

# <sup>60</sup>Co 辐射高羊茅变异株系生物学性状分析

郭先龙<sup>1</sup>, 张彦琴<sup>1\*</sup>, 曲俊民<sup>2</sup>, 贾永林<sup>2</sup>, 梁改梅<sup>1</sup>, 杨丽莉<sup>1</sup>, 周小梅<sup>3</sup>

(1. 山西省农业科学院旱地农业研究中心, 山西太原 030031; 2. 太原生态工程学校, 山西太原 030025; 3. 山西大学生命科学学院, 山西太原 030006)

**摘要** [目的]研究<sup>60</sup>Co 辐射高羊茅变异株系生物学性状的变异趋势。[方法]以自育的6个稳定且抗旱性不同的<sup>60</sup>Co 辐射高羊茅变异株系 G-4、G-6、G-8、G-9、G-12、G-13 和引进品种爱瑞3号高羊茅(CK)为材料,采用 DPS 统计分析方法,对生物学性状(叶长、叶宽、冠径、株高、穗长、分蘖数和抽穗数)进行方差分析,初步揭示了<sup>60</sup>Co 辐射高羊茅变异株系生物学性状的变异趋势。[结果]选出4个观赏价值高且符合育种目标的变异株系。变异株系叶长多数变短、叶宽变小,但影响程度因变异差异而不同;变异株系的冠径、株高、穗长在不同程度上变小,其中 G-12、G-13 和 G-4 变化较大,而 G-9 与其他变异株系不同,不抽穗;变异株系的分蘖数和抽穗数均发生了变化,其中 G-9 不抽穗,但分蘖数变化最大。[结论]综合对7个生物学性状的分析,6个变异株系中 G-6、G-8、G-12 和 G-13 的表现更符合育种目标要求。

**关键词** 高羊茅;变异株系;生物学性状;抗旱性

中图分类号 S688.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)22-0078-03

## Study on Biological Traits about <sup>60</sup>Co Radiation-induced Mutant Strains of *Festuca arundinacea*

GUO Xian-long<sup>1</sup>, ZHANG Yan-qin<sup>1\*</sup>, QU Jun-min<sup>2</sup> et al (1. Arid Farming Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031; 2. Taiyuan Ecosystem Engineering School, Taiyuan, Shanxi 030025)

**Abstract** [Objective] To study the variation trend of biological traits about <sup>60</sup>Co radiation-induced mutant strains of *Festuca arundinacea*. [Method] The test was based on the six stable and different drought resistance <sup>60</sup>Co radiation-induced mutant strains G-4, G-6, G-8, G-9, G-12, G-13 and introduced variety Airui No. 3 (control) as the materials, using the DPS statistical analysis method, the variance analysis was conducted on the test data of seven biological traits: leaf length, leaf width, crown diameter, plant height, ear length, tiller numbers and spikelets numbers. [Result] Four mutant strains with high ornamental value and meeting the breeding target were selected. The leaf length of mutated strains became shorter and the leaf width became smaller, but the influence degree was different with the variation. The crown diameter, plant height and ear length of mutant strains had become smaller to the varying degrees, of which G-12, G-13 and G-4 had the greater changes. But G-9 had no spikelets which was different from the other mutant strains. And the number of tillers and spikelets of the mutant strains all changed, of which G-9 had no spikelets, but the number of tillers had the largest change. [Conclusion] Through the comprehensive analysis of seven biological traits, the performance of the six mutant strains G-6, G-8, G-12 and G-13 was more in line with the breeding target requirements.

**Key words** *Festuca arundinacea*; Mutant strains; Biological traits; Drought resistance

草坪在城市环境保护、生态建设中具有重要的作用。20世纪80年代以来,我国的草坪植物研究和育种工作主要停留在引种和选择上,草坪草育种工作远远落后于草坪业的发展,因此利用<sup>60</sup>Co 诱变选育优良新品种和品系具有重要的现实意义。由于草坪群体性状是由个体生物学性状所决定的,因此在育种选择中确定主要性状及选择方向是非常重要的,这些性状包括种子千粒重、发芽速率、分蘖数、抽穗数、抽穗前后的株高、叶片宽度、散粉期、成熟期等。20世纪70年代以前学者对上述性状的表现型及其与环境之间关系做了大量研究<sup>[1-5]</sup>;20世纪70年代末到80年代末, Watson 等<sup>[6]</sup>和 De Battista 等<sup>[7]</sup>对这些性状遗传规律以及在群体中选择效率的研究明显增加。笔者利用<sup>60</sup>Co 辐射处理高羊茅种子,对高羊茅变异株系的生物学形态特征进行观察、统计,旨在为其辐射诱变育种效果的选择提供依据,获得分蘖多、不开花或花期滞后、抗逆性强的草坪草新种质。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 以山西省农业科学院旱地农业研究中心2001年以来创制的6个稳定且抗旱性不同的<sup>60</sup>Co 辐射高羊茅变异株系 G-4、G-6、G-8、G-9、G-12、G-13 和引进品种爱瑞3号

高羊茅(CK)为材料。

**1.2 试验设计** 2007年4月中旬将各株系的蘖生苗分区种植于太原市小店区山西省农业科学院旱地农业研究中心试验基地,每个小区种植1个株系,小区面积1 m<sup>2</sup>,株距、行距分别是20 cm,随机排列,重复3次,当供试材料单株生长到90 d后,待高羊茅进入抽穗前期(2007年8月8日),对其生物学性状进行测定,随机在每个株系内选取5株,用直尺量取第2片展开叶的叶长、叶宽(该叶片最宽处),同时量取冠径、株高、穗长,2007年10月22日对分蘖数与抽穗数进行调查统计。

**1.3 数据统计分析** 将要测的数据输入电脑 Excel 表格,计算出最终结果,采用 DPS 统计分析软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同株系的叶长、叶宽变化** 草坪可供人们观赏、运动、憩息等用,因此对草的形态,特别是对叶片形态有特别的要求和选择。CK 高羊茅的叶片较长、较宽,植株高大,与之比较,辐照变异株系的叶片性状发生变化(表1)。由表1可知,不同变异株系的叶长除 G-4 外均变小,但变化幅度有所不同,其叶长由大到小的顺序是 G-4、CK、G-13、G-9、G-8、G-6、G-12。变异株系的叶宽均小于 CK, G-4 的叶宽与 CK 仅差 0.10 cm,从外观上难以分辨。其他变异株系叶宽减小幅度是 0.18~0.33 cm,叶宽由大到小的顺序是 CK、G-4、G-8、G-6、G-13、G-12、G-9。

**基金项目** 国家863项目“林草生物技术育种(草类转基因研究后续项目)子专题”(2001AA212161)。**作者简介** 郭先龙(1964—),男,山西忻州人,助理研究员,从事草类辐射育种及农业生物技术研究。\*通讯作者,研究员,从事诱变育种与生物技术研究。**收稿日期** 2018-06-08

方差分析可知,G-13、G-9、G-8、G-6 和 G-12 的叶长与 CK 在 0.01 水平上差异极显著,G-4 的叶长和 CK 相似,没有差异;G-13、G-9、G-6、G-12 和 G-8 的叶宽与 CK 在 0.01 水平上差异极显著,G-4 与 CK 相似,没有差异。

草坪草叶片的长短、宽窄、厚薄以及叶片质地直接影响到草坪的品质。作为草坪草来说,人们均喜欢低矮密集的草坪,既美观也易于管理。从叶片外观上来看;G-8、G-13 和 G-12 的叶长、叶宽较为相似,叶片质地柔软、薄,适合作为草坪草品种;而 G-9 的叶片质地柔软、薄、叶长较长,有待进一步改良;G-6 的叶长、叶宽略微变小,在外观上表现不明显,且叶片质地硬,与 CK 相似。通过诱变,可以改变植株的叶片性状,从中挑选性状良好的作为草坪品种以提高植株的观赏效果。

表 1 不同株系叶长、叶宽变化

Table 1 Leaf length and width changes of variant strains cm

株系 Strains	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width
CK	28.07 aA	0.92 aA
G-4	31.52 aA	0.82 aAB
G-6	16.39 bB	0.71 bBC
G-8	17.72 bB	0.74 bBC
G-9	17.94 bB	0.59 bC
G-12	15.29 bB	0.62 bC
G-13	18.63 bB	0.64 bC

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),同列数据后大写字母不同表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P<0.05$ ), different capital letters within the same column show extremely significant differences ( $P<0.01$ )

**2.2 不同株系的冠径、株高和穗长变化** 选用株型大的草坪草品种会带来诸多问题,如修剪困难和因冠径大而使植株之间叶片密集,易染病害,且观赏效果差。通过辐照改变植株的不良性状,可提高高羊茅的观赏价值。从表 2 可以看出,变异株系的冠径明显小于 CK,变异株系 G-8、G-9、G-12、G-13 和 G-4 的冠径与 CK 在 0.01 水平差异极显著,G-6 与 CK 没有差异,其大小顺序为 CK、G-6、G-8、G-9、G-12、G-13、G-4;变异株系的株高在不同程度上有所下降,G-9 不抽穗,只有抽穗前的株高,因而它的株高明显低于其他变异株系;变异株系 G-8、G-9、G-13、G-12 和 G-4 的株高与 CK 在 0.01 水平差异极显著;变异株系的穗长普遍降低,G-12、G-13 和 G-4 降低幅度较大,G-9 不抽穗,明显不同于 CK 和其他变异株系;变异株系 G-9、G-12、G-13 和 G-4 的穗长与 CK 在 0.01 水平上有极显著差异,G-8 在 0.05 水平上与 CK 有显著差异,而 G-6 与 CK 没有差异,在田间可明显看出 CK 和 G-6 的株型较大,而其他变异株系的株型较小。

结果表明:辐照对植株的冠径、株高、穗长均产生影响,多数变异株系的冠径、株高、穗长在不同程度上变小,综合冠径、株高、穗长可以看出 G-12、G-13 和 G-4 的变化最大,G-6 基本上没有变化,而 G-9 与其他变异株系不同,不抽穗,其具体原因有待进一步研究。

表 2 不同株系冠径、株高、穗长变化

Table 2 Plant diameter, height, ear length changes of variant strains

株系 Strains	冠径 Plant diameter	株高 Plant height	穗长 Ear length
CK	30.32 aA	33.14 aA	18.28 aA
G-4	12.04 cCD	19.19 dD	9.90 cC
G-6	26.31 aAB	30.72 aAB	17.32 abA
G-8	16.04 bC	23.85 cC	14.71 bAB
G-9	13.85 bcCD	20.33 dD	0.00 dD
G-12	12.73 bcCD	24.81 bcC	10.83 cBC
G-13	12.08 cCD	27.54 bC	10.03 cC

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),同列数据后大写字母不同表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P<0.05$ ), different capital letters within the same column show extremely significant differences ( $P<0.01$ )

**2.3 不同株系的抽穗数、分蘖数变化** 草坪草分蘖数的多少是衡量成坪速度的重要指标。分蘖数多成坪快,而抽穗数多则容易引起植株过早衰老,也给管理带来不便;通过辐照可使高羊茅草植株分蘖数、抽穗数发生改变。从表 3 可以看出,变异株系的分蘖数和抽穗数与 CK 比较均发生了变化,G-9 的分蘖数最高达 12.72 个,与 CK 和其他变异株系在 0.01 水平上有极显著差异,但不抽穗,明显不同于 CK 和其他变异株系,其余变异株系均有降低,CK 与 G-4 在 0.05 水平上差异显著,但 G-6、G-8、G-12、G-13 与 CK 差异不显著,从大到小顺序是 G-9、CK、G-6、G-8、G-13、G-12、G-4;在各变异株系中,抽穗数发生变化,其中 G-4、G-8、G-13 的抽穗数大于 CK,在 0.01 水平上为极显著差异;而 G-6、G-12 抽穗数小于 CK,在 0.01 水平上也为极显著差异,变异株系 G-9 抽穗数是 0,从大到小顺序是 G-4、G-8、G-13、CK、G-6、G-12、G-9,其中 G-9 只进行营养生长,不进入生殖生长阶段。

表 3 不同株系分蘖数、抽穗数变化

Table 3 Number of tillering and earing changes of variant strains

株系 Strains	分蘖数 Number of tillering	抽穗数 Number of earing
CK	10.14 bBC	6.13 aA
G-4	7.22 cC	8.72 bB
G-6	9.86 bBC	4.28 cCD
G-8	9.82 bBC	7.83 bBCD
G-9	12.72 aA	0.00 dE
G-12	9.13 bB	4.01 cD
G-13	9.31 bB	7.74 bBC

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),同列数据后大写字母不同表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P<0.05$ ), different capital letters within the same column show extremely significant differences ( $P<0.01$ )

结果表明:通过辐照处理可以改变植株的生物学性状,但是在变异的表现型上具有一定差异,结合抽穗数和分蘖数的情况来看,变异株系中 G-13、G-8、G-6、和 G-12 的表现较好。

### 3 结论与讨论

(1)不同变异株系叶长由大到小的顺序为 G-4、CK、G-13、G-9、G-8、G-6、G-12;叶宽由大到小的顺序为 CK、G-4、G-8、G-6、G-13、G-12、G-9,说明通过辐照诱变引起相应性状的改变,表现在变异株系叶长多数变短,叶宽变小,但影响程度因变异差异而不同。

(2)<sup>60</sup>Co 辐射诱变对植株的冠径、株高、穗长均产生影响,变异株系的冠径、株高、穗长均不同程度变小,综合冠径、株高、穗长可知,G-4、G-12 和 G-13 变化较大,G-6 基本上没有变化,而 G-9 与其他变异株系不同,不抽穗。

(3)通过<sup>60</sup>Co 辐射诱变,变异株系的分蘖数和抽穗数也发生了变化:其中 G-9 分蘖数变化最高,从大到小顺序是 G-9、CK、G-6、G-8、G-13、G-12、G-4;变异株系的抽穗数发生变化,从大到小顺序是 G-4、G-8、G-13、CK、G-6、G-12、G-9,结合抽穗数和分蘖数的情况来看,变异株系中 G-6、G-8、G-12 和 G-13 的表现符合育种目标。

(4)草坪群体性状是由个体生物学性状所决定的,所以在轮回选择中如何确定主要性状及选择方向是非常重要的。李德颖等<sup>[8]</sup>对高羊茅品种生物学性状:出苗期、分蘖期、分蘖数、株高、叶宽、抽穗期及散粉期等进行聚类分析,结合品种种子蛋白电泳图谱的聚类分析结果,对高羊茅品种进行分类杂交,并根据性状的相关性,选择代表性强的性状作为育种

选择指标,比较杂交或轮回选择后代中主要草坪性状的选择效果。

(5)笔者对草坪草的生物学性状进行分析对比,发现通过辐照处理,草坪草叶长、叶宽、冠径、株高、穗长、分蘖数和抽穗数与对照爱瑞 3 号比较,均具有不同程度的变化,说明通过<sup>60</sup>Co 辐射诱变处理可导致高羊茅生物学性状发生变异,即通过辐照诱变改良高羊茅草的不良生物学性状,提高高羊茅的观赏价值是可行的。

### 参考文献

- [1] HOST G L, NELSON C J, ASAY K H. Relation of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes[J]. Crop science, 1978, 18(5): 715-719.
- [2] NELSON C J, SLEPER D A. Using leaf area expansion rate to improve yield of tall fescue[C]//Pro 14th Inter Grass Congress. Lexington, KY: [s.n.], 1983: 413-416.
- [3] NGUYEN H T, SLEPER D A. Genetic variability of seed yield and reproductive characters in tall fescue[J]. Crop science, 1983, 23(4): 621-626.
- [4] 张彦芹, 贾炜珑, 杨丽莉, 等. <sup>60</sup>Co 辐射高羊茅性状变异研究[J]. 草业学报, 2005, 14(4): 65-71.
- [5] 张彦芹, 贾炜珑, 杨丽莉, 等. 高羊茅耐寒突变体的诱发与鉴定[J]. 草地学报, 2006, 14(2): 124-128.
- [6] WATSON C EJR, MCLEAN S D. Response to divergent selection for anthesis rate in tall fescue[J]. Crop science, 1991, 31(2): 422-424.
- [7] DE BATTISTA J P, BOUTON J H. Greenhouse evaluation of tall fescue genotypes for rhizome production[J]. Crop science, 1990, 30(3): 536-541.
- [8] 李德颖, 范莉英, 孙阿琦. 高羊茅生物学性状分析在草坪品种选育中的应用[J]. 草业学报, 1997, 6(2): 28-35.

(上接第 60 页)

1.10%、绿色蛙稻模式 1.05%、有机蛙稻模式 0.24%。这表明磷素下渗的比例低于在田面水中的比例。

### 3 结论与讨论

(1)3 种水稻种植模式下田面水中总氮和总磷含量的变化特征大体是一致的,总氮的平均含量大小顺序为常规种植模式>绿色蛙稻模式>有机蛙稻模式;总磷的平均含量大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式。

(2)3 种水稻种植模式下总氮径流流失负荷大小顺序为绿色蛙稻模式>常规种植模式>有机蛙稻模式,以铵态氮为主;总氮渗漏流失负荷大小顺序为常规种植模式>有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式,以硝态氮为主。研究表明,有机蛙稻模式和绿色蛙稻模式可有效地减少氮素的释放<sup>[6-9]</sup>。

(3)3 种水稻种植模式下总磷径流流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式,总磷渗透流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式,以溶解性磷为主。研究表明,有机蛙稻模式可有效地控制磷的释放。

(4)常规种植模式下,稻田很少施用有机蛙稻肥并很少采取秸秆还田等,造成土壤中碱解氮和有机质等水平在很大程度上受到施用化肥的影响<sup>[10-12]</sup>。绿色蛙稻模式施用的肥料为有机肥和化肥,不适用除草剂等危害性较大的农药,严

格执行行业的标准,该模式下的水稻较常规种植模式下的品质要好,且经济效益也更大。有机蛙稻模式可以降低土壤的容重,增加土壤孔隙度,对土壤养分状况具有一定的调控和改善作用。

### 参考文献

- [1] 莫爱琼. 不同水稻种植的模式对于氮磷流失特征影响情况[J]. 低碳世界, 2017(2): 280-281.
- [2] 王祥, 李晖, 杨嘉应, 等. 不同水稻种植模式对氮磷流失特征的影响分析[J]. 南方农业, 2016, 10(24): 30, 33.
- [3] 姜萍, 袁永坤, 朱日恒, 等. 节水灌溉条件下稻田氮素径流与渗漏流失特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(8): 1592-1596.
- [4] 胡梦甜, 韩永伟, 尚洪磊, 等. 3 种水稻种植模式的减氮效应和经济性评估[J]. 环境科学研究, 2018, 31(3): 577-584.
- [5] 王婧, 冯乃杰. 探究不同水稻种植模式对氮磷流失特征的影响[J]. 农村实用科技信息, 2015(6): 23-24.
- [6] 张璐. 江苏省主要水稻种植模式对比分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [7] 栢俊. 不同水稻种植模式对氮流失及产量的影响分析[J]. 北京农业, 2015(14): 32.
- [8] 马少珍. 水稻不同种植模式对产量的影响[J]. 宁夏农林科技, 2017(9): 17-18.
- [9] 刘建, 魏亚凤, 徐少安. 稻田不同种植模式水稻氮肥施用效应的研究[J]. 天津农学院学报, 2005, 12(3): 26-30.
- [10] 李成芳, 曹贵, 汪金平, 等. 稻鸭、稻鱼共生生态系统中稻田田面水的 N 素动态变化及淋溶损失[J]. 环境科学学报, 2008, 28(10): 2125-2132.
- [11] 田玉华, 贺发云, 尹斌, 等. 不同氮磷配合下稻田田面水的氮磷动态变化研究[J]. 土壤, 2006, 38(6): 727-723.
- [12] 陈风波. 水稻种植模式变迁对中国南方地区水稻产量的影响[J]. 新疆农垦经济, 2007(8): 6-10.