

李旭红,尹嘉敏,邱娜,等.盐分胁迫对不同品种籽瓜种子萌芽的影响[J].江苏农业科学,2019,47(6):114-118,126.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.025

盐分胁迫对不同品种籽瓜种子萌芽的影响

李旭红¹,尹嘉敏¹,邱娜¹,李章波²

(1.河套学院农学系,内蒙古巴彦淖尔 015000; 2.内蒙古真金种业科技有限公司,内蒙古鄂尔多斯 014300)

摘要:采用不同浓度 NaCl 溶液浸种、催芽的方法,探索盐分胁迫对不同品种籽瓜种子萌芽的影响。结果表明,在 0(对照)、30、60、90、120、150、180、210 mmol/L NaCl 溶液下处理 10 个籽瓜品种,并对它们的发芽情况、出芽后的生长情况进行测定,发现黑籽品种黑大片在萌发过程中较其他品种耐盐能力相对较强;红籽品种益民小红片的根系相对较发达。

关键词:籽瓜;种子萌发;盐分胁迫;发芽情况;生长情况;耐盐能力;根系

中图分类号: Q945.34;S651.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0114-05

籽瓜(*Citrullus vulgaris* L.)为葫芦科西瓜属普通西瓜种的栽培变种,是“籽用西瓜”的简称,别名“打瓜”^[1]。形状与西瓜类似,属低糖瓜类,是一种极具地域特色的农产品。梁琪等研究甘肃省不同产地籽瓜瓤皮成分,除了糖、纤维素、抗坏血酸等的优势外,籽瓜瓤皮中均有 18 种氨基酸存在,其中必需氨基酸以缬氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸含量较高^[2]。籽瓜不论是营养价值还是商品化开发价值都有不可小觑的潜力。

目前,不良环境因子的胁迫对各种作物产量的影响仍然很大,在这些环境因素中盐胁迫的影响相对严重。孙小芳等认为,NaCl 胁迫对棉花种子萌发的伤害包括渗透胁迫,离子毒害和盐分对淀粉酶活性的抑制^[3],这与陈月艳等在星星草上的研究结果^[4]相似。盐胁迫影响作物种子的发芽、根系和茎叶的发育,盐胁迫还致使组织水分亏缺、营养失衡、离子毒害而影响籽瓜生产,盐胁迫的影响可以不同程度地发生在作物的不同器官上。

全球性日益严重的土壤盐碱化是当今世界面临的危机之一。10 亿 hm² 的盐碱土约占世界陆地面积的 7.6%^[5]。我国为世界盐碱地大国之一,盐渍土面积为 0.27 亿 hm²^[6],约占耕地面积的 10%。现有的常规土壤改良方法投资大,耗时较长且浪费水资源。因此,了解盐害机理,提高作物的耐盐能力,提高盐碱土地作物产出,是有益于农业发展的可持续道路。本试验筛选出不同品种籽瓜种子在萌发过程中耐盐能力表现较强的品种种子,为实现盐碱地作物增产提供前期准备和理论依据。

1 材料与方法

本试验于 2015 年 7 月至 2016 年 12 月在河套学院农学实验室完成。试验以籽瓜品种金平果(黑籽)、益民小红片(红籽)、京成 7017(黑籽)、红瓜籽(红籽)、黑大板(黑籽)、红秀 1 号(红籽)、黑大片(黑籽)、金红 320(红籽)、黑中片(黑

籽)、红秀 2 号(红籽)共 10 个品种为材料,将化学纯试剂 NaCl 分别配制成 0(对照)、30、60、90、120、150、180、210 mmol/L 的溶液对材料进行浸种 12 h。让种子充分吸收水分,然后将培养皿垂直立起,倒出多余的溶液,保持种子的有氧呼吸。放入恒温箱内催芽,设光照 14 h,温度 25 ℃,光照度 60%;黑暗 10 h,温度 20 ℃。每天观察各品种籽瓜种子的发芽情况,记录发芽数、芽长、侧根数、幼苗质量以及电导率。电导率具体的测定方法:将盐分胁迫处理和未处理的籽瓜种子随机取 50 粒,3 次重复。用去离子水快速冲洗后,用滤纸吸去种子表面水分,将种子放入洁净的 100 mL 烧杯中,加入 80 mL 去离子水,以去离子水作空白对照,于 20 ℃恒温条件下浸泡 24 h,用电导仪(DDS-307)测定溶液电导率。再将种子及浸泡液置于沸水浴中 10 min,冷却后测定绝对电导率,并计算相对电导率=浸泡液电导率/绝对电导率×100%^[7]。

2 结果与分析

2.1 盐分胁迫对籽瓜种子萌发时间和萌发整齐度的影响

从图 1 至图 10 可以看出,10 个品种在所有盐浓度下均有发芽,随时间的增加发芽率呈上升趋势。不同品种在不同浓度盐胁迫下,累积发芽数随时间变化而变化的关系如下:金平果(黑籽)在 0、30、60 mmol/L 3 个浓度下处理后第 1 天即开始发芽,但发芽率较低,其余浓度处理下均自第 2 天起开始发芽。其发芽率在 0、30、60 mmol/L 3 个浓度下处理后第 5 天达到 85% 以上,第 8 天达 90% 以上,在 90、120、150 mmol/L 浓度下处理后第 6 天达到 75% 以上,在 180 mmol/L 浓度下处理后第 8 天达到 69.3%,而在 210 mmol/L 浓度下处理后第 8 天为 50%(图 1)。

益民小红片(红籽)在 60 mmol/L 浓度下处理后第 1 天开始发芽,在 210 mmol/L 浓度下推迟到第 4 天才开始发芽,其余浓度下处理后第 2 天均开始发芽。其发芽率在 0、30、60、90 mmol/L 浓度下处理后第 3 天都在 90% 以上,第 7 天时接近 100%;在 120、150 mmol/L 浓度处理下第 4 天显著增加,随后趋于平缓,第 7 天分别达到 85.33%、73.33%;籽瓜种子发芽率在 180、210 mmol/L 浓度下增加相对平缓,第 7 天分别达到 16.67%、37.33%(图 2)。

收稿日期:2017-10-07

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(编号:NJZY266)。

作者简介:李旭红(1980—),女,内蒙古赤峰人,硕士,讲师,从事园艺作物栽培学的教学及研究工作。E-mail:765095124@qq.com。

京成 7017(黑籽)除了在 210 mmol/L 浓度下于处理后第 2 天开始发芽外,其他浓度均第 1 天开始发芽。其发芽率在 0、30、60、90 mmol/L 浓度下都在 90% 以上,第 8 天时接近 100%;在 120、150 mmol/L 浓度下于第 2 天至第 4 天大幅增

加,随后趋于平缓,第 8 天分别达到 90.67%、88.00%;籽瓜种子发芽率在 180、210 mmol/L 浓度下增加相对平缓,第 8 天后分别达到 86.00%、76.67% (图 3)。

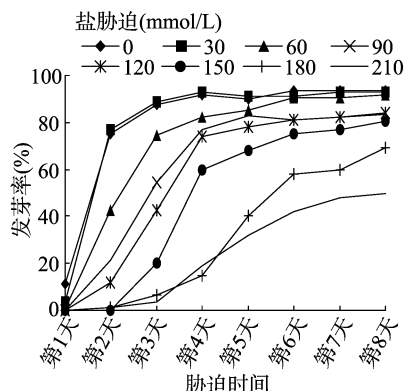


图1 金平果(黑籽)发芽数随时间的变化

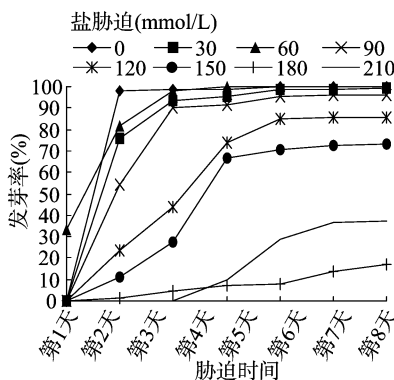


图2 益民小红片(红籽)发芽数随时间的变化

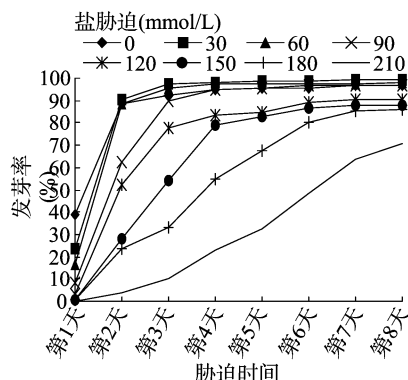


图3 京成7017(黑籽)发芽数随时间的变化

红瓜籽(红籽)在 0、30、60 mmol/L 浓度下处理后第 1 天开始发芽,其余处理于第 2 天开始发芽。其发芽率在 0、30、60、90 mmol/L 浓度下处理后第 4 天均达 90% 以上,第 8 天时接近 100%;在 120、150 mmol/L 浓度下增加趋势稳定,第 8 天分别达到 77.33%、59.33%;籽瓜种子发芽率在 180、210 mmol/L 浓度下于第 4 天至第 8 天出现相对大幅增加的趋势,第 8 天后分别达到 40%、18.67% (图 4)。

黑大板(黑籽)在低于 150 mmol/L 浓度下均于处理后第 2 天开始发芽,在 150 mmol/L 及以上浓度下处理后第 3 天开始发芽。其发芽率在 0、30、60 mmol/L 3 个浓度下处理后第 2 天即达到 90% 以上,第 8 天接近 100%;在 90、120、

150 mmol/L 3 个浓度下处理后第 2 天至第 5 天出现先大幅上升后趋于平缓的趋势,第 8 天达到 98%、96%、86.33%;在 180、210 mmol/L 浓度下自处理后第 3 天开始发芽,之后发芽率呈稳定上升趋势,第 8 天达到 69.33%、80.67% (图 5)。

红秀 1 号(红籽)在所有浓度下均于处理后第 2 天开始发芽,第 8 天所有浓度发芽率都偏低。各处理发芽率在第 2、第 3 天时增幅最大,随后趋于平稳。处理后第 7 天,其发芽率在 0、30、60、90 mmol/L 浓度下均在 40%~80% 之间,分别为 77.33%、68.67%、59.33%、48%;在 120、150、180、210 mmol/L 浓度下均低于 40%,分别为 26%、22.67%、17.33%、12% (图 6)。

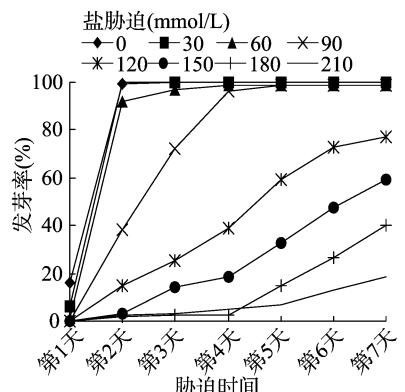


图4 红瓜籽(红籽)发芽数随时间的变化

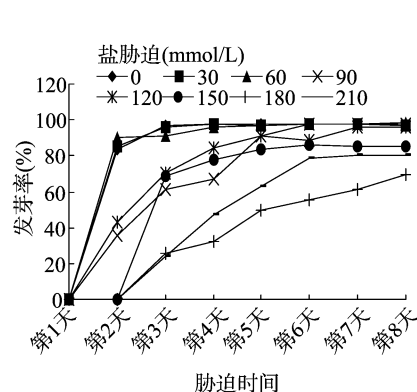


图5 黑大板(黑籽)发芽数随时间的变化

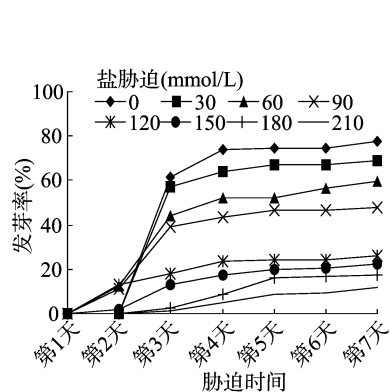


图6 红秀1号(红籽)发芽数随时间的变化

黑大片(黑籽)除 210 mmol/L 浓度外,其他处理均在第 1 天开始发芽。除了 210 mmol/L,其他浓度基本对发芽率无影响,处理后第 2 天增幅最大,第 5 天发芽率均高于 94%;在 210 mmol/L 浓度下处理后第 6 天发芽率也在 70% 以上,第 8 天达到 82% (图 7)。

金红 320(红籽)除在 210 mmol/L 以外的其他浓度下均从第 1 天开始发芽,210 mmol/L 浓度下发芽受到严重抑制,第 8 天后发芽率低于 50%。180 mmol/L 以下各处理的发芽率在第 3 天时即达到 90% 左右;处理第 7 天,180、120 mmol/L 浓度下的发芽率较低,分别为 70.67%、44.67% (图 8)。

黑中片(黑籽)在所有浓度下均于第 2 天开始发芽,第 8

天总体发芽率较高,最大处理浓度下的发芽率也大于 50%。各处理发芽率于第 2、第 3 天时大幅增加,其中发芽率在 0、30、60、90 mmol/L 浓度下处理后第 3 天时即大于 90%,第 8 天接近 100%。120、150、180、210 mmol/L 浓度下,处理后第 3 天发芽率变化趋势相近,发芽率数值差异较大,分别为 94%、88%、76%、56% (图 9)。

红秀 2 号(红籽)各处理均在第 2 天开始发芽,除 210 mmol/L 浓度外的其他浓度处理对其发芽率的影响均较小。找 180 mmol/L 以下浓度值处理后第 4 天时,其发芽率接近或高于 80%,第 6 天后发芽率都在 85% 以上;处理后第 8 天,其发芽率在 180 mmol/L 浓度下达到 80%,而在 210 mmol/L 浓度下仅为 38% (图 10)。

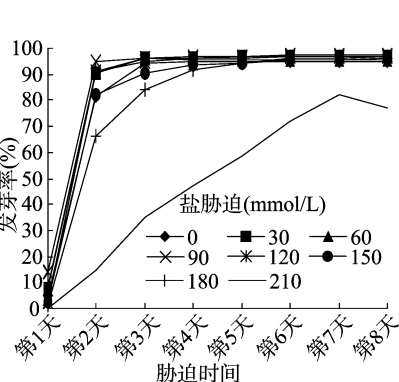


图7 黑大片(黑籽)发芽数随时间的变化

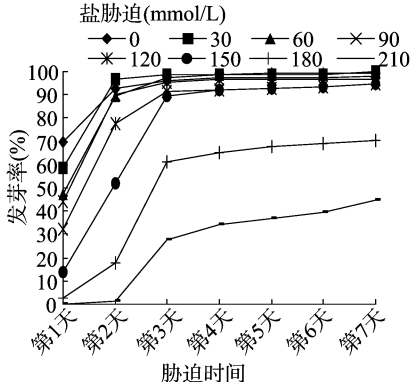


图8 金红 320(红籽)发芽数随时间的变化

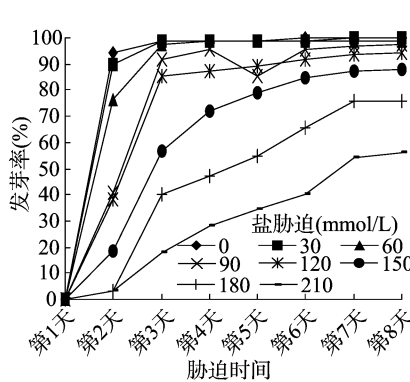


图9 黑中片(黑籽)发芽数随时间的变化

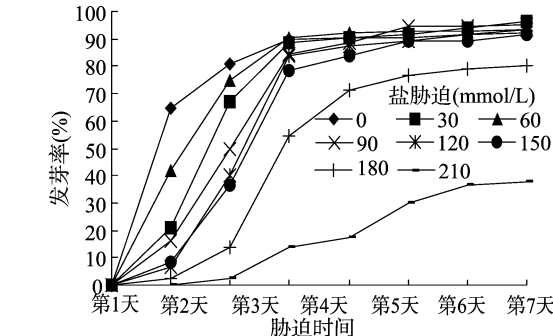


图10 红秀2号(红籽)发芽数随时间的变化

总之,随着盐浓度的增大,推迟了籽瓜种子的萌发时间,发芽率不断下降,同时严重影响了籽瓜种子萌发的整齐度。此外,还可以看出黑籽的盐耐受力 and 整齐度普遍强于红籽。红籽中益民小红片(红籽)在浓度 90 mmol/L 下表现良好;金红 320(红籽)在浓度 150 mmol/L 下发芽率和整齐度均较好,并且发芽用时较短;红秀 2 号(红籽)抗盐分胁迫也表现相对较好,但发芽率不及金红 320(红籽)。黑籽中黑大片(黑籽)发芽率和整齐度均是 10 个品种中相对最好的。

2.2 盐分胁迫对萌发的籽瓜种子侧根数的影响

萌发的籽瓜种子侧根数与水分、养分的吸收有关,根系发达有利于作物生长。从表 1 可以看出,在 NaCl 浓度为 30 mmol/L 溶液浸种条件下,益民小红片(红籽)、黑大片(黑籽)、金红 320(红籽)、黑中片(黑籽)侧根数明显多于其他品种。高浓度盐溶液环境下,各品种籽瓜种子侧根数的增加受到了严重的抑制。

表 1 盐分胁迫对萌发的籽瓜种子侧根数的影响

品种	各处理浓度下的侧根数(条)			
	0	30 mmol/L	60 mmol/L	90 mmol/L
金平果(黑籽)	14.20	13.53	5.27	2.00
益民小红片(红籽)	16.40	19.60	8.20	5.60
京成 7017(黑籽)	20.60b	8.33	7.93	2.40
红瓜籽(红籽)	16.44	12.10	7.67	3.67
黑大板(黑籽)	11.47	8.47	5.67	2.26
红秀 1 号(红籽)	16.47	16.53	11.47	5.53
黑大片(黑籽)	18.33e	18.93	10.40	5.66
金红 320(红籽)	13.87	16.80	10.73	1.93
黑中片(黑籽)	22.13	18.27	11.53	7.53
红秀 2 号(红籽)	17.80	11.27	4.067	2.40

2.3 盐分胁迫对籽瓜幼苗生长的影响

盐分胁迫不但影响籽瓜种子的发芽率,同时对出芽的质量也有所影响。出芽的质量对作物整个生长期的生长起到至关重要的作用,因此,出芽和幼苗相关指标是关系幼苗好坏的重要指标。地上部健壮与否直接影响和反映幼苗光合作用的能力,同时,籽瓜幼苗地上部干质量还可以反映出干物质的积累量。地下部则直接关系到水分和养分的吸收能力。相同苗龄的种子芽长也可以反映出不同处理下的成苗速度。

从表 2 可以看出,总体来说,所有品种的籽瓜种子在高浓度下均受到胁迫,生长受到严重抑制。在芽长方面,益民小红片(红籽)、黑大片(黑籽)以及黑中片(黑籽)在 0、30 mmol/L 低浓度盐分胁迫下明显优于其他品种以及其他盐分浓度的处理。籽瓜幼苗的地上部鲜质量方面,黑大片(黑籽)在 0、30 mmol/L 低浓度盐分胁迫下明显高于其他品种及其他处理。可见适量的盐分胁迫更有利于作物营养物质的积累。

2.4 盐分处理对籽瓜种子相对电导率的影响

种子浸出液电导率可以从侧面反映出该种子的种子活力。相对电导率与种子活力呈负相关关系,当相对电导率偏大时,表明组织液更容易进入浸种的去离子水中,也就是细胞膜更容易受到伤害,所以种子活力弱;反之同理。

从图 11 可以看出,盐浓度与相对电导率没有正相关关系,相对电导率的基本趋势是先降低再升高。所有红籽品种在盐浓度 0、30、60 mmol/L 低浓度下相对电导率均高于 180、210 mmol/L 高浓度下的相对电导率。高浓度盐分胁迫会增大金平果(黑籽)、京成 7017(黑籽)、黑大板(黑籽)、黑大片(黑籽)等品种籽瓜种子的相对电导率。不同品种的籽瓜种子均是在盐分处理的中间浓度下能保持相对较低的相对电导率和相对较高的种子活力。溶液浓度过低,更有利于细胞中物质自由扩散到浸种的溶液中;而盐分浓度过高,则可能导致胁迫甚至毒害。

3 结论与讨论

盐分胁迫是作物栽培中常遇到的一种灾害,也是影响设施栽培和盐碱地露地栽培的主要限制因子。在本试验中,不同盐分浓度处理下,不同品种间的发芽进度差异和变化幅度较大。随着盐浓度的增加,种子的萌发量减少,萌发率与处理盐浓度呈一定的负相关关系,低浓度盐降低种子的萌发速率,高浓度盐分对籽瓜种子的萌发具有明显的抑制作用。这一点与段德玉等研究碱蓬种子萌发效应的结果^[8]一致。盐胁迫对作物种

表 2 盐分胁迫处理下籽瓜幼苗生长的影响

品种	处理浓度 (mmol/L)	芽长 (g)	地上部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	地下部鲜质量 (g)	地下部干质量 (g)
金平果(黑籽)	0	4.07	1.10	0.42	0.14	0.03
	30	2.71	0.94	0.37	0.14	0.04
	60	2.77	0.91	0.40	0.13	0.03
	90	2.26	0.80	0.42	0.11	0.03
	120	1.85	0.69	0.41	0.08	0.02
	150	1.75	0.65	0.38	0.07	0.01
	180	1.39	0.59	0.39	0.04	0.01
	210	1.29	0.60	0.37	0.05	0.01
益民小红片(红籽)	0	3.95	0.82	0.26	0.45	0.03
	30	4.27	0.93	0.26	0.26	0.02
	60	2.13	0.57	0.27	0.13	0.02
	90	2.66	0.77	0.17	0.26	0.03
	120	1.77	0.51	0.27	0.08	0.02
	150	1.31	0.48	0.28	0.04	0.00
	180	1.28	0.47	0.28	0.02	0.00
	210	1.33	0.47	0.29	0.04	0.01
京成 7017(黑籽)	0	4.07	1.17	0.39	0.23	0.03
	30	2.57	0.88	0.38	0.18	0.02
	60	3.41	1.03	0.41	0.24	0.02
	90	2.41	0.88	0.40	0.18	0.02
	120	1.91	0.75	0.39	0.14	0.02
	150	2.06	0.74	0.40	0.10	0.01
	180	1.41	0.76	0.40	0.08	0.01
	210	1.41	0.68	0.41	0.07	0.01
红瓜籽(红籽)	0	3.67	0.87	0.31	0.09	0.02
	30	3.20	0.71	0.29	0.51	0.02
	60	2.65	0.68	0.33	0.07	0.01
	90	1.97	0.61	0.32	0.07	0.01
	120	1.54	0.52	0.30	0.05	0.01
	150	1.38	0.54	0.32	0.05	0.01
	180	1.39	0.53	0.33	0.53	0.01
	210	1.35	0.49	0.31	0.04	0.01
黑大板(黑籽)	0	3.16	1.09	0.29	0.14	0.03
	30	3.43	0.92	0.37	0.15	0.04
	60	2.87	0.89	0.39	0.13	0.02
	90	2.49	0.78	0.41	0.11	0.03
	120	1.92	0.67	0.41	0.08	0.01
	150	1.76	0.66	0.38	0.07	0.01
	180	1.38	0.59	0.39	0.04	0.01
	210	1.43	0.60	0.40	0.05	0.01
红秀 1 号(红籽)	0	3.32	0.51	0.24	0.11	0.02
	30	2.89	0.67	0.27	0.13	0.02
	60	2.83	0.53	0.22	0.12	0.02
	90	2.03	0.49	0.25	0.08	0.01
	120	2.06	0.47	0.27	0.06	0.01
	150	1.47	0.44	0.25	0.05	0.01
	180	1.55	0.39	0.27	0.04	0.01
	210	1.54	0.35	0.26	0.03	0.01
黑大片(黑籽)	0	5.27 ^a	1.86	0.51	0.18	0.04
	30	4.79	1.81	0.54	0.21	0.05
	60	3.84	1.44	0.58	0.19	0.03
	90	2.47	1.18	0.56	0.13	0.02
	120	2.44	1.13	0.53	0.10	0.02
	150	2.35	1.05	0.56	0.08	0.01
	180	2.15	1.01	0.56	0.09	0.02
	210	1.91	0.93	0.55	0.05	0.01

续表 2

品种	处理浓度 (mmol/L)	芽长 (g)	地上部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	地下部鲜质量 (g)	地下部干质量 (g)
金红 320(红籽)	0	3.69	0.89	0.23	0.13	0.02
	30	3.83	0.79	0.24	0.16	0.02
	60	3.17	0.78	0.26	0.13	0.02
	90	2.56	0.72	0.27	0.14	0.02
	120	2.06	0.54	0.26	0.06	0.01
	150	1.85	0.48	0.24	0.07	0.01
	180	1.63	0.48	0.27	0.05	0.01
	210	1.51	0.43	0.26	0.05	0.01
黑中片(黑籽)	0	4.57	1.17	0.33	0.16	0.06
	30	4.00	1.02	0.38	0.14	0.04
	60	3.23	1.09	0.43	0.16	0.03
	90	3.00	0.82	0.41	0.13	0.02
	120	2.37	0.72	0.39	0.17	0.07
	150	1.93	0.72	0.32	0.10	0.02
	180	1.77	0.76	0.31	0.09	0.01
	210	1.43	0.69	0.30	0.06	0.01
红秀 2 号(红籽)	0	4.17	1.26	0.46	0.18	0.06
	30	3.53	0.87	0.36	0.15	0.03
	60	2.84	0.93	0.45	0.13	0.03
	90	2.39	0.86	0.48	0.08	0.01
	120	2.34	0.88	0.52	0.08	0.01
	150	2.07	0.83	0.48	0.08	0.01
	180	1.76	0.74	0.49	0.05	0.01
	210	1.69	0.72	0.50	0.03	0.01

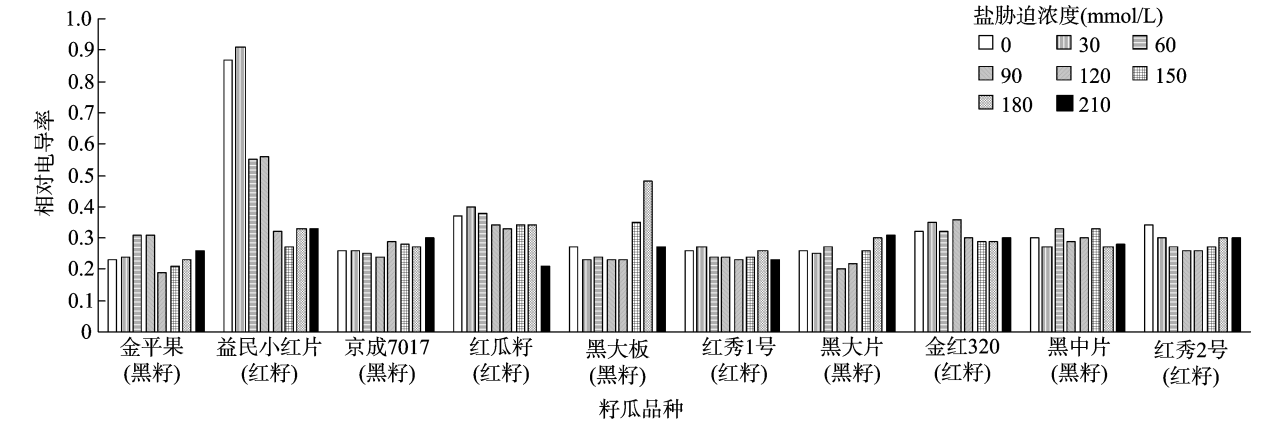


图11 盐分处理对籽瓜种子电导率的影响

子萌发的抑制作用不仅表现在降低种子的萌发率和萌发速率，而且还推迟了种子的初始萌发时间^[9]，影响出芽后的生长。

盐害机理是当今研究的热点，有研究表明，盐胁迫抑制植物种子萌发主要来自 3 个方面原因：一是渗透胁迫，在种子萌发过程中，渗透胁迫造成植物细胞生理缺水，从而影响种子的萌发，抑制种子的萌发生长和活力。二是细胞质膜的破坏，在种子萌发过程中，盐胁迫使膜透性增大，导致溶质外渗，电解质渗透率增大。闫先喜等研究发现在种子吸胀过程中盐胁迫会破坏细胞膜，影响种子活力，膜透性增大导致溶质外渗，于是种子萌发受阻^[10]。三是离子毒害，在盐胁迫下，过量的 Na⁺ 能够导致植物细胞膨胀、变异和取代质膜，破坏细胞膜的选择透性，使细胞内离子大量外渗，造成胞内离子不平衡，破坏细胞的正常生理功能^[10]。

本试验只对籽瓜种子萌发阶段的盐分胁迫进行了初步探

索。试验结果表明，不同品种籽瓜种子的发芽数、芽长、幼苗干鲜质量及相对电导率等耐盐指标表现不同。相对来说，黑大片（黑籽）的耐盐能力最好，在盐胁迫条件下能正常生长，并且能积累相对较多的营养物质，但根系欠发达。益民小红片（红籽）的根系相对发达，但相对电导率偏高，种子活力较弱。

参考文献：

[1] 甘肃省园艺学会瓜类专业委员会. 对黑籽瓜生产与研究中一些术语与标准界定的意见[J]. 中国西瓜甜瓜, 1999(2): 31-33.

[2] 张玉秀, 赵文明. 籽瓜种子蛋白质的氨基酸成分分析[J]. 果树科学, 1992(4): 231-233.

[3] 孙小芳, 郑青松, 刘友良. NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(3): 22-25.

(下转第 126 页)

量下降,这与陈林等的试验结果一致^[18]。其他土壤有效养分含量套种苜蓿地均高于清耕地,这表明套种苜蓿能提高果园土壤养分含量。苜蓿与香梨树的距离变化对土壤有机质、碱解氮以及有效钾含量无显著影响。随着距离的增加,30~60 cm 土层的有效磷含量显著下降。

有研究报道,长期种植单种作物会使土壤营养处于失衡状态,影响植物的正常生长和土壤养分含量^[19]。本试验中果园套种紫花苜蓿能显著提高果园土壤的有效铁、有效锌和有效铜含量,这说明苜蓿在生长过程中可使土壤中难溶态铜、铁、锌活化为易溶状态,更易被植物吸收利用。而有效锰则相反,由于苜蓿根系分泌物只能溶解少量土壤难溶态锰,不足以补充作物对锰的吸收,导致果园土壤有效锰含量下降。随着土层的增大,有效微量元素含量也呈下降趋势。

套种地和清耕地果实均属于标准果形,外观品质上套种地优于清耕地。苜蓿套种于香梨树下,有助于提高香梨果实中可溶性固形物和可溶性糖的含量,但会减少果实硬度和可滴定酸含量,这个结果表明,与清耕地相比,套种可提高香梨果实糖分的转化率,这与刘蝴蝶等的研究结果^[20]一致。

4 结论

库尔勒香梨果园林下间套种的苜蓿受树阴的影响明显减产,离树干0.5 m处的地上干草产量约为1.5 m处的2/3。

果园套种苜蓿地,0~60 cm 土层有机质、碱解氮以及有效钾含量显著高于清耕果园。苜蓿套种果园土壤的有效铁、有效锌和有效铜含量显著高于清耕果园土壤,但随着土层深度的增加,微量元素含量呈下降趋势。

套种苜蓿可有效提高香梨可溶性糖含量等指标。

参考文献:

- [1] 曾丹娟,黄玉清,莫 凌,等. 果园套种牧草地上生物量的动态变化及其对土壤肥力的影响[J]. 草业科学,2011,28(12):2170-2174.
- [2] 吴 娜,杨娜娜,刘吉利,等. 马铃薯||燕麦对马铃薯氮、磷、钾含量及营养品质的影响[J]. 草业科学,2017,34(3):592-597.
- [3] 刘 晨,哈斯亚提·托逊江,热沙来提汗·买买提,等. 香梨与牧草套种对产草量及土壤性状的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):209-211.
- [4] 哈斯亚提·托逊江,刘 晨,哈丽代·热合木江,等. 红枣与牧草间作对果园土壤养分及小环境的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):327-329.
- [5] 余 琳,陈 军,陈丽娟,等. 山核桃投产林林下套种绿肥效应[J]. 林业科技开发,2011,25(3):92-95.
- [6] 朱进忠. 草业科学实践教学指导[M]. 北京:中国农业出版社,2009:359-400.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,1981.
- [8] 李 楠,廖 康,成小龙,等. 库尔勒香梨根系与地上部生长发育动态及相关性[J]. 新疆农业大学学报,2013,36(2):131-135.
- [9] 兰海鹏,贾富国,唐玉荣,等. 库尔勒香梨成熟度量化评价方法[J]. 农业工程学报,2015,31(5):325-330.
- [10] 马之胜,王越辉,贾云云,等. 桃果实果胶、可溶性糖、可滴定酸含量和果实大小与果实硬度关系的研究[J]. 江西农业学报,2008(10):45-46.
- [11] 易显凤,邓素媛,庞天德,等. 桉树与牧草套种试验研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2015(13):137-141.
- [12] 黄东风,王利民,李卫华,等. 茶园套种牧草对作物产量及土壤基本肥力的影响[J]. 中国生态农业学报,2014,22(11):1289-1293.
- [13] 于伯成,肖 英,陈江青,等. 距核桃树干不同距离种植花生效果的研究[J]. 新疆农业科学,2017,54(3):423-428.
- [14] 任晶晶,李 军,王学春,等. 宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征[J]. 生态学报,2011,31(13):3638-3649.
- [15] 刘 晨,哈斯亚提·托逊江,艾比布拉·伊马木. 库尔勒香梨果园间作饲草作物对土壤养分及小环境的影响[J]. 新疆农业科学,2014,51(11):2073-2078.
- [16] 赵思东,张 琳,谢志明,等. 覆草栽培对梨园土壤理化性质的影响[J]. 中南林学院学报,2005,25(4):66-70.
- [17] 黄 雄. 梨园生草及覆草对培肥地力效应的研究[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [18] 陈 林,杨新国,宋乃平,等. 荒漠草原区不同粒径土壤理化性质对苜蓿种植年限的响应[J]. 水土保持学报,2014,28(2):105-111.
- [19] 陈利云,居永霞,周志宇. 豆科植物根际微量元素含量特征[J]. 土壤通报,2013,44(3):641-646.
- [20] 刘蝴蝶,郝淑英,曹 琴,等. 生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响[J]. 土壤通报,2003,34(3):184-186.

(上接第118页)

- [4] 陈月艳,孙国荣,李景信. Na₂CO₃ 胁迫对星星草种子萌发过程中水分吸收及膜透性的影响[J]. 草业科学,1997(2):28-31.
- [5] 余叔文,汤章成. 植物生理与分子生物学[M]. 北京:科学出版社,1998:752-769.
- [6] 巴逢辰,赵 羿. 中国海涂土壤资源[J]. 土壤通报,1997,28(2):49-51.
- [7] 李 洁,徐军桂,林 程,等. 引发对低温胁迫下不同类型玉米种

- 子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 植物生理学报,2016,52(2):157-166.
- [8] 段德玉,刘小京,冯凤莲,等. 不同盐分胁迫对盐地碱蓬种子萌发的效应[J]. 中国农学通报,2003(6):168-172.
- [9] 刘 萍,魏雪莲,宋学英. 盐分胁迫对园林植被黑麦草种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2007(7):131-133.
- [10] 闫先喜,马小杰,邢树平,等. 盐胁迫对大麦种子细胞膜透性的影响[J]. 植物学通报,1995(增刊1):53-54.