Br=100-6.1932x, r^2=0.9211$   
从上述结果来看, 不同品种小麦的生物产量均

随灌溉水矿化度的提高而降低, 但不同品种降低斜率差别很大(图 2), 从 2007- 2008年的试验结果看, 以山融 3号和石家庄 8号的下降斜率最低, 而沧 6004下降斜率最大, 2008- 2009年度, 石家庄 8号斜率最小, 而山融 3号下降斜率最大。结合不同品种株高对盐分敏感性的研究结果, 可以发现株高对盐分的敏感程度与生物产量有相关也有不同。石家庄 8号株高和生物产量均对盐分不敏感, 而山融 3号株高均对盐敏感, 而 2007- 2008年度其生物产量则对盐分相对于其他品种最不敏感, 但 2008- 2009年度结果则在参试品种中表现出对盐分最敏感。小麦的生物产量与籽粒产量关系密切, 石家庄 8号无论生物产量还是株高均对盐分不敏感, 是一个耐盐性较强的小麦品种。而山融 3号 2007- 2008年度生物产量对盐分不敏感, 而 2008- 2009年度则对盐分十分敏感, 从试验的田间表现和试验结果来看, 这一品种退化很明显。

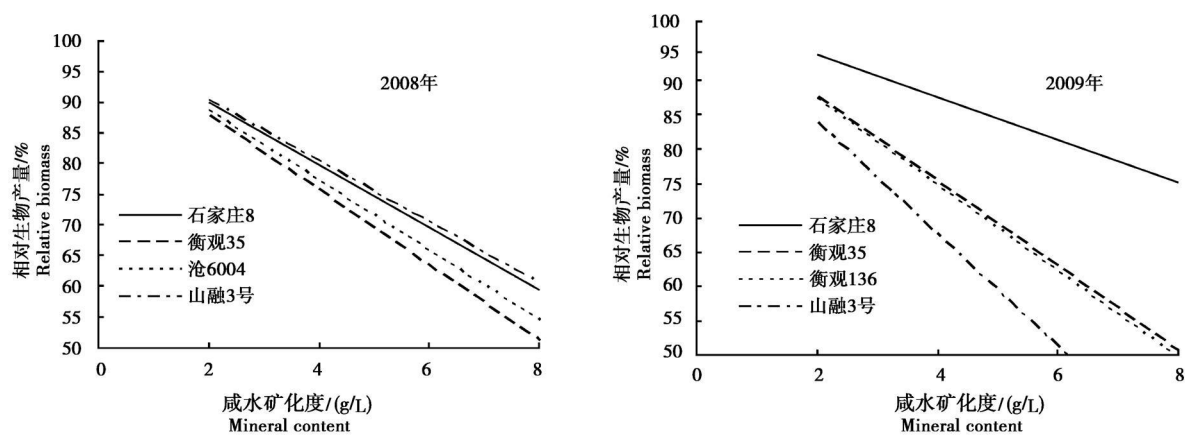


图 2 咸水矿化度对不同小麦品种成熟期相对生物量的影响

Fig 2 The trend of the relative biomass of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water at harvest

2.2 咸水灌溉对小麦叶片性状的影响

2.2.1 单株叶面积与比叶重 图 3是不同小麦品种的单株叶面积随灌溉水矿化度变化情况, 可以看出与株高情况相似, 虽然不同品种单株叶面积量差异较大, 但均随灌溉咸水矿化度增高出现下降趋势。而比叶重即单位面积的叶面积干质量则呈现出增加的趋势(图 4), 如石家庄 8号, 淡水处理(1 g/L)的比叶重为 5.1 mg/cm<sup>2</sup>, 当矿化度增加到 4 g/L, 比叶重增大到 5.3 mg/cm<sup>2</sup>, 当矿化度增大到 8 g/L, 比叶重为 6.5 mg/cm<sup>2</sup>, 如山融 3号, 淡水对照叶片比叶重为 5.1 mg/cm<sup>2</sup>, 当矿化度增加到 4 g/L, 比叶重增大到 5.7 mg/cm<sup>2</sup>, 当矿化度增大到 6 g/L, 比叶重为 5.9 mg/cm<sup>2</sup>。这表明虽然叶面积随矿化度增大减小, 而其单位面积重量却在增大, 极有可能是叶片出

现了增厚。这是对盐分抑制叶片伸长的一种补偿作用, 对减少植株叶片功能受盐分的影响有重要意义。

2.2.2 叶绿素含量 表 1是 2007- 2008和 2008- 2009年度用 SPAD 叶绿素测定仪测定的不同小麦品种扬花期旗叶的叶绿素含量。2年的测定结果均表明, 小麦叶绿素含量 SPAD 值随灌溉咸水矿化度的增大有增加的趋势, 如石家庄 8号品种, 2008年淡水对照的叶绿素 SPAD 值为 56, 矿化度增大到 4 g/L时叶绿素增加到 57.6, 咸水矿化度增大到 6 g/L叶绿素提高到 58.3。同样 2009年淡水对照 SPAD 值为 55.9, 矿化度增加到 4 g/L叶绿素 SPAD 值提高到 58.8。其他品种表现出同样的趋势。这一结果表明, 灌溉水的盐分对叶片长度的影响明显, 而对叶绿素的影响较小, 因此才出现了咸水灌溉叶片中叶

绿素含量的相对浓缩, 这种作用可使咸水灌溉对小麦的不利影响得到一定程度的补偿。

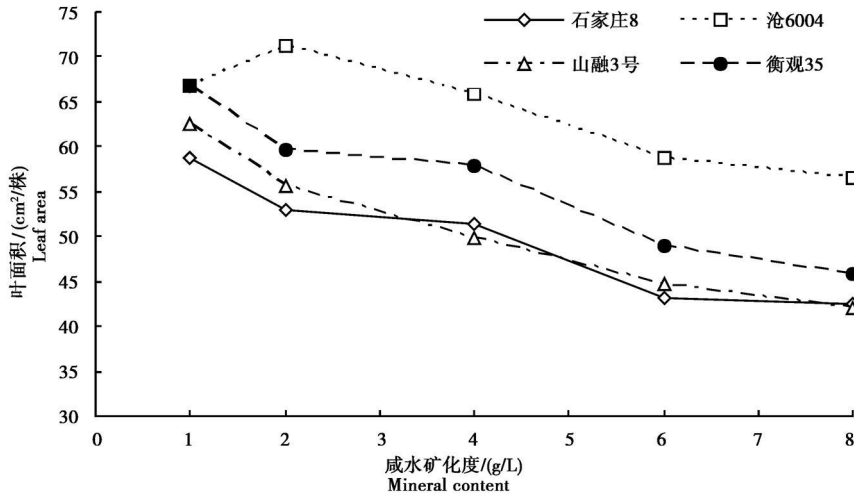


图 3 抽穗期不同品种小麦单株叶面积随灌溉咸水矿化度变化趋势

Fig 3 The trend of per plant leaf area of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water during heading stage

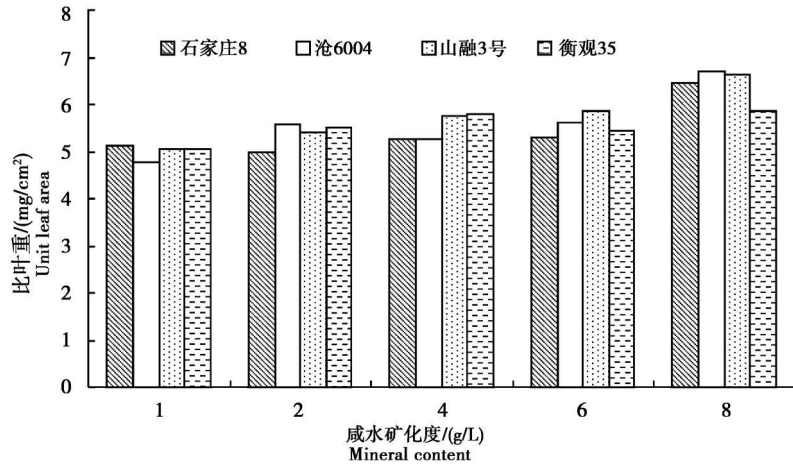


图 4 抽穗期不同品种小麦比叶重随灌溉咸水矿化度变化趋势

Fig 4 The trend of unit leaf area weight of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water during heading stage

表 1 不同咸水矿化度处理下不同品种小麦叶绿素含量 (扬花期 SPAD 值)

矿化度 / ( g/L) M ineral content	2008				2009			
	石家庄 8	沧 6004	山融 3号	衡观 35	石家庄 8	衡观 136	山融 3号	衡观 35
	Sh ijiazhuang No 8	Cang No 6004	Shanrong No 3	H engguan No 35	Sh ijiazhuang No 8	H engguan No 136	Shanrong No 3	H engguan No 35
1	56.0	51.2	46.7	55.8	55.9	51.6	55.1	55.8
2	53.1	50.0	54.6	56.2	55.3	53.0	55.5	56.1
4	57.6	53.0	54.8	58.3	58.8	54.5	57.2	58.9
6	58.3	52.9	57.0	58.6	57.5	56.1	58.8	59.3
8	58.6	53.2	56.4	58.9	58.7	56.0	59.9	59.6

注: 2008 年 5 月 4 日测定; 2009 年 5 月 1 日测定。  
Note Sampling time May 4th in 2008 May 1st in 2009

综合咸水矿化度对叶片影响的研究结果可以发现, 灌溉咸水的盐分对小麦植株有一定塑造的功能, 使植株降低, 而叶片厚度和叶绿素含量增加, 这种株型对一些品种的小麦具有改善群体结构的功效, 这

种效果一定程度上类似于小麦施用生长调节剂如壮丰胺、多效唑等。因此适当的灌溉水盐分矿化度与一定类型的小麦品种组合有可能实现与淡水灌溉相当的较高的产量。

2 3 咸水灌溉对小麦产量的影响

2 3 1 对籽粒产量的影响 表 2中是 2个试验年度 5个小麦品种不同灌溉咸水矿化度下的籽粒产量, 从中看出, 各小麦品种均随灌溉水矿化度的增大产量降低。为了计算不同品种的耐咸水灌溉的矿化度阈值, 以 1 g/L处理即淡水对照为基准, 将表 2中的数据转化为对照产量的百分率, 之后再按照  $Y_r = 100 - s(x - x_0)$ 模型 ( $Y_r$ 为籽粒相对产量、 $s$ 为斜率、 $x$ 为咸水矿化度、 $x_0$ 为各品种耐灌溉咸水的矿化度阈值), 计算各品种相对产量与灌溉水矿化度的数量关系如下:

2008年:

石家庄 8  $Y_r = 100 - 8.403(x - 3.027)$ ,  $r^2 = 0.9197$

沧 6004  $Y_r = 100 - 7.241(x - 1.8143)$ ,  $r^2 = 0.9986$

山融 3号:  $Y_r = 100 - 8.518(x - 2.4657)$ ,  $r^2 = 0.8926$

衡观 35:  $Y_r = 100 - 8.432(x - 1.7769)$ ,  $r^2 =$

0.9501

2009年:

石家庄 8  $Y_r = 100 - 3.92(x - 3.4191)$ ,  $r^2 = 0.8228$

衡观 136  $Y_r = 100 - 11.2867(x - 2.9988)$ ,  $r^2 = 0.9622$

山融 3号:  $Y_r = 100 - 11.2360(x - 1.6552)$ ,  $r^2 = 0.9949$

衡观 35:  $Y_r = 100 - 8.4175(x - 1.6621)$ ,  $r^2 = 0.9837$

从上述的关系模型来看, 2007- 2008年度和 2008- 2009年度均以石家庄 8号的耐盐阈值最高, 2008年其值为 3.027 g/L, 2008- 2009年度其值为 3.419 g/L。其次衡观 136的耐盐阈值也较高, 其值为 2.9988 g/L, 衡观 35和沧 6004的耐盐阈值相对较低, 即对灌溉水的盐分较敏感。而山融 3号表现明显的年度差异, 在 2007- 2008年度耐盐阈值较高, 为 2.465 g/L, 但到 2008- 2009年度则成为 1.655 g/L, 由于是引进品种, 退化明显。

表 2 不同咸水矿化度处理条件下不同品种小麦籽粒产量

Tab 2 The wheat yield of different wheat varieties irrigated with saline water of different mineral content									kg/hm <sup>2</sup>
矿化度 / (g/L) Mineral content	2008				2009				
	石家庄 8 Shijiazhuang No. 8	沧 6004 Cang No. 6004	山融 3号 Shanrong No. 3	衡观 35 Hengguan No. 35	石家庄 8 Shijiazhuang No. 8	衡观 136 Hengguan No. 136	山融 3号 Shanrong No. 3	衡观 35 Hengguan No. 35	
1	6 600. 0	6 091. 5	6 903. 0	6 640. 5	7 408. 5	6 501. 0	5 977. 5	7 299. 0	
2	6 796. 5	5 977. 5	6 577. 5	6 267. 0	7 419. 0	6 877. 5	5 794. 5	7 189. 5	
4	6 126. 0	5 148. 0	6 354. 0	5 773. 5	7 432. 5	5 949. 0	4 398. 0	5 577. 0	
6	5 494. 5	4 294. 5	5 286. 0	3 988. 5	6 961. 5	4 728. 0	2 892. 0	4 812. 0	
8	3 607. 5	3 325. 5	3 435. 0	3 316. 5	5 983. 5	2 580. 0	1 842. 0	3 415. 5	

2 3 2 对产量结构的影响

2 3 2 1 每公顷穗数 图 5是不同小麦品种的每公顷穗数随灌溉水矿化度的变化情况, 从图 5 2年的结果来看, 各供试品种的亩穗数均随灌溉水矿化度增加而明显减少。但不同品种随咸水矿化度变化情况有所不同, 结合上述的籽粒产量结果可以看出, 小麦的穗数对小麦的耐盐性至关重要, 从图 5来看, 2007- 2008年度石家庄 8号和山融 3号的穗数明显最多, 这 2个品种在本年度的耐盐阈值最大; 2008- 2009年度石家庄 8号和衡观 136的穗数最多, 该年度这 2个品种的耐盐阈值也最高。

2 3 2 2 穗粒数 图 6是 2个试验年度 5个小麦品种的穗粒数随灌溉水矿化度的变化情况, 从 2007- 2008年度的试验结果来看, 4个品种的穗粒数与灌溉水矿化度关系不明显, 而 2008- 2009年度, 山融 3号和衡观 35的穗粒数有随灌溉水矿化度增加而降低的趋势, 但石家庄 8号和衡观 136仅在矿化

度达到 8 g/L时出现穗粒数减少。总之从 2年的试验结果来看, 小麦的穗粒数与穗数不同, 对灌溉水的矿化度不十分敏感。

2 3 2 3 千粒重 图 7是 5个小麦品种的千粒重随灌溉水矿化度的变化情况, 总体上来看, 除 8 g/L的高矿化度咸水处理外, 多数品种千粒重随灌溉水矿化度增加呈现一定提高的趋势。2007- 2008年度 4个供试品种均表现出咸水灌溉较淡水对照千粒重提高, 2008- 2009年度, 2个品种即石家庄 8号和衡观 136表现出粒重随矿化度增加而提高, 但 2个品种即山融 3号和衡观 35表现一定幅度的降低。

3 讨论

上述株高和叶片特征随灌溉水矿化度变化规律表明, 咸水具有一定塑造小麦株型的作用, 适度的盐分可以使小麦株高降低, 叶片变短变厚, 同时叶绿素含量增加, 这有利于塑造较合理的群体<sup>[9]</sup>。在采用

咸水灌溉时应力图寻找可以利用这一特性的小麦品种, 以实现咸灌小麦获得较理想的产量, 从一些发表

的试验数据看, 确实存在这种可能<sup>[10]</sup>。

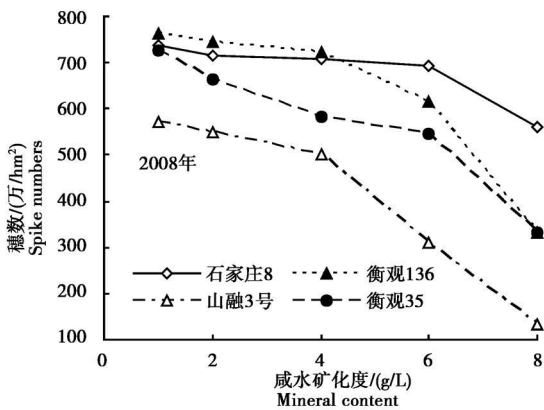
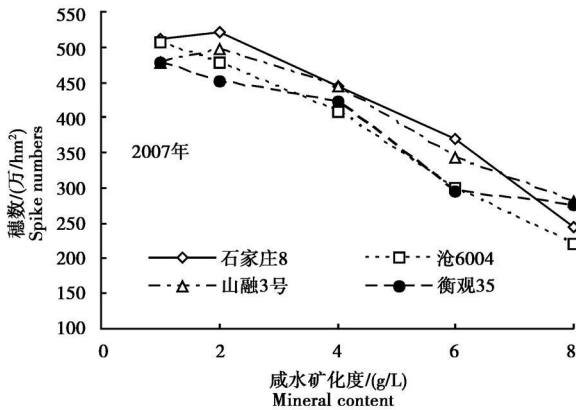


图 5 小麦每公顷的穗数随灌溉咸水矿化度的变化趋势

Fig 5 The spike numbers of per  $\text{hm}^2$  of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water

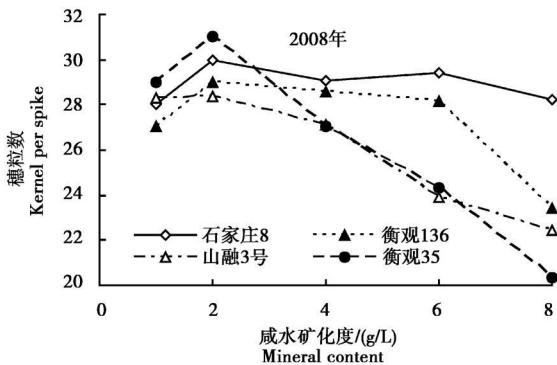
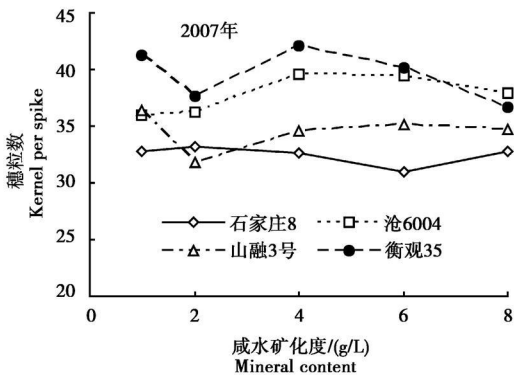


图 6 小麦的穗粒数随灌溉咸水矿化度的变化趋势

Fig 6 Kernel numbers per spike of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water

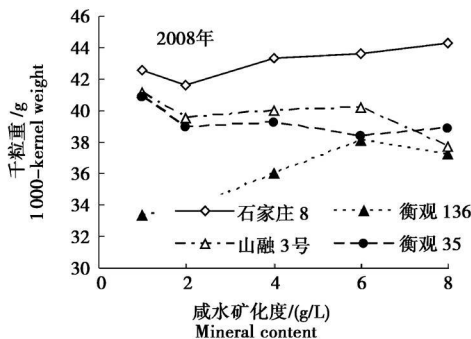
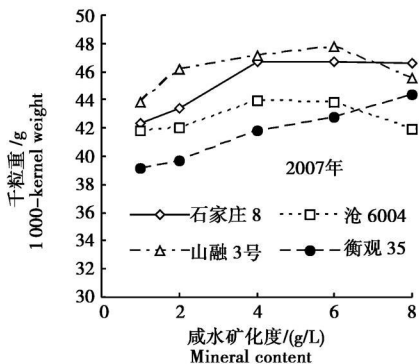


图 7 小麦的千粒重随灌溉咸水矿化度的变化趋势

Fig 7 1 000-kernel weight of different wheat varieties changing with the increase of mineral content of the saline water

从上述产量三要素与咸水矿化度的关系来看, 穗数最敏感, 随咸水矿化度增加穗数降低, 与籽粒的产量趋势相一致, 而穗粒数与灌溉水的矿化度关系较小, 而千粒重虽有些品种随灌溉水矿化度增大呈现一定增高的趋势, 但总起来看与矿化度关系也不十分明显。这一结果表明, 受灌溉水盐分的影响使得穗数减少是盐分影响小麦产量的主要原因, 而石

家庄 8 号、衡观 136 以及 2007–2008 年度的山融 3 在当时耐盐性强主要是其穗数较多。因此无论是咸水灌溉的栽培技术上还是耐盐品种选育上, 起码在黑龙港地区应注重穗数指标, 选择品种要选成穗率高的, 栽培措施上适当提高播种量均能促进咸灌小麦的产量。

在耐盐品种选育或者耐盐栽培技术研究中, 应

注意株高特征。株高较高可以提高生物量, 从而降低盐分对生物量的负作用, 但株高太高在多雨年份容易倒伏。因此耐盐品种应有适宜的株高, 在不易倒伏的前提下尽量增加株高。

研究结果表明, 石家庄 8 号是一个耐盐阈值较高, 且产量较高的品种, 而山融 3 号和沧 6004 均是作为耐盐品种引进进行试验的<sup>[11]</sup>, 但其耐盐性并不十分理想, 从山融 3 号来看, 其产量和耐盐性年份之间差别很大, 因此耐盐品种本身的地域性可能较普通小麦品种更强, 这一点在耐盐品种的筛选中需要引起注意。

参考文献:

[ 1 ] 陶佩君, 王 娜, 周志军, 等. 河北省黑龙港地区农业节水技术及其应用选择分析 [ J ]. 农业科技管理, 2008, 27( 2 ): 34- 37.

[ 2 ] 郭永辰. 黑龙港地区浅层地下咸水利用的研究 [ J ]. 灌溉排水, 1992, 11( 4 ): 14- 19

[ 3 ] 连进元, 赵彦红, 王观枝. 河北省咸水资源的利用与开发 [ J ]. 石家庄职业技术学院学报, 2004, 16( 2 ): 18 - 21.

[ 4 ] 李法虎, Benhur M, Keren R. 劣质水灌溉对土壤盐碱化及作物产量的影响 [ J ]. 农业工程学报, 2003, 19( 1 ): 63- 67.

[ 5 ] 韦如意, 史军辉. 微咸水灌溉对小麦根系生长的影响 [ J ]. 新疆农业科学, 2003, 40( 1 ): 48- 49.

[ 6 ] 张妙仙, 王仰仁, 王仲熊. 山西省涑水河盆地小麦棉花耐盐度方程 [ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5( 6 ): 123- 126

[ 7 ] 李 维, 李景岭. 以色列盐水灌溉及研究状况 [ J ]. 作物杂志, 1998( 3 ): 13- 16

[ 8 ] Rhoades J D, Kandiah A, M ashali A M. The use of saline waters for crop production-FAO irrigation and drainage paper 48, FOOD AND AGRICULTURE ORGAN IZATON OF THE UN ITED NATIONS Rome, 1992

[ 9 ] 李秧秧, 黄占斌. 节水农业中化控技术的应用研究 [ J ]. 节水灌溉, 2001( 3 ): 4- 6

[ 10 ] 邵玉翠, 李 悦, 盛福昆. 浅层咸水灌溉对冬小麦和土壤安全性的研究 [ J ]. 生态环境, 2006, 15( 6 ): 1241 - 1245.

[ 11 ] 单 雷, 赵双宜, 陈 芳. 小麦体细胞杂种山融 3 号耐盐相关 SSR 标记的筛选和初步定位 [ J ]. 中国农业科学, 2006, 39( 2 ): 225- 230