

Co⁶⁰- γ 辐射对 2 种高羊茅染色体核型的影响

徐振东, 兰秀红, 杨 曼, 肖 波, 费永俊*

(长江大学园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘 要:以 2 种高羊茅(*Festuca arundinaceae*)为材料,用 Co⁶⁰- γ 射线为照射源辐照干种子,辐射剂量分别为 0 Gy、100 Gy、200 Gy、300 Gy,采用染色体常规压片方法对辐射处理材料的染色体数目及核型进行了初步研究,结果表明:1)对照组 2 个品种的染色体数目均相同(2n=42),均属于大染色体,但在核型组成上存在一定的差异,多数染色体为中部着丝粒,核型多为对称型。2)同一品种高羊茅在不同剂量辐射下染色体核型存在差异,而相同剂量辐射下不同品种染色体结构变化也存在差异。3)辐射后的高羊茅染色体数目发生了变化,出现 40 条和 42 条两种情况。4)核型类型有 3 种,分别为:2B、2C 和 1B。5)组成结构大多都为中部染色体和近中部染色体,少数有正中部染色体或者近端部染色体,极少数出现了小染色体和随体。本文从染色体水平上进行研究,旨在为草坪草种质资源的研究和利用提供细胞遗传学依据。

关键词:高羊茅;Co⁶⁰- γ 辐射;染色体;核型分析

中图分类号:S335.2²¹

文献标识码:A

文章编号:1003-8701(2016)03-0018-07

Effects of Co⁶⁰- γ Radiation on the Chromosome Karyotypes of Two *Festuca arundinaceae* Cultivars

XU Zhendong, LAN Xiuhong, YANG Man, XIAO Bo, FEI Yongjun*

(College of Gardening and Horticulture, Yangtze University, Jingzhou 434025, China)

Abstract:The seeds of two *Festuca arundinaceae* cultivars were radiated by Co⁶⁰- γ rays with 0 Gy, 100 Gy, 200 Gy and 300 Gy radiation doses, and the chromosome number and karyotype of these two cultivars and radiated lines were investigated by using histological sectioning technique. The results showed that the two varieties possessed the same chromosome number (2n=42) belonging to macrochromosome but exhibited some differences in the components of karyotype. The most chromosomes of the two varieties were metacentric and most of the karyotype was symmetric. The chromosome karyotype of the radiated lines by different doses of radiation showed differences for each individual *Festuca arundinaceae* cultivar, and chromosome structure changes were also observed in the different lines by the same doses of radiation. After radiation, change of the chromosome number n=40 and n=42 were found in the radiated lines. There were three karyotypes 2B, 2C and 1B found in the lines. Central and near central chromosomes were mostly found in the composition structure of karyotype and only a few had middle or near the end chromosomes, very few small chromosome and satellite were detected. Our results provide some information at the chromosome level for the future germplasm resources research and utilization of the turfgrass.

Key words:*Festuca arundinaceae*; Co⁶⁰- γ radiation; Chromosome; Karyotype analysis

染色体的形态分析研究即核型分析。核型是指单个细胞的染色体组成,它反映细胞中染色体数量与结构的特征^[1]。植物染色体的数目形态等是最稳定的细胞学特征之一,在不同的种属间,染色体有不同的数目、核型等的特征区别,植物

染色体的核型类型等也是表明该物种系统演化位置以及和相近种的亲缘关系的重要依据。

染色体核型分析对研究生物的遗传变异、生物的系统演化、物种之间的亲缘关系、某些生物的起源、远缘杂交及染色体工程、基因定位等都具有重要的意义^[2]。培育高产、品质好、抗病和抗逆性强的新品种,是目前国际上在牧草辐射育种工作中比较重视的问题,人们也开始用突变育种的方法培育耐寒、耐盐碱的品种。徐国忠等^[3]利用 Co⁶⁰- γ 射线辐照豆科决明属 5 个牧草品种的种

收稿日期:2016-02-26

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD01A19-4-3)

作者简介:徐振东(1991-),男,在读硕士,主要从事种质资源研究及评价工作。

通讯作者:费永俊,男,教授,E-mail:fyj2010@163.com

子,RAPD分析表明5个品种辐射后代在遗传上都有明显的变异。

高羊茅(*Festuca arundinace*)又称苇状羊茅,系禾本科羊茅属植物,是常用的一种冷季型草坪草^[4],其绿色期相对较长,是常用的冷季型草坪草中周年绿色期最长的一个草种。冷季型草种适合在我国大部分地区生长,其适应性好且成坪效果佳,是倍受人们重视的著名牧草和草坪草,在畜牧业、城市园林绿化、水土保持及体育等产业中都有举足轻重的作用^[5-6]。

本研究以高羊茅为材料,用Co⁶⁰-γ射线照射2种高羊茅受体材料诱发植株产生变异,从染色体水平上进行研究,旨在为草坪草种质资源的研究和利用提供细胞遗传学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种普通高羊茅(Tall Fescue)和小英雄(Small Hero)2个品种,来自北京克劳沃草业公司。

1.2 试验设计

于2014年10月,在湖南省农业科学院以Co⁶⁰-γ射线为照射源,以100、200、300 Gy的剂量辐照高羊茅干种子^[7],并以不辐射处理作为对照。

1.3 根尖压片制作

采用植物根尖压片法,具体过程:将种子在25℃恒温培养箱中,待生长发芽后直接取其白色幼嫩根尖,截取1~1.5 cm。将选取的根尖用水洗后立即在室温下(18~22℃)用饱和对二氯苯水溶液(POB)预处理,时间为2 h,然后放入卡诺氏固定液(无水乙醇:冰醋酸=3:1)中固定30 min。取出固定的根尖,水洗数分钟后用蒸馏水洗数次,再取

出用滤纸吸去多余的水分,放入1 mol/L HCl中,在60℃(恒温)水箱中解离5~6 min。把解离的根尖取出,用水洗3次,转入宝卡品红染液中染色2 h。取出染色的根尖置于载玻片上,用刀切除根冠和伸长区部分,只留4~5 mm的分生区置于载玻片上,滴加品红染液,盖上盖玻片、压片,使染色体位于同一平面上。

1.4 指标测定及方法

每个处理观察3~5个中期分裂相,选择分散较理想的中期染色体图像显微摄影,选用10×目镜和100×油镜拍摄。核型分析方法参考李懋学等^[8]的标准,染色体的着丝点位置根据Leven等的命名法则^[9]。

1.5 试验数据处理与统计分析

采用DPS 11.0软件进行统计分析,用平均值和标准误差表示测定结果,并用SSR法对各测定数据进行多重比较;采用Excel 2010制图。

2 结果与分析

2.1 不同剂量Co⁶⁰-γ辐射对普通高羊茅染色体核型的影响

根据Leven等的命名法则^[9]确定染色体的着丝点位置:臂比1.01为正中部着丝粒染色体(M),臂比1.02~1.7为中部着丝粒染色体(m),臂比1.7~3.0为近中部着丝粒染色体(sm),臂比3.0~7.0为近端部着丝粒染色体(st),臂比大于7.0的为端部着丝粒染色体(t)。

通过对普通高羊茅中期分裂相的细胞进行观察和统计,根据染色体长度、臂比和形态将同源染色体按从大到小的顺序进行排列,并进行统计学分析。不同剂量辐射后的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图1。

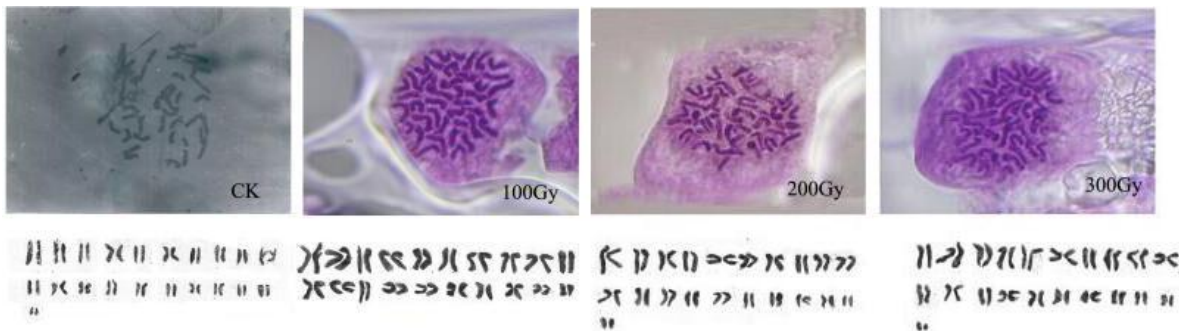


图1 不同剂量Co⁶⁰-γ辐射下普通高羊茅染色体核型图

普通高羊茅CK染色体参数见表1和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为42,核型公式为2n=42=38m+4sm,由19对中部着丝粒染色体和

2对近中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在2.44~7.77之间,染色体组总长度为86.65μm。其中染色体长度比(最长染色体/最短

染色体)为3.18,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的9.52%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2B型。

普通高羊茅100 Gy染色体参数见表1和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为40,核型公式为 $2n=40=32m+8sm$,由16对中部着丝粒染色体

和4对近中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在2.55~7.17之间,染色体组总长度为 $86.65\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为2.81,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的10%,据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2B型。

表1 CK和100 Gy Co^{60} - γ 辐射下普通高羊茅核型参数表

染色体序号	CK				100 Gy			
	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型
1	1.77+2.62=4.39	3.14+4.64=7.77	1.48	m	2.58+3.64=6.21	2.97+4.20=7.17	1.41	m
2	1.44+2.27=3.71	2.55+4.02=6.57	1.58	m	2.30+3.65=5.95	2.66+4.21=6.87	1.59	m
3	1.41+2.24=3.65	2.49+3.97=6.46	1.59	m	2.12+3.26=5.38	2.45+3.76=6.21	1.54	m
4	1.41+2.05=3.45	2.49+3.62=6.11	1.45	m	1.98+3.02=5.00	2.29+3.48=5.77	1.52	m
5	1.55+1.83=3.38	2.73+3.24=5.98	1.19	m	1.68+3.26=4.94	1.94+3.76=5.70	1.94	sm
6	1.26+1.92=3.18	2.23+3.40=5.63	1.53	m	2.05+2.89=4.94	2.36+3.34=5.70	1.41	m
7	1.30+1.56=2.86	2.31+2.76=5.07	1.20	m	1.97+2.80=4.77	2.27+3.23=5.51	1.42	m
8	1.29+1.48=2.77	2.28+2.63=4.91	1.15	m	2.29+2.41=4.70	2.64+2.78=5.42	1.05	m
9	1.17+1.55=2.71	2.06+2.73=4.80	1.32	m	1.59+3.03=4.62	1.84+3.50=5.33	1.90	sm
10	0.88+1.79=2.67	1.55+3.16=4.72	2.03	sm	1.97+2.64=4.61	2.27+3.04=5.32	1.34	m
11	1.00+1.59=2.59	1.77+2.81=4.58	1.59	m	2.27+2.33=4.61	2.62+2.69=5.32	1.03	m
12	0.83+1.71=2.55	1.47+3.03=4.50	2.05	sm	1.79+2.42=4.21	2.06+2.80=4.86	1.36	m
13	0.89+1.42=2.32	1.58+2.52=4.10	1.59	m	2.00+2.18=4.18	2.31+2.52=4.83	1.09	m
14	0.88+1.44=2.32	1.55+2.55=4.10	1.64	m	1.00+2.88=3.88	1.15+3.32=4.48	2.88	sm
15	0.94+1.36=2.30	1.66+2.41=4.07	1.45	m	1.01+2.50=3.51	1.17+2.89=4.05	2.47	sm
16	1.06+1.20=2.26	1.88+2.12=3.99	1.13	m	1.44+2.02=3.45	1.66+2.33=3.99	1.40	m
17	0.95+1.14=2.09	1.69+2.01=3.70	1.19	m	1.30+1.98=3.29	1.50+2.29=3.79	1.52	m
18	0.95+1.14=2.09	1.69+2.01=3.70	1.19	m	1.44+1.74=3.18	1.66+2.01=3.67	1.21	m
19	0.77+1.21=1.98	1.37+2.14=3.51	1.57	m	1.41+1.59=3.00	1.63+1.84=3.46	1.13	m
20	0.71+1.14=1.85	1.26+2.01=3.27	1.60	m	0.98+1.23=2.21	1.14+1.42=2.55	1.25	m
21	0.61+0.77=1.38	1.07+1.37=2.44	1.28	m				

注:m表示中部着丝粒染色体;sm表示近中部着丝粒染色体;M表示正中部着丝粒染色体;st表示近端部着丝粒染色体;m*表示带有随体,随体长度未计算在内,下同

普通高羊茅200 Gy染色体参数见表2和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为42,核型公式为 $2n=42=24m+18sm$,由12对中部着丝粒染色体和9对近中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在1.21~7.93之间,染色体组总长度为 $69.15\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为6.55,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的9.52%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2C型。

普通高羊茅300 Gy染色体参数见表2和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为42,核型公式为 $2n=42=28m+14sm$,由14对中部着丝粒染色体和7对近中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在1.94~6.89之间,染色体组总长度为

$72.62\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为3.55,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的4.76%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2B型。

综上,普通高羊茅染色体数目有2种情况: $2n=42$, $2n=40$,其核型组成和染色体不同。CK核型公式为 $2n=42=38m+4sm$,核型类别为2B;100 Gy辐射下核型公式为 $2n=40=32m+8sm$,核型类型为2B;200 Gy辐射下核型公式为 $2n=42=24m+18sm$,核型类别为2C;300 Gy辐射下核型公式为 $2n=42=28m+14sm$,核型类别为2B。都是中部染色体和近中部染色体组成,但染色体具体形态和数目有所差别,200 Gy和300 Gy辐射下各出现了1对小染色体。

表2 200 Gy和300 Gy Co⁶⁰-γ辐射下普通高羊茅核型参数表

染色体序号	200 Gy				300 Gy			
	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型
1	2.65+3.11=5.76	3.83+4.49=7.93	1.17	m	1.68+3.32=5.00	0.32+4.57=6.89	1.97	sm
2	2.18+2.61=4.79	3.16+3.77=6.07	1.19	m	1.62+3.00=4.62	2.23+4.13=6.36	1.85	sm
3	1.50+2.27=3.77	2.17+3.29=5.83	1.52	m	1.70+2.86=4.56	2.34+3.94=6.28	1.69	m
4	1.53+2.02=3.55	2.21+2.91=5.81	1.32	m	2.06+2.35=4.41	2.84+3.23=6.07	1.14	m
5	1.33+2.53=3.86	1.93+3.66=5.70	1.90	sm	1.82+2.45=4.27	2.50+3.38=5.88	1.35	m
6	1.52+2.83=4.35	2.19+4.10=5.48	1.87	sm	1.67+2.47=4.14	2.30+3.40=5.70	1.48	m
7	1.30+2.48=3.79	1.88+3.59=5.04	1.91	sm	1.55+2.58=4.12	2.13+3.55=5.67	1.67	m
8	1.32+1.91=3.23	1.91+2.76=5.04	1.45	m	1.17+2.88=4.05	1.61+3.96=5.57	2.47	sm
9	1.44+1.59=3.03	2.08+2.30=4.75	1.11	m	1.29+2.52=3.80	1.77+3.46=5.24	1.95	sm
10	1.29+1.92=3.21	1.86+2.78=4.71	1.49	m	1.70+2.02=3.71	2.34+2.77=5.11	1.19	m
11	1.17+2.18=3.35	1.69+3.16=4.60	1.87	sm	1.48+2.00=3.48	2.04+2.75=4.80	1.35	m
12	1.08+2.17=3.24	1.56+3.13=4.34	2.01	sm	1.17+2.08=3.24	1.61+2.86=4.46	1.78	sm
13	1.06+2.02=3.08	1.53+2.91=4.29	1.90	sm	1.29+1.89=3.18	1.77+2.61=4.38	1.47	m
14	1.06+1.97=3.03	1.53+2.85=3.94	1.86	sm	1.44+1.62=3.06	1.98+2.23=4.21	1.13	m
15	1.14+1.67=2.80	1.64+2.41=3.94	1.47	m	1.41+1.62=3.03	1.94+2.23=4.17	1.15	m
16	0.88+1.85=2.73	1.27+2.67=3.66	2.10	sm	1.02+1.74=2.76	1.40+2.40=3.80	1.72	sm
17	1.09+1.42=2.52	1.58+2.06=3.57	1.31	m	1.20+1.52=2.71	1.65+2.09=3.73	1.27	m
18	0.94+1.65=2.59	1.36+2.39=3.42	1.76	sm	1.24+1.30=2.55	1.71+1.79=3.51	1.05	m
19	0.91+1.11=2.02	1.31+1.60=3.11	1.22	m	1.20+1.23=2.42	1.65+1.69=3.34	1.03	m
20	1.02+1.38=2.39	1.47+1.99=3.07	1.36	m	0.76+1.33=2.09	1.04+1.84=2.88	1.76	sm
21	0.83+1.24=2.08	1.21+1.80=1.21	1.49	m	0.61+0.80=1.41	0.83+1.11=1.94	1.32	m

2.2 不同剂量 Co⁶⁰-γ 辐射对小英雄染色体核型的影响

通过对小英雄中期分裂相的细胞进行观察和统计,根据染色体长度、臂比和形态将同源染色

体按从大到小的顺序进行排列,并进行统计学分析。不同剂量辐射后的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图2。

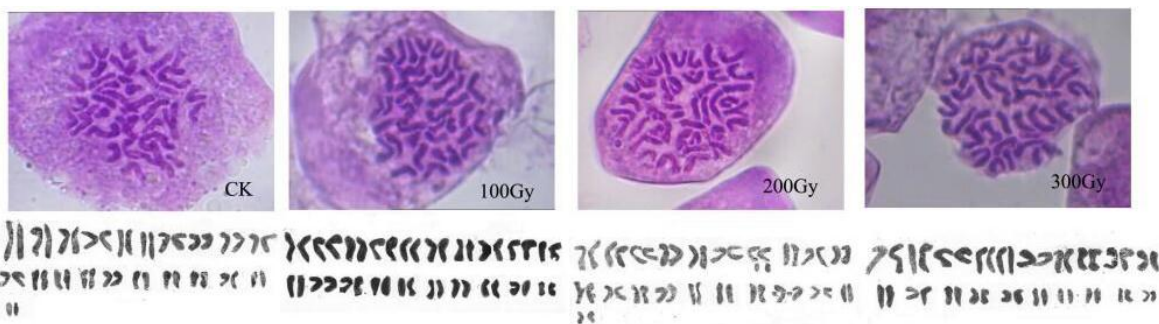


图2 不同剂量 Co⁶⁰-γ 辐射下小英雄染色体核型图

小英雄 CK 染色体参数见表3和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为42,核型公式为2n=42=30m+10sm+2st,由15对中部着丝粒染色体、5对近中部着丝粒染色体和1对近端部染色体组成,染色体的相对长度在2.62~7.49之间,染色体

组总长度为95.83μm。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为2.86,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的9.52%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2B型。

小英雄 100 Gy 染色体参数见表3和表5,结果

表明:根尖细胞的染色体数目为40,核型公式为 $2n=40=40m$,由20对中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在3.13~6.85之间,染色体组总长度为 $90.64\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/

最短染色体)为2.19,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的0%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属1B型。

表3 CK和100 Gy Co^{60} - γ 辐射下小英雄核型参数表

染色体序号	CK				100 Gy			
	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型
1	2.65+4.53=7.18	2.77+4.73=7.49	1.71	sm	2.65+3.56=6.21	2.93+3.93=6.85	1.34	m
2	2.55+4.06=6.61	2.66+4.24=6.89	1.60	m	2.58+3.33=5.91	2.84+3.68=6.52	1.29	m
3	2.74+3.15=5.89	2.86+3.29=6.15	1.15	m	2.50+3.11=5.61	2.76+3.43=6.19	1.24	m
4	2.12+3.33=5.45	2.21+3.48=5.69	1.57	m	2.52+2.65=5.17	2.77+2.93=5.70	1.05	m
5	2.27+3.11=5.38	2.37+3.24=5.61	1.37	m	2.21+2.80=5.02	2.44+3.09=5.53	1.27	m
6	2.53+2.80=5.33	2.64+2.92=5.57	1.11	m	2.41+2.61=5.02	2.66+2.88=5.53	1.08	m
7	1.68+3.45=5.14	1.75+3.60=5.36	2.05	sm	2.17+2.83=5.00	2.39+3.13=5.52	1.31	m
8	1.23+3.76=4.98	1.28+3.92=5.20	3.06	st	2.23+2.74=4.97	2.46+3.03=5.48	1.23	m
9	2.27+2.67=4.94	2.37+2.78=5.15	1.17	m	2.14+2.61=4.74	2.36+2.88=5.23	1.22	m
10	2.26+2.65=4.91	2.36+2.77=5.12	1.17	m	2.18+2.55=4.73	2.41+2.81=5.22	1.17	m
11	1.83+2.44=4.27	1.91+2.55=4.46	1.33	m	1.89+2.62=4.52	2.09+2.89=4.98	1.38	m
12	1.74+2.42=4.17	1.82+2.53=4.35	1.39	m	1.52+2.80=4.32	1.67+3.09=4.76	1.85	m
13	1.82+2.15=3.97	1.90+2.25=4.14	1.18	m	1.82+2.42=4.24	2.01+2.67=4.68	1.33	m
14	1.44+2.50=3.94	1.50+2.61=4.11	1.74	sm	1.74+2.27=4.02	1.92+2.51=4.43	1.30	m
15	1.36+2.50=3.86	1.42+2.61=4.03	1.83	sm	1.74+2.17=3.91	1.92+2.39=4.31	1.24	m
16	1.67+2.05=3.71	1.74+2.13=3.87	1.23	m	1.45+2.36=3.82	1.60+2.61=4.21	1.63	m
17	1.27+2.42=3.70	1.33+2.53=3.86	1.90	sm	1.48+2.29=3.77	1.64+2.52=4.16	1.54	m
18	1.41+2.05=3.45	1.47+2.13=3.60	1.45	m	1.23+2.42=3.65	1.35+2.67=4.03	1.98	m
19	1.36+1.97=3.33	1.42+2.06=3.48	1.44	m	1.26+1.94=3.20	1.39+2.14=3.53	1.54	m
20	1.42+1.67=3.09	1.49+1.74=3.23	1.17	m	1.09+1.74=2.83	1.20+1.92=3.13	1.60	m
21	1.17+1.35=2.52	1.22+1.41=2.62	1.16	m				

小英雄200 Gy染色体参数见表4和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为42,核型公式为 $2n=42=2M+34m+2sm+4m^*$,由1对正中部染色体,17对中部着丝粒染色体和1对近中部着丝粒染色体,还有2对随体组成,染色体的相对长度在1.38~6.87之间,染色体组总长度为 $97.77\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为4.84,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的4.35%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2C型。

小英雄300 Gy染色体参数见表4和表5,结果表明:根尖细胞的染色体数目为40,核型公式为 $2n=40=2M+32m+6sm$,由1对正中部染色体,16对中部着丝粒染色体和3对近中部着丝粒染色体组成,染色体的相对长度在2.27~8.96之间,染色体

组总长度为 $91.74\mu\text{m}$ 。其中染色体长度比(最长染色体/最短染色体)为3.61,臂比大于2:1的染色体数占总染色体数的10.00%,根据Stebbins核型对称性分类标准故核型属2B型。

综上,小英雄染色体数目有2种情况: $2n=42$, $2n=40$,其核型组成和染色体结构是4种情况,CK核型公式为 $2n=42=30m+10sm+2st$,核型类别为2B;100 Gy辐射下为 $2n=40=40m$,核型类型为1B;200 Gy辐射下核型公式为 $2n=42=2M+34m+2sm+4m^*$,核型类别为2C;300 Gy辐射下核型公式为 $2n=40=2M+32m+6sm$,核型类别为2B。染色体都是中部染色体和近中部染色体组成,但具体形态和数目有所差别,200 Gy和300 Gy辐射下各出现了1对小染色体。200 Gy出现了2对随体。

表4 Co⁶⁰- γ 辐射下小英雄200 Gy和300 Gy核型参数表

染色体序号	200 Gy				300 Gy			
	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型	绝对长度(μm) (短臂+长臂=总长度)	相对长度(%) (短臂+长臂=总长度)	臂比(L/S)	类型
1	2.89+3.65=6.55	3.04+3.83=6.87	1.26	m	3.15+5.06=8.21	3.44+5.52=8.95	1.61	m
2	2.85+2.88=5.73	2.99+3.02=6.09	1.01	M	3.41+3.48=6.89	3.72+3.80=7.51	1.02	m
3	2.74+2.80=5.55	2.13+3.10=5.11	1.46	m	2.89+3.77=6.67	3.15+4.11=7.27	1.30	m
4	2.55+2.95=5.50	2.51+2.97=5.61	1.18	m	2.09+3.80=5.89	2.28+4.15=6.42	1.82	sm
5	2.39+2.83=5.23	2.18+3.10=5.28	1.42	m*	2.20+3.68=5.88	2.39+4.01=6.41	1.68	m
6	2.08+2.95=5.03	2.67+3.10=5.61	1.16	m	1.86+3.50=5.36	2.03+3.82=5.85	1.88	sm
7	2.03+2.95=4.98	2.88+2.94=5.50	1.02	m	2.50+2.86=5.36	2.73+3.12=5.85	1.15	m
8	2.26+2.58=4.83	2.00+2.62=5.38	1.31	m	2.05+2.92=4.97	2.23+3.19=5.42	1.43	m
9	1.55+3.21=4.76	1.62+3.37=4.06	2.08	sm	2.27+2.59=4.86	2.48+2.82=5.30	1.14	m
10	1.91+2.50=4.41	1.88+2.43=4.39	1.30	m	2.27+2.36=4.64	2.48+2.58=5.05	1.04	m
11	2.02+2.39=4.41	2.12+2.51=4.68	1.19	m	1.45+2.95=4.41	1.59+3.22=4.81	2.03	sm
12	1.97+2.42=4.39	1.67+2.56=3.90	1.53	m	1.82+2.32=4.14	1.98+2.53=4.51	1.28	m
13	1.74+2.50=4.24	1.51+2.23=4.06	1.47	m	1.53+2.35=3.88	1.67+2.56=4.23	1.53	m
14	1.67+2.50=4.17	2.07+2.54=4.69	1.23	m	1.36+2.06=3.42	1.49+2.25=3.73	1.51	m
15	1.79+2.32=4.11	1.75+2.62=4.37	1.50	m	1.41+1.94=3.35	1.54+2.11=3.65	1.38	m
16	1.59+2.44=4.03	1.83+2.62=3.96	1.43	m*	1.21+1.82=3.03	1.32+1.98=3.30	1.50	m
17	1.76+2.12=3.88	1.62+2.13=4.33	1.31	m	1.47+1.48=2.95	1.60+1.62=3.22	1.01	M
18	1.80+1.82=3.62	2.37+2.70=4.60	1.14	m	1.29+1.52=2.80	1.40+1.65=3.06	1.18	m
19	1.55+2.03=3.58	1.85+2.23=3.75	1.21	m	1.30+1.44=2.74	1.42+1.57=2.99	1.10	m
20	1.44+2.12=3.56	1.89+1.91=3.80	1.47	m	1.06+1.21=2.27	1.16+1.32=2.48	1.14	m
21	1.32+1.39=2.71	1.38+1.46=1.38	1.06	m				

2.3 不同剂量Co⁶⁰- γ 辐射对2种高羊茅染色体核型的比较

辐射后高羊茅CK、100 Gy、200 Gy和300 Gy核型主要归纳如下,见表5。

表5 不同剂量Co⁶⁰- γ 辐射下高羊茅染色体主要特征的比较

品种	处理	核型公式	染色体长度比	臂比>2:1的 染色体比例(%)	核型类型
普通高羊茅	CK	2n=42=38m+4sm	3.18	9.52	2B
	100 Gy	2n=40=32m+8sm	2.81	10.00	2B
	200 Gy	2n=42=24m+18sm	6.55	9.52	2C
	300 Gy	2n=42=28m+14sm	3.55	4.76	2B
小英雄	CK	2n=42=30m+10sm+2st	2.86	9.52	2B
	100 Gy	2n=40=40m	2.19	0	1B
	200 Gy	2n=42=2M+340m+2sm+4m*	4.84	4.35	2C
	300 Gy	2n=40=2M+32m+6sm	3.61	10.00	2B

对比可知,辐射对高羊茅的染色体数目和核型结构产生了影响,同一品种高羊茅在不同剂量辐射下染色体核型存在差异,而相同剂量辐射下不同品种染色体结构变化也存在差异。

2 讨论与结论

利用染色体工程技术对草坪草进行遗传改良将是我国草坪草遗传育种研究领域的重要研究方

向,了解和熟悉正常染色体核型的变化,能为研究草坪物种、进化、种间关系等提供客观依据。蔡华等^[10]通过对禾本科羊茅属草坪草的染色体核型进行分析表明染色体数均为 $2n=2x=14$,都为中部着丝粒或近中部着丝粒染色体,所有染色体中均未见随体。核型公式显示高羊茅品种自豪为 $2n=14=8m+6sm$ 、家园为 $2n=14=12m+2sm$ 、猎狗5号为 $2n=14=14m$ 。羊茅属4个品种具有3种核型:2B、2A和1B。冯霞等^[11]报道多年生黑麦草组培再生苗根尖细胞有40%发生了染色体数目变异,其中以非整倍体变异居多;同时存在一定数量的染色体倒位、断裂、凝聚、双着丝粒等染色体结构变异及染色体桥、落后染色体、染色体不均等分裂等染色体有丝分裂异常现象。具有相同的核型类型,物种的区别除表现在形态、生理特性外,主要是染色体的核型包括染色体的数目和结构(臂比、随体有无及数量和位置)的特征。许多物种在染色体组型上存在显著差异,有的物种染色体数目甚至染色体组型极为近似,但染色体结构上有差别^[12-13]。电离辐射诱发的畸变以染色体型畸变为,尤以断片、环和双着丝粒体等畸变,在反映辐射效应的程度方面更有意义^[14]。本试验中未经过 $Co^{60}-\gamma$ 辐射处理的羊茅属2品种染色体数目都是 $2n=42$ 条,跟前面蔡华等^[10]人的研究羊茅属4品种为 $2n=14$ 的结果有所不一致。

核型的初步研究结果表明:对照组2个高羊茅品种普通高羊茅和小英雄的染色体数目均相同($2n=42$),统属于大染色体,但在核型组成上存在一定的差异,多数染色体为中部着丝粒,核型多为对称型。同一品种高羊茅在不同剂量辐射下染色体核型存在差异,而相同剂量辐射下不同品种染色体结构变化也存在差异。辐射后的高羊茅染色体数目发生了变化,出现40条和42条两种情况。核型类型有3种类型,分别为:2B、2C和1B。组成结构大多都为中部染色体和近中部染色体,少数有正中染色体或者近端部染色体,极少数出现了小染色体和随体。

$Co^{60}-\gamma$ 射线辐射诱变处理能引起高羊茅染色体核型发生广泛的遗传变异,具有很大的育种潜力,利用辐射诱变育种技术已培育出了大量新品种^[15]。从染色体水平上进行研究,旨在为草坪草

种质资源的研究和利用提供细胞遗传学依据。熊志波等^[16]和费永俊等^[17]分别通过 $Co^{60}-\gamma$ 和 Co^{60} 射线辐射高羊茅,结果子二代在形态指标上都发生了明显的变异。本研究只从染色体变异上进行了研究,子二代在表型上是否发生显著变异,还需从形态和抗性的角度作进一步研究。

参考文献:

- [1] 邓可京,曲志才,沈大棱.植物染色体图形分析的现状和展望[M].上海:上海科学技术出版社,1995:80-81.
- [2] 招雪晴.中国玫瑰种质资源核型研究[D].泰安:山东农业大学,2008.
- [3] 徐国忠,郑向丽,应朝阳,等.辐射对决明属牧草营养的影响[J].草业科学,2007,15(4):94-97.
- [4] Emmons R D. Turfgrass Science and Management. 2nd edition [M].NewYork: Delmar Publishers, 1994: 62-81.
- [5] Barnes R F. Importance and problems of tall fescue. In KasperbauerMJ(ed). Biotechnology in tall fescue improvement[M].CRC Press, 1990: 2-12.
- [6] Jauhar P P. Cytogenetics of the Festuca-Lolium complex[J]. Monographs on Theoretical and Applied Genetics, 1993(12): 18-21.
- [7] 张彦芹,贾炜琬,杨丽莉,等. Co^{60} 辐射高羊茅性状变异研究[J].草业学报,2005,14(4):65-71.
- [8] 李懋学,陈瑞阳.关于植物核型分析的标准化问题[J].武汉植物学研究,1985,3(4):297-302.
- [9] Levan A K Fredga, A Sandberg.Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes[J]. Hereditas, 1964(52): 197-200.
- [10] 蔡华,黄正来,乔玉强.六种基因型草坪草的染色体核型分析(简报)[J].草业学报,2006,15(6):109-112.
- [11] 冯霞,孙振元,刘建锋.多年生黑麦草核型分析与组织培养再生植株染色体变异研究[J].林业科学研究,2005,18(3):321-324.
- [12] 洪德元.植物染色体结构变异与物种起源的方式[A].植物学集刊[C].北京:科学出版社,2000:53-57.
- [13] 刘大钧.细胞遗传学[M].北京:中国农业出版社,1999:32-34.
- [14] 高尚士.国内外辐射育种的研究[J].盐碱地利用,1994(1):35-37.
- [15] 韩微波,张月学,唐凤兰,等.我国牧草诱变育种研究进展[J].核农学报,2010,24(1):62-66.
- [16] 熊志波,费永俊. $Co^{60}-\gamma$ 辐射对高羊茅子二代茎叶生长的影响[J].长江大学学报,2013,10(11):20-22.
- [17] 费永俊,吴亭谦. Co^{60} 辐射在高羊茅表型和子代上的响应[J].中国草地学报,2009,31(4):53-56.

(责任编辑:范杰英)