

燕麦种质资源农艺性状的遗传多样性分析

南 铭,马 宁,刘彦明,任生兰,边 芳

(甘肃省定西市农业科学研究院,甘肃 定西 743000)

摘 要: 分析了国内外 54 份燕麦种质资源的遗传多样性,归纳其遗传亲缘关系,为合理利用燕麦品种(系)资源提供理论依据。结果表明:(1) 54 份种质资源农艺性状间存在广泛的遗传多样性,5 个质量性状(粒色、粒型、穗型、小穗型、抗病性)以抗病性的多样性指数最高,粒色的遗传多样性指数最低;8 个数量性状(单株分蘖数、株高、穗长、小穗数、轮层数、单株粒数、单株粒重、千粒重)以单株粒重的遗传多样性指数最高,变异系数最大。(2) 聚类分析将 54 份种质资源的 8 个数量性状分为 4 大类群,类群 I 为高秆、大粒型育种目标亲本材料;类群 II 为矮秆育种目标亲本材料,类群 III 的有益性状不明显,为多目标性状育种的亲本材料,类群 IV 为增加轮层数、小穗数等育种目标的优良材料。

关键词: 燕麦;种质资源;农艺性状;遗传多样性

中图分类号: S512.6 **文献标志码:** A

Genetic diversity analysis on agronomic characteristics of oat germplasms

NAN Ming, MA Ning, LIU Yan-ming, REN Sheng-lan, BIAN Fang

(Agricultural Science Research Institute of Dingxi, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: The genetic diversity of 54 domestic and oversea oat germplasms were analyzed in this study and their genetic relationships were further concluded, providing the theoretical basis for rational use of oat varieties (lines) and potential improvement of oat breeding. The results showed that substantial genetic diversity was discovered among the 54 germplasm resources. Among the five quality traits (grain color, kernel shape, spike type, micro-spike type, and resistance) investigated, the diversity index of resistance scored the highest, while that of grain color was the lowest. For the eight quantitative traits (plant tiller number, spikelet number, plant height, ear length, panicle number, seed number per plant, seed weight per plant, 1000-grain weight), the genetic diversity index of seed weight per-plant was the highest and its variation coefficient reached themaximum. In addition, the eight accessions from the 54 oat germplasms could be classified into four categories by cluster analysis. The first group could be used as parents of breeding materials for high-stem and great-grain type. The second group could be used as parents of short-plant breeding materials. The third group could be used as parents of multi-trait breeding because there were no clear beneficial traits observed. The fourth group could be used as parents of breeding materials for additional panicle and spikelet numbers.

Keywords: oats; germplasm resources; agronomic traits; genetic diversity

燕麦(*Avena*)属于禾本科(Gramineae)、燕麦族(*Aveneae* D.)、燕麦属(*Arena* L.),是一年生草本植物,被誉为“第三主粮”,是我国西北干旱半干旱山区一种特色优势作物^[1]。目前,已成为我国西部农业产业化结构调整、经济欠发达地区农牧民脱贫致富的重要作物^[2]。然而,由于燕麦选育受资源与技术制约,特别是种质资源的利用效率较低,改良方法落

后,育种效率低下,导致品种更新换代较慢,产业化发展滞后。

种质资源是新品种选育的物质基础,准确合理地评价引进种植资源遗传关联度、多样性分析对燕麦品质改良研究具有重要意义。在以皮裸燕麦杂交为主的新品种选育中,要有效合理选择亲本和配制杂交组合,利用皮燕麦和裸燕麦在产量和抗性方面

收稿日期:2014-03-18
基金项目:甘肃省科技重大专项计划资助(0801NKDA016)
作者简介:南 铭(1983—),男,甘肃通渭人,助理研究员,主要从事燕麦遗传育种与品质改良工作。E-mail:cedar-nanming@126.com。
通信作者:马 宁(1972—),男,甘肃通渭人,研究员,主要从事作物遗传育种研究工作。E-mail:dxmanning@163.com。

的不同特征,就必须深入分析亲本的遗传基础、种质构成及其利用和演变趋势^[3],归纳出高效的亲本选配方法及建立高效的杂交模式,从而提高育种效率^[4-5]。尽管各种分子生物学及遗传学技术已经广泛应用于燕麦种质资源的遗传多样性鉴定分析和评价研究^[6],但是,农艺性状的描述和鉴定,仍然是种质资源利用研究的重要途径和方法,也是种内或种以上分类的重要依据^[7]。

我国传统上以种植裸燕麦为主,皮燕麦种质资源的遗传背景比较狭窄,自 20 世纪 90 年代以来,定西市农业科学研究院开始从美国、加拿大等地引进皮燕麦种质资源,筛选培育的新品种深受企业和消费者的喜爱。目前,对燕麦育种等方面也进行了大量的研究工作,但燕麦育种中选择的多数农艺性状

是数量性状,它们不仅受遗传因子的限制,且很大程度上受到环境因子的影响,这就增加了选择的难度^[8]。因此,研究和探讨农艺性状的遗传关系,分析燕麦种质资源的遗传亲缘关系,加强目标育种的亲本选配,对合理利用燕麦种质资源、综合评价亲本及减少组配杂交组合的盲目性,以及燕麦种质资源新基因的挖掘和种质创新均具有重要意义^[9-10]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

对定西市农业科学研究院燕麦课题组从国内外引进的种质资源在两年跟踪观察、性状对比的基础上,重点选取具有代表性的优质品种(系)资源 54 份进行统计评价,详见表 1。

表 1 供试燕麦材料编号与名称
Table 1 The codes and names of oat cultivars in this study

编号 Code	品种(系)名 Name of cultivars	皮/裸 Husk and Naked	编号 Code	品种(系)名 Name of cultivars	皮/裸 Husk and Naked	编号 Code	品种(系)名 Name of cultivars	皮/裸 Husk and Naked
1	Bauntebue	皮 Husk	19	BS-5	皮 Husk	37	品燕一号 Pinyan1	裸 Naked
2	Banner	皮 Husk	20	BS-6	皮 Husk	38	7810	裸 Naked
3	Ronald	皮 Husk	21	Ca 22	皮 Husk	39	五寨五号 Wuzhai5	裸 Naked
4	坝燕 1 号 Bayan1	皮 Husk	22	Ca 95	皮 Husk	40	尚义西山山 Shangyixiningshan	裸 Naked
5	Coomallo	皮 Husk	23	Ca 120	皮 Husk	41	品 7 号 Pin7	裸 Naked
6	Suoliduoer	皮 Husk	24	Ca 210	皮 Husk	42	蒙燕 7706 Mengyan7706	裸 Naked
7	PY01-12	皮 Husk	25	Ca 277	皮 Husk	43	蒙燕 8202 Mengyan8202	裸 Naked
8	N.deMoychcour	皮 Husk	26	Ca 298	皮 Husk	44	晋 8216-1-16 Jin8216-1-16	裸 Naked
9	Loevile	皮 Husk	27	Ca 347	皮 Husk	45	大莜麦 Big oat	裸 Naked
10	品 16 Pin16	皮 Husk	28	品 12 Pin12	裸 Naked	46	VII52-12-2	裸 Naked
11	PY01-16	皮 Husk	29	578	裸 Naked	47	重穗莜麦 Heavy spike oat	裸 Naked
12	64 燕麦 64 oats	皮 Husk	30	2247034	裸 Naked	48	VIII42-2	裸 Naked
13	青引 1 号 Qingyin 1	皮 Husk	31	7920-4-1	裸 Naked	49	0802-2-5	裸 Naked
14	Ariane	皮 Husk	32	燕 2004 Yan2004	裸 Naked	50	0804-8-6	裸 Naked
15	燕麦 Oats	皮 Husk	33	坝燕 10 号 Bayan 10	裸 Naked	51	品 7752-8-2 Pin7752-8-2	裸 Naked
16	Ably-1	皮 Husk	34	1980-1-5	裸 Naked	52	坝莜 1 号 Bayou 1	裸 Naked
17	Ably-2	皮 Husk	35	蒙燕 7716 Mengyan 7716	裸 Naked	53	莜麦 Oat	裸 Naked
18	Ably-3	皮 Husk	36	水品 22 Shuipin 22	裸 Naked	54	品 17 Pin 17	裸 Naked

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验在甘肃省定西市农业科学研究院(甘肃省定西市安定区国家农业科技示范园区)进行。北纬 35°32',东经 104°42';海拔 1 920 m,年平均温度 7.5℃~9.6℃;光照充足,昼夜温差大;无霜期 140~170 d,日照时数 1 900~2 100 h,降水量

350~500 mm,光、温和水配合较好。前茬均为马铃薯,地势平坦,肥力中等且均匀,具备灌溉条件,土地类型为典型的川地,土质为川耕麻土,黄绵土。采取人工开沟种植,小区面积(3×0.9)2.7 m²,随机区组设计,顺序排列,三次重复,每个品种种植 3 行,行距 0.3 m,行长 3 m;施肥量、水分管理和田间病虫害防

治等根据当地种植环境和生产实际实施。

1.2.2 性状调查与统计 田间调查记载株高、穗长、穗型、小穗型、抗病性,收获时每个品种(系)随机抽取 10 株(重复 3 次)进行室内考种,统计粒型、粒色、单株分蘖数、轮层数、小穗数、单株粒数、单株粒重、千粒重,以平均值为分析依据。统计性状分为两类,质量性状:包括粒色、粒型、穗型、小穗型、抗病性 5 个性状。主要统计各性状在所处级别的频率并计算遗传多样性指数。数量性状:包括单株分蘖数、株高、穗长、小穗数、轮层数、单株粒数、单株粒重、千粒重 8 个性状,主要计算极差、标准差、变异系数、遗传多样性指数。

1.2.3 数据处理方法 所有数据运用 Excel 进行统计,遗传多样性指数的计算采用 Shannon-weaver 信息指数,计算公式为: $H' = - \sum P_i \times \ln P_i$,式中, P_i 为某一性状第*i* 个级别出现的频率。为了便于数量化

和统计分析,对数量性状进行分级,质量性状予以赋值^[11]。运用软件 SPSS16.0 对数量性状进行聚类分析,以欧氏距离作为品种(系)间距离,以类平均法(UPGMA)为聚类方法,由计算机运算出聚类树。

2 结果与分析

2.1 燕麦种质资源形态多样性

对 5 个质量性状的遗传多样性分析(表 2)表明,54 份种质资源粒型以纺锤型为主,频数为 0.351,籽粒颜色以黄色居多,频数为 0.629,抗病性遗传多样性指数最高,说明不同来源种质材料抗病性的遗传变异较大,遗传基础较广,遗传多样性较丰富。穗型以周散为主,频数为 0.759,小穗型以鞭炮型为主,频数为 0.314,在 5 个质量性状中,遗传多样性指数高低依次为:抗病性>粒型>穗型>小穗型>粒色。

表 2 燕麦种质资源 5 个质量性状的遗传多样性分析

Table 2 Genetic diversity analyses of five quality traits

性状 Characteristics	遗传多样性指数 Genetic diversity index	频率分布 Frequency distribution				
		1	2	3	4	5
穗型 Spike type	1.091	0.759	0.074	0.129	0.037	—
小穗型 Micro-spike type	1.022	0.314	0.185	0.500	—	—
粒型 Kernel shape	1.474	0.222	0.167	0.351	0.259	—
粒色 Grain color	0.816	0.629	0.314	0.056	—	—
抗病性 Resistance	2.333	0.389	0.148	0.333	0.037	0.092

注:穗型 1~4 依次为周散、侧散、周紧、侧紧;小穗型 1~3 依次为鞭炮型、串铃型、纺锤型;粒型 1~4 依次为卵型、长筒型、纺锤型、椭圆型;粒色 1~3 依次为黄色、白色、褐色;抗病性 1~5 依次为高抗、抗、中抗、感、高感。

Note: Spike type 1~4 in regular turn around-scatter, side-scatter, around-tight, side-tight; Micro-spike type 1~3 in regular turn firecracker shape, spind, string-bells shaped; Kernel shape 1~4 in regular turn oval, long-tube shape, spindly, elliptic; Grain color 1~2 in regular turn yellow, white, brown; Disease resistance 1~5 in regular turn highly resistance, resistance, moderate resistance, Susceptible, highly susceptible.

对 54 份燕麦种质资源单株分蘖数等 8 个数量性状的遗传多样性分析结果(表 3)表明,各种质间性状差别较大,为燕麦品种选育提供了较丰富的亲本材料,也为燕麦产品的深度开发提供了更广阔的可选空间。单株粒重的遗传多样性指数最高,为 4.36,其后依次是株高>单株粒数>单株分蘖数>千粒重>小穗数>轮层数>穗长。8 个数量性状的遗传多样性指数平均为 3.57,说明各数量性状遗传差异较大,不同性状的变异系数存在较大差异,种质资源遗传基础较广,具有丰富的遗传多样性。不同材料间变异系数差异很大,单株粒重的变异系数最大,为 64.48%,变化幅度 0.49%~11.20%,表明燕麦种质资源间在这个性状上存在较为丰富的遗传变异类型,不同亲本材料可选择范围较广,品种改良的潜力较大。轮层数的变异系数最小,为 14.31%,

说明此性状在种质资源间差异较小,遗传变异不明显,是不同燕麦种质间相对稳定的农艺性状,在燕麦新品种选育亲本选择和种质创新方面潜力较小。

2.2 品种(系)类群划分及特征

利用 SPSS16.0 数据统计软件,对种质资源的 8 个数量性状进行聚类(如图 1),在欧氏距离 14.5 时,54 份材料可划分为 4 大种质群,各类群特征见表 4。

种质群 I 包括 10 份材料,包括 6 个皮燕麦和 4 个裸燕麦,该类群的质量性状表现为:植株高大,分蘖力较强,穗型以周散为主,抗病性强,粒型丰富,粒色以黄色为主;数量性状变现为:株高和千粒重均明显高于其他类群,主穗在 4 类群最长,平均为 23.4 cm,单株粒重和主穗粒重较低,这一类群可作为选育高秆、大粒型燕麦的优良亲本。

表 3 燕麦种质资源 8 个数量性状的遗传多样性分析
Table 3 Genetic diversity analyses of eight quantitative traits

性状 Traits	平均值 Mean	标准 偏差 SD	最大值 Maximum	最小值 Minimum	极差 Range	变异系数 CV /%	遗传多样性指数 Genetic diversity index
单株分蘖数 Plant tiller number/个	1.85	1.12	4.10	0.20	3.90	60.54	3.85
小穗数 Spikelet number/个	29.77	9.75	54.90	10.10	44.80	32.75	3.37
株高 Plant height/cm	98.05	15.92	130.00	51.00	79.00	16.23	4.18
穗长 Ear length/cm	20.85	3.67	30.00	12.00	18.00	17.60	2.46
轮层数 Panicle number/层	4.47	0.64	5.50	2.60	2.90	14.31	2.98
单株粒数 Seed number per plant/粒	86.38	42.02	145.20	23.00	122.20	48.64	3.90
单株粒重 Seed weight per plant/g	2.45	1.58	11.20	0.49	10.71	64.48	4.36
千粒重 1000-grain weight/g	28.13	4.80	42.20	23.20	19.00	17.06	3.53

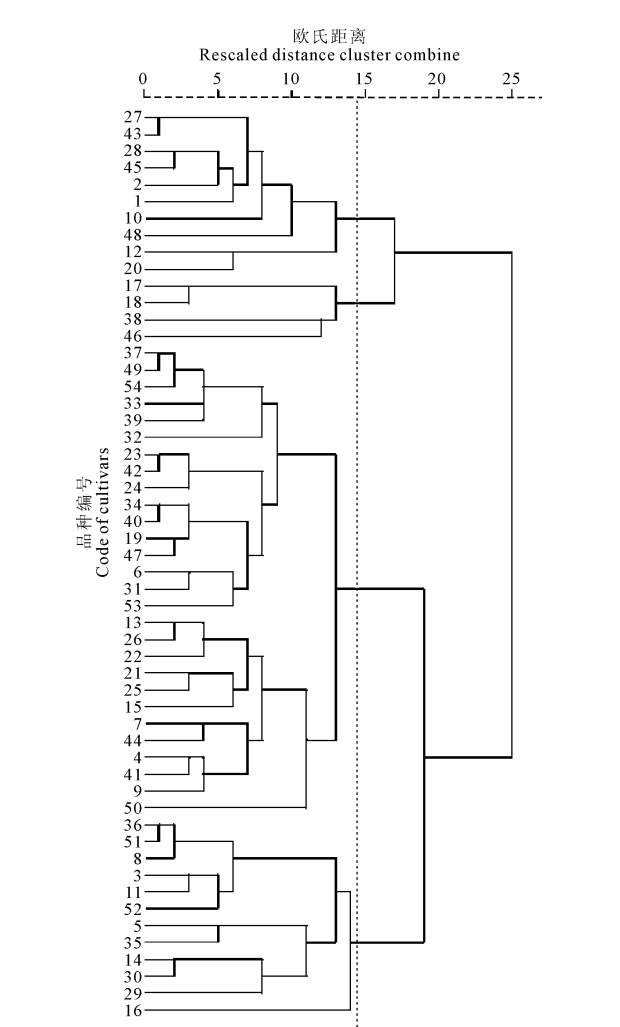


图 1 基于 8 个性状的燕麦种质资源聚类
Fig.1 Cluster analyses based on the eight traits in oat germplasm

种质群 II 包括 4 份材料,包括 2 个皮燕麦和 2 个裸燕麦,该类群的质量性状表现为:植株较矮,分蘖力较弱,穗型周散,小穗型纺锤为主,粒型丰富,粒

色均为黄色;数量性状表现为:株高和主穗长度 4 大
类群最低,单株分蘖数最小,变异系数最大,单株粒
重和变异系数均最低,千粒重处于中等,变异系数最
低,说明各性状的平均值代表性较强,这一类群的种
质资源可作为选育矮秆、抗病品种的优良亲本。

种质群 III 包括 28 份材料,包括 13 个皮燕麦和
15 个裸燕麦,该类群的质量现状性状表现为:植株
较高,分蘖能力中等,穗型、粒型和小穗型均比较丰
富,粒色以黄色为主;数量性状表现为:株高变异系
数最低,单株粒数中等,变异系数最大,小穗数最多,
变异系数最小,说明各性状平均值的代表性较强,这
一类群的种质资源可作为多目标性状选育的优良亲
本。

种质群 IV 包括 12 份材料,包括 6 个皮燕麦和 6
个裸燕麦,该类群的质量性状表现为:植株较高,分
蘖力最强,单株分蘖平均为 2.74 个,穗型和粒型比
较丰富;数量性状中轮层数最多,但变异系数最小,
单株粒数和单株粒重 4 大类群中最大,但单株粒数
的变异系数最小,除千粒重平均数最低外,其余 3 个
性状的平均数中等,这一类群可作为增加轮层数等
育种目标的优良亲本。

更准确地选择种质资源中的特异性材料,从中
筛选出一批优异的种质,是克服杂交育种盲目这一
难题的关键^[12]。品种(系)特异性的判定是至少有
一个性状明显不同于已知的近似品种,即可认为其
具有特异性^[13]。通过聚类分析表明:16 号(Ably -
1)、20 号(BS - 6)、27 号(Ca347)、50 号(0804 - 8 - 6)
与其相似品种(系)遗传距离较远,在单株粒数、单株
粒重、小穗数、千粒重性状上差异较大,可判定为特
异性品种(系)。

表 4 燕麦种质资源各类群的性状特征

Table 4 Morphological traits of oats germplasm resources in different clusters

性状 Traits		种质群 Germplasm groups			
		I	II	III	IV
单株分蘖数/个 Plant tiller-number	平均 Average	1.68	0.5	1.60	2.74
	变异系数 CV/%	42.99	63.24	50.87	42.09
小穗数/个 Spikelet-number	平均 Average	23.52	15.32	34.79	28.07
	变异系数 CV/%	27.30	47.14	23.86	30.14
轮层数/层 Panicle-number	平均 Average	4.44	3.52	4.15	4.60
	变异系数 CV/%	12.52	35.98	16.38	10.19
株高/cm Plant height	平均 Average	100.5	71.5	100.25	99.75
	变异系数 CV/%	16.80	31.36	11.51	16.50
穗长/cm Ear length	平均 Average	23.4	16.75	20.57	20.75
	变异系数 CV/%	21.99	29.39	13.58	12.35
单株粒数/粒 Plant grain-number	平均 Average	52.06	20.92	85.50	130.55
	变异系数 CV/%	17.85	20.39	24.16	17.73
单株粒重/g Plant grain-weight	平均 Average	1.59	0.62	2.41	3.44
	变异系数 CV/%	37.08	21.56	36.07	36.59
千粒重/g 1000 grain-weight	平均 Average	31.34	27.07	27.72	26.78
	变异系数 CV/%	21.80	8.62	16.44	12.18
粒色 Grain-color		黄色、褐色 Yellow, brown	黄色 Yellow	黄色、白色 Yellow, white	黄色、褐色 Yellow, brown
粒型 Kernel-shape		长筒、卵型、 纺锤、椭圆 Barreled, egg-shaped, fusiform, oval	长筒、纺锤、椭圆 Barreled, fusiform, oval	长筒、纺锤、 卵型、椭圆 Barreled, fusiform, egg-shaped, oval	长筒、纺锤、 卵型、椭圆 Barreled, fusiform, egg-shaped, oval
穗型 Spike-type		周散、侧散 Circumferential-casual, side-dispersed	周散 Circumferential-casual	周散、侧散、周紧、侧紧 Circumferential-casual, side-dispersed, circumferential-tight, side-tight	周散、侧散、周紧 Circumferential-casual, side-dispersed, circumferential-tight
小穗型 Micro-spike type		纺锤、鞭炮 Fusiform, firecracker	纺锤、鞭炮、串铃 Fusiform, firecracker, string of bells	纺锤、鞭炮、串铃 Fusiform, firecracker, string of bells	纺锤、鞭炮、串铃 Fusiform, firecracker, string of bells
抗病性 Disease-resistance		高抗、中抗 High resistance, middle resistance	高抗、抗、中抗 High resistance, resistance, middle resistance	高抗、抗、中抗 High resistance, resistance, middle resistance	高抗、抗、中抗 High resistance, resistance, middle resistance

3 讨论与结论

种质资源遗传多样性的分析研究不仅有助于种质资源的管理、评价和利用,更有利于进行核心种质的创新研究,燕麦种质资源被广泛应用于燕麦的遗传改良工作中,是燕麦育种工作的基础^[14]。本试验材料均为国内外初步育成的品种(系),所选性状正确有效地区分了品种(系)差异,克服了仅以个别性状进行直观、经验性分类的弊端,判别了品种间的性状差异,筛选并评价了个别特异性品种(系),可作为生产中推广应用的后备品种,结果基本合理,为西部

干旱地区燕麦种质的科学分类提供了评价方法,对了解国内种质资源的亲缘来源,合理利用国外种质资源更有实际意义。

通过对燕麦 13 个农艺性状的分析,供试的燕麦种质资源存在广泛的遗传多样性,遗传基础较广、差异较大,具有较丰富的遗传背景。尤其是对燕麦产量起决定性作用的单株粒重、千粒重的遗传多样性指数都很高,表明利用现有种质对提高西部干旱地区燕麦产量有较大的潜力,也对种质拓展和长期创新提供了保证。

借助于聚类分析的数学方法,对 54 份燕麦种质

资源的 8 个数量性状进行了聚类,反映不同品种(系)遗传型上的差异,使其性状相近的聚为一类,来源不同的材料遗传基础明显不同,国内的材料遗传差异较小;同一地理来源的材料并没有聚为一类,可能与不同地区相互引种有关,说明材料间遗传差异与地理来源差异没有必然的联系,这与王鸣刚^[15],齐冰洁^[16-17]的研究结果相似。通过聚类对燕麦品种(系)形态性状的分析研究,明确了 54 份燕麦种质资源的不同类型,根据育种目标可以选择性状相对互补的亲本配制组合,使燕麦育种在亲本的选择上更趋科学;同时,针对现有种质资源极丰富的表型多态性,可充分利用各种生物技术和方法进行进一步鉴定,从中发掘有利基因,进行某些功能基因的定位,并与常规杂交育种结合起来,为燕麦农艺性状的遗传改良提供更加全面的理论依据。

参 考 文 献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 9 卷第 3 分册[M]. 北京:科学出版社,1987,167-169.

[2] 沈国伟,李建设,任长忠,等. 中加燕麦种质的遗传多样性和群体结构分析[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(4): 617-624.

[3] 塔 娜, 逯晓萍, 张雅慧, 等. 皮、裸燕麦种质资源的性状表现和遗传差异分析[J]. 内蒙古农业科技, 2010, (2): 33-35.

[4] 杨海鹏, 孙泽民. 中国燕麦[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 75-80.

(上接第 261 页)

参 考 文 献:

[1] Alsaadawi IS. Allelopathic influence of decomposing wheat residues in agroecosystems[J]. J Crop Prod, 2001, 4(2): 185-196.

[2] Blum U, Gerig TM, Worsham AD, et al. Allelopathic activity in wheat-conventional and wheat-no-till soils :Development of soil extract bioassays[J]. J Chem Ecol, 1992, 18(12): 2191-2221.

[3] 马永清, 毛仁钊, 刘孟雨, 等. 小麦秸秆的生化他感效应[J]. 生态学杂志, 1993, 12(5): 36-38.

[4] 牟子平, 雷雪梅. 作物间套种中的化感作用研究进展[J]. 湖南农业大学学报, 1999, 25(3): 262-265.

[5] Oueslati O. Allelopathy in two durum wheat (Triticum durum) varieties[J]. Agric Ecosyst Environ, 2003, 96: 161-163.

[6] Wu H, Hai G T, Pratley J, et al. Distribution and exudation of allelochemicals in wheat triticum aestivum[J]. J Chem Ecol, 2000, 26: 2141-2154.

[7] Blum U, Gerig TM, Worsham AD, et al. Allelopathic activity in wheat-conventional and wheat-no-till soils: Development of soil extract bioassays[J]. J Chem Ecol, 1992, 18(12): 2191-2221.

[8] Alsaadawi IS. Allelopathic influence of decomposing wheat residues in agroecosystems[J]. J Crop Prod, 2001, 4: 185-196.

[9] 张晓珂, 姜 勇, 梁文举, 等. 小麦化感作用研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1969-1972.

[5] 张向前, 刘景辉, 齐冰洁, 等. 燕麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 11(2): 168-174.

[6] 张恩来. 应用 SSR 标记分析燕麦核心种质遗传多样性[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.

[7] 李润枝, 陈 晨, 张培培, 等. 我国燕麦种质资源与遗传育种研究进展[J]. 现代农业科技, 2009, (17): 44-45.

[8] 马得泉, 田长叶. 中国燕麦优异种质资源[J]. 作物品种资源, 1998, (2): 4-6.

[9] 岳淑芳, 郭世华, 王秀娟, 等. 部分引进小麦品种农艺性状的聚类分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(3): 53-57.

[10] 赵秀芳, 戎郁萍, 赵来喜. 我国燕麦种质资源的收集和评价[J]. 草业科学, 2007, 24(3): 36-40.

[11] 郝黎仁, 樊元郝, 哲 欧, 等. SPSS 实用统计分析[M]. 北京: 中国农业水利水电出版社, 2002: 280-285.

[12] 肖大海, 杨海鹏. 我国燕麦遗传资源的收集与鉴定概况[J]. 作物品种资源, 1992, (3): 7-8.

[13] 农业部科技发展中心, 中国水稻研究所. GB/T19557.7-2004, 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

[14] 李 颖, 毛培胜. 燕麦种质资源研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(1): 74-75.

[15] 王鸣刚, 葛云生, 陈 亮, 等. 甘草亲缘关系的 RAPD 研究[J]. 武汉植物学研究, 2004, 2(4): 289-293.

[16] 齐冰洁, 刘景辉, 张智勇, 等. 燕麦种质资源生物学性状的遗传多样性[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(4): 594-599.

[17] 齐冰洁. 燕麦种质资源遗传多样性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.

[10] Blackshaw R E. Different wheat varieties to wheat drought lacks competition ability[J]. Wheat crops, 1995, 1(1): 22-26.

[11] 魏有海, 郭青云, 郭良芝, 等. 青海省旱雀麦生物学特性及其发生危害与防除[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(1): 1-3.

[12] 穆小倩, 何红花, 董志刚. 2 种杂草水提取液对小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报, 2008, 28(6): 1165-1171.

[13] 何红花. 关中麦区主要小麦栽培品种抗杂草潜力评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.

[14] 杜 强, 贾丽燕. Spss 统计分析从入门到精通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 255-256.

[15] 吕卫平, 张晓梅. 基于 Spss 的聚类分析应用[J]. 福建电脑, 2013, (9): 22-25.

[16] Lin W X, He H B, Xiong Jun, et al. Rice allelopathy research progress of ecological effects and molecular[J]. Journal of ecology, 2006, 26(8): 2687-2694.

[17] 罗志成. 北方旱地农业研究的进展与思考[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(1): 4-13.

[18] 杨 超, 慕小倩. 伴生杂草播娘蒿对小麦的化感效应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2389-2393.

[19] 钟 声, 段新慧, 奎嘉祥, 紫茎泽兰对 16 种牧草发芽及幼苗生长的化感作用[J]. 草业学报, 2007, 16(6): 81-87.