

空间搭载对芹菜生物量积累及生理特性的影响

邹原东, 陈秀新, 范继红

(北京农业职业学院, 北京 102442)

摘 要:以空间搭载的中国芹菜种子为试材, 以未搭载的芹菜种子为对照, 采用 2 因素完全随机设计方法, 研究比较了温室栽培条件下搭载与常规芹菜种子的生物量、叶绿素、丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白及脯氨酸含量等生理指标的变化。结果表明: 搭载处理的芹菜种子的生物量与对照相比均有不同程度的增加, 其中 2 个处理的株高极显著高于对照 ($P < 0.01$), 各处理总干重极显著高于对照 ($P < 0.01$), 搭载处理的芹菜叶面积和对照间差异极显著 ($P < 0.01$); 搭载处理的芹菜叶片中的丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸含量高于对照; 叶绿素含量和对照相比差异明显。生长前期 3 个指标间的差异较小, 随着生育期的推进, 后期叶绿素 a 和叶绿素 b 的差异变大, 叶绿素 a 受空间射线影响较为敏感。

关键词:芹菜; 空间搭载; 温室; 二因素

中图分类号:S 311; S 636.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2013)19-0041-04

航天育种又称太空育种或空间诱变育种, 是利用航天器在太空中处于微重力、强辐射、高真空、弱磁场等空间独有的特殊环境, 使生物发生遗传性状改变, 并结合地面选育, 培育新品种的方法。其目的在于探索空间条件下植物的生长发育规律^[1]。国外的研究要早于我国, 我国自 1987 年以来, 先后多次对不同植物进行航天搭载试验, 并取得了相应的突破性研究成果, 有研究发现航天育种对植物生理生化有影响, 比如引起植物光合作用发生变化、影响碳水化合物代谢和酶的生化成分及活性^[2]。王广金^[3]研究表明航天处理对小麦种子发芽、出苗和生长有明显的促进作用, 第 2 代农艺性状具有广泛变异, 而且正向变异较多, 为后代选择提供了更多机遇。裴孝伯^[4]通过现代温室中栽培的航天诱变番茄、辣椒与常规品种比较发现前者的生长势较强, 平均单果重较大, 而且总产量较高。

芹菜 (*Apium graveolens* L. var. dulce DC) 属伞形科水芹属植物。传统的方法选育芹菜新品种约需 8~10 a 的时间, 而采取航天育种的方法能大大缩短芹菜的育种时间, 且选育出的新品种有较强的抗病性, 生长速度也较快^[5]。该试验利用温室条件栽培航天搭载的芹菜种子, 并将其同常规种子进行比较, 通过对不同生育时期

的生理指标变化的测定, 探索其内在变化规律和内在差异, 以期为后期连续种植并选育优良品种提供借鉴, 为航天育种材料应用与推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

供试日光温室棚龄为 11 a, 该温室东西走向, 长 50 m, 宽 10 m (含 0.5 m 通道), 室内白天最高温度 25~30℃, 夜间最低温度 8~10℃, 相对湿度为 60%~80%。前部有通风口, 白天适时敞开通风, 夜间或降雨时关闭, 由专人值守。供试土壤类型为棕壤。

1.2 试验材料

供试材料为芹菜 (*Apium graveolens* L. var. dulce DC)。

1.3 试验方法

田间栽培在北京农业职业学院科技示范园温室进行, 生理指标测定在北京农业职业学院植物生理实验室进行, 一般在营养生长期取样 3 次, 每次 3 个重复, 取平均值, 取样时间为上午 8:00~9:00。

育苗时期在 2012 年 3 月下旬至 5 月上旬, 苗盘育苗, 3 月 16 日播种, 基质为蛭石, 苗盘规格 30 cm×50 cm; 4 月中旬苗出齐后适时间苗, 使株距保持在 2 cm 左右, 3~4 d 浇 1 次水; 避免高温、强光、暴雨的危害; 视情况搭遮阳网及防虫网。2012 年 6 月初进行移栽, 株距 40 cm。苗床施基肥磷酸二氢钾 5 kg, 苗畦 1.6 m×3 m。定植后, 每 5 d 浇 1 次水, 进入寒冷时期, 减少浇水次数。

1.4 项目测定

1.4.1 生物量测定 从处理和对照中分别取样 3 株, 用自来水反复冲洗干净后用直尺测定单株株高; 将其分离

第一作者简介:邹原东(1980-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为植物栽培与生理生态。E-mail: zzyddd@163.com.

责任作者:范继红(1974-), 女, 河北沧州人, 博士, 副教授, 现主要从事生态学及菌根学等研究工作。

基金项目:北京农业职业学院技术研发与示范推广基金资助项目(XY-YF-11-08)。

收稿日期:2013-05-24

为根部和茎部,用天平称量地上和地下部分鲜重;将称量过单株的地上和地下部分放入称量瓶,并标记编号,在烘箱中于 105℃ 下烘干至恒重,用天平分别称量干重。另取 2 个处理的 3 株植株,收集整株植物所有叶片(叶柄除外),分别标号,在每组中选取大、中、小有代表性的叶片各 3~5 片,重叠好并用打孔器沿叶脉至叶尖部位打孔,后将小圆片称重并计算鲜重面积系数,再根据全叶重计算叶面积^[8]。

1.4.2 叶绿素含量的测定 采用 80% 丙酮浸提法^[6]。称取叶片 0.5 g,用 80% 丙酮定容 10 mL 在暗处室温浸提过夜,652,663,645 nm 下测定吸光度,计算叶绿素含量。

1.4.3 丙二醛(MDA)含量的测定 采用 TBA 比色法^[6]进行测定。称取叶片 0.5 g,加入 10 mL 5% 三氯乙酸(TCA)研磨,离心 10 min 后加入 2 mL TBA,离心后在 532、600、450 nm 处测定吸光度,计算 MDA 含量。

1.4.4 可溶性糖含量测定 采用硫酸-蒽酮比色法^[6]进行测定。

1.4.5 可溶性蛋白含量测定 采用考马斯亮蓝 G-250 法^[6]进行测定。

1.4.6 脯氨酸(Pro)含量测定 采用酸性茚三酮显色

法^[7]进行测定。称取 0.5 g 芹菜叶片,加入 5 mL 3% 磺基水杨酸溶液,沸水浴中提取 10 min,离心。取滤液 2 mL,水 2 mL,冰乙酸 2 mL 和茚三酮 2 mL,并加盖密封,于沸水浴中显色 60 min。在 515 nm 测定吸光度,计算脯氨酸含量。

1.5 数据分析

数据采用 Excel 2003 制图,并用统计软件 SPSS 17.0 进行方差分析(ANOVA)和 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 空间搭载对芹菜植株生长量的影响

从表 1 可以看出,与对照相比,搭载处理的生长量均有不同程度的增加。其中处理 2、3 的株高极显著高于对照($P < 0.01$),分别比对照高 10.08% 和 19.72%;不同处理总干重和叶干重极显著高于对照($P < 0.01$);处理间差异显著($P < 0.05$);茎、根处理与对照间差异极显著($P < 0.01$),但处理间的差异不显著;叶面积的表现和其它生长性状的表现一致,处理和对照间差异极显著($P < 0.01$),且与对照间的差异分别为 3.50%、4.63% 和 29.75%。

表 1

空间搭载对芹菜植株生长量的影响

Table 1

Effects of space flight on biomass of celery plant

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	干重 Dry weight				根冠比 Root-shoot ratio	叶面积 Leaf area/cm ²
		叶 Leave weight/g	茎 Stem weight/g	根 Root weight/g	总干重 Total dry weight/g		
CK	56.15±2.86aA	39.57±0.02aA	64.71±0.16aA	23.23±0.04aA	77.26±0.13aA	0.22aA	269.33±0.69aA
1	59.75±0.28abAB	39.68±0.02bB	65.72±0.01bB	23.60±0.01bB	78.12±0.01bB	0.22aA	278.77±0.10bB
2	61.81±1.00bB	39.74±0.05cB	65.74±0.02bB	23.58±0.03bB	78.16±0.06bB	0.22aA	281.81±0.03cC
3	67.22±2.34cC	39.67±0.02bdB	65.73±0.03bB	23.56±0.02bB	78.11±0.03bB	0.22aA	349.45±0.20dD

注:采用 Duncan 法进行检验。不同大写字母代表 1% 水平差异性,不同小写字母代表 5% 水平差异性。

Note: Duncan test. Different capital letters are difference at 1% level, different lowercase letters are difference at 5% level.

2.2 空间搭载对芹菜丙二醛(MDA)含量的影响

从图 1 可以看出,随植株生长,MDA 含量呈上升趋势,与对照相比差异显著。通过方差分析,处理和时期之间存在交互效应, $P = 0.021 (< 0.05)$, T 检验中 $P = 0.038 (< 0.05)$,也就是说经过时间的推进,植物在衰老的过程中 MDA 含量也随之增高。处理和对照之间的比

较,方差分析结果显示 $P = 0.026 (< 0.05)$, T 检验中 $P = 0.022 (< 0.05)$,表明太空搭载后的芹菜和对照相比差异显著,分别比对照高 18.48%、31.08%、43.25%。

2.3 空间搭载对芹菜叶绿素含量的影响

从图 2 可以看出,经过搭载后的芹菜叶片叶绿素含量与对照相比差异显著。随着生育期的推进,各处理的

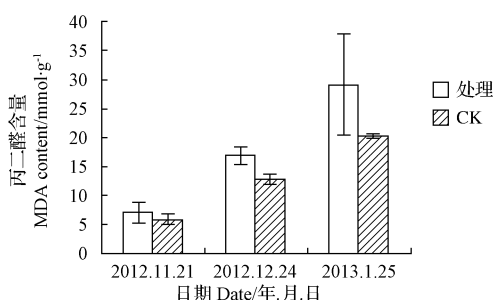


图 1 空间搭载对芹菜丙二醛(MDA)含量的影响

Fig. 1 Effects of space flight on MDA content of celery

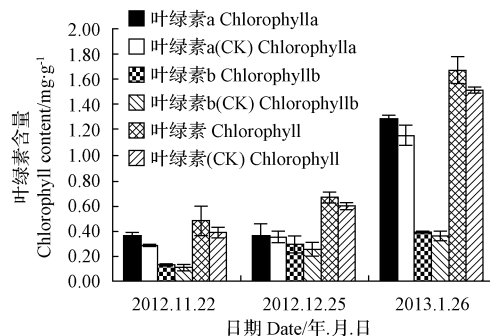


图 2 空间搭载对芹菜叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effects of space flight on chlorophyll content of celery

叶绿素 a 含量比对照分别增加了 0.25%、0.04%、0.11%;各处理的叶绿素 b 含量比对照分别增加了 0.23%、0.18%、0.09%;各处理的叶绿素总量比对照分别增加了 0.24%、0.10%、0.11%。生长前期不同处理对 3 个指标的影响较小,而后期对叶绿素 a 的影响要大于叶绿素 b,叶绿素 a 受空间射线影响较为敏感,这与柳玲等^[9]的研究相似。

2.4 空间搭载对芹菜可溶性糖含量与可溶性蛋白质含量的影响

从图 3 可以看出,可溶性糖前期积累速度缓慢,中期持续攀升,后期缓慢下降,直观上看处理与对照间差异显著,尤其是第 2 时期比第 1 时期可溶性糖含量增加迅速,积累量变化明显。经过太空搭载后芹菜的可溶性糖含量在不同时期分别比对照增加了 52.38%、79.01%和 36.14%。方差分析可知,不同时期间的差异显著, $P=0.033(<0.05)$;处理和对照间的差异极显著, $P=0.001(<0.01)$ 。

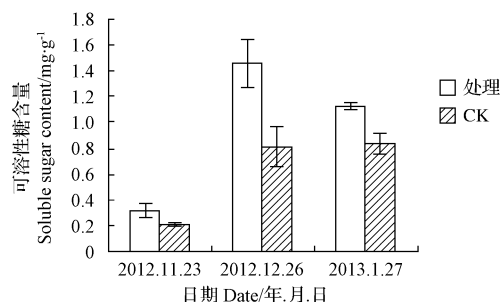


图 3 空间搭载对芹菜可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effect of space flight on the soluble sugar content of celery

可溶性蛋白质指可以以小分子状态溶于水或其它溶剂的蛋白。通常在植物生理中作为重要指标。可溶性蛋白还是植物抗寒性的重要指标之一。从图 4 可以看出,3 个不同阶段处理的可溶性蛋白质含量比对照高 4.37%、10.78%和 0.37%,从统计学分析可以看出,处理和对照间差异显著, $P=0.038(<0.05)$ 。

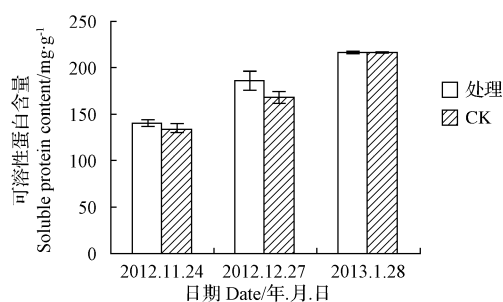


图 4 空间搭载对芹菜可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effects of space flight on soluble protein content of celery

2.5 空间搭载对芹菜脯氨酸(Pro)含量的影响

从图 5 可以看出,空间搭载处理与对照相比脯氨酸含量分别增加 29.21%、19.22%、23.54%,方差分析差异显著 $P=0.018(<0.05)$;不同时期相比差异也较为显著 $P=0.031(<0.05)$,其中后 2 个时期和第 1 个时期相比增量显著。另外,3 个时期的处理和对照的脯氨酸含量都相对较低。表明此温室条件下水分适宜芹菜生长,而且植株未受到水分不足或者水涝条件的胁迫。

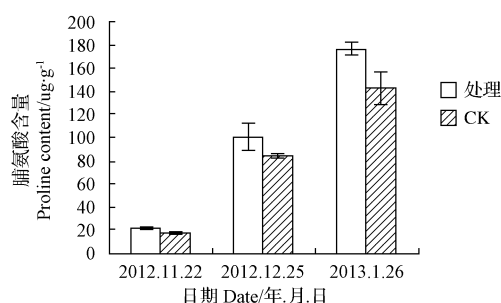


图 5 空间搭载对芹菜脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effects of space flight on proline content of celery

3 结论与讨论

植株的生长量是表现植株生长最直观的指标。经过太空搭载后的芹菜的株高、干重、叶面积与对照相比都有显著升高,也反映出经过搭载后的芹菜在温室栽培的适应性。今后可通过选育下一代优良品种的方法选择性好、抗病性强的后代进行栽培。叶片是作物进行光合作用等生理过程的主要器官,叶面积的大小可以反映群体生长发育的好坏^[9]。该试验结果表明,太空搭载芹菜的叶面积与对照相比差异极显著,而且处理之间差异也显著。从处理的指标表现看,叶面积大小会直接影响到作物光合面积的大小,但是否会影响到植株的光合作用及光合强度的大小,还需今后通过光合指标的试验来证实。

植物在逆境伤害和衰老过程中产生 MDA,其含量的高低反映逆境伤害和衰老的程度,是膜脂伤害程度的标志。柳玲等^[9]、阎君等^[10]研究表明,随着辐射浓度的增加,芹菜叶片及种子中 MDA 含量呈增加趋势。该研究表明,经过太空搭载后的芹菜在不同时期下的 MDA 含量变化明显,前期含量少,中期含量增加较快,并且随着植株的衰老,其含量达到最大。因该试验采用温室环境下种植,逆境条件不充分,所以今后的试验可在逆境条件下检测抗氧化物酶的活性大小,进而检验植株的逆境耐受性大小,选育优良抗性品种。

经过搭载后的芹菜叶片叶绿素含量与对照相比差异显著,植株利用光合能力较强,在一定程度上反映了光合作用水平。从整个阶段来看,叶绿素 a 的变化趋势大于叶绿素 b 的变化趋势,叶绿素 b 的含量低于叶绿素

a,总叶绿素的含量最高。生长前期处理对3个指标的影响较小,而后期对叶绿素a的影响要大于叶绿素b,叶绿素a受空间射线影响较为敏感。

可溶性糖通常反映植物体内的碳素营养状况以及农产品的品质性状,是植物体内主要的渗透调节物质。罗海玲等^[11]的研究表明,授粉后的厚皮甜瓜蔗糖含量急剧上升;随着成熟期的接近,蔗糖含量缓慢下降。该试验结果表明,经过太空搭载后的芹菜在不同生育时期的表现呈现出前期积累速度缓慢,中期含量迅速增长,后期含量缓慢下降的趋势。搭载处理的芹菜叶片可溶性糖含量高于对照并且差异显著。可见,经过太空搭载后的芹菜的渗透调节能力强于对照。

严硕等^[12]的研究表明,太空搭载后的甘草与地面对照组相比其可溶性蛋白代谢加快、含量高。在空间的特殊环境下,辐射和微重力效应使得番茄细胞壁通透性增加,造成种子吸水力提高,进而提高了可溶性蛋白质的含量^[13]。该试验结果表明,经过太空搭载后的芹菜可溶性蛋白含量在不同生育时期有所增加,后期含量增加少于前期;前期高于对照,但后期优势不显著。

脯氨酸(Pro)是植物蛋白质的组分之一,并以游离状态广泛存在于植物体中。在干旱、盐渍等胁迫条件下,许多植物体内脯氨酸大量积累。积累的脯氨酸除了作为植物细胞质内渗透调节物质外,还在稳定生物大分子结构、降低细胞酸性、解除氨毒以及作为能量库调节细胞氧化还原势等方面起重要作用。该试验结果表明,太空搭载芹菜与对照相比脯氨酸含量有所增加,不同生育时期相比差异较为显著,特别是后2个时期和第1个时期相比增量显著。另外,3个时期的搭载处理和对照的脯氨酸含量都相对较低。说明此环境条件下适宜芹菜生长,而且植株未受到水分胁迫的影响。

由于太空环境复杂多变,对芹菜植株的影响也存在不定数。吴岳轩等^[13]研究表明在空间搭载中微重力、高

真空对番茄种子活力的影响大于宇宙射线的影响。赵玉锦等^[14]研究表明,在选择有潜在生产价值的高粱后代过程中,选择SP₃代种子,具有穗长、可溶性蛋白质、可溶性糖含量显著高于对照等特性。虽然与对照相比,太空搭载的芹菜的一些生理指标表现显著增加,但与对照相比最终产量是否增加明显、性状是否优越稳定、是否具有抗病虫害、抗逆性等受很多综合因素影响,如辐射剂量、辐射时间长短、地面栽培管理、选育等,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 刘录祥.我国航天育种的发展[J].中国航天,2009(10):10-14.
- [2] 王侠礼.航天育种的成就与进展[J].安徽农业科学,2004,32(4):781-782.
- [3] 王广金.春小麦航天育种效果的研究[J].核农学报,2004,18(4):257-260.
- [4] 裴孝伯.航天诱变种番茄和辣椒在现代温室中的表现[J].核农学报,2004,18(4):321-322.
- [5] 张巍.双港农科站做大航天育种产业[J].农家参谋(种业大观),2004(12):12.
- [6] 中国科学院上海植物生理研究所.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,2004.
- [7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [8] 张宪政.植物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.
- [9] 柳玲,吕金印,张微.不同浓度Cr⁶⁺处理下芹菜的铬累积量及生理特性[J].核农学报,2010,24(3):639-344.
- [10] 阎君,于力,褚云霞,等.⁶⁰Co-γ射线对芹菜种子的辐射效应[J].中国农学通报,2011,27(28):205-210.
- [11] 罗海玲,黄玉辉,张曼,等.两个厚皮甜瓜品种不同时期的光合作用和糖分积累比较[J].南方农业学报,2011,42(7):724-727.
- [12] 严硕,高文远,路福平,等.太空环境对甘草生理生化的影响[J].中国中药杂志,2010,35(2):135-137.
- [13] 吴岳轩,曾富华.空间飞行对番茄种子活力及其活性氧代谢的影响[J].园艺学报,1998,25(2):165-169.
- [14] 赵玉锦,赵琦,白志良,等.空间诱变高粱突变体的研究[J].植物学通报,2001,18(1):81-89.

Effects of Space Flight on Biomass and Physiological Characteristics of Celery

ZOU Yuan-dong, CHEN Xiu-xin, FAN Ji-hong
(Beijing Vocational College of Agricultural, Beijing 102442)

Abstract: Taking Chinese celery seeds with space flight as the test materials, celery seeds without space flight as control, using completely randomized design of two factors, the change of greenhouse cultivation of biomass, and conventional celery seed chlorophyll, MDA, soluble sugar, soluble protein and proline content physiological index were compared and studied. The results showed that the biomass of treatment by space flight had a higher level comparing with CK ($P < 0.01$). Two treatments in plant height were significantly higher than those in the control group ($P < 0.01$). Dry weight extremely significantly increased comparing with CK. Leaf area in control were significantly lower than treatments ($P < 0.01$). There were obvious differences in MDA, soluble sugar, soluble protein, proline and chlorophyll between treatments and CK. Prophase chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll had little differences. Late in process of breeding it made a great difference between chlorophyll a and chlorophyll b. Chlorophyll a was sensitive to space-ray.

Key words: celery; space flight; greenhouse; two factors