

紫花苜蓿二次航天搭载正向诱变效应研究

张建华^{1,2}, 柴小琴^{2,3*}, 丁耀宏¹, 刘芬虹¹, 于瑾¹

(1. 天水神舟绿鹏农业科技有限公司, 甘肃 天水 741030; 2. 甘肃省航天育种技术创新中心, 甘肃 天水 741030; 3. 天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741001)

摘要:【目的】探索紫花苜蓿(*Medicago sativa*)二次航天搭载后的正向诱变效应, 筛选不同变异类型的植株。【方法】通过对搭载于神舟10号飞船的中天1号紫花苜蓿的株高、叶茎比、鲜干比、多叶率、分枝数、生物量等生产性能指标的测定, 选择了8种正向变异类型并描述其特点。【结果】共优选多叶单株46株, 其中5叶株9株、7叶株5株, 多分枝5株, 速长7株, 黄花3株、白花4株, 抗病抗逆9株, 早熟4株。研究发现紫花苜蓿二次搭载的多数变异在原始圃中发生, 少数变异在后代发生, 中天1号二次搭载后最明显的变异是多叶率的提高, 且优选多叶单株的多叶率均显著($P < 0.05$)高于对照。【结论】紫花苜蓿航天诱变的变异是在品种自身主要特性的基础上发生的变异, 研究者可以有目标的进行搭载和选择。

关键词:紫花苜蓿; 二次搭载; 诱变类型; 种质材料

中图分类号:S541⁺.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)04-0051-06

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2023.04.007



航天育种是采用高端空间技术与常规农业育种技术相结合的创新性育种技术。航天育种不仅能够在较短的时间内获得地面选育难以获得的丰富的种质材料, 而且经过多年研究发现, 航天育种品种如宇航1号水稻、航椒红海辣椒、航玉35玉米、中天1号紫花苜蓿等品种在植物生物量、抗性、营养方面变异幅度大, 提高显著^[1-3]。截至目前, 我国利用航天育种技术已育成了约200个优异的作物品种, 但我国在紫花苜蓿航天育种上尚处于初级阶段, 目前只育成了中苜6号、中天1号、航苜2号三个新品种^[4]。

紫花苜蓿是世界上种植面积较广, 饲用价值较好的多年生豆科牧草, 素有牧草之王的美誉^[5]。我国苜蓿品种虽在农艺性状上有优势, 但由于育成品种少且产量和品质较低, 远不能满足苜蓿生产需求, 国外引进的苜蓿品种虽产量高、营养价值好, 但品种退化快,

保绿期低、越冬率低^[6-7], 因此增加苜蓿种质材料的研究与利用迫在眉睫。中天1号是以2002年搭载于神舟3号飞船的三得利紫花苜蓿为基础材料, 选育而成的5叶型紫花苜蓿品种^[5]。研究表明, 紫花苜蓿经太空诱变后最有益的变异为复叶数及生物量的增加^[8]。本研究以2013年搭载于神舟10号飞船的中天1号种子为研究对象, 对二次搭载的诱变材料进行正向变异类型研究, 进一步探讨空间诱变对多叶紫花苜蓿的诱变效应, 以期筛选出不同变异类型的株系, 为紫花苜蓿品种的选育提供优良的种质材料。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地为天水航天育种基地, 位于天水市西北部国家农业科技园区内, 全年无霜期213 d, 全年平均气温11.6℃, 年均降水量560 mm。

1.2 试验材料

中天1号: 是以2002年搭载于“神舟3号”飞船的三得利紫花苜蓿为基础材料, 采用单株优选、混合选择的方法经4代选育而成的5叶型紫花苜蓿品种。复叶多叶率为41.5%, 干草产量15 529.95 kg/hm²。

收稿日期: 2022-07-14; 修回日期: 2022-10-14

基金项目: 甘肃省重点研发计划(20YF3NE026)

作者简介: 张建华(1989-), 女, 甘肃省天水市人, 硕士, 助理研究员, 主要从事航天育种工作。

E-mail: 356945475@qq.com

*通信作者。E-mail: ts_cxq@163.com

2013年通过甘肃省草品种委员会审定,品种登记号GCS014,命名为航苜1号,2018年通过全国草品种审定委员会审定,定名“中天1号”,品种登记号535。

1.3 试验方法

1.3.1 材料处理 将选好的中天1号种子去除杂质和劣种后做发芽试验,发芽率在90%以上者视为合格。将精选后的种子分为2份,一份搭载神舟十号飞船,搭载时间为2013年6月11日,在酒泉卫星发射中心由长征二号F运载火箭发射升空,于2013年6月26日在内蒙古自治区中部主着陆场预定区域回收着陆,共15 d。另一份做为未搭载对照(CK)在地面低温保存。

1.3.2 育苗及种植 2014年,取搭载后的种子及CK各300粒,于105穴穴盘中育苗,每穴点播1粒,播深为1 cm左右,播种后覆土镇压。待苗高10 cm左右,移栽到向阳、平整、肥力较好的露天地块,形成诱变材料原始圃,以株、行距30、60 cm定植,按照搭载后种子的出苗率及移栽成活率,各保留230株。诱变材料进行单株标记,建立档案,整个生育期进行观测记载。通过表型及农艺性状变异分析,确定变异类型。

1.3.3 田间观察指标及方法 日生长量:于苜蓿返青期、初花期分别测量苜蓿的绝对高度,计算日生长量。CK随机选取30株,3次重复,求平均值,下同。

株高:在初花期测量从地面至苜蓿顶部的绝对高度。

分枝数:孕蕾期记录单株距地表5 cm左右处的分枝数数量。

叶长、宽及叶面积:孕蕾期测量每株首枝孕蕾枝

下的复叶最大叶长宽^[9]。

多叶率:4叶及以上复叶占总复叶数的百分比,于孕蕾期进行观测记载^[10]。

花色、茎色:于开花期对植株花色、茎色进行观察记载。

茎粗:于现蕾期用游标卡尺测量苜蓿的茎粗。

抗性:2019年,对原始圃苜蓿存活情况、茎秆直立长势、叶色是否正常,叶片光滑及有无病斑情况进行观察。

熟性:2014、2015年对原始圃苜蓿和CK初花期进行记载。

鲜干比、叶茎比:2014年孕蕾期对5叶、7叶变异类型的单株进行刈割,将茎秆与叶、花序分开,待风干后,分别称重,求鲜干比、叶茎比。

生物量:2015年孕蕾期对多分枝、速长变异类型的单株进行刈割称重(留茬高度4~6 cm),记录生物量。

2 结果与分析

2.1 正向变异类型

通过对中天1号航天诱变单株材料的多叶率、分枝性、株高、花色、熟性等连续多年的筛选研究及观测记载,初步确定了8种多叶正向变异类型并进行了集团分类,共计筛选出多叶正向变异单株46株,其中5叶株(多叶率 $\geq 60\%$)9株,7叶株5株,多分枝5株,速长7株,白花4株,黄花3株,抗病抗逆9株,早熟4株(表1)。

表1 变异类型及主要特征

Table 1 Variation types and main features

变异类型	优选变异株数	主要特征
5叶	9	多叶率 $\geq 60\%$,5叶率 $> 30\%$
7叶	5	多叶率 $> 60\%$,7叶率 $> 30\%$
多分枝	5	分枝数 ≥ 50 ,多叶率 $> 45\%$
速长	7	日生长量较CK增加5%以上,多叶率 $> 45\%$
白花	4	花色为白色,多叶率 $> 45\%$
黄花	3	花色为黄色,多叶率 $> 45\%$
抗病抗逆	9	株高 ≥ 91 cm,一级分枝数 ≥ 42 ,多叶率 $> 45\%$,健壮整齐、无病害、茎秆直立
早熟	4	花期较对照提前10 d以上,多叶率 $> 45\%$

注:2014年进行初选,2015年继续观察,以2015年数据为依据进行单株筛选。白花、黄花单株、抗病抗逆单株以2019年数据进行单株筛选

2.2 正向变异单株优选

2.2.1 5叶株 2014年,在原始圃通过逐株考察初步选择28株多叶率 $\geq 60\%$ 的5叶单株进行挂牌标记。2015年通过对多叶率、叶面积、鲜干比等指标的进一步观察测定,筛选出9株5叶型单株(表2),叶面积均显著($P < 0.05$)高于对照,为5.44~6.14 cm²;鲜干比除了HY2-191与对照差异不显著外,其余均显著($P < 0.05$)低于对照,叶茎比除了HY2-191与对照差异不显著外,其余均显著($P < 0.05$)高于对照;9个单株多叶率与5叶率均极显著($P < 0.01$)高于对照,其中5叶率最高的单株为HY2-175,多叶率为74.53%,5叶率为59.42%。选择的9个单株为培育5叶型高品质紫花苜蓿品种提供亲本材料。

2.2.2 7叶株 2014年,在原始圃通过逐株考察初步选择15株多叶率大于40%的7叶株进行挂牌标记,重点观察。2015年通过对多叶率、叶面积、鲜干比等指标的进一步观察测定,筛选出5株7叶型单株(表3),鲜干比均极显著($P < 0.01$)低于对照,在4.69~4.89之间,叶茎比、多叶率、7叶率均极显著($P < 0.01$)高于

对照,其中多7叶率最高的单株为HY2-83,7叶率为44.62%,多叶率为72.00%。选择的5株7叶单株为培育7叶型紫花苜蓿品种提供亲本材料。

2.2.3 多分枝 2014年,在原始圃通过逐株考察初步选择11株分枝数高于未搭载对照并在50以上的单株进行挂牌标记,重点观察。2015年通过对分枝数、多叶率、生物量的观测记载,筛选出5株多分枝单株(表4),其分枝数、多叶率、生物量均极显著($P < 0.01$),分枝数最多的单株为HY2-107,分枝数为87,较对照增加163.64%,多叶率较对照增加34.03%,生物量较对照增加188.98%;选择的5株多分枝单株,分枝数在50以上,多叶率大于45%,生物量高于对照60%以上,为培育丰产型多叶紫花苜蓿品种选育提供种质材料。

2.2.4 速长株 2014年,初步选定17株速长单株进行挂牌标记,2015年在诱变单株中,共筛选出日生长量高于对照且相对稳定的变异单株7株(表5),其株高、日生长量、多叶率、生物量均极显著($P < 0.01$)高于对照,其中日生长量高于对照15%以上的单株有3

表2 优选5叶单株性状

Table 2 The plant traits of 5 leaflets via optimal selection

编号	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm ²	鲜干比	叶茎比	多叶率/%	5叶率/%	株高/cm	分枝数
HY2-16	3.61	2.22	5.53**	4.69**	1.08**	62.09**	42.63**	99.27	29
HY2-24	3.73	2.21	5.69**	4.70**	0.96**	60.34**	39.87**	97.48	32
HY2-59	3.74	2.30	5.94**	4.71**	1.00**	68.41**	45.45**	93.20	52
HY2-103	3.52	2.24	5.44*	4.92*	0.90**	61.07**	41.62**	95.11	35
HY2-136	3.71	2.19	5.61**	4.74**	0.93**	64.54**	35.44**	90.92	29
HY2-160	3.60	2.47	6.14**	4.70**	0.95**	67.65**	50.14**	100.34	38
HY2-175	3.67	2.35	5.95**	4.89**	0.91**	74.53**	59.42**	93.62	27
HY2-191	3.58	2.22	5.48**	5.13	0.89	63.66**	43.08**	89.21	30
HY2-198	3.73	2.18	5.61**	4.72**	0.92**	71.12**	56.77**	98.70	39
CK	3.43	2.12	5.02	5.29	0.88	43.26	30.85	94.93	33

注:*表示与对照差异显著($P < 0.05$),**表示与对照差异极显著($P < 0.01$),下同

表3 优选7叶单株性状

Table 3 The plant traits of 7 leaflets via optimal selection

编号	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm ²	鲜干比	叶茎比	多叶率/%	7叶率/%	株高/cm	分枝数
HY2-11	3.91	1.81	5.10	4.89**	0.97**	61.38**	37.62**	98.12	41
HY2-61	3.72	1.93	4.95	4.69**	1.09**	75.65**	36.96**	96.54	38
HY2-83	3.83	2.01	5.31	4.81**	0.99**	72.00**	44.62**	101.87	26
HY2-145	3.71	1.82	4.86	4.79**	0.94**	60.81**	35.86**	94.11	33
HY2-187	3.61	2.00	4.98	4.70**	1.12**	71.93**	42.83**	95.35	47
CK	3.43	2.12	5.02	5.29	0.88	43.26	1.32	94.93	33

表4 多分枝单株株高、分枝数、多叶率及生物量

Table 4 The plant height, number of branch, multi-leaf rate and biomass of multi-branch plant

单株编号	株高/cm	分枝数	分枝数增幅/%	多叶率/%	多叶率增幅/%	生物量/g	生物量增幅/%
HY2-35	93.71	57	72.73**	58.41	35.02**	878.23	80.26**
HY2-40	92.88	63	90.91**	47.19	9.08**	965.31	98.13**
HY2-107	89.92	87	163.64**	57.98	34.03**	1407.92	188.98**
HY2-166	94.47	50	51.52**	50.41	16.53**	798.22	63.84**
HY2-205	99.71	72	118.18**	51.60	19.28**	1184.71	143.17**
CK	94.93	33		43.26		487.20	

株,日生长量最高的单株为HY2-148,日生长量为2.23 cm,较对照增加24.58%,多叶率较对照增加10.56%,生物量较对照增加103.49%;选择的7株速长单株日生长量较对照增长5%以上,多叶率大于45%,生物量高于对照30%以上,为培育丰产型多叶紫花苜蓿品种提供种质材料。

2.2.5 白花、黄花变异株 虽然诱变材料在种植当代花色没有出现较大的变化,但在5叶株、7叶株后代

选育中,发现了4株白花变异单株和3株黄花变异单株(表6),其形态表现为:花色纯白或纯黄,多叶,叶片为披针形,茎秆直立,结实率较低,其中一株白花变异单株开花时有浓郁的槐花香味(图1)。将4株白花变异单株和3株黄花变异单株分别移至隔离区进行观测研究,为选育白花多叶蜜源型苜蓿和黄花多叶型苜蓿提供种质材料。

表5 速长单株株高、日生长量、多叶率及生物量

Table 5 The plant height, daily growth, multi-leaf rate and biomass of fast-growing plant

单株编号	株高/cm	株高增幅/%	日生长量/cm	日生长量增幅/%	多叶率/%	多叶率增幅/%	生物量/g	生物量增幅/%
HY2-19	113.99	20.08**	2.08	16.20**	54.08	25.01**	1163.82	138.88**
HY2-33	109.14	14.97**	2.02	12.85**	57.86	33.75**	766.74	57.38**
HY2-74	103.25	8.76**	1.94	8.38**	59.41	37.33**	673.62	38.26**
HY2-81	104.21	9.78**	2.01	12.29**	52.00	20.20**	958.91	96.82**
HY2-97	108.96	14.78**	1.96	9.50**	53.41	23.46**	656.27	34.70**
HY2-148	118.18	24.49**	2.23	24.58**	47.83	10.56**	991.41	103.49**
HY2-185	100.82	6.20**	2.12	18.44**	57.52	32.96**	662.72	36.03**
CK	94.93		1.79		43.26		487.20	

表6 多叶黄花白花单株性状

Table 6 The plant traits of white and yellow leafy alfalfa

编号	花色	株高/cm	分枝数	叶长/cm	叶宽/cm	多叶率/%	生物量/g
BH-1	白色	92.41	36	3.11	1.40	47.3	520.73
BH-2	白色	101.70	29	3.72	1.42	50.4	466.92
BH-3	白色	94.50	31	3.65	1.19	46.9	479.10
BH-4	白色	86.34	33	3.43	1.47	45.8	448.39
HH-1	黄色	97.75	37	3.72	1.50	54.7	571.56
HH-2	黄色	99.62	35	3.08	1.14	49.1	554.27
HH-3	黄色	84.18	28	3.82	1.17	52.8	420.72



图1 黄花、白花、红杆植株

Fig. 1 The plant of yellow flower, white flower and red stem

2.2.6 抗病抗逆 2021年,搭载材料种植已近8年,从原始圃调查情况来看,部分植株未能正常越冬,部分老化死亡,但个别植株无病害发生,对健壮株进行了单株优选,选择株型直立、株高在91~132 cm,一级

分枝数42~94,多叶率 $>45\%$,抗病抗逆的单株7株,此外还在原始选育圃中发现2株红杆植株,主要特点为茎秆暗红色(图1),茎粗分别为0.53、0.52 cm,较对照(0.48 cm)分别增加10.41%、8.3%,差异显著($P<0.05$),直立型好,抗倒伏,多叶率分别为46.7%、48.1%。这9个单株形成抗病抗逆诱变集团,为高抗紫花苜蓿品种的选育提供种质材料。

2.2.7 早熟 在紫花苜蓿的生产和收获,花期是主要的收获判断依据,产量积累主要发生在初花期前^[11],在原始选育圃中还发现4株早熟单株,花期较CK提前10~13 d,多叶率 $>45\%$,为早熟紫花苜蓿品种的选育提供种质材料(表7)。

表7 早熟单株性状

Table 7 The trait of early maturing single plant

编号	开花期(2014年) /(月-日)	开花(2015年)/ (月-日)	株高/cm	分枝数	多叶率/%	生物量/g
HY2-9	06-16	04-29	99.11*	44	47.42*	572.5**
HY2-63	06-16	04-28	97.40	35	51.33**	492.8
HY2-79	06-16	04-29	90.88*	37	45.07	798.0**
HY2-181	06-14	04-26	89.72*	41	50.78**	599.7**
CK	06-26	05-09	94.93	33	43.26	487.2

3 讨论

航天育种是利用返回式航天器及空间特殊环境(高真空、辐射、微重力、零磁场等)使农作物种子或种苗在较短时间内发生变异的一种创新性的育种方法,通过航天育种可以获得地面选育难以获得的优质种质资源,从而缩短育种年限^[12]。航天育种的变异方向有不确定性,包括正向变异、负向变异及不变异^[8]。马学敏等^[13]研究发现,中苜1号紫花苜蓿经航天搭载后植株抗氧化能力增强。任卫波等^[14]、王密等^[15]发现,诱变后的苜蓿的株高、分枝数、单株生物量等农艺经济性性状指标发生显著变化。紫花苜蓿的经济产量一般由干草产量和营养成分含量来衡量,前人研究表明,与普通三叶型苜蓿相比,多叶型苜蓿具有高产优势及优质潜力,苜蓿多叶性状能增加苜蓿的叶面积,对苜蓿产量贡献率高达60%~70%,苜蓿产草量与叶面积呈正相关^[16-18],此外,紫花苜蓿60%~70%的营养物质也存在于叶片中^[16]。王成章等^[19]研究发现,紫

花苜蓿叶片中的粗蛋白含量是茎的2~3倍,粗纤维含量却是茎的一半以下。王雯玥^[20]研究发现多叶苜蓿在叶茎比、鲜干比及比叶重等方面比三叶型苜蓿更具增产优势,且多叶型苜蓿第一茬粗蛋白、粗灰分均显著($P<0.05$)高于三叶型,粗脂肪、粗纤维极显著($P<0.01$)低于三叶型苜蓿。因此多叶的性状有利于紫花苜蓿增产和优质。本研究将中天1号紫花苜蓿进行了搭载,而中天1号本身就是通过航天搭载选育出来的多叶型紫花苜蓿,通过对搭载后的正向诱变效应进行总结发现二次搭载后最明显的变异是多叶率的提高,且优选多叶单株的多叶率均显著($P<0.05$)高于对照,可见紫花苜蓿航天诱变的变异是在品种自身主要特性的基础上发生的变异,我们可以有目标地进行搭载和选择。

杨红善等^[8]对航天诱变后的紫花苜蓿进行集团分类,大致分为多叶、大叶、分蘖强、抗病等7种类型,其中生长速度、多叶、叶面积增大的变异较为显著。张二喜等^[21]对紫花苜蓿太空诱变后的表型性状变异进

行研究,优选出速生、多叶、叶色浓、抗逆等6类57株变异单株。本研究通过对中天1号二次搭载后的变异类型研究,选出了5叶、7叶、多分枝、速长、多叶黄花、多叶白花、抗病抗逆、早熟8种正向变异类型,其中多叶率、分枝数、生长速度的变异较为明显,二次搭载与一次搭载的变异规律基本相同,除了常见的变异类型外,增加了多叶白花、多叶黄花的变异类型。

4 结论

(1) 中天1号二次搭载返回地面种植后共得到230个诱变单株,通过连续多年的农艺及表型性状观测,最后筛选出了8种正向变异类型46个多叶单株,其中优选出5叶株9个,7叶株5个,多分枝单株5个,速长单株7个,黄花3个,白花4个,抗病抗逆单株9个,早熟单株4个。优选的多叶单株多叶率均在45%以上,其中优选5叶单株多叶率最高可达74.53%,优选7叶单株多叶率最高可达75.65%。

(2) 研究中首次出现了变异类型多叶黄花、多叶白花,除了这两种类型在以往紫花苜蓿搭载研究中未出现以外,二次搭载与一次搭载的变异规律基本相同,最明显的变异是多叶率的提高,紫花苜蓿二次搭载除了多数变异如5叶、7叶、多分枝等6种有益变异类型在原始圃中发生,少数变异如多叶黄花、白花变异类型在后代中发生。

参考文献:

- [1] 张建华,罗爱玉,高彦辉,等. 色素椒新品种“航椒红光”的选育[J]. 蔬菜,2022(2):71-75.
- [2] 李小峰,高彦辉,齐欣,等. 玉米新品种航玉35的性状表现及配套栽培技术[J]. 农业科技通讯,2018(12):262-264.
- [3] 杨红善,于铁峰,常根柱,等. 航苜1号紫花苜蓿多叶性状遗传特性及分子标记检测[J]. 中国草地报,2014,36(5):46-50.
- [4] 杨红善. 航天诱变多叶紫花苜蓿新品种选育研究[D]. 兰州:兰州大学,2018.
- [5] 杨青川,孙彦. 中国苜蓿育种的历史、现状与发展趋势[J]. 中国草地学报,2011,33(6):95-101.
- [6] 武自念. 多叶苜蓿种质特性及其花药培养的研究[D]. 扬州:扬州大学,2013.
- [7] 吴欣明,郭璞,池惠武,等. 国外紫花苜蓿种质资源表型性状与品质多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(1):103-111.
- [8] 杨红善,常根柱,包文生,等. 紫花苜蓿航天诱变田间形态学变异研究[J]. 草业学报,2012,21(5):222-228.
- [9] 曹亦芬,曹致中,师尚礼,等. 苜蓿叶面积简易测定方法的研究[J]. 草业科学,1990,7(3):60-62.
- [10] 柴小琴,张建华,郑宇宇. 航苜1号航天二次搭载SP1代表的农艺性状变异[J]. 草业科学,2016,33(9):1788-1792.
- [11] 张帆. 紫花苜蓿产量及早熟性状的遗传特性研究[D]. 北京:中国农业科学院,2017.
- [12] 密士军,郝再彬. 航天诱变育种研究的新进展[J]. 黑龙江农业科学,2002(4):31-33.
- [13] 马学敏,张治安,邓波,等. 不同含水量紫花苜蓿种子卫星搭载后植株叶片保护酶活性的研究[J]. 草业科学,2011,28(5):783-787.
- [14] 任卫波,韩建国,张蕴薇,等. 卫星搭载不同紫花苜蓿品种的生物特性反应. 草业科学,2008,25(10):75-77.
- [15] 王密. 紫花苜蓿种子空间诱变变异效应的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [16] 柴小琴,于铁峰,包文生,等. 紫花苜蓿太空诱变多叶新品系HY-1选育研究[J]. 畜牧与兽医,2016,48(3):20-26.
- [17] 李英主,鄢家俊,周磊昊,等. 多叶型紫花苜蓿研究进展[J]. 草学,2018(5):1-5.
- [18] 王志明,岳民勤,杜文华,等. 岷县高寒牧区多年生豆科牧草引种试验初报[J]. 草业科学,2005,22(3):40-42.
- [19] 王成章,徐向阳,杨雨鑫,等. 不同紫花苜蓿品种引种试验研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(3):29-31.
- [20] 王雯玥. 多叶型紫花苜蓿生产性能与光合特性及品质的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [21] 张二喜,柴小琴,张建华. 太空诱变紫花苜蓿SP1代表型性状变异研究[J]. 畜牧与兽医,2017,49(7):37-41.

(下转64页)

most significant effects on root length and root activity of subsequent plant, increasing 83.0% and 226.3%, respectively, compared with CK. 2) The Sm—O pattern had the most significant effects on root dry weight and root activity of the subsequent plant, increasing 71.9% and 106.1%, respectively, compared with CK. 3) The indices of the allelopathic effects of all the extracts on the roots of the post—crop plants were greater than 0, indicating that the six cereal grass rotation patterns had positive allelopathic effects on both the pre— and post—crop. The O—Sm pattern had the greatest allelopathy effect with the allelopathy effect index (SE) among 0.3~0.6. The 2A pattern had the lowest allelopathy effect with the SE among 0.05~0.2. **【Conclusion】** The order of promoting effects of crop rotation patterns on root system was O—Sm>Sm—O>C—Pe>Po—C>Pe—B>2A, and the promoting effect of 0—20 cm soil layer was higher than that of 20~40 cm soil layer.

Key words: Grain—forage rotation; soil extracts; early roots; root growth; allelopathic effect

(上接 56 页)

Study on positive variation types of alfalfa by re—onboard in space

ZHANG Jian-hua^{1,2}, CHAI Xiao-qin^{2,3*}, DING Yao-hong¹, LIU Fen-hong¹, YU Jin¹

(1. Tianshui Shenzhou Lvpeng Agricultural Science & Technology, Tianshui 741030, China; 2. Gansu Provincial Space Breeding Technology Innovation Center, Tianshui 741030, China; 3. Tianshui Institute of agricultural Sciences, Tianshui 741001, China)

Abstract: **【Objective】** In order to explore the positive mutagenic effect of alfalfa (*Medicago sativa*) by re—onboard in space and screen plants for different variation types. **【Method】** Through the measurement of the production performance index such as plant height, leaf—stem ratio, fresh—dry ratio, multi—leaf rate, branch number and biomass of Zhongtian No. 1 alfalfa carried on Shenzhou No. 10 spacecraft, eight positive variation types were identified and characterised. **【Result】** Forty—six multifoliolate plants including 5 leaflets (9), 7 leaflets (5), multi—branch (5), rapid growth (7), yellow flower (3), white flower (4), disease—resistance and adversity—resistance (9), and early maturity (4) were selected via optimal selection. The major variations in alfalfa after its re—onboard in space occurred in primary nursery, and a few variations occurred in variant nursery. The most obvious variation after the re—onboard of Zhongtian No. 1 was the increase of leaf numbers. Rate of leaf variations of single multifoliolate plant was significantly ($P<0.05$) higher than control. **【Conclusion】** The variation of alfalfa through space—flight mutagenesis techniques is the variation on the basis of the main characteristics of the plant itself. Therefore, we can select and carry out space mutation breeding in a targeted manner.

Key words: alfalfa; re—onboard; variation types; germplasm resources