

李威,张曦,谭勇,等. 盐胁迫对不同品种红花种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):229-232.

# 盐胁迫对不同品种红花种子萌发和幼苗生长的影响

李威<sup>1</sup>,张曦<sup>2</sup>,谭勇<sup>2,3</sup>,周玲玉<sup>2</sup>,王恒<sup>2</sup>,陈文<sup>2,3</sup>

(1. 石河子大学生命科学学院,新疆石河子 832000; 2. 石河子大学药学院,新疆石河子 832000;

3. 新疆特种植物药资源省部共建教育部重点实验室,新疆石河子 832002)

**摘要:**对不同品种红花种子进行 50~350 mmol/L NaCl 溶液处理,测定其种子萌发率、相对萌发率、萌发势、相对萌发势和发芽指数等。研究表明:随着盐浓度的增大,3 个品种红花种子的萌发率、相对萌发率、萌发势、相对萌发势、发芽指数和活力指数明显降低。胚根长度、胚芽长度随盐浓度升高明显降低,相对盐害率明显增强。3 个品种红花种子的萌发率、幼苗长度、发芽指数和活力指数与盐浓度呈极显著负相关。通过萌发率和盐浓度线性回归方程得到 3 个红花的耐盐性阈值。综合比较,耐盐性表现最强的红花品种是裕民无刺,其次是新红 4 号和吉红 1 号。

**关键词:**红花;氯化钠;胁迫;发芽率;幼苗生长

**中图分类号:** S567.210.34 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0229-03

我国的盐碱地面积广大。新疆处于我国内陆,由于气候干旱,淋溶作用弱,地下水蒸发强烈,把水中所含的盐分留在土壤表层。由于降水很少,不能把这些盐分排走,所以土壤表层的盐分积累越来越多。土壤盐渍化是一个世界性的资源与生态问题<sup>[1]</sup>。干旱及不合理耕作等因素导致了耕地次生盐渍化日益加重,土壤盐渍化已成为限制农作物产量进一步提高的重要环境因子之一<sup>[2]</sup>。因此在新疆提高作物的耐盐性和利用作物治理盐渍土壤是未来农业的重要课题。

红花(*Carthamus tinctorius* L.)是菊科红花属一年生草本,在我国有 1 300 多年的栽培历史,在传统中多作药用。红花在新疆种植面积最大、产量也最大,现已成为一种集药材、油料、染料和饲料为一体的特种经济作物。红花具有耐旱、耐寒、耐盐碱、耐贫瘠、适应性强的特征<sup>[3]</sup>。关于油菜、小麦、辣椒等种子的萌发及抗盐性已有研究报道<sup>[4-6]</sup>,而关于盐胁迫对红花种子发芽及其生理变化的报道颇少<sup>[7]</sup>。本试验研究盐逆境下红花生长发育的响应特征,比较这些品种耐盐性强弱,为红花耐盐新品种的选育和盐碱地栽培提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料

供试的 3 个红花品种:吉红 1 号、新红 4 号、裕民无刺,种子均由亚宝药业新疆红花发展有限公司提供。

### 1.2 种子萌发试验

种子萌发试验在新疆石河子大学新疆特种植物药资源重点实验室进行,以分析纯 NaCl 溶液来模拟盐胁迫。选取 3 个品种大小一致且饱满、形态相似的试验种子用 0.1% 的 HgCl<sub>2</sub>

消毒 6 min,用无菌水冲洗 4 次,取出种子晾干。试验设置 0(CK,无菌水)、50、150、250、350 mmol/L 等 5 个 NaCl 浓度梯度,每个培养皿加 5 mL 处理液,将 50 粒种子(称量干重)整齐地排在垫有 2 层充分湿润滤纸、直径为 900 mm 的培养皿中,每个品种每个梯度处理重复 5 次,加盖后置于培养箱(GXZ 型光照培养箱,宁波东南仪器有限公司产品)内,(25±1.0)℃避光催芽。每天早、中、晚用移液管各向培养皿中加入 1 mL 相应的处理溶液,每 2 d 更换 1 次滤纸。连续培养观察 7 d,每天记录正常发芽的种子(以突破种皮的胚轴长度达到种子自身长度的一半为萌发)数目,计算种子的发芽率、发芽指数和活力指数,发芽结束后,每个培养皿中选取 5 株发芽较早且生长较好的幼苗共 25 株,用直尺测量根长和芽长,求其平均值。

各个指标计算如下:萌发率(GP)=(萌发终期全部正常萌发的种子数/供试种子总数)×100%;萌发势(GE)=前 3 d 发芽种子数/种子总数×100%;发芽指数(GI)= $\sum G_t/D_t$ ,式中, $G_t$ 为不同发芽时间  $t$  的发芽率; $D_t$ 为不同的发芽试验天数(d);相对萌发率=NaCl 处理组萌发率/对照组萌发率×100%;相对萌发势=NaCl 处理组萌发势/对照组萌发势×100%;相对盐害率=(对照组萌发率-NaCl 处理萌发率)/对照组萌发率×100%;根芽比(R/P)=胚根长度/胚芽长度<sup>[8]</sup>;活力指数(GVI)= $G_t I = \sum G_t/D_t \times S_x$ , $S_x$ 为幼苗的平均长度,幼苗长度=根芽+胚根(长度单位:cm);耐性临界值和极限值的计算依据文献<sup>[9]</sup>。

### 1.3 数据分析

利用 SPSS 17.0 和 Excel 2003 对上述有关数据进行进行处理和分析(采用 LSD test 在 0.05 水平进行比较),用 Excel 2003 进行制图。

## 2 结果和分析

### 2.1 NaCl 胁迫对红花种子萌发率、相对萌发率、萌发势、相对萌发势、发芽指数以及相对盐害率的影响

由表 1 和表 2 可知,NaCl 胁迫对 3 个品种红花种子的萌发率有影响。在 NaCl 处理浓度为 50、150 mmol/L 时,对萌发

收稿日期:2013-02-16

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011DAI05B05);国家自然科学基金(编号:81260611)。

作者简介:李威(1986—),男,辽宁建平人,硕士研究生,研究方向药用植物资源与天然产物化学。E-mail:dykzsy@gmail.com。

通信作者:谭勇,博士,教授,硕士生导师,研究方向药用植物资源与天然产物化学。E-mail:xjtany@yahoo.com.cn。

率影响不大;NaCl浓度为150 mmol/L时,只有吉红1号的相对萌发率下降显著;吉红1号和裕民无刺红花种子在NaCl浓度为50 mmol/L时比对照有更高的萌发率,说明低浓度的NaCl对部分品种红花的种子萌发有促进作用。当NaCl浓度 $\geq$ 150 mmol/L时,3个品种红花种子的萌发率有不同程度的下降,NaCl浓度为250、350 mmol/L时的萌发率差异都达到显著水平。同一NaCl浓度下,3个品种红花种子的萌发率和相对萌发率并无显著性差异。

NaCl胁迫对红花种子的萌发势影响比萌发率的影响更为明显(表1)。NaCl处理浓度为50 mmol/L时,除新红4号萌发势略有上升外,其他品种均有所下降,但未达显著性差异,以后随处理浓度增加,萌发势都有所下降,但不同品种下降程度不同。通过相对萌发势(表2)的比较,在盐浓度为350 mmol/L时,3个品种红花之间差异性显著,从大到小依次为新红4号、吉红1号、裕民无刺。

发芽指数不仅包括发芽的种子数,而且强调发芽速度和

整齐度,与种子活力呈正相关关系,其值越大,种子的活力越高<sup>[9]</sup>。由表1可知,随着盐胁迫浓度增大,发芽指数呈下降趋势,只有在NaCl浓度为50 mmol/L时的发芽指数与CK无显著性差异( $P>0.05$ ),下降趋势和萌发率基本一致,唯一不同的是发芽指数下降更显著。经检测,发芽指数与盐浓度梯度呈极显著负相关关系(吉红1号 $r = -0.980$ ,新红4号 $r = -0.967$ ,裕民无刺 $r = -0.982$ )。同一NaCl浓度下,CK组的裕民无刺的发芽指数较高;NaCl浓度为50 mmol/L时,新红4号略低于其他2个品种;其余浓度下3个品种红花种子的发芽指数并无显著性差异。

由表2可知,随NaCl浓度增加,3个品种红花种子萌发的相对盐害率上升,但3个品种的上升趋势不同,吉红1号在NaCl浓度150、350 mmol/L时,相对盐害率显著升高;新红4号在NaCl浓度350 mmol/L时才呈显著上升;裕民无刺在NaCl浓度250、350 mmol/L时都显著上升。但三者在同一浓度NaCl下所受伤害无显著性差异。

表1 NaCl胁迫下3个品种红花种子萌发率、萌发势和萌发指数的影响

NaCl浓度 (mmol/L)	萌发率(%)			萌发势(%)			发芽指数		
	吉红1号	新红4号	裕民无刺	吉红1号	新红4号	裕民无刺	吉红1号	新红4号	裕民无刺
0	92.8Aa	87.6Aa	93.2Aa	90.4Aab	84.0Ab	92.0Aa	36.27Ab	33.25Ab	42.60Aa
50	92.0Aa	88.4Aa	92.0Aa	89.2Aa	85.6Aa	90.0Aa	36.62Aa	31.03Ab	39.90Aa
150	83.6Ba	85.2Aa	90.4Aa	81.6Ba	80.8ABa	87.2Aa	23.86Ba	24.40Ba	26.23Ba
250	85.2Ba	84.0Aa	79.2Ba	75.2Ca	75.2Ba	76.0Ba	18.68Ca	17.66Ca	18.92Ca
350	59.2Ca	53.2Ba	53.2Ca	20.8Db	10.8Cc	38.4Ca	8.66Da	6.35Da	8.97Da

注:表中同列不同大写字母表示不同NaCl浓度处理间差异极显著( $P<0.01$ ),同行不同小写字母表示相同处理下各品种间差异显著( $P<0.05$ )。表2、表4同。

表2 NaCl胁迫下3个品种红花种子相对萌发率、相对萌发势及相对盐害率

NaCl浓度 (mmol/L)	相对萌发率(%)			相对萌发势(%)			相对盐害率(%)		
	吉红1号	新红4号	裕民无刺	吉红1号	新红4号	裕民无刺	吉红1号	新红4号	裕民无刺
50	99.1Aa	101.6Aa	97.9Aa	1.33Da	-1.90Ca	2.17Ca	0.9Ca	-1.6Ba	2.1Ca
150	90.1Ba	97.8Aa	97.0Aa	9.73Ca	3.81BCa	5.22Ca	9.9Ba	2.2Ba	3.0Ca
250	91.9Ba	96.9Aa	85.0Ba	16.81Ba	10.48Ba	17.39Ba	8.1Ba	3.1Ba	15.0Ba
350	63.8Ca	61.4Ba	57.1Ca	76.99Ab	87.14Aa	58.26Ac	36.2Aa	38.6Aa	42.9Aa

## 2.2 NaCl胁迫对根芽比的影响

由表3可见,NaCl胁迫后红花的胚根长度和胚芽长度都变短了,胚根长度下降较快,胚芽长度下降较慢,二者都与NaCl浓度呈负相关。而3个品种红花的根芽比随胁迫浓度的总趋势也是一致的。对照根芽比很高,吉红1号和新红花4号差异不显著,二者显著高于裕民无刺的根芽比;NaCl浓度

50 mmol/L时,根芽比都下降;150 mmol/L时三者的根芽比大幅度上升,裕民无刺的根芽比甚至超过了空白对照;到250 mmol/L时,吉红1号和裕民无刺根芽比下降,而新红4号上升到和对照根芽比同等水平;350 mmol/L时,3品种均下降到较低水平。从根芽比的总体来看新红4号最大,其次是裕民无刺。

表3 NaCl胁迫下3个品种红花根芽比

NaCl浓度 (mmol/L)	吉红1号			新红4号			裕民无刺		
	胚根(mm)	胚芽(mm)	根芽比	胚根(mm)	胚芽(mm)	根芽比	胚根(mm)	胚芽(mm)	根芽比
0	66.92 $\pm$ 4.47	43.40 $\pm$ 2.68	1.64 $\pm$ 1.28a	66.64 $\pm$ 4.40	42.36 $\pm$ 1.59	1.61 $\pm$ 0.12a	51.88 $\pm$ 4.89	43.40 $\pm$ 1.89	1.23 $\pm$ 0.11b
50	26.00 $\pm$ 2.03	33.96 $\pm$ 1.29	0.78 $\pm$ 0.29b	23.04 $\pm$ 1.50	32.96 $\pm$ 1.56	0.72 $\pm$ 0.05b	29.76 $\pm$ 2.24	30.60 $\pm$ 2.29	1.02 $\pm$ 0.07a
150	16.64 $\pm$ 1.04	14.36 $\pm$ 0.74	1.22 $\pm$ 0.09b	19.48 $\pm$ 1.40	13.80 $\pm$ 0.71	1.47 $\pm$ 0.11a	21.12 $\pm$ 1.22	12.92 $\pm$ 0.72	1.78 $\pm$ 0.15a
250	6.52 $\pm$ 0.32	6.16 $\pm$ 0.21	1.09 $\pm$ 0.07b	8.08 $\pm$ 0.43b	5.12 $\pm$ 0.16	1.63 $\pm$ 0.11a	4.32 $\pm$ 0.2	4.72 $\pm$ 0.42	1.16 $\pm$ 0.13b
350	1.55 $\pm$ 0.15	2.15 $\pm$ 0.18	0.75 $\pm$ 0.04a	1.49 $\pm$ 0.12	1.89 $\pm$ 0.12	0.80 $\pm$ 0.05a	1.49 $\pm$ 0.12	1.92 $\pm$ 0.14	0.74 $\pm$ 0.09a

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 2.3 NaCl胁迫对幼苗长度和活力指数的影响

由表4和图1可知,3个品种红花的幼苗长度随NaCl浓

度而变短。在所有NaCl浓度胁迫中,只有250 mmol/L时,吉红1号显著高于新红4号和裕民无刺,其他浓度梯度下各品

种苗长无显著差异。幼苗长度随 NaCl 浓度增大显著降低,只有品种新红 4 号和裕民无刺在 350 mmol/L 下的苗长与 250 mmol/L 下的苗长未达到显著差异。相关性分析得出:

3 个品种红花幼苗长度都与 NaCl 浓度梯度呈极显著负相关(吉红 1 号  $r = -0.871$ ; 新红 4 号  $r = -0.860$ , 裕民无刺  $r = -0.872$ )。

表 4 NaCl 胁迫对 3 个品种红花活力指数的影响

NaCl 浓度 (mmol/L)	幼苗长度(mm)			活力指数		
	吉红 1 号	新红 4 号	裕民无刺	吉红 1 号	新红 4 号	裕民无刺
0	109.00Aa	110.32Aa	95.28Aa	400.09Aa	362.42Ab	405.89Aa
50	56.00Ba	59.96Ba	60.36Ba	219.57Ba	173.77Bb	240.84Ba
150	33.28Ca	31.00Ca	34.04Ca	73.98Cb	81.19Cab	89.29Ca
250	13.20Da	9.68Db	9.04Db	18.09Db	23.31Da	17.10Db
350	3.38Ea	3.69Da	3.12Da	3.20Ea	2.15Dc	2.80Db

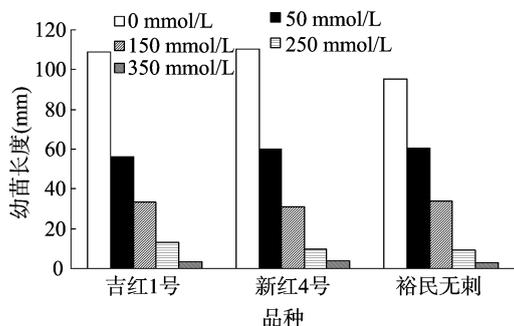


图 1 NaCl 胁迫对 3 个品种红花幼苗长度的影响

活力指数是体现种子萌发整齐度和幼芽健壮度的指标<sup>[10]</sup>。3 个品种红花随盐浓度升高活力指数显著降低,品种之间的差异性不同(表 4 和图 2);活力指数与 NaCl 浓度呈极显著负相关(吉红 1 号  $r = -0.904$ , 新红 4 号  $r = -0.986$ , 裕民无刺  $r = -0.919$ )。裕民无刺总体活力指数最强,新红 4 号次之。

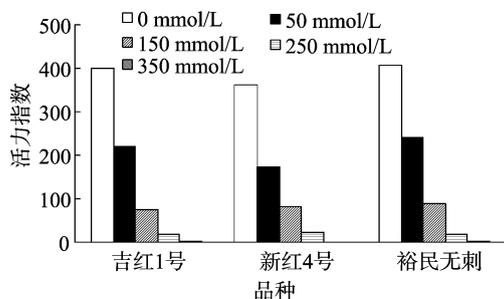


图 2 NaCl 胁迫对 3 个品种红花活力指数的影响

#### 2.4 3 个品种红花种子萌发率耐盐临界值和极限值的确定

NaCl 溶液处理的 3 个品种红花种子的萌发率与对应盐溶液作相关分析,NaCl 浓度与萌发率均呈极显著负相关(表 5)。本研究建立了 3 个品种红花种子的萌发率与 NaCl 浓度

表 5 3 个品种红花种子的萌发率与 NaCl 浓度的相关性及其耐性临界值和极限值

品种	回归方程	相关系数	耐性临界值 (mmol/L)	极限值 (mmol/L)
吉红 1 号	$y = -0.0008x + 0.9600$	-0.845**	575.000	887.500
新红 4 号	$y = -0.0008x + 0.9319$	-0.740**	539.875	852.375
裕民无刺	$y = -0.0011x + 0.9824$	-0.870**	438.545	665.818

注:\*\*表示相关系数达到 0.01 显著水平。

的线性回归方程,相关系数  $\leq -0.740$ 。以 50% 和 25% 萌发率所对应的 NaCl 浓度作为 3 个品种红花种子的耐性临界值和极限值,据回归方程可求出。

### 3 讨论

盐胁迫是影响植物生长、降低产量的主要逆境因素之一<sup>[11]</sup>。Chartzoulakis 等研究表明,盐分抑制种子萌发,其抑制程度随着盐浓度的提高而增大<sup>[12]</sup>。该研究在实验室利用 NaCl 溶液模拟一定浓度的盐溶液对 3 个品种红花种子萌发的影响,综合盐胁迫对种子萌发的影响,结果表明,低浓度胁迫对红花种子萌发有促进作用,这与于晓丹等的研究结果即一定的低盐浓度对种子萌发具有促进作用<sup>[13]</sup>一致。赵可夫认为可能是盐离子刺激呼吸酶作用的结果,也可能是低盐浓度能促进种子细胞膜渗透调节作用<sup>[14]</sup>。研究表明随着 NaCl 胁迫浓度的增大,对种子萌发的抑制作用明显增强<sup>[15]</sup>,种子萌发率与盐浓度之间呈极显著负相关。相对盐害率的大小反映了盐溶液对红花种子萌发率的影响程度。相对盐害率的数值越大,说明红花种子受到的伤害越重,越不易萌发和生长。本试验室中,随着盐浓度的增大红花种子的相对盐害率都呈上升趋势,盐浓度越高,伤害越重,越抑制种子萌发进程。相同盐浓度下,3 个品种红花的相对盐害率无显著性差异。种子的发芽势、发芽指数等均随着盐浓度的增加呈现降低趋势。

盐分胁迫对植物最普遍和最显著的效应就是抑制生长<sup>[16]</sup>。于美玲等关于 NaCl 胁迫对不同品种红花耐盐性进行比较研究,红花耐盐性的大小顺序为:太空一号 > 菏泽短刺 > 义县红花 > 封丘红花 > 白沙一号 > 陕红花 > 南阳红花 > 白沙二号 > 亳州红花 > 虞城红花 > 云红三号 > 酒泉红花 > 川红花 > 宁夏红花 > 延津红花 > 新疆有刺 > 安国红花 > 延津大红袍 > 刺红花 > 新疆无刺;红花的发芽指数、幼苗长度和活力指数均与盐浓度呈极显著负相关,相关系数  $\leq -0.86$ 。盐胁迫降低了胚根和胚芽的长度,并且盐浓度越高,胚根和胚芽受伤越大,伤害率上升越快<sup>[17-18]</sup>。幼苗是主要靠胚根吸收水分,所以根芽比一定程度上反映了幼苗的生长状况。本研究表明红花胚根比胚芽对盐胁迫更敏感,所以出现低浓度 NaCl 时的根芽比降低,而后随盐浓度增高根芽比又上升,最终高浓度的 NaCl 又导致根芽比降低到较低水平,胚根的吸水能力减弱,胚芽生长不良。所以统计根芽比对种子萌发和幼苗生长很有意义。

朱波,施林妹,徐象华,等. 不同遮盖方式对番红花生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):232-233.

# 不同遮盖方式对番红花生长发育的影响

朱波<sup>1</sup>,施林妹<sup>2</sup>,徐象华<sup>1</sup>,潘永年<sup>1</sup>

(1. 浙江省丽水市农业科学研究院,浙江丽水 323000; 2. 丽水职业技术学院,浙江丽水 323000)

**摘要:**为高效栽培优质番红花,研究了不同遮盖方式对番红花生长发育的影响。结果表明,不同遮盖方式(遮阳、覆草、覆草+遮阳)下番红花种球生长与花朵性状存在差异。大田栽培番红花采取遮盖处理能促进番红花种球生长,提高种球与柱头产量,各遮盖方式中以覆草不遮阳处理效果最好。

**关键词:**番红花;生长发育;遮盖方式

**中图分类号:** S567.23<sup>+</sup>9.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0232-02

番红花(*Crocus sativus* L.)别名藏红花、西红花,系鸢尾科番红花属植物,花柱上部及柱头入药,被称为植物黄金,具有活血化瘀,凉血解毒,解郁安神等功效<sup>[1-3]</sup>。原产于地中海沿岸西班牙、希腊、印度、伊朗、法国等,我国药用主要靠进口,自1965年和1980年2次引种,现上海、江苏、浙江、江西、福建、北京、新疆等地均有栽培<sup>[4]</sup>。温度与光照是影响植物生长发育的主导因素<sup>[5]</sup>。为此,我们探索不同遮盖方式对番红花生长发育的影响,以期的高效栽培优质番红花提供依据。

收稿日期:2013-01-25

基金项目:浙江省公益性技术应用项目(编号:2011C22089)。

作者简介:朱波(1986—),男,浙江丽水人,硕士,从事药用植物栽培与育种研究工作。E-mail: aurora0119@163.com。

本研究表明在盐胁迫下,3个品种红花种子萌发和植株生长均受到伤害,但它们受伤害程度和盐阈值明显不同,如果优化回归方程,预测可以更准确。最终耐盐性表现最强的是裕民无刺,其次是新红4号。由于植物耐盐性是一个极为复杂的生理过程,关于红花的耐盐机制仍需进一步深入研究。

## 参考文献:

[1]王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993:325-344.

[2]张永峰,殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学,2008,16(6):83-85.

[3]王果平,帕丽达,李晓瑾,等. 药用植物红花新疆产地适应性数值分析[J]. 中国民族民间医药,2010,19(23):49-50.

[4]王冀川,徐雅丽,姜莉. 盐胁迫对油葵种子活力和幼苗生理生化特性的影响[J]. 种子,2004,23(5):18-20.

[5]王芳,朱军,布如力,等. 盐胁迫对新疆两个小麦品种种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 新疆农业大学学报,2007,30(1):1-5.

[6]杨建伟,刘征,杜丽,等. 盐胁迫对三樱椒种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(2):120-122.

[7]高武军,于美玲,邓传良,等. NaCl胁迫对6种红花幼苗渗透调节物质及抗氧化系统的影响[J]. 武汉植物学研究,2010,28(5):612-617.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与仪器

供试番红花种球购买于安徽亳州中药材交易市场,于2011年11月全部种植于丽水市农业科学研究院中药材基地。试验仪器:FA1104分析天平(上海天平仪器厂产品);冲压成型电子台秤(无锡鼎恒计量衡器有限公司产品);DHG-9240电热鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司产品);TPJ-21型土壤温度记录仪(北京合众博普公司产品);AR-813A照度计(上海申雨洋实业有限公司产品)。

### 1.2 遮盖方式设计

遮盖处理设遮阳、覆草、覆草+遮阳3个处理,以不遮阳、覆草为对照。遮阳采用双层遮阳网,保证遮光率大于45%;覆草为干燥稻草,以遮盖土层露出叶子为宜。2012年3月份

[8]李文娆,张岁岐,山仑. 水分胁迫下紫花苜蓿和高粱种子萌发特性及幼苗耐旱性[J]. 生态学报,2009,29(6):3066-3074.

[9]李宏,程平,郑朝晖,等. 盐早胁迫对3种新疆造林树木种子萌发的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(7):1466-1473.

[10]许帼英. 盐胁迫对木地肤种子萌发及幼苗生长的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2008:1-50.

[11]刘玉艳,于凤鸣,曹慧颖,等. 盐胁迫对紫花地丁种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2011(5):82-84.

[12]Chartzoulakis K S, oupassaki M H. Effects of NaCl salinity on germination,rowth, as exchange and yield of greenhouse eggplant [J]. Agricultural Water Management,1997,32(3):215-225.

[13]于晓丹,杜菲,张蕴薇. 盐胁迫对柳枝稷种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草地学报,2010,18(6):810-815.

[14]赵可夫. NaCl抑制棉花幼苗生长的机理——盐离子效应[J]. 植物生理学报,1989,15(2):173-178.

[15]李尉霞,齐军仓,石国亮. NaCl胁迫对不同大麦品种种子发芽的影响[J]. 大麦与谷类科学,2007(1):22-25.

[16]Chanan H. Synthesis of plant growth regulators by roots [M]// Waise. Plant root. New York:Maroc Dekker Inc,1990:163.

[17]于美玲,邓传良,高武军,等. NaCl胁迫对河南道地红花幼苗生理特性影响[J]. 河南师范大学学报:自然科学版,2010,38(2):131-135.

[18]于美玲. 20个红花品种的耐盐生理及农艺性状的综合评价[D]. 新乡:河南师范大学,2010:4-6.