

丁 丁,郭艳超,左永梅,等.光照和 NaCl 胁迫对 3 种锦葵科植物种子萌发的影响[J].江苏农业科学,2018,46(19):163-166.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.043

光照和 NaCl 胁迫对 3 种锦葵科植物种子萌发的影响

丁 丁¹,郭艳超¹,左永梅¹,郑丽锦²,韩民利¹,吴新海¹,刘善资¹,高俊全¹

(1.河北省农林科学院滨海农业研究所/河北省盐碱地绿化工程技术研究中心,河北唐山 063200;

2.河北省林业技术推广总站,河北石家庄 050081)

摘要:以 3 种园林绿化植物芙蓉葵、海滨锦葵和黄秋葵为材料,从光照和氯化钠(NaCl)胁迫 2 个方面对其种子萌发特性进行了研究。结果表明:光照对 3 种植物种子的萌发有明显的促进作用;低浓度盐胁迫对芙蓉葵种子萌发有促进作用,对海滨锦葵和黄秋葵种子萌发影响不大;当盐胁迫浓度超过 0.6% 时,3 种植物种子的萌发均受到不同程度的抑制。综合分析发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数等指标,在 0.8% 盐浓度胁迫下,3 种植物种子的耐盐顺序为黄秋葵 > 海滨锦葵 > 芙蓉葵。3 种锦葵科植物均能在轻度盐渍化生境(0.4% NaCl)中生长。

关键词:种子萌发;光照;盐胁迫;耐盐性;评价研究

中图分类号: Q945.34 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0163-04

土壤盐渍化是影响作物生产和生态环境的一个重要因素,开发盐碱荒地、改善生态环境是当今生物科学技术急需解决的重大课题之一。国内外研究表明,结合工程改良的生物改良(种植具有一定经济价值和开发利用价值的耐盐及盐生植物)措施已经表现出很好的发展前景,在促进盐渍土开发利用、发展旅游业以及改善生态环境和城市绿化建设中具有十分重要的意义^[1-4]。

目前我国有各种盐渍土地约 9 913 万 hm^2 ,对农业生产和环境改良造成了不良的影响^[5]。利用盐生植物和耐盐植物植树造林,是用生物措施改良盐碱地的重要方法,也是盐渍地区生态重建和城市景观建设的主要有效生物技术模式^[6]。

对于大多数植物而言,种子萌发期是植物生活史中最为关键的发育阶段,对环境胁迫最为敏感^[7],在盐渍化地区,由于蒸发和土壤毛管水上升,可溶性盐富集于表层土壤^[8],种子能否在盐胁迫下萌发成苗,是植物在盐渍化地区生长发育的前提,所以常用种子萌发及幼苗的生长状况来评价植物的抗逆性^[9],因此,研究盐胁迫下种子萌发生理具有重要意义。关于芙蓉葵和黄秋葵的种子萌发期的耐盐性研究还少见报道,关于海滨锦葵种子萌发期的耐盐性研究已有一些报道^[10-11]。本研究从生理生态学的角度初步探讨光照、盐分 2 个环境因素对 3 种园林绿化植物种子萌发特性的影响,研究 3 种植物在不同胁迫下的种子萌发及幼苗生长的特点,以期盐碱地区园林植物资源的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

收稿日期:2017-04-19

基金项目:现代农业创新工程(编号:F17R17007)。

作者简介:丁 丁(1987—),女,河北曹妃甸人,硕士,研究实习员,主要从事滨海绿化植物抗逆生理及创新育种研究。Tel:0315(8723251);E-mail:dddymian@163.com。

通信作者:郭艳超,硕士,研究员,主要从事园林植物抗逆生理生态及分子遗传育种研究。E-mail:guoyanchao2008@sina.com。

芙蓉葵(*Hibiscus moscheutos* L.):锦葵科多年生草本植物,原产于北美洲,耐寒、耐热、喜湿,耐盐碱;花大,花色丰富,花期长,具有很强的观赏性。

海滨锦葵(*Kosteletzkya virginica* L.):锦葵科锦葵属多年生草本植物,原产于美国东部,具有一定的耐盐性,花深粉红色,花期长,观赏价值高,是一种多用途的优良植物。

黄秋葵(*Hibiscus esculentus* L.):锦葵科一年生草本植物,原产于非洲,喜温暖和强光,花黄色,花期长,观赏价值高,其幼嫩荚果可以食用,营养丰富。

3 种植物材料的种子均从河北曹妃甸滨海农业研究所试验基地采集。

1.2 种子形态指标测定

试验于 2016 年 3 月在河北省农林科学院滨海农业研究所实验室进行。种子质量以 1 000 粒 \times 3 组的平均值作为其千粒质量(\pm 标准误差),同时描述种子的形态特征。通过称量,3 种锦葵科植物种子的千粒质量芙蓉葵为(9.700 \pm 0.018) g,海滨锦葵为(18.352 \pm 0.039) g,黄秋葵为(20.002 \pm 0.087) g,不同物种间差异显著($P < 0.05$)。试验所用的 3 种植物种子质量差别很大,最小的千粒质量不足 10 g,最大的为 20 g。大小差异也较大,海滨锦葵和黄秋葵种子大小相近,芙蓉葵种子最小。

1.3 种子萌发试验条件控制

设光照条件和黑暗条件 2 个处理,光照条件设为光一暗周期 = 12 h—12 h,黑暗条件设为全黑暗。NaCl 胁迫处理:设置 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 共 5 个胁迫浓度,以去离子水(NaCl 浓度为 0%)作为对照(CK)。采用纸上发芽法(TP)进行种子萌发试验。用去离子水和分析纯 NaCl 配制 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 的盐溶液,对照(CK)为去离子水(NaCl 浓度为 0%)。选择成熟饱满、大小均匀的种子,用 0.1% HgCl_2 消毒 10 min,再用蒸馏水冲洗 6 次,最后用滤纸吸干表面水分。将 3 层滤纸放入发芽盒中,用移液管加入 25 mL 盐溶液(或去离子水)使滤纸饱和,作为发芽床,将种子放入其中,每个发芽盒放 200 粒种子,每个处理 4 次重

复。将发芽盒放入程控人工气候箱中,培养7 d,温度为 $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度为75%~80%,定时补充盐溶液,使各处理盐溶液浓度保持不变。

1.4 指标测定及方法

试验期间每天定时观测并统计记录种子的萌发数,观察不同处理对种子萌发的影响。第3天观察发芽势,第7天统计发芽率,称质量。种子萌发以胚根伸出种皮0.2 cm作为发芽标志(种子露白)^[12]。第7天,随机选择30粒发芽种子测量胚根长、胚轴长;称量每盒发芽种子的鲜质量,据以上数据统计分析下列指标:

初始萌发时间:即种子开始萌发的时间,以d计。

发芽率 = $n/N \times 100\%$ (n 指试验结束时相应的萌发种子数, N 指供试种子总数);

发芽势 = $n/N \times 100\%$ [n 为规定3 d内发芽种子数, N 为种子总数(100粒)];

发芽指数(GI) = $\sum G_i/D_i$ (G_i 指第*i*天的种子萌发率, D_i 指相应的发芽时间);

活力指数(VI) = $GI \times S$ (S 为胚根长)^[13];

储藏物质运转速率 = (胚根干质量 + 胚轴干质量) / (胚根干质量 + 胚轴干质量 + 子叶干质量) $\times 100\%$ ^[14]。

1.5 数据分析

采用DPS统计软件和Excel分别进行数据分析和作图。采用隶属函数法进行耐盐性综合评价,如果某一指标与耐盐性呈正相关,可用公式: $X_\mu = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$;如果某一指标与耐盐性呈负相关,可用公式: $X_\mu = 1 - (X - X_{\min}) /$

$(X_{\max} - X_{\min})$,其中 μ 代表隶属函数值, X 为某一指标的测定值, X_{\max} 为该指标测定值中的最大值, X_{\min} 为最小值。先求出各指标在不同浓度下的隶属值,再把每一指标在不同盐浓度下的隶属值累加求平均值,最后将各个耐盐指标的隶属函数值累加求平均值,其值越大,耐盐性越强。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫下光照对发芽率的影响

光对某些种子的萌发是必不可少的。由表1可以看出,在一定浓度的NaCl胁迫下3种植物种子的萌发在不同的光照处理下都受到了抑制,随着NaCl浓度的升高,发芽率总体呈下降趋势。芙蓉葵和海滨锦葵在光照处理下种子的萌发率比全黑暗中种子的萌发率高,表明光照提高了种子的发芽率。而黄秋葵种子在2种光照处理下发芽率差别不明显,说明光照对黄秋葵种子发芽率影响不大。

3种植物在各浓度盐胁迫下的发芽能力在不同物种间表现出了差异:芙蓉葵和海滨锦葵种子的发芽率在NaCl浓度为0.2%的条件下高于对照,说明低浓度的盐胁迫对芙蓉葵和海滨锦葵种子的萌发有促进作用;在 $\leq 0.6\%$ 盐浓度下,3种植物种子的发芽率在2种光照处理下均与对照差异不明显,表明0.6%盐浓度胁迫对种子萌发影响不大。在NaCl浓度 $\geq 0.8\%$ 时,3种植物在光照条件下种子发芽率均与对照差异明显,表明萌发受到了抑制,而且黄秋葵的发芽率>海滨锦葵>芙蓉葵,表明黄秋葵种子在高浓度的盐胁迫下的耐性最强,其次为海滨锦葵,芙蓉葵最弱。

表1 盐胁迫下光照对3种植物种子发芽率的影响

盐分浓度 (%)	发芽率(%)					
	芙蓉葵		海滨锦葵		黄秋葵	
	光照	黑暗	光照	黑暗	光照	黑暗
0(CK)	75.4 ± 2.59a	38.3 ± 2.01a	77.4 ± 0.66a	53.0 ± 2.19a	94.4 ± 0.72a	93.3 ± 1.55a
0.2	77.0 ± 2.13a	34.1 ± 1.43ab	82.3 ± 1.76a	50.4 ± 1.23a	93.0 ± 0.96ab	92.8 ± 1.03a
0.4	74.4 ± 1.95ab	34.5 ± 2.95ab	77.6 ± 1.31a	50.9 ± 1.48a	90.8 ± 0.78ab	94.8 ± 1.11a
0.6	77.9 ± 0.83a	37.8 ± 0.48a	72.8 ± 2.05ab	48.1 ± 1.78ab	91.9 ± 0.63ab	93.0 ± 1.47a
0.8	49.9 ± 15.7b	29.8 ± 6.53ab	60.4 ± 8.11bc	50.9 ± 2.81a	90.1 ± 1.90b	95.3 ± 1.03a
1.0	18.3 ± 12.2c	25.8 ± 2.52b	54.9 ± 6.38c	43.1 ± 1.39b	84.3 ± 2.17c	91.8 ± 2.59a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表2、表3同。

2.2 盐胁迫下光照对种子发芽势、发芽指数、活力指数的影响

由表2可以看出,芙蓉葵和海滨锦葵在光照处理下种子的发芽势、发芽指数和活力指数,黄秋葵种子的发芽指数和活力指数均高于全黑暗中的种子,表明光照可促进种子萌发。

NaCl胁迫下3种植物种子的发芽势、发芽指数和活力指数在不同的光照处理下都受到了抑制,随着NaCl浓度的升高,整体上呈下降趋势。3种植物的发芽势和发芽指数在低盐浓度下与对照差异不明显,盐浓度越高,差异越明显。当NaCl浓度为0.8%时,黄秋葵的发芽势和发芽指数最高,海滨锦葵居中,芙蓉葵最低。

2.3 盐胁迫对3种植物胚根及胚轴长度的影响

种子萌发后,胚根的延伸反映植物定居成苗的特性,胚根生长迅速说明植物适应力强。图1是盐胁迫对3种植物胚根及胚轴长度的影响。可以看出3种植物的胚根及胚轴长度整

体上随着盐胁迫的增加呈现下降的趋势。

在NaCl浓度为0.2%时,芙蓉葵和海滨锦葵的胚轴长度稍大于对照,芙蓉葵的胚根长度稍大于对照,表明低浓度盐促进胚根及胚轴的生长。在NaCl浓度为0.2%~0.6%时,海滨锦葵胚根长度呈现先上升后下降的趋势,芙蓉葵和黄秋葵呈下降趋势,在NaCl浓度达到0.8%、1.0%时,黄秋葵胚根长度下降趋势要缓于芙蓉葵和海滨锦葵,说明逐渐适应了高盐胁迫。在NaCl浓度为0.2%~0.8%时,芙蓉葵的胚轴长度要大于海滨锦葵和黄秋葵,在NaCl浓度 $> 0.8\%$ 时,黄秋葵的胚轴生长基本不再下降,芙蓉葵和海滨锦葵呈现下降的趋势,表明在高浓度盐胁迫下黄秋葵的耐性最强,其次为海滨锦葵和芙蓉葵。

2.4 盐胁迫对3种植物种子储藏物质运转效率的影响

在盐胁迫下,3种植物种子储藏物质运转效率均受到影响(图2)。在NaCl浓度为0.2%时,芙蓉葵和黄秋葵种子储

表2 盐胁迫下光照对3种植物发芽势、发芽指数和活力指数的影响

盐分浓度 (%)	芙蓉葵		海滨锦葵		黄秋葵	
	光照	黑暗	光照	黑暗	光照	黑暗
发芽势						
0(CK)	71.8 ± 2.93a	34.9 ± 2.24a	75.0 ± 1.74a	49.3 ± 2.06a	93.5 ± 1.06a	93.3 ± 1.55a
0.2	69.5 ± 2.37a	30.4 ± 0.66a	75.0 ± 2.42a	42.3 ± 1.89ab	91.0 ± 1.40ab	92.5 ± 1.04ab
0.4	55.8 ± 3.24b	26.3 ± 3.15a	54.8 ± 3.12b	39.1 ± 1.60bc	89.1 ± 0.59b	94.5 ± 1.19a
0.6	46.4 ± 1.48b	27.5 ± 2.19a	42.1 ± 1.48c	32.8 ± 2.96cd	87.1 ± 1.57b	93.0 ± 1.47a
0.8	18.4 ± 7.31c	13.3 ± 5.72b	30.4 ± 6.36d	28.0 ± 1.88d	89.6 ± 0.52ab	94.8 ± 1.18a
1.0	1.5 ± 0.38d	3.38 ± 1.03c	16.5 ± 5.10e	17.3 ± 3.34e	80.8 ± 2.49c	88.3 ± 2.50b
发芽指数						
0(CK)	81.8 ± 3.52a	38.1 ± 3.06a	85.7 ± 2.36a	45.0 ± 2.06a	162.5 ± 2.93a	91.2 ± 1.55a
0.2	72.7 ± 3.12a	32.4 ± 1.39ab	79.2 ± 1.22a	39.3 ± 0.99b	142.2 ± 4.12b	84.1 ± 1.19b
0.4	55.7 ± 1.54b	27.1 ± 3.15b	66.1 ± 1.61b	37.4 ± 1.07b	113.9 ± 1.24c	79.6 ± 1.04c
0.6	50.7 ± 1.50b	29.6 ± 1.06b	53.5 ± 0.11c	31.5 ± 1.45c	95.4 ± 3.56d	69.8 ± 1.44d
0.8	27.1 ± 9.16c	17.7 ± 4.79c	36.2 ± 5.78d	30.4 ± 1.70c	85.6 ± 0.40e	61.8 ± 1.08e
1.0	6.7 ± 4.64d	12.1 ± 1.45c	26.5 ± 4.13e	22.5 ± 1.44d	67.2 ± 2.11f	50.0 ± 1.34f
活力指数						
0(CK)	240.1 ± 10.33a	119.7 ± 9.61a	282.5 ± 7.77a	195.8 ± 8.97a	382.4 ± 6.90a	291.0 ± 4.94a
0.2	232.4 ± 9.99a	96.5 ± 4.15b	250.4 ± 3.87b	133.9 ± 3.37b	283.9 ± 8.22b	217.1 ± 3.08b
0.4	121.1 ± 3.53b	60.2 ± 7.00c	215.9 ± 5.25c	152.1 ± 4.37c	144.1 ± 1.57c	163.7 ± 2.14c
0.6	80.0 ± 2.37c	40.7 ± 1.61d	160.0 ± 0.34d	112.1 ± 5.17d	86.1 ± 3.21d	87.1 ± 1.79d
0.8	34.9 ± 9.38d	24.1 ± 1.83e	102.3 ± 1.09e	91.7 ± 5.11e	55.3 ± 0.26e	54.7 ± 0.96e
1.0	7.9 ± 3.74e	8.9 ± 1.06e	52.1 ± 3.75f	59.3 ± 3.8f	36.7 ± 1.15f	34.7 ± 0.93e

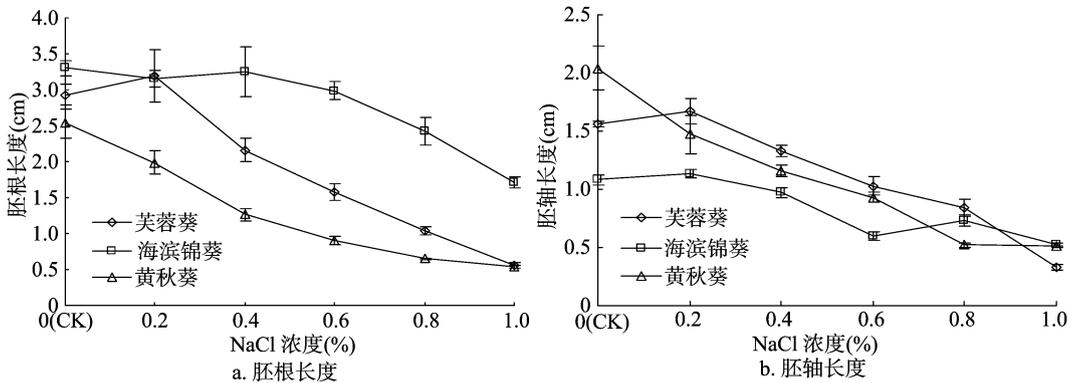


图1 盐胁迫对3种植物胚根及胚轴长度的影响

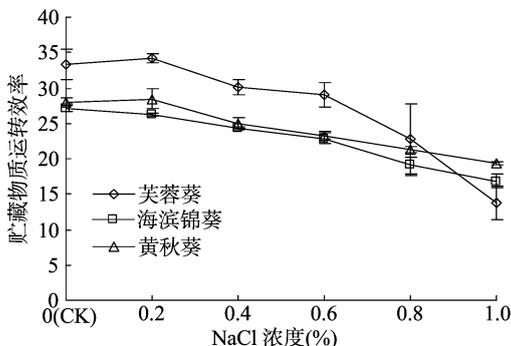


图2 盐胁迫对3种植物种子的储藏物质运转效率的影响

储藏物质运转效率稍大于对照,表明低浓度盐促进种子生长。在 NaCl 浓度 > 0.2% 时,3 种植物种子储藏物质运转效率均呈下降趋势。在 NaCl 浓度为 0.2% ~ 0.6% 时,芙蓉葵的贮藏物质运转效率明显大于黄秋葵和海滨锦葵,表明它在 0.6% 盐浓度内的耐盐性最强。当 NaCl 浓度达到 0.8%、1.0% 时,芙蓉葵的贮藏物质运转效率急速下降,而海滨锦葵

和黄秋葵下降趋势比较缓和,黄秋葵的种子储藏物质运转效率大于海滨锦葵,表明在高浓度盐胁迫下,黄秋葵的耐盐性 > 海滨锦葵 > 芙蓉葵。

2.5 盐胁迫对3种植物种子相对干质量含水量的影响

芙蓉葵和黄秋葵的萌发种子、胚根和胚轴的相对干质量含水量变化基本一致,随着盐胁迫的增大,均呈现先上升后下降的趋势,表明低浓度盐胁迫对种子、胚根和胚轴的生长有促进作用。由表3可以看出,芙蓉葵在 ≤ 0.6% 盐浓度处理下的种子、胚根和胚轴相对干质量含水量均无显著差异,表明其种子、胚根和胚轴的生长对 ≤ 0.6% 的盐胁迫不敏感。而且在这个浓度范围内芙蓉葵的种子、胚根和胚轴的相对干质量含水量均大于海滨锦葵和黄秋葵。海滨锦葵的种子和胚根相对干质量含水量随着盐胁迫的增大在一定范围内呈现下降的趋势,胚轴的相对干质量含水量呈现先上升后下降的趋势。从表3还可以看出,在 NaCl 浓度为 1.0% 时,黄秋葵的种子、胚根和胚轴相对干质量含水量均大于芙蓉葵和海滨锦葵,说明在高浓度盐胁迫下,黄秋葵的耐盐性最强。

表3 盐胁迫对3种植物种子相对干质量含水量的影响

类别	盐分浓度 (%)	相对干质量含水量 (%)		
		芙蓉葵	海滨锦葵	黄秋葵
种子	0(CK)	14.5 ± 0.9a	8.6 ± 0.6a	6.8 ± 0.8a
	0.2	15.4 ± 0.6a	8.2 ± 0.5a	7.8 ± 0.7a
	0.4	15.0 ± 1.3a	7.4 ± 0.3ab	6.5 ± 0.5a
	0.6	14.1 ± 1.3a	6.3 ± 0.5b	7.7 ± 0.3a
	0.8	9.3 ± 2.2b	5.0 ± 0.3c	6.0 ± 0.5a
	1.0	2.6 ± 1.7c	4.7 ± 0.2c	6.1 ± 0.1a
胚根	0(CK)	17.2 ± 0.9a	9.3 ± 0.8a	9.9 ± 1.4ab
	0.2	17.3 ± 0.9a	8.1 ± 0.7ab	11.2 ± 1.1a
	0.4	18.7 ± 1.5a	7.6 ± 0.5ab	9.8 ± 0.6ab
	0.6	16.3 ± 1.2a	7.8 ± 0.7ab	9.4 ± 0.2ab
	0.8	11.0 ± 1.6b	7.3 ± 0.3b	7.7 ± 0.9b
	1.0	5.0 ± 2.9c	7.5 ± 0.3ab	7.6 ± 0.2b
胚轴	0(CK)	16.4 ± 1.2a	12.0 ± 0.7ab	13.5 ± 0.8a
	0.2	19.1 ± 0.4a	13.1 ± 0.7a	13.6 ± 1.0a
	0.4	15.0 ± 1.5ab	10.7 ± 0.3b	12.9 ± 0.4ab
	0.6	14.4 ± 1.2ab	8.8 ± 0.5c	11.1 ± 1.0bc
	0.8	10.4 ± 2.2b	7.9 ± 0.3c	10.9 ± 0.4bc
	1.0	2.3 ± 2.3c	7.6 ± 0.2c	10.0 ± 0.1c

表4 3种植物种子耐盐能力的综合评价结果

植物种子来源	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	胚根长	胚轴长	储藏物质运转效率	隶属度平均值	位次
芙蓉葵	0.26	0.39	0.44	0.52	0.49	0.41	0.31	0.40	3
海滨锦葵	0.42	0.45	0.47	0.46	0.31	0.48	0.43	0.43	2
黄秋葵	0.36	0.39	0.54	0.63	0.61	0.61	0.47	0.52	1

盐胁迫对种子萌发的影响是复杂的。本研究表明:盐胁迫下光照对3种植物种子的萌发有明显的促进作用。低浓度盐胁迫对芙蓉葵种子萌发有促进作用,对海滨锦葵和黄秋葵种子萌发影响不大,这与低浓度盐可促进细胞膜的渗透调节和刺激呼吸酶,从而能促进种子萌发的研究结果相符^[17]。3种园林绿化植物均具有较好的耐盐性,在0.6%盐浓度下均能正常萌发,在高盐浓度胁迫下,3种植物种子萌发受到不同程度的抑制,品种间有显著差异。当NaCl胁迫浓度 $\geq 0.8\%$ 时,综合分析发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数等指标,得出黄秋葵的耐盐性最强,其次是海滨锦葵和芙蓉葵,表明黄秋葵对高浓度盐胁迫的耐受能力有一定适应性。3种锦葵科植物均能在轻度盐渍化生境(0.4% NaCl)中生长,可作为园林绿化植物在河北盐碱地区试栽应用,观察其适应性。

参考文献:

- [1] 裘丽珍,黄有军. 不同耐盐性植物在盐胁迫下的生长与生理特性比较研究[J]. 浙江大学学报,2006,32(4):420-427.
- [2] 刘会超,孙振元. NaCl胁迫下对五叶地锦生长及某些生理特性的影响[J]. 林业科学,2004,40(6):64-67.
- [3] 曹辉,于晓英,邱收,等. 盐胁迫对萱草生长及其相关生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2007,33(6):690-693.
- [4] 张立宾,宋日荣,吴霞. 柽柳的耐盐能力及其对滨海盐渍土的改良效果研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(13):5424-5426.
- [5] 何俊星,何平,张益锋,等. 温度和盐胁迫对金荞麦和荞麦种子萌发的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2010,35(3):181-185.
- [6] 杨永利,徐君,富东英,等. 滨海重盐渍荒漠化地区生态重建生

2.6 3种锦葵科植物种子耐盐性的综合评价

植物的耐盐机制受到多因素的影响,不能仅从单方面去研究抗盐能力,应采用尽可能多的指标来综合评价。本试验采用目前广泛应用的抗逆性综合评定方法和隶属函数法,选用发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚根长、胚轴长和种子储藏物质运转效率7项指标进行综合评价(表4),对各个耐盐性指标的隶属函数值进行累加,求取平均值,平均值越大,其耐盐性越强。综合评价结果表明,3种锦葵科植物种子的耐盐潜力由强到弱依次为黄秋葵>海滨锦葵>芙蓉葵,黄秋葵种子表现出较强抗性,与前述分析结果基本一致。

3 讨论和结论

早期植物耐盐性鉴定和品种耐盐性选择是建立在种子萌发的基础上进行的^[15]。种子能够在盐胁迫条件下萌发,说明种子具有潜在的耐盐性^[16]。目前,在研究种子耐盐能力大小上所使用的指标主要有种子发芽率、种子发芽势、发芽指数及活力指数等。本试验在设置的6个不同浓度梯度的NaCl溶液胁迫下,以3种园林绿化植物芙蓉葵、海滨锦葵和黄秋葵为材料,研究光照和黑暗条件下3种植物种子的萌发特性。

- [7] 伏兵哲,兰剑,李小伟,等. PEG-6000早胁迫对16个苜蓿品种种子萌发的影响[J]. 种子,2012,31(4):10-14.
- [8] 刘宝玉,张文辉,刘新成,等. 沙枣和柠条种子萌发期耐盐性研究[J]. 植物研究,2007,27(6):721-728.
- [9] 陈文,马瑞君,王桔红,等. 盐和PEG模拟干旱胁迫对沙米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(4):113-119.
- [10] 尹增芳,何祯祥,王丽霞,等. NaCl胁迫下海滨锦葵种子萌发和幼苗生长过程的生理特性变化[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(1):14-17.
- [11] 何佳倩,吴卫国,钦佩,等. 磁处理对盐渍条件下海滨锦葵种子萌发的生理生化影响[J]. 中国油料作物学报,2010,32(2):257-262.
- [12] 邢燕霞,黄韞宇,齐燕,等. NaCl胁迫下黑麦草种子萌发过程中DNA甲基化与基因表达分析[J]. 草地学报,2014,22(2):365-374.
- [13] 穆静,刘小京,徐进,等. 氮素对NaCl胁迫下甜高粱种子萌发及芽苗生长与生理的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(10):1303-1309.
- [14] 刘华山,李玉玲,王德勤,等. 不同S₂₂基因型玉米种子萌发过程中的生理生化特性变化[J]. 植物生理学通讯,1999,35(1):15-17.
- [15] 徐柱文. NaCl胁迫下五种一年生苜蓿的耐盐性比较研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2006.
- [16] 张苏江,江承凤,李艳霞. NaCl胁迫对4种豆科牧草种子萌发的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2006(3):13-15.
- [17] 王庆亚,刘敏,张守栋,等. 盐胁迫对盐角草种子萌发与幼苗生长效应的研究[J]. 江苏农业科学,2002(2):69-71.