

作物灰色育种理论在杂交黑麦草新品系筛选中的应用

陈 奥, 龙明秀*, 张 维, 马文文

(西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:根据作物灰色育种学的理论和方法,对黑麦草(*Lolium* spp.)杂交 F_4 代 8 个品系的单株产量、株高、分蘖数、有效分蘖率、茎粗、叶宽、叶长、茎叶比、生育期、初花期净光合作用速率进行目标性状灰色关联分析,并在此基础上,对黑麦草杂交 F_4 代 8 个品系进行灰色多维综合评估。结果表明:黑麦草单株鲜重与分蘖数($r=0.7968$)、茎粗($r=0.7472$)、叶长($r=0.7116$)关联度最高;茎叶比与有效分蘖率($r=0.7631$)、株高($r=0.7468$)关联度较高;而初花期净光合作用速率与叶宽($r=0.8431$)和生育期($r=0.8264$)关联最为密切。可根据育种目标,对与目标性状关联度较高的性状进行针对性选择。 F_4_5 (卓越 $\times$ 百盛)、 F_4_6 (多福 $\times$ 卓越)、 F_4_8 (百盛 $\times$ 多福)3 个杂交新品系综合性状最好,综合评估关联度分别为 0.8582、0.7527 和 0.7340。

关键词:杂交品系筛选;作物灰色育种;目标性状灰色关联分析;灰色多维综合评估;黑麦草

中图分类号:S33

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0102-06

Application of Crop Grey Breeding Theory in New Ryegrass Strain Screening

CHEN Ao, LONG Ming-xiu*, ZHANG Wei, MA Wen-wen

(College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi Province 712100, China)

Abstract: Grey relational degree among 10 traits (fresh weight, plant height, tiller number, effective tiller ratio, stem diameter, blade length, blade breadth, stem-leaf ratio, growth period and net photosynthetic rate) of eight new ryegrass (*Lolium* spp.) F_4 hybrid strains were analyzed using grey relational analysis. All strains were further evaluated and selected based on multidimensional comprehensive evaluation. Results showed that tiller number ($r=0.7968$), stem diameter ($r=0.7472$) and the blade length ($r=0.7116$) had a higher grey relational degree with fresh weight. Stem-leaf ratio had higher relational degree with effective tiller ratio ($r=0.7631$) and height ($r=0.7468$). Net photosynthetic rate had higher relational degree with blade width ($r=0.8431$) and growth period ($r=0.8264$). Multidimensional comprehensive evaluation suggested that 3 new strains, F_4_5 (*L. perenne* 'Eminent' $\times$ *L. × boucheanum* 'Bison'), F_4_6 (*L. perenne* 'Tove' $\times$ *L. perenne* 'Eminent') and F_4_8 (*L. × boucheanum* 'Bison' $\times$ *L. perenne* 'Tove'), had better comprehensive properties than others and the grey comprehensive evaluation relational degree was 0.8647, 0.7625 and 0.6932 respectively.

Key words: New strains selection; Crop grey breeding theory; Grey relational analysis; Multidimensional comprehensive evaluation; Ryegrass

灰色系统理论自 20 世纪 80 年代创立以来^[1],已广泛应用于管理决策、社会经济、气象、生态、建筑、水利等领域。其在育种中的首次应用是 1986 年李晓方等^[2]利用灰色理论评述油菜(*Brassica campestris*)主要品质性状间的关系。1995 年郭瑞林提出建立作物灰色育种学^[3]。目前作物灰色育种学已在小麦(*Triticum aestivum*)^[4~7]、玉米(*Zea*

mays)^[8]、大豆(*Glycine max*)^[9]、甜菜(*Beta vulgaris*)^[10]、水稻(*Oryza sativa*)^[11]、南瓜(*Cucurbita moschata*)^[12]等作物育种中加以运用,并培育出小麦新品种:豫麦 35 和豫麦 57 等^[13]。不过作物灰色育种理论在牧草育种上的应用较少^[14~17],尤其在黑麦草杂交育种方面,暂无相关报道。

黑麦草系禾本科(Gramineae)黑麦草属(*Lolium*)

收稿日期:2011-07-07;修回日期:2011-11-23

基金项目:国家科技支撑项目(2011BAD17B05);西北农林科技大学回国人员科研启动费(Z111020827);西北农林科技大学唐仲英育种基金(A212020901)资助

作者简介:陈奥(1988-),男,四川成都人,硕士研究生,主要从事草地生态学研究,E-mail:coldchenao@gmail.com; * 通信作者 Author for correspondence, E-mail:longmingxiu@nwsuaf.edu.cn

一年生或多年生植物。其叶量丰富,茎叶柔嫩,适口性好,是马、牛、羊、兔草食家畜的优质牧草,可青饲、青贮或调制干草,也适于放牧利用。由于其根系发达,生长迅速,耕地种植可增加土壤有机质,改善种植地土壤的物理结构;坡地种植,可护坡固土,防止土壤侵蚀,减少水土流失,恢复生态;在湿地生态净化、氮磷废水治理方面也有一定的效果。

本试验在前期研究工作的基础上,运用灰色理论,对黑麦草杂交后代目标性状与其他性状进行灰色关联分析,研究各农艺性状与其产量、品质性状的关联度,为黑麦草新品种(系)的选择和利用提供依据;并对黑麦草杂交后代进行品种灰色多维综合评估,为黑麦草新品种(系)的筛选提供新的思路。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西杨凌西北农林科技大学动科学院草业科学教学试验区,该园区位于 N 34. 21'、E 108. 10',海拔 455. 31 m,年均日照时数 2150 h,年均气温 12~14℃,最高气温 39~40℃,最低气温 -21~-15℃,年均降水量 621. 60 mm,属暖温带半湿润气候^[18]。土壤为黄壤土,pH 值 7. 50,有机质含量 16. 840 g·kg⁻¹,有效氮含量 348. 78 mg·kg⁻¹,有效磷含量 53. 27 mg·kg⁻¹,有效钾含量 328. 23 mg·kg⁻¹。

1.2 植物材料

供试材料为黑麦草百盛(*Lolium* × *boucheanum* 'Bison')、邦德(*L. multiflorum* 'Abundant')、卓越(*L. perenne* 'Eminent')、多福(*L. perenne* 'Tove')的 8 个杂交 F₄ 代品系,分别记为 F_{4_1}, F_{4_2}, F_{4_3}, F_{4_4}, F_{4_5}, F_{4_6}, F_{4_7} 和 F_{4_8},具体情况如表 1 所示。

表 1 黑麦草杂交组合

Table 1 Hybridized combinations of ryegrass cultivars

		父本 ♂ Male parent				
		品种	百盛	邦德	卓越	多福
		Cultivar	Bison	Abundant	Eminent	Tove
母本 ♀ Female Parent	百盛	Bison		—	—	F _{4_8}
	邦德	Abundant	F _{4_2}		F _{4_4}	—
	卓越	Eminent	F _{4_5}	F _{4_7}		F _{4_1}
	多福	Tove	—	F _{4_3}	F _{4_6}	

1.3 田间设计及研究内容

8 个杂交黑麦草 F₄ 代品系于 2009 年 10 月 6

日播种,采用完全随机试验设计,小区 2 m×5 m,行距 25 cm,株距 7~10 cm。每个品系中选取 5 株优株,于初花期测定其净光合作用速率。随后对入选材料进行单株收获并测定鲜重,室内考种性状还包括株高、分蘖数、有效分蘖数、茎粗、叶宽、叶长、茎叶比、越冬率、生育期。净光合速率于初花期晴天上午 10 点利用 CI-340 便携式光合测定系统进行测定;选取植株倒数 3 个叶片测定叶长和叶宽^[19];茎粗为地上第 2~3 节间直径^[20];茎叶比是茎(包含花序)与叶片干重之比^[21];生育期是从返青到初花期所经历的天数。

1.4 统计方法

1.4.1 目标性状灰色关联分析

根据作物灰色育种理论^[3],分别以供试杂交新品系的单株鲜重、茎叶比、净光合作用速率为参考性状,即目标性状,其值记为 X_0 ,以其余各性状为比较性状,其值记为 X_i ,计算目标性状与比较性状的关联度。

由于各性状原始数据的量纲各不相同,生物学意义和物理意义各异,且数值大小相差悬殊,难以进行直接比较。因此首先需要对各性状的原始数据进行无量纲化处理: $X_i(k) = X_i(k) / \bar{X}_i$ 。式中, $X_i(k)$ 表示品系 k 性状 i 的原始数据值; $X'_i(k)$ 表示其经无量纲化处理后的值; $\bar{X}_i$ 为所有品系性状 i 的平均值。使用无量纲化处理后的数据计算杂交品系 k 的比较性状 i 与目标性状的关联系数 $\xi_i(k)$ 以及比较性状 i 与目标性状间的关联度 r_i 。

$$\xi_i(k) = \frac{\min_{i,k} \Delta_i(k) + \rho \cdot \max_{i,k} \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \cdot \max_{i,k} \Delta_i(k)}$$

$$r_i = \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 \xi_i(k)$$

式中: $\Delta_i(k) = |X'_0(k) - X'_i(k)|$; $\min_{i,k} \Delta_i(k)$ 为二级最小差, $\max_{i,k} \Delta_i(k)$ 为二级最大差; ρ 为分辨系数,取值为 [0, 1], 本文取 0. 5。

1.4.2 品种灰色多维综合评估

品种灰色多维综合评估是一种利用比较品种与理想品种之间灰色关联度来综合评估品种或品系的方法^[3]。理想品种是试验中各性状最优值的集合。

品种(系)性状在品种(系)评价中的重要程度不尽相同。因此在品种(系)综合评价过程中,要对这些性状进行权重赋值。本研究采用最大离差化法赋值。性状 i 的权重为 $W_i = V_i / V$, 式中性状 i 的离差

$V_i = \sum_{k=1}^8 \sum_{h=1}^8 |X'_i(k) - X'_i(h)|$, 所有性状的总离差
 $V = \sum_{i=1}^{11} \sum_{k=1}^8 \sum_{h=1}^8 |X'_i(k) - X'_i(h)|$, 其中 k 和 h 都表示
 杂交组合。

令品系 k 的性状 i 与理想品种该性状间的灰色
 关系数为 $\xi_i(k)$, 则品系 k 与理想品种的综合评估关
 联度为 $r(k) = \sum_{i=1}^{11} \xi_i(k) \cdot W_i$ 。根据综合评估关联度
 的大小, 即可排定各参试品种的优劣顺序。综合评

估关联度越大, 参试品种(系)就越接近理想品种, 综
 合性状就越优良。

2 结果与分析

2.1 目标性状灰色关联分析

原始数据(表 2)无量纲化处理结果如表 3
 所示。

表 2 黑麦草杂交 F_4 代各品系性状的平均值
 Table 2 Mean value of ryegrass F_4 hybrid strain traits

品系 Strain	株高 H/cm	鲜重 FW/g	分蘖数 TN	有效分蘖率 ETR/%	茎粗 DS/mm	叶宽 BW/mm	叶长 BL/cm	茎叶比 SLR/g · g ⁻¹	生育期 GP/d	净光合作用速率 $P_n/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
F_4_1	99.3	201.8	49.5	67.7	2.81	9.93	25.52	2.8	97	26.73
F_4_2	117.0	173.6	35.7	69.2	3.01	11.12	22.53	4.2	92	27.10
F_4_3	110.5	139.3	32.0	78.9	2.36	10.10	21.49	4.6	92	27.11
F_4_4	110.7	118.7	22.0	95.5	2.81	9.79	25.57	4.3	92	21.16
F_4_5	94.0	339.6	54.0	42.6	3.39	10.39	29.77	2.6	98	26.31
F_4_6	102.2	241.1	40.2	56.7	3.29	10.64	31.11	2.4	93	27.68
F_4_7	118.7	295.9	51.0	79.7	2.81	9.06	26.52	3.6	92	27.02
F_4_8	104.2	294.5	37.2	68.3	3.67	12.11	27.21	3.0	95	30.21

Note: H, height; FW, fresh weight; TN, tiller number; ETR, effective tiller ratio; DS, diameter of stem; BW, blade breadth; BL, blade length; SLR, stem-leaf ratio; GP, growth period; P_n , net photosynthesis rate. The same as below(下同)

表 3 黑麦草杂交 F_4 代各品系性状无量纲化值
 Table 3 Non-dimensional value of ryegrass F_4 hybrid strain traits

品系 Strain	株高 H	鲜重 FW	分蘖数 TN	有效分蘖率 ETR	茎粗 DS	叶宽 BW	叶长 BL	茎叶比 SLR	生育期 GP	净光合作用速率 P_n
F_4_1	0.93	0.89	1.23	0.97	0.93	0.96	0.97	0.80	1.03	1.00
F_4_2	1.09	0.77	0.89	0.99	1.00	1.07	0.86	1.23	0.98	1.02
F_4_3	1.03	0.62	0.80	1.13	0.78	0.97	0.82	1.33	0.98	1.02
F_4_4	1.03	0.53	0.55	1.37	0.93	0.94	0.98	1.27	0.98	0.79
F_4_5	0.88	1.51	1.34	0.61	1.12	1.00	1.14	0.76	1.04	0.99
F_4_6	0.95	1.07	1.00	0.81	1.09	1.02	1.19	0.69	0.99	1.04
F_4_7	1.11	1.31	1.27	1.14	0.93	0.87	1.01	1.04	0.98	1.01
F_4_8	0.97	1.31	0.93	0.98	1.22	1.17	1.04	0.88	1.01	1.13

2.1.1 单株鲜重灰色关联分析

根据作物灰色育种理论, 首先以单株鲜重为参
 考性状 X_0 , 其余性状为比较性状 X_i , 经灰色关联分
 析, 得出单株鲜重与其余各性状的关联度, 并进行排
 序(表 4)。单株鲜重与其他性状关联度大小次序
 为: 分蘖数(0.7968) > 茎粗(0.7472) > 叶长
 (0.7116) > 净光合作用速率(0.6974) > 叶宽
 (0.6808) > 生育期(0.6566) > 株高(0.6514) > 有
 效分蘖率(0.6038) > 茎叶比(0.5417)。其中单株鲜
 重与分蘖数、茎粗、叶长的关联度列前 3 位, 并均大
 于 0.70, 表明此 3 组关联度最高。因此, 在黑麦草
 育种中可通过对分蘖数、茎粗、叶长的选择来实现对
 单株产量的改良。

表 4 单株鲜重、茎叶比以及净光合作用速率
 与其他性状的关联度及关联序

Table 4 Grey relational degrees and
 sequences among FW, SLR, P_n and other traits

性状 Trait	关联度及关联序 Grey relational degree and sequence		
	鲜重 FW	茎叶比 SLR	净光合作用速率 P_n
鲜重 FW	—	0.5023 (9)	0.575 (8)
净光合作用速率 P_n	0.6974 (4)	0.6554 (4)	—
茎叶比 SLR	0.5417 (9)	—	0.5656 (9)
株高 H	0.6514 (7)	0.7468 (2)	0.7502 (4)
分蘖数 TN	0.7968 (1)	0.5539 (8)	0.6018 (7)
有效分蘖率 ETR	0.6038 (8)	0.7631 (1)	0.6532 (6)
茎粗 DS	0.7472 (2)	0.6072 (7)	0.7588 (3)
叶宽 BW	0.6808 (5)	0.6424 (5)	0.8431 (1)
叶长 BL	0.7116 (3)	0.6278 (6)	0.7321 (5)
生育期 GP	0.6566 (6)	0.6660 (3)	0.8264 (2)

2.1.2 茎叶比灰色关联分析

以茎叶比为参考性状 X_0 , 其余性状为比较性状 X_i , 经计算得出茎叶比与其他各性状的灰色关联度次序为(表 4): 有效分蘖率(0.7631) > 株高(0.7468) > 生育期(0.6660) > 净光合作用速率(0.6554) > 叶宽(0.6424) > 叶长(0.6278) > 茎粗(0.6072) > 分蘖数(0.5539) > 鲜重(0.5023)。其中茎叶比与有效分蘖率和株高的关系最为密切, 关联度达 0.74 以上。因此控制有效分蘖率、适当限制株高可间接降低茎叶比, 提高其品质。

2.1.3 净光合作用速率灰色关联分析

以 P_n 为参考性状 X_0 , 其余性状为比较性状 X_i , 经计算得出 P_n 与其他各性状的灰色关联序为(表 4): 叶宽(0.8431) > 生育期(0.8264) > 茎粗(0.7588) > 株高(0.7502) > 叶长(0.7321) > 有效分蘖率(0.6532) > 分蘖数(0.6018) > 鲜重(0.5750) >

茎叶比(0.5656)。其中, P_n 与叶宽和生育期的关联程度最高, 均大于 0.82。因此在选育黑麦草高光效品种时, 可重点考虑晚熟、叶宽的品系。

2.2 品种灰色多维综合评估

根据常规育种目标与前文目标性状灰色关联分析结果, 构建理想品种(表 5)。鲜重以及与鲜重关联度较大的分蘖数、茎粗、叶长取 8 个品系中的最大值; 茎叶比以及与茎叶比关联度较大的有效分蘖率取最小值; P_n 与 P_n 关系密切的生育期、叶宽取最大值。株高是产量性状的重要构成因素, 但株高过高植株易倒伏, 所以株高取 8 个品系的平均值。越冬率取 8 个品系的最高值为 93.16%。

以理想品种各性状为 X_0 , 比较品种各性状为 X_i , 进行灰色关联分析, 得到各比较品种各性状与理想品种各性状的关联系数(表 6)。

表 5 理想品种各性状值

Table 5 Traits of ideal variety

	株高 H/cm	鲜重 FW/g	分蘖数 TN	有效分蘖率 ETR/%	茎粗 DS/mm	叶宽 BW/mm	叶长 BL/cm	茎叶比 SLR/g · g ⁻¹	生育期 GP/d	净光合作用速率 $P_n/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	越冬率 WSR/%
理想品种 Ideal variety	107.1	339.6	54.00	42.59	3.67	12.11	31.11	2.4	98	30.21	93.16

表 6 比较品种与理想品种各性状间的关联系数

Table 6 Grey relational coefficients between ideal variety and hybrid strains

品系 Strain	株高 H	鲜重 FW	分蘖数 TN	有效分蘖率 ETR	茎粗 DS	叶宽 BW	叶长 BL	茎叶比 SLR	生育期 GP	净光合作用速率 P_n	越冬率 WSR
F ₄ _1	0.7293	0.4591	0.8052	0.4817	0.5950	0.6568	0.6572	0.7093	0.9712	0.7490	1.0000
F ₄ _2	0.3343	0.4134	0.5037	0.4728	0.6578	0.8076	0.5556	0.4405	0.8491	0.7697	0.9197
F ₄ _3	0.3384	0.3688	0.4582	0.4281	0.4910	0.6742	0.5271	0.4160	0.8491	0.7702	0.9545
F ₄ _4	0.3383	0.3462	0.3676	0.3835	0.5964	0.6421	0.6592	0.4308	0.8491	0.5347	0.7491
F ₄ _5	0.6367	1.0000	1.0000	1.0000	0.8176	0.7070	0.8889	0.7800	1.0000	0.7274	0.9830
F ₄ _6	0.8043	0.5429	0.5741	0.5804	0.7714	0.7393	1.0000	1.0000	0.8710	0.8042	0.9607
F ₄ _7	0.3333	0.7282	0.8611	0.4251	0.5942	0.5777	0.7004	0.5075	0.8491	0.7652	0.5386
F ₄ _8	0.8702	0.7217	0.5255	0.4780	1.0000	1.0000	0.7335	0.6091	0.9184	1.0000	0.6931

用最大离差法对性状进行权重赋值, 分别为株高 0.185、鲜重 0.155、分蘖数 0.130、有效分蘖数 0.101、茎粗 0.072、叶宽 0.048、叶长 0.068、茎叶比 0.120、越冬率 0.060、生育期 0.015、净光合作用速率 0.046。其中株高、鲜重、分蘖数、有效分蘖率、茎叶比权重赋值较高, 大于 0.1, 与育种目标相符。

根据综合评估关联度计算方法, 将各参试品系与理想品种的综合评估关联度进行排序(表 7): F₄_5(0.8582) > F₄_6(0.7527) > F₄_8(0.7340) > F₄_1(0.6726) > F₄_7(0.5887) > F₄_2(0.5195) > F₄_3(0.4816) > F₄_4(0.4555)。其中 F₄_5(卓越 × 百

盛)表现最好, 综合评估关联度为 0.8582; F₄_6(多福 × 卓越)、F₄_8(百盛 × 多福)分列第 2、3 位, 有较好的推广前景, F₄_2(邦德 × 百盛)、F₄_3(多福 × 邦德)、F₄_4(邦德 × 卓越)表现较差。

3 讨论与结论

3.1 作物性状间关系复杂, 且受到环境的影响, 是一个具有许多不确定因素的灰色系统。近年发展起来的灰色关联分析是通过分析性状变化趋势的相似程度, 来衡量性状间的关联程度高低。这种方法能

表7 黑麦草杂交新品系综合评估关联度
Table 7 Grey comprehensive evaluation relational degrees between ideal variety and hybrid strains

品系 Strain	综合评估关联度及序列 Grey comprehensive evaluation relational degree and sequence
F ₄ _1	0.6726 (4)
F ₄ _2	0.5195 (6)
F ₄ _3	0.4816 (7)
F ₄ _4	0.4555 (8)
F ₄ _5	0.8582 (1)
F ₄ _6	0.7527 (2)
F ₄ _7	0.5887 (5)
F ₄ _8	0.7340 (3)

在数据较少、信息不完整、分布不典型的情况下,得到较为可靠的结果^[12,14]。以本研究为例,在黑麦草育种过程中,优株的数量有限,可获得的数据量较少。但基于灰色关联的作物灰色育种系统仍能良好地对其进行分析,并得出量化的结果。

3.2 黑麦草品种多样性丰富,性状间关系复杂,明确这些关系对其育种具有重要的指导意义。目前,高产、优质是黑麦草育种的主要目标。而本研究选取黑麦草单株鲜重、茎叶比、净光合作用速率作为目标性状。结果表明:黑麦草单株鲜重与分蘖数、茎粗、叶长关联度最大。这与伊利等^[14]在研究杂交高丹草(*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*)时所得结果相符。多分蘖是禾本科牧草高产的基础,茎粗和叶长也从茎、叶两方面间接影响了黑麦草的产量。茎叶比是反应牧草品质的重要指标^[22]。灰色关联分析表明:茎叶比与有效分蘖率、株高关联度较大。由于在茎叶分离时,花序合并茎中,所以植株有效分蘖率越低,则茎叶比越小。在选育时适当限制株高也可降低茎叶比,从而提高黑麦草的品质。净光合作用速率是筛选高光效、高水分利用效率品系的重要指标。灰色关联分析结果表明:与净光合作用速率有较大关联度的性状是叶宽和生育期。因此,在筛选高光合品系时应选择叶片较宽、生育期较长的品系。

3.3 品种多维综合评估程序能够同时考虑多个育种目标性状,对品系或品种进行综合评估,因此其分析结果更为客观、全面,功能远强于传统的分析方法。类似的方法已应用于三叶草(*Trifolium repens*)的生产性能以及营养价值的评价中^[23]。本试验品种灰色多维综合评估结果表明:F₄_5(卓越×百盛)、F₄_6(多福×卓越)、F₄_8(百盛×多福)这3个

品系的综合性状最好。在以往的引种评价中,唐成斌和龙绍云^[24]认为鸭茅罗托(*Dactylis glomerata* ‘Loter’)与其理想品种关联度最大,为0.80;蒋齐和徐荣^[25]认为草坪草草地早熟禾瓦巴斯(*Poa pratensis* ‘Wabash’)表现最好,综合评估关联度为0.74;田伯红等^[14]则认为草地早熟禾亨特(*P. pratensis* ‘Huntsville’)的综合评估关联度最高,为0.65。而本研究中F₄_5、F₄_6和F₄_8的综合评估关联度都大于0.7,最高的F₄_5为0.8582,这也间接地说明F₄_5、F₄_6和F₄_8这3个新品系具有较大的发展潜力。

F₄_5单株鲜重高、分蘖力强、生育期较长,而植株高度较矮、茎叶比低。F₄_6和F₄_8株丛高度较高,单株产量、分蘖力稍逊于F₄_5,但其净光合作用速率较高。但F₄_8品系越冬率较低,不适合北方早霜冻、多雪、低温天气,还需进一步改良。

3.4 在目标性状灰色关联分析中,灰色关联度描述的是2个性状在坐标轴上形成的2条折线之间的近似程度。近似度越高,关联度越大。因此,灰色关联分析可对正相关的2个性状做出合理判断,而对负相关性状无法给出准确结论。例如叶长与茎叶比成极显著负相关^[22],但灰色关联分析并未显示此结果。如何利用灰色关联理论对负相关数据进行分析还需进一步研究。

参考文献

- [1] Deng J L. Control problems of grey system[J]. Systems and Control Letters, 1982, 1(5):288-294
- [2] 李晓方. 油菜主要品质性状之间的相互关系(述评)[J]. 中国油料作物学报, 1986(4):1-5
- [3] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1995:7-7
- [4] Guo R, Song C, Yuan X, et al. Grey relational analysis on main quality and agronomic characters of wheat[J]. The Journal of Grey System, 1991(3):227-235
- [5] Guo R, Song C, Yang C, et al. The application of grey system to wheat genetic breeding-grey selection [J]. The Journal of Grey System, 1992(4):269-280
- [6] 秦海英,程献云. 杂交组合灰色评判在小麦育种中的应用[J]. 种子, 2002, 21(2):54-55
- [7] 郭瑞林. 灰色育种理论在安麦1号和安麦7号选育中的应用[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(1):20-25
- [8] 唐海涛,张彪,田玉秀,等. 玉米杂交种“棒三叶”光合性状的灰色关联度分析[J]. 玉米科学, 2008, 16(6):38-41
- [9] 单彩云,魏玉光,张延军,等. 黑龙江省大豆主栽品种主要性状灰色关联度分析[J]. 大豆科学, 2009, 28(5):945-948
- [10] 陈彦云,曹君迈. 灰色关联度分析在甜菜抗病育种中的应用[J]. 宁夏大学学报:自然科学版, 2002, 23(3):272-274

- [11] 王玉娟,沈锦根,夏华. 江苏省水稻新品种的灰色关联分析法综合评价[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(24): 6396-6397
- [12] 李新峥,杜晓华,孙涌栋,等. 中国南瓜主要经济性状的灰色关联分析[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(11): 38-42
- [13] 郭瑞林,关立,张进忠. 作物灰色育种学研究的回顾与展望[J]. 科技导报, 2005, 23(10): 52-55
- [14] 尹利,逯晓萍,傅晓峰,等. 高丹草杂交种灰色关联分析与评判[J]. 中国草地学报, 2006, 28(3): 21-25, 43
- [15] 田伯红,徐玉鹏,李雅静,等. 灰色关联度分析在草地早熟禾品种评价上的应用[J]. 草业科学, 2005, 22(7): 86-89
- [16] 耿慧,王志锋,刘卓,等. 国内外苜蓿品种主要性状间的灰色关联度分析[J]. 草业科学, 2009, 26(10): 85-88
- [17] 张鸭关,薛世明,匡崇义,等. 云南北亚热带冬闲田引种优良牧草的灰色关联度分析与综合评价[J]. 草业学报, 2007, 16(3): 69-73
- [18] 龙明秀,高景慧,李波,等. 黑麦草杂交 F_2 代光合及水分利用效率研究[J]. 草地学报, 2009, 17(2): 151-156
- [19] 栾金花,邹元春,吕宪国,等. 不同水分状态下漂筏苔草无性株地上茎粗和节长的变化[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2006, 34(8): 105-108, 115
- [20] 张霞,顾洪如,丁成龙,等. 象草若干生物学性状与产量的关系分析[J]. 草地学报, 2009, 17(5): 670-674
- [21] 锡文林,张仁平. 混播比例和刈割期对混播草地草量及种间竞争的影响[J]. 中国草地学报, 2009, 31(4): 36-40
- [22] 张霞,顾洪如,丁成龙,等. 象草产量及生物学性状的品系间差异及聚类分析[J]. 中国草地学报, 2009, 31(1): 58-63
- [23] 赵娜,赵桂琴,胡凯军,等. 不同生长年限红三叶生产性能与营养价值比较[J]. 草地学报, 2011, 19(3): 468-472
- [24] 唐成斌,龙绍云. 灰色系统理论在牧草引种上的应用初探[J]. 草业科学, 1991, 8(6): 44-47
- [25] 蒋齐,徐荣. 灰色关联分析在草坪草引选评价上的应用[J]. 草业科学, 1997, 14(4): 44-47

(责任编辑 李美娟)

《草地学报》2012 年新版块简介

为了进一步提升《草地学报》的影响力和质量,学报将从 2012 年开始改为 5 个版块,分别是:前沿进展、研究论文、技术创新、研究简报、硕博论文精要。

前沿进展:学报是学术机构对外交流的窗口,增设此版块专门刊载国内外草地科学研究及相关领域的新进展和新方向,以及对国内相关新政策的解读和分析探讨,促进草地科学及相关领域对外交流。

研究论文:学报是学术成果传播的载体,此版块主要刊登国内外草地科学研究及相关领域的新成果、新理论、新进展;以学报为载体,促进各高校、各科研院所以及各基层站点相互交流了解。

技术创新:学报是理论技术创新的平台,增设此版块主要是面向基层和生产前线的科研及工作人员,刊载基于多年实践工作经验所得到的理论及技术创新,促进创新技术的推广和应用。

研究简报:为进一步做好学术成果的传播交流,此版块将为初期研究成果及阶段性成果提供展示及交流的平台。

硕博论文精要:学报是培养学术新人的园地,此版块主要面向各高校及各科研院、所、站毕业的硕士、博士研究生,可将自己所做的研究内容精炼至 1500~2000 字进行投稿,不需要英文对照。要包括所从事领域的研究进展、方法以及研究结果。

2012 年,《草地学报》将迎来一个新的起点,欢迎国内外从事草地科学、草地生态、草地畜牧业和草坪业及相关领域的高校师生,科研院、所、站的科研和工作人员投稿,我们将竭诚为您提供最好的平台和服务。