

小麦品种的耐盐性及其遗传规律研究

于亮, 陆莉, 王奉芝, 王伟伟, 赵松山, 王连鹏, 钮力亚* (沧州市农林科学院, 河北沧州 061001)

摘要 对小麦的耐盐性与生长阶段和主要性状的相关性以及耐盐性遗传规律进行研究, 为小麦耐盐育种提供理论依据。**关键词** 小麦; 耐盐系数; 耐盐性

中图分类号 S512.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)11-0017-02

Study on the Salt Tolerance and Its Genetic Regularity of Wheat Varieties

YU Liang, LU Li, WANG Feng-zhi, NIU Li-ya* et al (Cangzhou Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Cangzhou, Hebei 061001)

Abstract This paper studied the relationship between wheat salt tolerance and growth stage and the main traits and salt tolerance genetic rules, so as to provide theoretical basis for salt tolerance in wheat breeding.**Key words** Wheat; Salt tolerance coefficient; Salt tolerance

小麦长期生长在特殊的盐渍土壤条件下, 形成了特定的耐盐小麦品种类型。耐盐小麦品种依靠特定性状与不同的生理功能, 减轻盐分危害, 维持其正常的生理代谢机制, 保证生长发育的顺利进行^[1]。笔者对小麦的耐盐力与生长阶段和主要性状的相关性以及耐盐性遗传规律进行研究, 为小麦耐盐育种提供理论依据。

1 小麦耐盐阶段性与主要性状相关性研究

1.1 小麦耐盐阶段性研究 小麦耐盐性是多基因控制的数量性状, 是遗传性和环境条件共同作用的结果^[2]。由于不同的小麦品种遗传基础不同, 其耐盐性存在很大差异, 并表现出一定的阶段性。在 0.6% 盐渍环境下, 在对 6 个小麦品种进行生育阶段耐盐性研究发现: 小麦出苗到越冬阶段耐盐性最好, 返青到拔节阶段耐盐性最差, 拔节到成熟阶段耐盐性增强^[3](表 1)。

表 1 小麦不同生育时期耐盐系数变化情况**Table 1 Changes of salt tolerance coefficient in different growth periods of wheat**

品种 Variety	出苗—越冬 Seedling emergence - overwintering	返青—拔节 Turning green - jointing	拔节— 成熟 Jointing - maturity	耐盐力排序 Order of salt resistance ability
沧科 6005 Cangmai 6005	0.88	0.08	0.13	1
科遗 26 Keyi 26	0.94	0.06	0.09	3
石 88 - 5081 Shi88 - 5081	0.88	0	0	6
石 89 - 5286 Shi89 - 5286	0.61	0.07	0.04	4
90 - 4178	0.89	0.05	0.02	5
沧麦 6001 Cangmai 6001	0.70	0.13	0.18	2
平均 Average	0.82	0.07	0.08	—

从上述结果可以看出, 小麦出苗到越冬阶段, 耐盐系数为 0.82, 因为小麦播种时麦田墒情好, 土壤水分充足, 土壤浓

度小, 盐分对小麦危害较轻, 耐盐系数较高。越冬期小麦大量消耗体内营养, 加上土壤温度偏低, 受饥饿和低温双重影响, 耐盐力明显下降。小麦返青至拔节是生育旺盛期, 对盐分的反应最为敏感, 耐盐系数仅为 0.07。此时正值盐碱地麦田返盐高峰期, 耕层含盐量达 0.656%, 土壤盐浓度急剧增加, 对小麦返青分蘖生长影响较大。各品种间表现出相当大的耐盐性差异, 耐盐性强的品种迅速拔节抽穗, 耐盐性弱的品种如石 88 - 5081 不能拔节的全部死亡。小麦返青至拔节阶段最容易区分品种耐盐类型, 此时是小麦耐盐性鉴定的最适时期。小麦拔节后, 耐盐性有所增强直到成熟^[4]。

1.2 耐盐性与主要性状相关性研究 小麦耐盐性是通过某些性状来表现的, 耐盐性与其外部形态有明显的相关性^[5]。研究表明, 小麦耐盐性与产量、分蘖数、株高、穗茎节长度、叶片长宽之比呈正相关, 与千粒重、单穗小穗数呈负相关。小麦的耐盐性还与出苗率、分蘖数、结实小穗、穗粒重和后期功能叶片数等性状有关。从表 2 可以看出, 一般耐盐性强的品种出苗率高, 单株分蘖数多, 后期功能叶片多, 穗部性状、结实小穗数、穗粒重均高于非耐盐品种, 最终反应在经济产量上, 表现出较高的耐盐生产力^[6]。

除此之外, 小麦在 0.3% ~ 0.7% 含盐条件下的耐盐性与根系生长情况密切相关, 且品种间差异明显^[7], 结果见表 3。耐盐系数 = 盐处理/好土处理; 盐害率 = (好土处理 - 盐处理)/好土处理 × 100%。

在通过盐溶液控制盆土盐分含量的条件下, 小麦受害程度随品种耐盐力降低和土壤盐分含量增多呈加重趋势。在同一盐分条件下, 抗盐性强的品种根系干物质积累多, 耐盐系数高, 盐害率低。由于小麦根系直接受土壤盐分危害, 地上部其他性状表现是根系受害后的间接反应。根系发育情况应作为小麦耐盐性研究和耐盐性育种的重要目标性状。

2 小麦耐盐性遗传规律研究

2.1 不同耐盐性小麦正反交表现 将综合性状好的临汾 6154 与耐盐性强的冀麦 32 进行连续 2 年的正交和反交试验, 同时种植双亲和 F₁。将全部材料种植在含 0.45% Cl⁻: SO₄²⁻ = 1:1 的盐土池内(与自然盐土情况基本一致), 以耐盐

基金项目 河北省科技支撑项目(16226320D); 国家现代农业产业技术体系(CARS-3-2-5)。**作者简介** 于亮(1978—), 男, 河北沧县人, 副研究员, 从事小麦育种研究。*通讯作者, 副研究员, 硕士, 从事小麦育种和栽培研究。**收稿日期** 2017-01-13

指数(耐盐指数 = 品种耐盐系数/相邻对照品种耐盐系数)进行耐盐性评价,结果见表4。

表2 不同品种在0.6%含盐条件下的性状表现

Table 2 Characters of different varieties under the condition of 0.6% saline soil

品种 Variety	出苗率 Emergence rate %	分蘖数 Tiller number 个	株高 Plant height cm	绿叶数 Leaf number 片	结实小穗 Fertile spikelets 个	穗粒重 Grain weight per spike//g	产量 Yield g/株	耐盐力排序 Order of salt resistance ability
沧科 6005 Cangmai6005	83.3	2.16	27.2	69	11.6	1.02	31.9	1
科遗 26 Keyi26	80.0	1.45	24.3	35	9.0	0.75	9.8	3
石 88 - 5081 Shi88 - 5081	71.6	1.40	9.2	18	3.3	0.40	3.5	6
石 89 - 5286 Shi89 - 5286	73.3	1.68	16.8	38	7.3	0.62	6.7	4
90 - 4178	55.0	1.66	19.6	43	10.0	0.56	5.1	5
沧麦 6001 Cangmai 6001	58.3	2.00	26.1	41	10.6	0.62	22.8	2

表3 土壤盐分对小麦根系发育的影响

Table 3 Effects of soil salt on wheat root growth

品种 Variety	根干重 Root dry weight//g/盆			耐盐系数 Salt tolerance coefficient	盐害率 Salt injury rate//%
	0.3%	0.5%	0.7%		
沧麦 6001 Cangmai 6001	0.882	0.544	0.340	0.76	24.5
河农 6485 Henong 6485	0.664	0.419	0.160	0.34	66.4
邯 4589 Han 4589	0.667	0.187	0.106	0.05	94.9

表4 双亲各组合不同时期耐盐指数

Table 4 Salt tolerance index of parents each combination in different periods

材料 Material	苗期 Seedling stage	返青期 Turning green stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature period	耐盐力排序 Order of salt resistance ability
临汾 6154 Linfen6154	0.88	0.83	0.42	0.22	4
临汾 6154 × 冀麦 32 Linfen6154 × Jimai32	0.73	0.87	0.72	0.30	3
冀麦 32 × 临汾 6154 Jimai32 × Linfen6154	1.33	1.15	1.15	0.61	2
冀麦 32 Jimai32	1.46	1.53	1.40	1.36	1

结果表明,杂交一代的耐盐性与双亲存在着显著差异,冀麦32耐盐性十分突出,与不抗盐品种临汾6154正反交, F_1 代各生育时期,耐盐指数均高于不耐盐亲本,表现出耐盐性倾向遗传现象,以耐盐亲本为母本的 F_1 代组合,耐盐指数高于反交组合,说明耐盐性遗传不仅受核基因控制,而且与细胞质有一定关系^[8]。

2.2 F_1 代杂种优势现象 在盐胁迫条件下, F_1 代与正常条件一样,小麦的某些性状仍表现出较强的杂种优势,结果

见表5。由表5可知,在0.45%含盐土壤条件下,以耐盐亲本与不耐盐亲本杂交,无论正交和反交,几个主要农艺性状 F_1 均表现出一定的杂种优势,优势率依次为产量、成穗数、分蘖数、千粒重、穗粒数。产量、成穗数、千粒重和分蘖数都表现出一定的超亲优势,优势率正反交组合有明显差异。从田间长相看, F_1 组合植株生长势强,绿叶面积大,叶片功能期长,杂种优势明显。

表5 正反交组合及杂种优势

Table 5 Orthogonal and reciprocal cross combinations and heterosis

材料 Material	产量 Yield//g/株	分蘖数 Tiller number 个	成穗数 Ear number 个	穗粒数 Grain number per spike//粒	千粒重 1 000-grain weight//g
临汾 6154 Linfen6154	25.2	2.3	1.4	26.0	42.4
冀麦 32(反交) Jimai32(reciprocal cross)					
冀麦 32 Jimai32	32.3	2.6	1.6	24.0	41.7
临汾 6154(正交) Linfen6154(orthogonal)					
平均优势反交 Average heterosis reciprocal cross	53.6	15.0	40.0	0	12.8
平均优势正交 Average heterosis orthogonal	94.6	30.0	60.0	0	10.9

2.3 盐胁迫下部分性状遗传力分析 利用冀麦32和临汾6154双亲及 F_1 、 F_2 、 B_1 、 B_2 ,计算株高、单株穗数、单株粒重3个农艺性状在盐地种植的广义遗传力 hB^2 和狭义遗传力

hN^2 ,分析结果见表6。

结果表明,株高、单株穗数的 hB^2 和 hN^2 较高,而单株粒(下转第54页)

风险区以及中高风险区的总体面积占比较小,进一步印证了“少数关键区域”在整体面源污染防治中的重要作用,通过将评价结果和水质监测数据的比对,发现模型可以较好地概括流域面源污染的潜在流失风险,该模型可以为水环境管理者提供一种相对可靠且建模成本较低的面源污染风险评价方式,以期为后续其他贫数据研究区域的相关研究提供借鉴,为高效化的流域水环境管理提供支撑。

参考文献

- [1] 付永锋,陈文辉,赵基花.非点源污染的研究进展与前景展望[J].山西水利科技,2003(3):32-35.
- [2] 庞靖鹏,徐宗学,刘昌明,等.基于GIS和USLE的非点源污染关键区识别[J].水土保持学报,2007,21(2):170-174.
- [3] 郑涛,穆环珍,黄衍初,等.非点源污染控制研究进展[J].环境保护,2005,1(2):31-34.
- [4] 马蔚纯,陈立民,李建忠,等.水环境非点源污染数学模型研究进展[J].地球科学进展,2003,18(3):358-366.
- [5] NEITSCH S L,ARNOLD J G,KINIRY J R,et al. Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation: Version 2009[R]. Texas: Texas Water Resources Institute, 2011.
- [6] BINGNER R L,THEURER F D,YUAN Y. AnnAGNPS technical processes [R]. Oxford: USDA - ARS National Sedimentation Laboratory, 2003.

- [7] LEMUNYON J L,GILBERT R G. The concept and need for a phosphorus assessment tool[J]. Journal of production agriculture, 1993, 6(4): 483-486.
- [8] BUCZKO U, KUCHENBUCH R O. Phosphorus indices as risk-assessment tools in the USA and Europe: A review[J]. Journal of plant nutrition and soil science, 2007, 170(4): 445-460.
- [9] BECHMANN M, KROGSTAD T, SHARPLEY A. A phosphorus index for Norway[J]. Acta agriculturae scandinavica, section b-soil and plant science, 2005, 55(3): 205-213.
- [10] ZHOU B, VOGT R D, LU X Q, et al. Land use as an explanatory factor for potential phosphorus loss risk, assessed by P indices and their governing parameters [J]. Environmental science: Processes & Impacts, 2015, 17(8): 1443-1454.
- [11] 朱长超. 特尔斐法[J]. 社会科学, 1986(5): 70, 69.
- [12] SIVERTUN Å, PRANGE L. Non-point source critical area analysis in the Gisselø watershed using GIS [J]. Environmental modelling & Software, 2003, 18(10): 887-898.
- [13] OLIVER M A, WEBSTER R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems [J]. International journal of geographical information system, 1990, 4(3): 313-332.
- [14] 张涛, 邓小文, 周滨, 等. 改进USLE模型及其在桥水库非点源污染敏感区划分中的应用[J]. 城市环境与城市生态, 2010(1): 29-31.
- [15] 陈梅. 农业面源污染风险评估及分级区划研究[D]. 南京: 南京大学, 2014.

(上接第18页)

重的遗传力相对较低,其狭义遗传力只有0.22。遗传力低说明它易受盐胁迫之外的环境影响。

表6 盐胁迫下主要性状遗传力分析

Table 6 Main trait heritability analysis under salt stress

性状 Trait	广义遗传力(hB^2) Broad heritability	狭义遗传力(hN^2) Narrow heritability
株高 Plant height	0.52	0.33
单株穗数 Panicles per plant	0.43	0.37
单株粒重 Grain weight per plant	0.37	0.22

3 结论

小麦耐盐性鉴定的最适时期是小麦返青至拔节阶段,而根系发育情况应作为小麦耐盐性研究和耐盐性育种的重要目标性状;小麦耐盐性强的品种一般出苗率高,根系发达、分蘖能力强、成穗率高、籽粒较小,冬前生长稳健,返青晚,起身后生长发育快,后期叶片功能期长,成熟期偏晚^[9];耐盐性不仅有倾母遗传现象,而且受核基因控制,与细胞质有一定关系;耐盐亲本与不耐盐亲本相互杂交,无论正交和反交,主要

农艺性状 F_1 均表现出一定的杂种优势,优势率依次为产量、成穗数、分蘖数、千粒重和穗粒数;在选育耐盐品种时,对株高、单株穗数等遗传力较高的性状应早代选择,甚至 F_1 代就可以根据组合的表现予以取舍,对单株粒重早代选择效果差,粒重宜推迟选择。

参考文献

- [1] 郭平银,王凤池,蔡家滨,等.提高小麦耐盐性的技术途径综述[J].安徽农学通报,2007,13(11):130-131.
- [2] 陆莉,张建国,张铁恒.环渤海低平原盐碱地小麦高产栽培技术[J].作物研究,2007(3):176-178.
- [3] 马灿玲,张凤瑞,王红卫,等.不同小麦品种的耐盐性比较研究[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2007,20(4):442-444,451
- [4] 赵松山,王奉芝,陆丽,等.抗旱耐盐型小麦品种沧麦6001的选育[J].华北农学报,2000,15(S1):113-117.
- [5] 赵锁劳,窦延玲.小麦耐盐性鉴定指标及其分析评价[J].西北农业大学学报,1998,26(6):80-84.
- [6] 郭晓丽,时丽冉,白丽荣,等.不同小麦品种的耐盐性研究[J].江苏农业科学,2008(4):43-45.
- [7] 霍鹏,李士磊,李卫华.春小麦苗期耐盐性差异及聚类分析[J].石河子大学学报(自然科学版),2013,31(2):137-142.
- [8] 郭宝生,杨凯,宋景芝,等.西藏小麦耐盐性鉴定及分析[J].植物遗传资源科学,2001,2(2):36-39.
- [9] 刘艳丽,许海霞,刘桂珍,等.小麦耐盐性研究进展[J].中国农学通报,2008,24(11):202-207.

名词解释

扩展总被引频次:指该期刊自创刊以来所登载的全部论文在统计当年被引用的总次数。这是一个非常客观实际的评价指标,可以显示该期刊被使用和受重视的程度,以及在科学交流中的作用和地位。

扩展影响因子:这是一个国际上通行的期刊评价指标,是E·加菲尔于1972年提出的。由于它是一个相对统计量,所以可公平地评价和处理各类期刊。通常,期刊影响因子越大,它的学术影响力和作用也越大。具体算法为:

$$\text{扩展影响因子} = \frac{\text{该刊前两年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该刊前两年发表论文总数}}$$

扩展即年指标:这是一个表征期刊即时反应速率的指标,主要描述期刊当年发表的论文在当年被引用的情况。具体算法为:

$$\text{扩展即年指标} = \frac{\text{该期刊当年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该期刊当年发表论文总数}}$$