小麦耐盐性鉴定指标及其分析评价

赵锁劳 窦延玲
(陕西省农业科学院,陕西杨凌 712100) (西北植物研究所,陕西杨凌 712100)

摘 要 通过对近10年国内外研究资料的整理和分析认为,有10多项指标可用于小麦的耐盐性鉴定。其中,比较可靠的形态生长指标有盐胁迫条件下的幼苗存活率、幼苗的根长、苗高和苗重、春季分蘖数及籽粒产量;比较可靠的生理生化指标有盐胁迫条件下植株地上部的K/Na比、细胞膜透性、SOD活性、根细胞质膜上的ATP酶活性、植株组织中的甜菜碱和多胺含量、细胞壁上的羟脯氨酸含量、细胞壁糖蛋白中的糖分含量以及植株体内盐激蛋白的合成情况。关于游离脯氨酸含量这一指标,不同研究者看法不一致,其可靠性尚难以确定,应慎用或作进一步研究。

关键词 小麦,耐盐性,鉴定指标
分类号 S512.1

盐碱是作物生产的一大危害因素。全世界约有9.6×10^8 hm^2盐碱地[1];我国的盐碱地也约占耕地面积的6.2%[2].盐渍化土壤的开发利用有多种途径,其中以培育和种植耐盐作物品种最为经济有效。而要培育和选种耐盐品种,就必须按照一定的指标对育种材料或育成品种的耐盐能力进行鉴定和评价。近年来,各国小麦育种、栽培和生理学家们对小麦耐盐性鉴定指标进行了多方面的深入研究,并取得了很大进展。但各人的研究都只是针对某一个或某几个指标进行的,见诸刊物的资料比较零散,各人研究的结果也不尽相同。笔者根据近10年的有关文献资料,对小麦耐盐性的各种形态、生长和生理生化指标进行了归纳和整理,并对各指标的应用价值及在应用中应注意的问题作了浅略的分析评价。

1 形态与生长指标

1.1 种子发芽率

许多研究[3,4]表明,在NaCl胁迫处理下,普通小麦和硬粒小麦的种子发芽率均与品种的耐盐性呈正比,而且与株高、秸秆及籽粒产量所表现的耐盐性相一致。而Yoshiro等人[5]却指出,大麦种子在NaCl溶液中的发芽率只能代表发芽期的耐盐性,与幼苗的耐盐力无关。在小麦上虽未见类似报道,但小麦和大麦的耐盐性生理机制相近,所以笔者认为,种子发芽率也只宜用作小麦种子发芽期的耐盐性鉴定指标。

1.2 幼苗存活率

小麦苗期是对盐胁迫反应的敏感期,在一定强度的盐胁迫下,敏感品种的幼苗就会死亡。孙金月等[6]的研究结果表明,在海水盐浓度溶液(每升人工海水含$CaCl_2$ 510 mg, $MgCl_2$ 3 420 mg, $MgSO_4$ 2 100 mg, KCl 750 mg和NaCl 26.75 g)中,4个耐盐小麦品种生长

收稿日期 1998-06-05
作者简介 赵锁劳,男,1963年生,高级农艺师

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

良好;而 2个盐敏感品种第 6 d就受到严重伤害,随后幼苗陆续死亡。袁海涛等[1]用 8个小麦品种在土壤含盐量为 0.3% ~ 0.4% 的田间进行研究,表明幼苗存活率高、苗全、苗壮是耐盐小麦品种的基本表现。因此,在实验室和田间试验中,可分别以一定盐浓度溶液培养下的幼苗存活率和三叶期调查的基本苗,作为小麦苗期耐盐性鉴定的指标。

1.3　根长、苗高及苗重

朱建峰等[2]用 9个小麦品种 (系)作试材,将苗高和根长一致的 3日龄幼苗移入加有 150 mmol/L NaCl的 Hoagland营养液中生长 5 d,结果发现,耐盐性较强的 8661等 4个品种的苗高、根长和苗干重与对照的差异均不明显;而另 4个品种与对照的差异则达到了显著或极显著水平。余玲等[7]用普通小麦、硬粒小麦及八倍体和六倍体小黑麦作试材进行的研究,也得出了与朱建峰等人相一致的结果。Díaz de León J L等[8]还报道了以苗高和根长为指标快速鉴定普通小麦耐盐性的措施,即在加有 50~ 150 mmol/L NaCl的 MS培养基上培养小麦成熟离体胚,然后测定 8日龄幼苗的苗高和根长;与对照相比,苗高与根长降低 0~ 35%者为耐盐品种,降低 36% ~ 68%者为中耐品种,降低 69% ~ 100%者为敏感品种。当然,这些指标的量值是相对的,应用时应根据情况灵活掌握。

1.4　分蘖数

袁海涛等[1]的田间研究结果表明,盐碱地的“死、凉、板、薄”等特征,致使小麦生长缓慢,越冬早,很难形成较大的冬前分蘖,所以春季分蘖是盐胁迫下小麦成穗的主要基础;而盐渍地春季返盐最为严重,小麦春季分蘖期正处于土壤返盐高峰期,因此春季分蘖数可以作为小麦耐盐性的重要指标。

1.5　籽粒产量

盐胁迫下的籽粒产量是小麦耐盐性的综合反映,高产稳产也是培育和选择耐盐品种的最终目的。因此,以籽粒产量作为小麦耐盐性鉴定指标是最有权威性的。但测定籽粒产量需要的试验时间长,费时而又费工,所以,在鉴定大量育种材料的耐盐性时,根据盐胁迫下的幼苗存活率、根长、苗高、苗重以及几项生理生化指标予以判别即可,只有在对育成或引进的新品种进行耐盐性鉴定时,才有必要检测其籽粒产量,而且最好是在目标种植地区的田间进行。

2　生理生化指标

2.1　植株地上部的 K^+/Na^+ 或 Na^+/K^+ 比率

有许多研究表明[3, 9, 10],小麦的耐盐性与植株地上部对 Na^+ 和 Cl^- 积累的限制力及高 K^+/Na^+ 比率 (或低 Na^+/K^+ 比)的保持能力有关,地上部积累的 Na^+、Cl^- 少、K^+/Na^+ 比率高的小麦品种耐盐力强。因此,在一定盐度范围内植株地上部的 K^+/Na^+ 比率是小麦耐盐性的重要生理指标。Chhipa等[9]还通过对 6个不同耐盐力小麦品种的盆栽试验量化了这一指标,即在不同类型的盐土 (电导率分别为 4.2~ 18.1 dS/m)中,耐盐小麦品种的 Na^+/K^+ 比,籽粒中均 < 0.15,成熟期秸秆中均 < 0.4,分蘖期植株中均 < 0.5;而盐敏感品种在电导率 > 8 dS/m的盐土中,Na^+/K^+ 比就都大于这些值。当然,这些量值会因试验材料及土壤条件的不同而有所变动,应用时要视具体情况而定。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

2.2 细胞膜透性

当植物细胞组织受到 NaCl胁迫危害时,细胞膜的结构和功能受到伤害,表现为细胞膜透性增大。朱建峰[2]用 8个小麦品种(系)、余玲等[7]用普通小麦、硬粒小麦、八倍体和六倍体小黑麦所做的研究结果都表明,在 150 mmol/L NaCl加 7.5 mmol/L CaCl2处理下,幼苗根[2]和叶[7]的细胞膜均受到伤害,但耐盐性较强的品种,细胞膜透性增加较少,伤害率较低(7%~13%);耐盐性较弱的材料,细胞膜透性增加较多,伤害率较高(16%~24%)。因此,盐胁迫条件下小麦细胞膜透性的变化可作为小麦耐盐性鉴定指标。

2.3 ATP酶活性

有许多报道认为,小麦等植物的耐盐性与膜上 ATP酶活性呈极显著相关,这是因为盐胁迫下小麦植株体内 Na^+ 积累,根尖 ATP酶被激活,尤其低盐胁迫下活性显著上升,从而增加了 Na^+ 从根细胞的排出量,在一定程度上减轻了 Na^+ 积累造成的伤害。如李长润研究发现,盐胁迫处理下,耐盐小麦品种 LD-1的根尖细胞质膜 ATP酶活性高于盐敏感品种扬麦 5号[11]。刘志生[12]也指出,盐胁迫后,较高的根尖细胞质膜 ATP酶活性是强耐盐小麦品种鲁德 1号具有较高的 K^+ 选择性和较低的 Na^+/K^+ 比的主要原因之一。这些报道结果充分证明,盐胁迫下,根尖细胞质膜 ATP酶活性可以用作小麦抗盐性鉴定指标。

2.4 SOD活性

植物体内的超氧化物歧化酶(SOD)在消除超氧化物自由基和减轻膜伤害方面起着重要作用。因此,不少人将植物耐盐性与其体内 SOD活性联系起来,取得了肯定的结果。如龚明等[12]发现,盐胁迫下,耐盐的大麦品种比不耐盐的小麦品种更能维持较高的 SOD活性。刘志生[10]也指出,强耐盐小麦品种鲁德 1号在盐胁迫下能保持较高的 SOD活性。

2.5 多胺(PAs)含量

Reggiani等[13]的研究结果表明,在 150 mmol/L NaCl胁迫处理下,耐盐小麦品种体内的腐胺含量有所降低,根中比叶中降低的幅度大;盐敏感品种的组织中合成的 PAs比耐盐品种的多,小麦品种的耐盐力与精胺、亚精胺的含量及总 PAs/二(元)胺的比率呈正比。朱速松等[14]在大麦上的研究也得出了与此一致的结果。这就说明盐胁迫下 PAs含量的变化与麦类作物的耐盐性具有内在联系,可以用作小麦耐盐性鉴定的指标。

2.6 羟脯氨酸(Hyp)和糖蛋白中糖分含量

孙金月等[6]研究发现,盐胁迫处理下,小麦幼苗组织细胞壁上羟脯氨酸(Hyp)及细胞壁糖蛋白中糖分含量的变化与小麦品种的耐盐性呈高度正相关,即无盐胁迫时,所有 8个品种中 Hyp和糖分含量均较低,品种间差异不明显;盐胁迫处理后,耐盐品种中的 Hyp含量立即升高,6 d后比对照高出 78%以上,糖蛋白中糖分含量也持续升高,第 6天时达到高峰;而盐敏感品种中 Hyp和糖分含量的变化都不太大,与对照的差异也不太明显。她因此指出,Hyp和糖蛋白中糖分含量的变化是鉴别小麦品种耐盐性的可靠指标。

2.7 甜菜碱含量

甜菜碱是一种有机渗透调节物质,当作物受到盐渍胁迫时,体内会大量合成这种物质,以调节其体细胞渗透势。有不少研究表明,在盐碱胁迫处理下,小麦体内甜菜碱的积累量与品种耐盐性呈正相关。如 Colmer等[15]用耐盐小麦×伸长披碱草的双倍体及盐敏感小麦品种"中国春"作试材,在含 NaCl 200 mmol/L的营养液中培养 18 d,结果发现,双倍

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

体新叶中甜菜碱的含量显著高于“中国春”。Sabry等[16]用含 200 mmol/L NaCl的溶液浇灌小麦幼苗 10 d,发现 6个品种的幼苗中都有甜菜碱、蔗糖和脯氨酸以及其他一些氨基酸的积累,而以甜菜碱和蔗糖的积累量最多,而且 6个品种间差异显著,在盐处理下生长旺盛者这两种物质的含量比长势弱者含量更高。总之,盐胁迫下甜菜碱的含量与作物耐盐性呈正相关已成定论,它可以用作鉴定小麦耐盐性的指标。

2.8　游离脯氨酸 (Pro)含量

游离脯氨酸 (Pro)也是一种有机渗透调节物质,但它在盐胁迫下的积累量到底与小麦耐盐性有无必然联系,研究者们的意见尚不一致。如傅秀云等[4]用 83个小麦品种 (系)进行的研究结果表明, Pro变化率 (即盐水中测得的含量与淡水中测得的含量之比)低的小麦品种 (系)耐盐力高;而 Pro含量偏高、变化率低的小麦品种 (系),其苗期的耐盐力和田间试验测得的经济产量的耐盐力都高。因此指出, Pro的变化率可以作为小麦耐盐性鉴定的生理指标。但孙金月等[6]却指出,用 Pro含量和变化率都不能完全可靠地反映小麦品种和耐盐性的关系,因为同为强耐盐品种,鲁德 1号和 R-017的 Pro绝对含量高,变化率极低,而 96-1和 R-025的 Pro含量高,变化率也大。Sabry等[16]还指出,脯氨酸是干旱胁迫下小麦的主要渗透调节物质,在盐胁迫下,小麦的主要渗调物质是甜菜碱和蔗糖。

总之,关于游离脯氨酸含量或变化率与小麦耐盐性的关系问题,人们的看法还不一致,需作进一步研究,目前只能将其作为一种辅助指标慎重使用。

2.9　盐激 (盐诱导)蛋白的合成情况

近年来,人们对植物适应盐渍胁迫的机制进行了日益深入的研究,发现盐胁迫能诱导植物蛋白质合成发生改变。如 Alamgir[17]和 Daskalyuk等[18]分别对小麦品种 Sonalika和 Mironovskaya 808作了研究,发现在一定浓度的盐胁迫下,两品种幼苗的根中均合成了分子量不同的几种新蛋白。Dell'-Aquila等[19]将两个耐盐性不同的硬粒小麦品种的种子置于 0.4 mol/L的 NaCl溶液中,让其吸胀 72 h后发芽,结果,盐敏感品种 Norba和耐盐品种 7675中都合成了几种新的多肽,但二者所合成的多肽各不相同,并且 Norba的发芽种子中生根阶段的原有特定多肽大幅度减少甚至消失,而 7675中则未发生这一变化。Subbanaida Ramagopal[20]对两个耐盐性不同的大麦品种进行的比较研究结果还表明,经 2% NaCl溶液处理后,两品种根中的蛋白质变化是相同的,首先是一种蛋白的量减少了,另一种的量增加了,其次是合成了 6种新蛋白;而二者茎叶中蛋白质的变化则不同,在盐敏感品种 Proto中出现了 5种新蛋白,耐盐品种 CM 72中则只出现了这 5种新蛋白质中的 2种。这些研究结果证明,盐胁迫不仅会诱导麦类作物体内蛋白质合成发生改变,而且某些蛋白质的变化还与品种的耐盐性有关。盐激蛋白的合成可从分子水平上揭示植物的耐盐机制,因此它应当是鉴定小麦耐盐性的更为可靠的指标。

3　结　语

综上所述,可用于小麦耐盐性鉴定的指标较多,共有十几项。其中,盐胁迫处理下的幼苗存活率、幼苗的根长、苗高、苗重等形态生长指标及幼苗根或叶的细胞膜透性、根部细胞质膜 ATP酶活性等生理生化指标比较可靠、检测技术也较简便,可用于小麦苗期的耐盐性鉴定,或大量材料的初步筛选;春季分蘖数、植株地上部的 K/Na比、植株组织中的甜菜

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

碱含量、SOD活性等指标可用于小麦对盐害的最敏感期—— 春季分蘖[1]和拔节期[5]的耐盐性鉴定,尤其是春季分蘖数和植株地上部的 K/Na比,前者与籽粒产量直接相关,后者研究者众多,而且结果相当一致,应为春季分蘖和拔节期耐盐性鉴定的首选指标;多胺含量、细胞壁上羟脯氨酸含量、细胞壁糖蛋白中糖分含量以及盐激蛋白的合成情况也比较可靠,但对检测技术要求较高,可在其它指标难以完全满足耐盐性鉴定需要时再予采用;关于游离脯氨酸含量,人们的看法还不一致,可作为辅助指标慎重使用。

近两年还有人对盐胁迫下小麦光合速率、呼吸酶活性及内源细胞分裂素水平的变化状况进行了研究,发现它们也与品种的耐盐性有关。但这些方面的研究才刚起步,作为耐盐性鉴定指标应用尚不成熟,所以本文未予讨论。

参 考 文 献

1 袁海涛,傅秀云,郝鲁湘,等.耐盐小麦主要农艺性状的表现及其与产量的关系.国外农学—麦类作物,1996(5): 26~28

2 朱建峰,田增荣,余 玲,等.小麦耐盐性基因型差异研究.甘肃农业科技,1996(8): 7~8

3 Gundalia J D, Patel M S, Polara K B, et al. Differential genotypic salt tolerance of whet in simulated saline soils. Gujarat Agricultural University Research Journal, 1995, 21(1): 12~21

4 傅秀云,崔光泉,林 昶.冬小麦耐盐力与脯氨酸含量的关系.山东农业科学,1988(2): 5~7

5 Yoshiro M, Haruhiko N, Kazuyoshi T. Varietal variation and effects of some major genes on salt tolerance at the germination stage in barley. Breeding Science, 1996, 46(3): 227~233

6 孙金月,赵玉田,常汝镇,等.小麦细胞壁糖蛋白的耐盐性保护作用与机制研究.中国农业科学,1997, 30(4): 9~15

7 余 玲,田增荣,朱建峰,等.小麦、黑麦及小黑麦的耐盐性研究.西北农业学报,1996, 5(3): 39~42

8 Díaz de León J L, Carrillo-Laguna M, Rajaram S, et al. Rapid in vitro screening of some salt tolerant bread wheats. Cereal Research Communication, 1995, 23(4): 383~389

9 Chhipa B R, Lal P. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in Wheat. Australia Journal of Agricultural Research, 1995, 46 533~539

10 刘志生.鲁德1号冬小麦耐盐力分析.中国农学通报,1996, 12(3): 21~22

11 张福锁主编.植物营养—生态生理学和遗传学.北京:中国科学技术出版社,1993

12 龚 明,丁念诚,贺子义,等.盐胁迫下大麦和小麦叶片脂质过氧化伤害与超微结构变化的关系.植物学报,1989, 31(11): 841~846

13 Reggiani R, Bozo S, Bertani A. Changes in Polyamine metabolism in Seedling of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt sensitivity. Plant Science (Limerick), 1994, 102(2): 121~126

14 朱速松,刘友良. 6-苄基腺嘌呤对大麦耐盐性的调节机理.南京农业大学学报,1996, 19(3): 12~16

15 Colmer T D, Epstein E, Dvorak J. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt-sensitive wheat and a salt-tolerant wheat× *Lophoprum elongatum* (Host) A. Löve amphiploid. Plant Physiology, 1995, 108(4): 1715~1724

16 Sabry S R S, Smith L T, Smith G M. Osmoregulation in spring wheat under drought and salinity stress. Journal of Genetics & Breeding, 1995, 49(1): 55~60

17 Alamgir A N M. Electrophoretic characterization of root membrane proteins of one wheat and four cultivars of rice seedlings growth under salinity stress. Chittagong University Studies, Science, 1995, 19(2): 225~233

18 Daskalyuk A P, Ostaplyuk A N, Lysova I N, et al. Growth of wheat seedings and polypeptide composition of proteins as effected by salt stress. Fiziologiya-i-Biokhimiya Kul'turnykh Rastenii, 1992, 24(6): 554~560

19 Dell'-Aquila A, Spada P. The effect of salinity stress upon protein synthesis of germinating wheat embryos. An-

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

nals of Botany, 1993, 72(2): 97~ 101

20 Subbanaidu R. Salinity stress induced tissuespecific protein in barley seedling. Plant Physiology, 1997, 84 324~ 331

A Review of Identification Indicators for Wheat Salt Tolerance

Zhao Suolao

(*Shaanxi Academy of Agricultural Sciences, Yangling, Shaanxi* 712100)

Dou Yanling

(*Northwestern Institute of Botany, Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi* 712100)

Abstract Through collection, sorting out and analysis of data, more than 10 kinds of indicators can be used in salt tolerance identification of wheat. Under salt stress, seedling survival ratio, root length, shoot height and seedling weight, tiller number in spring and grain yield are the reliable morphological and growth indicators. At the same time, shoot K^+/Na^+ ratio, cell membrane permeability, ATP and SOD enzyme activities, glycinebetiane and polyamine accumulation, cell wall hydroxyproline and cell surface glycoprotein content, and salinity stress-induced tissue specific protein are the reliable physiological and biochemical indexes under salt stress condition. Because of different viewpoints, it is difficult to determine salt tolerance with the free proline accumulation. For this, further study is needed.

Key words wheat, salt tolerance, identification indicators

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w