

龙卫华,胡茂龙,陈松,等.盐地种植对甘蓝型油菜产量和品质性状的影响[J].江苏农业科学,2015,43(3):85-87.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.026

盐地种植对甘蓝型油菜产量和品质性状的影响

龙卫华,胡茂龙,陈松,高建芹,浦惠明

(江苏省农业科学院经济作物研究所/农业部长江下游棉花与油菜重点实验室,江苏南京 210014)

摘要:探索盐地种植对油菜产量和品质的影响对于开展油菜的耐盐品种选育具有重要的指导意义。将 15 个甘蓝型油菜自交系在盐地种植,于成熟期进行产量性状和品质分析表明,盐地种植可显著降低油菜全株角果数和单株产量,但对千粒质量无显著降低效果;盐地油菜收获指数得到提高主要是因为盐地油菜的生物学产量较单株产量受到更大程度的抑制;盐地种植对菜籽的含油量无显著影响,但显著降低油酸含量并增加亚麻酸和二十碳烯酸含量,对其他脂肪酸含量无显著影响。

关键词:甘蓝型油菜;盐地种植;产量;品质

中图分类号:S634.304 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)03-0085-03

据统计,全世界陆地面积中已开垦为耕地的为 $1.5 \times 10^9 \text{ hm}^2$,其中约有 $0.34 \times 10^9 \text{ hm}^2$ (23%) 的盐渍土壤,已有超过 100 个国家的耕地正在经受盐碱化的威胁。土地盐碱化已成为作物生产的一个主要限制因素,研究盐胁迫与作物的互作对于揭示作物的耐盐机制、培育耐盐作物具有重大意义^[1]。

油菜不仅是世界上最重要的油料作物之一,还是发展盐碱地农业生产(即盐土农业)的理想候选作物。首先,油菜是同季节种植面积较大的作物类型,种植区域广阔;其次,油菜的耐盐碱能力相对较强,鉴定认为,油菜对盐碱的耐受等级为中抗及以上^[2],因此油菜耐盐能力改良的起点比较高;再次,油菜还是公认的土地改良先锋作物,耐瘠性较强,根系入地较深,可疏松土地、增加土壤透气性,而且油菜还具有较高的生物学产量,更有利于增加土壤有机质,提高土壤肥力,调节土壤钠、钾等含量^[3];最后,目前我国油菜籽严重供不应求,因而利用盐碱地发展油菜生产、扩大种植面积是短期内提高菜籽产量、弥补国内生产不足的有效措施。因此,培育耐盐油菜对于发展盐土农业具有重要的战略意义。目前已有学者对盐地种植油菜开展了研究,Ahmad 研究表明,盐胁迫严重影响甘蓝型油菜的产量性状,但不同性状的响应模式不同^[4],随着胁迫强度的增加,株高持续降低,初花期和成熟期延迟,每角粒数和单株产量降低,但全株角果数先升高再降低。Zadeh 等认为,盐处理水平达到电导率 9 ds/m 时,甘蓝型油菜的产量性状包括角果长度、每角粒数、千粒质量等均显著下降^[5]。Zamani 等研究表明,盐胁迫能够改变 canola 种子脂肪酸含量,棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、亚油酸(C18:2)含量表现出降低趋势,而油酸(C18:1)较稳定^[6]。

收稿日期:2014-04-14

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)3051]。

作者简介:龙卫华(1979—),男,湖北宜城人,博士,副研究员,主要从事杂交油菜品种选育及种质创新。Tel:(025)84390368;E-mail:long-wei-hua@163.com。

通信作者:浦惠明,研究员,主要从事三系杂交油菜品种选育及遗传改良。Tel:(025)84390370;E-mail:puhuiming@126.com。

我国是白菜型油菜和芥菜型油菜的起源地。自 20 世纪引进甘蓝型油菜类型以来,经过甘白、甘芥等种间杂交以及世界范围内油菜种质的基因交流,已经形成适应我国特有遗传背景的甘蓝型油菜品种(系)。但到目前为止,有关盐地种植对中国甘蓝型油菜品种产量和品质性状影响的研究几近空白,本研究通过在盐碱地实地种植甘蓝型油菜品系来探究盐胁迫对其产量和品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

15 个具有不同遗传背景的甘蓝型油菜自交系均由江苏省农业科学院经济作物研究所提供,其系谱图见文献[7]。

1.2 试验方法

1.2.1 油菜品系种植 2011 年将上述品系种植于江苏沿海地区农业科学研究所金海农场的盐地试验田块,每小区 5 m^2 ,3 个重复,随机区组排列。同时在盐地附近的正常田块中种植全部品系作为对照,对照与盐地种植的所有田间管理相同。

1.2.2 成熟期考种 2012 年 6 月,待对照和盐地种植的油菜角果呈枇杷黄时,将各品系每个重复的代表性单株拔起,进行常规考种。收获单株种子后将整株放于阴凉处风干,测定地上部分、地下部分干物质质量。

1.2.3 含油量以及脂肪酸含量测定 随机抽取各品系的晒干种子样品,按照 GB 14488.1—1993《油料种籽含油量测定法》用索氏法测定含油量。并在安捷伦气相色谱仪(Agilent 6890N)上分析各样品棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)、二十碳烯酸(C20:1)、芥酸(C22:1)等 7 种主要脂肪酸的相对含量^[8]。

1.2.4 耐盐指数和经济系数的计算以及方差分析 相关计算公式如下:

经济系数 = 种子产量/生物学产量;

耐盐指数(STI) = 盐地种植下的性状值/对照下的性状值 $\times 100$ 。

数据计算与方差分析均在 Microsoft Excel 中进行。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对油菜产量性状的影响

由表 1 可知,盐地种植对油菜的全株角果数、千粒质量和单株产量均有不同程度的影响。除 WH128、WH131、WH132 在盐地种植下千粒质量有所下降之外,其余品系均表现出提

高。15 个品系油菜籽在正常地块种植的平均千粒质量为 3.68 g,但盐地种植的则为 3.88 g。盐地种植对全株角果数和单株产量的抑制作用较大。盐地种植油菜平均全株角果数、单株产量分别仅为正常种植的 49.65%、73.62%,两者的耐盐指数分别在 27.87~76.63、55.56~96.11 之间。方差分析也表明,盐地种植可显著降低油菜的全株角果数和单株产量,但对千粒质量的提高效果表现得并不显著。

表 1 对照和盐地种植下油菜的产量性状及耐盐指数

品系名	全株角果数			千粒质量			单株产量		
	对照(个)	盐地(个)	STI	对照(g)	盐地(g)	STI	对照(g)	盐地(g)	STI
WH123	534.00	239.33	44.82	3.76	3.93	104.61	15.33	11.50	75.00
WH124	412.50	219.17	53.13	2.58	2.69	104.13	14.00	9.33	66.67
WH125	225.50	110.50	49.00	4.58	4.81	104.95	13.00	12.17	93.59
WH126	252.50	144.50	57.23	3.40	3.79	111.57	12.50	10.83	86.67
WH127	202.50	141.44	69.85	3.82	3.84	100.52	10.83	10.00	92.34
WH128	409.00	114.00	27.87	3.30	3.16	95.76	24.50	16.17	65.99
WH129	390.50	146.17	37.43	3.28	3.72	113.41	17.00	9.83	57.84
WH130	298.00	186.50	62.58	3.46	3.95	114.16	13.00	11.67	89.74
WH131	331.50	162.67	49.07	3.66	3.23	88.16	11.33	9.00	79.44
WH132	378.50	117.33	31.00	6.20	4.91	79.14	26.00	18.00	69.23
WH133	350.50	109.00	31.10	3.42	4.15	121.44	21.33	20.50	96.11
WH134	399.00	263.33	66.00	3.56	4.48	125.84	20.00	11.33	56.67
WH135	290.50	217.50	74.87	3.30	3.69	111.72	16.00	10.00	62.50
WH136	577.50	265.33	45.95	3.42	4.23	123.78	21.50	17.67	82.17
WH137	266.00	203.83	76.63	3.52	3.69	104.92	22.50	12.50	55.56
最小值	202.50	109.00	27.87	2.58	2.69	79.14	10.83	9.00	55.56
最大值	577.50	265.33	76.63	6.20	4.91	125.84	26.00	20.50	96.11
平均值	354.53	176.04	51.77	3.68	3.88	106.94	17.25	12.70	75.30

2.2 盐胁迫对菜籽脂肪酸含量的影响

方差分析表明,与对照相比,盐地种植下测试品系的含油量以及菜籽中的棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、亚油酸(C18:2)和芥酸(C22:1)等 4 种脂肪酸组分变化均不显著,

但油酸(C18:1)、亚麻酸(C18:3)、二十碳烯酸(C20:1)等的含量具有显著变化。由表 2 可知,盐地种植可将油酸、二十碳烯酸含量分别由 65.16% 降至 62.62%、1.03% 升至 1.79%,同时显著增加亚麻酸含量,由 7.19% 升至 9.08%。

表 2 对照和盐地种植下油菜含油量与脂肪酸组分的变化

项目	C16:0			C18:0			C18:1			C18:2		
	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI
最小值	3.97	3.96	91.98	1.36	1.37	78.00	61.28	58.36	90.80	15.55	17.09	95.37
最大值	4.91	4.88	107.40	2.48	2.24	108.09	69.32	66.43	99.82	21.97	21.91	115.48
平均值	4.39	4.36	99.67	1.87	1.78	96.02	65.16	62.62	96.10	18.47	19.38	105.18

项目	C18:3			C20:1			C22:1			含油量		
	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI	对照(%)	盐地(%)	STI
最小值	5.66	7.40	115.82	0.84	0.91	98.44	0.11	0.15	92.93	40.38	37.44	85.42
最大值	8.39	10.30	139.67	1.28	1.49	131.86	0.34	0.44	176.67	46.35	47.05	108.10
平均值	7.19	9.08	126.48	1.03	1.17	113.96	0.23	0.27	120.05	43.31	42.71	98.79

2.3 盐胁迫对干物质量和经济系数的影响

由表 3 可知,盐地种植可降低油菜地上和地下部分的干物质积累量,其中地上部干质量仅为对照的 56.61%;而地下部分干质量则仅为对照的 45.21%。与之相反的是,盐地种植提高了油菜的经济系数,15 个品系的经济系数在 0.192 1~0.283 1 之间,平均值达到 0.235 2,其相应耐盐指数也达到 156.10。结合表 3 结果的综合分析来看,经济系数提高的主要原因是盐地种植更大程度地降低了油菜的生物学产量。

3 结论与讨论

盐胁迫对油菜各个产量构成因素的影响方向不同,千粒质量有所提高,这与 Zadeh 等的研究结果^[5]较为一致,且与其他非生物胁迫(如湿害等)的结果类似^[9]。全株角果数是油菜产量的重要构成因素,本研究发现,该性状受盐胁迫的抑制作用最大,说明与其他性状相比,它对盐境最为敏感,同时也表明在培育耐盐油菜品种的过程中,要特别注意选择角果数

表 3 对照和盐地种植下油菜干物质含量、经济系数及其耐盐指数

品系名	地上部分干质量			地下部分干质量			经济系数		
	对照(g)	盐地(g)	STI	对照(g)	盐地(g)	STI	对照	盐地	STI
WH123	63.00	33.50	53.17	8.67	5.17	59.62	0.176 2	0.229 2	130.07
WH124	71.50	27.67	38.69	8.00	2.42	30.21	0.149 7	0.236 8	158.14
WH125	58.50	30.50	52.14	11.00	4.67	42.42	0.157 6	0.257 0	163.12
WH126	56.50	41.00	72.57	8.50	4.00	47.06	0.161 3	0.194 0	120.30
WH127	40.00	29.33	73.33	5.50	3.17	57.58	0.180 2	0.250 0	138.75
WH128	100.50	49.00	48.76	11.00	4.67	42.42	0.180 1	0.231 5	128.51
WH129	75.00	29.83	39.78	10.00	2.83	28.33	0.166 7	0.231 4	138.82
WH130	67.50	40.00	59.26	12.00	4.00	33.33	0.140 5	0.209 6	149.12
WH131	65.00	40.50	62.31	12.50	4.67	37.33	0.104 0	0.200 6	192.79
WH132	121.50	59.50	48.97	18.50	6.33	34.23	0.113 9	0.283 1	248.52
WH133	89.50	51.00	56.98	11.50	6.67	57.97	0.168 7	0.270 0	160.05
WH134	76.50	43.17	56.43	12.00	4.50	37.50	0.184 3	0.192 1	104.21
WH135	57.50	44.00	76.52	7.50	5.17	68.89	0.133 3	0.245 5	184.14
WH136	100.00	51.67	51.67	15.00	7.50	50.00	0.157 5	0.229 9	145.98
WH137	63.00	55.17	87.57	8.00	6.33	79.17	0.149 7	0.267 9	178.93
最小值	40.00	27.67	38.69	5.50	2.42	28.33	0.104 0	0.192 1	104.21
最大值	121.50	59.50	87.57	18.50	7.50	79.17	0.184 3	0.283 1	248.52
平均值	73.70	41.72	58.54	10.64	4.81	47.07	0.154 9	0.235 2	156.10

较多的单株及衍生系。

油酸和亚麻酸均为不饱和脂肪酸,是评价植物油品质的重要参考指标。根据人体对脂肪酸的需求和各个脂肪酸化学性质的不同,高油酸和低亚麻酸含量被认为是高品质植物油的标志^[10]。本研究表明,盐地种植油菜降低了油酸含量,从而提高了亚麻酸含量,统计学上认为降低了菜籽油的品质,但从油酸和亚麻酸的实际含量来看,变化幅度小于 3 百分点,对菜籽油品质的影响不大。2 种脂肪酸含量变化的可能原因是:盐胁迫提高了油菜减饱和酶的活性,加强了减饱和作用,从而使处于脂肪酸减饱和末端的亚麻酸含量提高;同时,作为亚麻酸前体的油酸含量表现为降低,这与大豆、油葵的相关研究结果一致^[11-12]。Fad2 和 Fad6 是油酸和亚麻酸合成关键酶。研究表明,Fad2、Fad6 有助于增加液泡和质膜的不饱和度和,提高 Na⁺/H⁺ 的交换活性,进而减少 Na⁺ 在拟南芥体内的积累,达到耐盐目的。本研究结果与其一致^[13-14],因此增强这些脂肪酸合成基因的表达可以提高作物的耐盐性。

盐地种植下油菜的收获指数反而增加,主要是因为营养生长过程受到较大抑制。因此,如果能通过某些栽培方式(如增施氮肥、速效肥等)提高油菜的营养生长,可能还能增加其籽粒产量,从而降低盐胁迫对油菜产量的影响,这已经在棉花、菠菜等作物中得到验证^[15-16]。

参考文献:

[1] Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu J K. Understanding and improving salt tolerance in plants[J]. Crop Science, 2005, 45(2): 437-448.

[2] Mass E V. Testing crops for salinity tolerance[C]//Maranville J W, Baligar B V, Duncan R R, et al. Workshop on adaptation of plants to soil stresses. US: Intersoil Publication, 1993: 234-247.

[3] 刘后利, 王兆木. 实用油菜栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.

[4] Ahmad B. Effects of salinity on yield and components characters in

canola (*Brassica napus* L.) cultivars[J]. Not Sci Biol, 2010, 2(1): 81-83.

[5] Zadeh H M, Naeini M B. Effects of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of Agronomy, 2007, 6(3): 409-414.

[6] Zamani S, Ahmad B, Khorshidi M B, et al. Effects of NaCl salinity levels on lipids and proteins of canola (*Brassica napus* L.) cultivars [J]. Advances in Environmental Biology, 2010, 4(3): 397-403.

[7] 龙卫华, 浦惠明, 张洁夫, 等. 甘蓝型油菜发芽期的耐盐性筛选[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(3): 271-275.

[8] 高建芹, 浦惠明, 戚存扣, 等. 应用气相色谱仪分析油菜脂肪酸含量[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(5): 581-585.

[9] 张学昆, 陈洁, 王汉中, 等. 甘蓝型油菜耐湿性的遗传差异鉴定[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(2): 204-208.

[10] 刘列判, 王欣娜, 阎星颖, 等. 航天诱变高油酸甘蓝型油菜突变体分子标记的筛选[J]. 中国农业科学, 2012, 45(23): 4931-4938.

[11] 万超文, 邵桂花, 陈一舞, 等. 盐胁迫下大豆耐盐性与籽粒化学品质的关系[J]. 中国油料作物学报, 2002, 24(2): 67-72.

[12] 陈炳东, 岳云, 黄高宝, 等. 油葵含油率及脂肪酸组成与土壤盐含量的关系[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(4): 483-486.

[13] Zhang J T, Liu H, Sun J, et al. *Arabidopsis* fatty acid desaturase FAD2 is required for salt tolerance during seed germination and early seedling growth[J]. PLoS One, 2012, 7(1): e30355.

[14] Zhang J T, Zhu J Q, Zhu Q, et al. Fatty acid desaturase-6 (Fad6) is required for salt tolerance in *Arabidopsis thaliana* [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2009, 390(3): 469-474.

[15] 代建龙, 董合忠, 段留生, 等. 施氮肥对盐胁迫下 *Bt* 棉生长和叶片 Bt 蛋白含量的影响[J]. 棉花学报, 2012, 24(4): 303-311.

[16] 郭淑霞, 龚元石. 不同氮肥水平下盐分对菠菜生长及产量的影响[J]. 种子, 2005, 24(6): 37-40.