干旱胁迫下燕麦叶片抗氧化酶活性等生理特性变化及抗旱性比较

张 娜,赵宝平,张艳丽,任 鹏,刘景辉,王 莹
(内蒙古农业大学燕麦科技创新团队,内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:为选育抗旱型燕麦品种,以内蒙古主产区种植的21个燕麦品种为试验材料,采用盆栽方式在拔节期进行干旱处理(田间持水量25%,即土壤质量含水量为5%),测定叶片生理指标,综合比较其抗旱性,运用隶属函数法和聚类分析法进行分析,鉴定各品种的抗旱性。结果表明:坝莜8号、莜麦4400和燕2006的SOD活性分别升高了113.6%、150.36%和140.15%,坝莜8号的POD活性升高了99.1%;坝莜8号的脯氨酸含量升高了230.66%,而其可溶性蛋白含量仅下降9.6%,莜麦4400的丙二醛和相对电导率升高幅度较小,分别升高了13.4%和46.27%,其抗旱系数较大。隶属函数与聚类分析分类的相同程度为71.43%,综合分析21个品种的抗旱性可分为强抗旱型、抗旱型、中抗旱型、弱抗旱型4类。其中强抗旱型有两个品种,分别为坝莜8号和莜麦4400,抗旱型品种为燕2006和燕2004两个品种,中抗旱型的品种为白燕4号、青永久440和新源燕麦3个品种,其余品种为弱抗品种。

关键词:燕麦;抗旱性;生理指标;隶属函数;聚类分析
中图分类号:S512.6;S311 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2013)01-0166-06

Comparative experiment on drought-resistant characteristics of different oat cultivars

ZHANG Na, ZHAO Bao-ping, ZHANG Yan-li, REN Peng, LIU Jing-hui, WANG Ying
(*Oat Scientific and Technical Innovation Team, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia* 010019, *China*)

Abstract: For breeding the drought resistant oat varities, 21 oat cultivars which were widely planted in Inner Mongolia's main producing area were used as materials in this experiment. At jointing stage, 25% field capacity was used on oats for drought stress simulation, and physiological indexes in leaves relating to drought-resistant characteristics were analyzed in order to compare the drought resistance of each cultivar. The results showed that, the SOD activity of Bayou 8, Youmai 4400, Yan 2006 improved by 113.6%, 150.36% and 140.15% respectively, while the POD activity of Bayou 8 improved by 99.1%. The praline of Bayou 8 improved by 230.66%, while its protein decreased only by 9.6%. The MDA and REC of Youmai 4400 improved by 14.3% and 46.27% respectively, while the index of its drought resistance was large. The synthetical drought resistance was estimated by membership function method and validated by clustering analysis, and the similarity degree of these two methods was 71.43%. The drought-resistant types of the 21 cultivars were divided into 4 types in the estimated result, and they were separately strong resistance, resistance, middle resistance and weak resistance. There were 2 cultivars in the type of strong resistance, namely Bayou 8 and Youmai 4400. Drought-resistant cultivars were Yan 2004 and Yan 2006. Middle drought-resistant cultivars were Baiyan4, Qingyongjiu 4400 and Xinyuan. The other cultivars were weak in drought resistance.

Keywords: oat; drought-resistant; characteristic; physiological index; membership function method; clustering analysis

燕麦是特色粮饲兼用作物,又是营养保健作物[1],主要分布在我国华北、西北和西南等高寒冷凉及干旱半干旱地区[2],近年来燕麦的营养价值越来越受重视,目前内蒙古自治区是我国最大的燕麦种

收稿日期:2012-02-21
基金项目:国家自然基金科学项目(31101126);内蒙古自然科学基金项目(2010DS0305);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-08-B-5)
作者简介:张 娜(1986—),女,内蒙古人,硕士研究生,研究方向为作物栽培学与耕作学。E-mail:463032991@163.com。
通信作者:赵宝平(1982—),男,博士,讲师,主要从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail: zhaobpcau@yahoo.com.cn。

万方数据

植产区[1]。

干旱是影响粮食作物稳产的重要因素[3],内蒙古自治区是典型的干旱农业地区,干旱灾害频繁发生,干旱直接影响粮食作物的产量[4],筛选、培育水分高效利用的抗旱型新品种已成为该区农业生产的迫切要求和抗旱育种的重要目标。干旱条件下,植物膜脂过氧化水平和丙二醛(MDA)含量升高[5],但抗旱品种膜脂过氧化程度较低,作物可通过增强保护酶活性(SOD、POD)清除活性氧自由基以避免干旱对其造成伤害,从而增强抗旱性[6]。刘景辉[7]等对燕麦的渗透调节做了研究,结果表明干旱条件下游离脯氨酸含量升高,而可溶性蛋白含量下降。前人分别对玉米[8]、旱稻[9]、苜蓿[10]等作物从发芽率、形态指标等方面做了抗旱性鉴定,但是根据燕麦叶片生理的抗旱性鉴定的研究报道较少。本试验以从内蒙古自治区燕麦种植区搜集的 21 个燕麦品种为材料,在燕麦拔节期采用干旱胁迫,测定相对电导率、抗氧化酶等生理指标,综合比较其抗旱性,为燕麦抗旱品种选育和水分高效利用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料

国内燕麦主要种植区的 21 个燕麦品种(见表 1)。

1.2　试验设计

试验于 2010 年 4—8 月在呼和浩特市科技园艺示范中心防雨棚内进行,盆栽种植,盆径 22 cm,盆高 28 cm,每盆装取自大田耕作层土壤 6.5 kg(干重),每盆施磷酸二氢铵(含 N18%,P_2O_5 46%)2 g,尿素 2 g(含 N 46%)作为底肥,此后不予追肥。每盆灌底墒水 1.45 kg,每盆播种 50 粒,于三叶期定苗 25 株。在拔节初期开始控水(田间持水量 25%,土壤含水量为 5%,)一周。设置对照和胁迫两个处理,每个处理 3 次重复,共 126 盆。

盆栽用土为沙壤土,基础养分为:土壤全 N 1.22 $g \cdot kg^{-1}$,有机质 29.55 $g \cdot kg^{-1}$,全 K 3.51 $g \cdot kg^{-1}$,全 P 1.21 $g \cdot kg^{-1}$,碱解 N 30.09 $mg \cdot kg^{-1}$,速效 K 135 $mg \cdot kg^{-1}$,pH 值为 7.2,田间持水量 16%,土壤含水量为3.2%。最大田间持水量即 100% 田间持水量的土壤质量含水量为 20%。

1.3　取样及指标测定方法

在拔节期 5 月 23 日取样,取顶部第一片展开叶后用湿纱布擦干,样品用液氮冷冻后,置于低温冰箱内待用,测定相关指标。

1.3.1　*酶液的提取*　称取 0.5 g 左右鲜样剪碎,加 0.05 $mol \cdot L^{-1}$,pH 7.8 的磷酸缓冲液(内含 1% 的 PVP)5.0 ml 及少量石英砂,于冰浴中研磨提取,15000 ×G 冷冻离心机,4℃下离心 15 min,取上清液定容至 10 ml,上清液为酶提取液,用于超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)测定。

1.3.2　*SOD 活性测定*　按照王爱国等[11]的方法,以反应抑制氮蓝四唑(NBT)光氧化还原 50% 的酶量为一个酶活力单位,用 $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ 表示。

1.3.3　*POD 活性测定*　用愈创木酚法[12]测定,以 $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ 表示酶活力单位。

1.3.4　*MDA 含量测定*　采用硫代巴比妥酸比色方法[12]。

1.3.5　*相对电导率测定*　用 OAKTON35661 - 46 型电导率仪测定[12]。

1.3.6　*脯氨酸含量测定*　采用茚三酮法[12]。

表 1　供试品种名称及来源

Table 1　Name and source of the tested cultivars

序号 Code	品种名 Cultivar	皮裸性 Hulled or naked	来源 Breeding source
1	内农大莜 1 号 NND1	裸 Naked	内蒙古 Inner Mongolia
2	内燕 3 号 NY3	裸 Naked	内蒙古 Inner Mongolia
3	保罗 Paul	裸 Naked	美国 America
4	大燕麦 Large oat	裸 Naked	甘肃 Gansu
5	白燕 7 号 BY7	皮 Hulled	吉林省 Jilin
6	白燕 2 号 BY2	裸 Naked	吉林省 Jilin
7	白燕 8 号 BY8	裸 Naked	吉林省 Jilin
8	白燕 4 号 BY4	裸 Naked	吉林省 Jilin
9	坝莜 3 号 BY3	裸 Naked	河北省 Hebei
10	坝莜 1 号 BY1	裸 Naked	河北省 Hebei
11	坝莜 8 号 BY8	裸 Naked	河北省 Hebei
12	燕科 1 号 YK1	裸 Naked	内蒙古 Inner Mongolia
13	蒙燕 1 号 MY1	皮 Hulled	内蒙古 Inner Mongolia
14	燕 2006 Y2006	裸 Naked	山西省 Shanxi
15	莜麦 4400 YM4400	裸 Naked	青海 Qinghai
16	青永久 440 QYJ440	皮 Hulled	青海 Qinghai
17	冀张莜 2 号 JZY2	裸 Naked	河北 Hebei
18	新源燕麦 XY oat	皮 Hulled	新疆 Xinjiang
19	草莜 1 号 CY1	裸 Naked	内蒙古 Inner Mongolia
20	燕 2004 Y2004	裸 Naked	山西省 Shanxi
21	白燕 10 号 BY10	裸 Naked	吉林省 Jilin

万方数据

1.3.7 可溶性蛋白含量测定 采用考马斯亮蓝法[12]。

1.4 数据分析

试验数据采用DPS(8.0)及Excel数理统计分析软件进行处理。

1.5 抗旱性能评价

不同燕麦品种抗旱性采用隶属函数法进行分析。

1.5.1 各指标抗旱系数的计算

各指标抗旱系数 = 水分胁迫下性状值/对照性状值

1.5.2 隶属函数的计算方法

隶属函数值(正相关)的计算公式: $U(x) = (x - a_1)/(a_2 - a_1)$;

隶属函数值(负相关)的计算公式: $U(x) = 1 - (x - a_1)/(a_2 - a_1)$;

式中,x 为指标测定值;a_1、a_2 为所有参试材料某一指标的最小值和最大值。

1.5.3 抗旱性能分级 计算每个品种各个性状抗旱隶属函数平均值,根据隶属函数平均值的大小分为四级:1级,$x \geq 0.7$,强抗旱型;2级,$0.5 \leq x < 0.7$,抗旱型;3级,$0.4 \leq x < 0.5$,中抗型;4级,$0 < x < 0.4$,弱抗型。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对叶片POD和SOD活性的影响

由表2可知,水分胁迫下,叶片中SOD、POD活性明显升高,且SOD活性变化更为明显,较POD敏感。其中SOD活性升高幅度较大的品种有坝莜8号、莜麦4400和燕2006,其活性分别升高113.6%、150.36%和140.15%,处理后的SOD活性是其对照活性的2倍,变化较小的是青永久440,仅升高8.79%;而POD活性上升幅度较大的品种有莜麦4400、坝莜8号、燕2006等品种,分别升高61.5%、99.1%和64.62%,变化最小的是青永久440,其POD活性仅升高7.78%,POD和SOD可清除活性氧自由基,干旱胁迫下通过升高其酶活性来清除体内的过氧化产物,从而维持其正常生理,因此保护性酶活性升高幅度大的品种抗旱性更强。

表2 干旱胁迫下不同基因型燕麦品种叶片SOD及POD活性变化

Table 2 Changes of SOD and POD activity in different genotypes of oat leaf under drought stress

序号 Code	品种名 Cultivar	POD/(U·g⁻¹·min⁻¹)			SOD/(U·g⁻¹·min⁻¹)		
		处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient	处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient
1	内农大莜1号 NND1	2.48±0.27	1.61±0.21	1.55	3180±468	2064±313	1.54
2	内燕3号 NY3	2.08±0.35	1.78±0.13	1.17	3151±462	2743±335	1.15
3	保罗 Paul	1.92±0.38	1.42±0.15	1.35	2713±170	1762±189	1.54
4	大燕麦 Large oat	2.45±0.28	2.21±0.44	1.11	3106±306	1999±98	1.55
5	白燕7号 BY7	2.20±0.38	1.53±0.25	1.44	3649±331	2311±132	1.58
6	白燕2号 BY2	2.46±0.17	2.19±0.29	1.12	2231±380	1936±302	1.15
7	白燕8号 BY8	1.88±0.21	1.57±0.14	1.20	3477±305	2221±148	1.57
8	白燕4号 BY4	2.08±0.30	1.87±0.20	1.11	2675±397	2259±259	1.18
9	坝莜3号 BY3	2.39±0.18	2.17±0.09	1.10	2535±227	1397±312	1.81
10	坝莜1号 BY1	2.13±0.23	1.92±0.05	1.11	5018±440	2587±188	1.94
11	坝莜8号 BY8	2.41±0.14	1.21±0.27	1.99	4503±190	2108±235	2.14
12	燕科1号 YK1	1.75±0.08	1.38±0.17	1.27	3231±86	2831±266	1.14
13	蒙燕1号 MY1	1.90±0.22	1.58±0.48	1.20	3914±258	2759±384	1.42
14	燕2006 Y2006	2.42±0.45	1.47±0.24	1.65	2925±51	1218±223	2.40
15	莜麦4400 YM4400	1.89±0.20	1.17±0.27	1.61	3087±330	1233±177	2.50
16	青永久440 QYJ440	1.94±0.11	1.80±0.61	1.08	3539±387	3253±259	1.09
17	冀张莜2号 JZY2	2.21±0.17	1.47±0.32	1.50	1731±341	1228±229	1.41
18	新源燕麦 XY oat	1.92±0.67	1.57±0.29	1.22	2769±244	2207±97	1.25
19	草莜1号 CY1	2.25±0.25	1.92±0.27	1.17	2701±123	1728±20	1.56
20	燕2004 Y2004	2.17±0.21	1.38±0.15	1.58	3867±250	2014±297	1.92
21	白燕10号 BY10	2.25±0.07	1.84±0.22	1.22	2437±297	1743±240	1.40

万方数据

2.2　干旱胁迫对叶片脯氨酸含量和可溶性蛋白含量的影响

由表 3 可见,在干旱胁迫下不同基因型燕麦叶片中脯氨酸含量均升高,叶片可溶性蛋白含量下降。其中脯氨酸升高幅度较大的品种有坝莜 8 号、内农大莜 1 号、坝莜 3 号、莜麦 4400,其脯氨酸含量分别升高了 230.66%、119.14%、126.87%和 103.93%,变化幅度较小的品种有青永久 440、冀张莜 2 号,其中青永久 440 的脯氨酸含量下降 1.26%,而冀张莜 2 号的脯氨酸含量仅升高 9.74%;可溶性蛋白含量变化幅度较小的品种有坝莜 8 号、莜麦 4400、白燕 7 号、新源燕麦等品种,其下降幅度分别为 9.60%、1.45%、18.52%和 17.65%,变化幅度较大的品种有冀张莜 2 号、内燕 3 号,冀张莜 2 号下降 54.51%,而内燕 3 号下降 52.63%。

2.3　干旱胁迫对叶片相对电导率和丙二醛含量的影响

由表 4 可见,干旱胁迫下,不同基因型燕麦叶片中丙二醛含量增加,叶片相对电导率上升。其中丙二醛含量增加较少的品种是莜麦 4400,仅增加 13.4%,丙二醛含量增加幅度较大的品种有白燕 7 号、冀张莜 2 号,分别增加 147.9%和 146.20%;相对电导率上升幅度较小的品种是白燕 7 号、坝莜 1 号、坝莜 8 号和莜麦 4400 等品种,分别升高 1%、33.3%、38.46%和 41.67%,变化幅度较大的品种有青永久 440、冀张莜 2 号分别升高了 220%和 136.36%。

2.4　抗旱性综合评价

通过隶属函数分析法,将 21 个供试燕麦品种分为 4 类,分别为强抗旱型、抗旱型、中抗旱型和弱抗旱型 4 类(表 5)。其中,强抗旱型品种是坝莜 8 号和莜麦 4400 两个品种,抗旱型品种有内农大莜 1 号和燕 2006 两个品种,中抗旱型品种有新源燕麦、白燕 7 号、蒙燕 1 号共 3 个品种,弱抗旱型有内燕 3 号、大燕麦、保罗、白燕 2 号、白燕 4 号、白燕 8 号、青永久 440、燕科 1 号、冀张莜 2 号、白燕 10 号、坝莜 1 号、草莜 1 号、坝莜 3 号和燕 2004 共 14 个品种。

表 3　干旱胁迫下不同基因型燕麦叶片可溶性蛋白含量及游离脯氨酸的变化

Table 3　Changes of protein and proline content in different genotypes of oat leaf under drought stress

序号 Code	品种名 Cultivar	脯氨酸/(μg·g⁻¹)			可溶性蛋白/(mg·g⁻¹)		
		处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient	处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient
1	内农大莜 1 号 NND1	294.54±36.74	134.41±5.71	2.19	60.52±12.32	91.82±10.98	0.66
2	内燕 3 号 NY3	184.66±17.46	135.55±14.99	1.36	44.78±6.32	94.56±6.33	0.47
3	保罗 Paul	324.03±41.27	178.78±28.42	1.81	42.71±3.21	83.08±15.12	0.51
4	大燕麦 Large oat	128.16±34.36	70.14±30.20	1.83	73.98±12.08	103.60±14.30	0.71
5	白燕 7 号 BY7	278.03±20.23	242.77±17.95	1.15	76.89±4.09	94.37±7.73	0.81
6	白燕 2 号 BY2	278.63±27.77	178.50±24.24	1.56	41.86±8.44	73.92±10.18	0.57
7	白燕 8 号 BY8	238.79±19.61	207.23±6.47	1.15	50.85±3.35	90.06±3.44	0.56
8	白燕 4 号 BY4	446.51±59.79	239.65±12.09	1.86	32.47±4.83	43.58±6.54	0.75
9	坝莜 3 号 BY3	523.68±25.48	230.83±13.03	2.27	82.29±13.09	145.91±21.39	0.56
10	坝莜 1 号 BY1	165.56±27.68	151.48±56.32	1.09	71.34±6.46	120.66±25.04	0.59
11	坝莜 8 号 BY8	238.51±30.69	72.13±10.17	3.31	85.81±4.41	94.92±8.48	0.90
12	燕科 1 号 YK1	507.00±14.60	305.06±17.66	1.66	59.41±5.89	96.98±5.82	0.61
13	蒙燕 1 号 MY1	317.98±15.88	197.84±20.06	1.61	53.34±4.06	76.47±5.43	0.70
14	燕 2006 Y2006	371.21±4.01	218.89±49.01	1.70	67.17±6.43	98.38±10.48	0.68
15	莜麦 4400 YM4400	315.30±16.90	154.61±17.51	2.04	74.76±5.84	75.86±6.72	0.99
16	青永久 440 QYJ440	387.62±14.08	388.11±35.09	1.00	70.27±3.53	93.52±12.36	0.75
17	冀张莜 2 号 JZY2	240.22±22.42	218.89±39.83	1.10	45.14±6.46	99.23±16.66	0.45
18	新源燕麦 XY oat	411.15±12.75	243.05±44.62	1.69	66.27±2.87	80.47±12.65	0.82
19	草莜 1 号 CY1	250.64±25.16	181.91±25.74	1.38	72.58±4.38	101.60±13.72	0.71
20	燕 2004 Y2004	392.74±27.34	264.40±10.67	1.49	44.37±6.33	71.73±10.91	0.62
21	白燕 10 号 BY10	142.76±36.84	119.34±9.01	1.20	51.58±4.17	93.17±9.00	0.55

万方数据

表4 干旱胁迫下不同基因型燕麦叶片丙二醛含量及相对电导率的变化

Table 4 Changes of MDA and REC in different genotypes of oat leaf under drought stress

序号 Code	品种名 Cultivar	丙二醛/(nmol·g⁻¹)			相对电导率/%		
		处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient	处理 Treatment	对照 CK	抗旱系数 Drought coefficient
1	内农大莜1号 NND1	28.17±1.45	15.42±2.49	1.83	0.49±0.04	0.28±0.04	1.74
2	内燕3号 NY3	37.42±2.77	18.06±3.28	2.07	0.73±0.04	0.35±0.06	2.12
3	保罗 Paul	30.28±4.5	14.19±3.66	2.13	0.87±0.08	0.36±0.09	2.42
4	大燕麦 Large oat	33.47±2.25	12.17±3.27	2.75	0.84±0.17	0.29±0.10	2.92
5	白燕7号 BY7	30.17±14.44	12.17±1.8	2.48	0.51±0.10	0.51±0.12	1.01
6	白燕2号 BY2	37.29±3.94	18.64±4.14	2.00	0.73±0.21	0.41±0.03	1.80
7	白燕8号 BY8	30.29±5.49	14.12±3.5	2.15	0.36±0.15	0.24±0.07	1.50
8	白燕4号 BY4	30.12±4.53	13.48±4.0	2 .23	0.66±0.09	0.27±0.11	2.44
9	坝莜3号 BY3	33.46±4.41	14.45±2.62	2.32	0.48±0.07	0.33±0.07	1.45
10	坝莜1号 BY1	23.96±4.09	9.35±0.89	2.56	0.48±0.16	0.36±0.05	1.34
11	坝莜8号 BY8	32.60±4.52	18.06±1.28	1.80	0.54±0.08	0.39±0.12	1.38
12	燕科1号 YK1	28.64±3.62	16.71±2.34	1.71	0.45±0.06	0.28±0.06	1.61
13	蒙燕1号 MY1	30.58±4.20	16.39±0.73	1.87	0.51±0.19	0.37±0.05	1.38
14	燕2006 Y2006	29.25±6.53	12.90±1.22	2.27	0.53±0.09	0.25±0.09	2.14
15	莜麦4400 YM4400	13.54±3.7	11.94±0.95	1.13	0.51±0.06	0.36±0.05	1.43
16	青永久440 QYJ440	27.94±3.49	15.81±2.43	1.77	0.64±0.11	0.22±0.08	2.85
17	冀张莜2号 JZY2	34.32±2.84	13.94±1.19	2.46	0.78±0.14	0.33±0.14	2.39
18	新源燕麦 XY oat	25.68±5.58	14.52±3.68	1.77	0.50±0.02	0.24±0.07	2.09
19	草莜1号 CY1	28.39±3.39	14.06±3.28	2.02	0.27±0.09	0.14±0.05	1.93
20	燕2004 Y2004	41.81±3.46	14.32±1.85	2.92	0.38±0.07	0.22±0.08	1.73
21	白燕10号 BY10	31.53±6.0	14.71±0.73	2.14	0.67±0.22	0.29±0.09	2.31

表5 不同基因型燕麦隶属函数值 $U(x)$值及抗旱性综合评价

Table 5 Comprehensive estimation of drought-resistant characters and dependence functions of different oat cultivars

序号 Code	品种名 Cultivar	电导率 REC	过氧化物酶 POD	超氧化物歧化酶 SOD	脯氨酸 Proline	丙二醛 MDA	可溶性蛋白 Protein	$U(x)$平均值 Average	抗性评价 Estimation
1	内农大莜1号 NND1	0.62	0.55	0.32	0.52	0.61	0.39	0.50	抗 Drought
2	内燕3号 NY3	0.42	0.17	0.04	0.16	0.47	0.04	0.22	弱 Weak
3	保罗 Paul	0.26	0.36	0.32	0.35	0.44	0.12	0.31	弱 Weak
4	大燕麦 Large oat	0.00	0.11	0.33	0.36	0.09	0.49	0.23	弱 Weak
5	白燕7号 BY7	1.00	0.44	0.35	0.06	0.25	0.68	0.46	中 Middle
6	白燕2号 BY2	0.59	0.13	0.04	0.24	0.51	0.22	0.29	弱 Weak
7	白燕8号 BY8	0.74	0.20	0.34	0.07	0.43	0.21	0.33	弱 Weak
8	白燕4号 BY4	0.25	0.11	0.07	0.37	0.38	0.55	0.29	弱 Weak
9	坝莜3号 BY3	0.63	0.10	0.51	0.55	0.34	0.21	0.39	弱 Weak
10	坝莜1号 BY1	0.83	0.00	0.60	0.04	0.20	0.26	0.32	弱 Weak
11	坝莜8号 BY8	0.80	1.00	0.74	1.00	0.62	0.84	0.83	强 High
12	燕科1号 YK1	0.69	0.27	0.04	0.29	0.67	0.30	0.38	弱 Weak
13	蒙燕1号 MY1	0.69	0.20	0.23	0.26	0.36	0.46	0.41	中 Middle
14	燕2006 Y2006	0.41	0.65	0.93	0.30	0.36	0.43	0.51	抗 Drought
15	莜麦4400 YM4400	0.78	0.62	1.00	0.45	1.00	0.99	0.81	强 High
16	青永久440 QYJ440	0.03	0.08	0.00	0.00	0.64	0.56	0.22	弱 Weak
17	冀张莜2号 JZY2	0.27	0.51	0.23	0.04	0.26	0.01	0.22	弱 Weak
18	新源燕麦 XY oat	0.43	0.23	0.12	0.30	0.64	0.69	0.40	中 Middle
19	草莜1号 CY1	0.52	0.17	0.34	0.16	0.50	0.49	0.36	弱 Weak
20	燕2004 Y2004	0.62	0.58	0.59	0.21	0.00	0.31	0.39	弱 Weak
21	白燕10号 BY10	0.81	0.23	0.22	0.08	0.43	0.19	0.25	弱 Weak

万方数据

2.5　不同抗旱型燕麦品种聚类分析

根据本试验所测定的 6 个抗旱生理指标的抗旱系数运用 DPS 软件对 21 个燕麦品种进行欧氏距离聚类分析,从聚类图(图 1)可知,在欧氏距离为 4.83 处聚为 4 类,划分为 4 个抗旱等级,其中强抗旱型的品种为坝莜 8 号和莜麦 4400 共两个品种,抗旱型品种为燕 2006 和燕 2004 共两个品种,中抗旱型的品种为白燕 4 号、青永久 440 和新源燕麦三个品种,其他品种均为弱抗旱型品种。

3　结论与讨论

3.1　抗旱性与燕麦叶片保护性酶的关系

自由基引起的膜伤害学说认为,活性氧引起膜脂过氧化,会影响到细胞的正常代谢,细胞体内的保护性酶会发生变化,维持活性氧生成与清除之间的动态平衡[13-14]。李云[15]、朱永波[16]等认为保护性酶可以作为作物抗旱的鉴定指标,在胁迫下保护性酶的活性升高。不同品种在干旱胁迫后,POD 和 SOD 活性升高幅度不同,保护酶活性上升幅度大的品种抗旱性强,这与胡树平得出的结论一致[17],本研究中坝莜 8 号、莜麦 4400 两个品种的保护酶活性上升幅度大于其他品种。

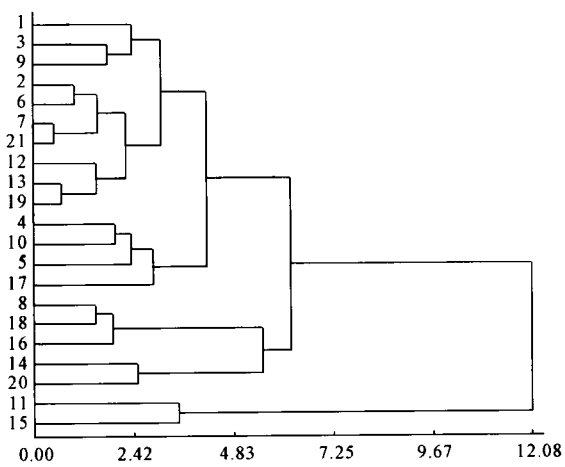

图 1　21 个燕麦品种抗旱系数聚类分析

Fig. 1　Cluster graph of drought-resistant coefficients of 21 oat cultivars

3.2　抗旱性与可溶性蛋白、脯氨酸含量的关系

可溶性蛋白是植物体代谢过程中蛋白损伤的重要指标,其含量可以反映植物体内蛋白变性、合成等方面的信息[18]。在干旱胁迫下,会引发缺氧导致使植物体内产生大量的过氧化产物,对可溶性蛋白造成损伤,导致含量下降[19]。脯氨酸作为鉴定抗旱性品种的重要指标,有研究认为脯氨酸积累与抗性呈正相关[15,17,20],本研究认为脯氨酸含量积累较多的品种抗旱性强,坝莜 8 号、莜麦 4400 两品种的脯氨酸积累量多于其他品种。

3.3　抗旱性与丙二醛含量、相对电导率的关系

丙二醛是膜脂过氧化的产物,是反映植株抗逆的重要指标之一,在逆境胁迫下,植物体内的膜脂过氧化产物积累,与植物受伤害程度呈正相关[21]。植物受伤害程度小,则丙二醛积累量变化的幅度小,莜麦 4400、内农大莜 1 号以及坝莜 8 号这三个品种丙二醛含量上升幅度较小,这三个品种膜脂过氧化程度低,抗旱性较强。干旱胁迫下,可能导致植物细胞膜结构发生变化甚至受损,细胞膜透性增大[22],抗旱性强的品种,细胞膜受损程度小。本研究中白燕 7 号、坝莜 8 号、蒙燕 1 号、莜麦 4400 这 4 个品种,电导率变化相对较小,其抗旱性强。本研究中丙二醛和叶片相对电导率与品种抗旱性呈负相关,这与胡树平[14]的结论一致。

3.4　隶属函数与聚类分析

前人在研究苜蓿[23],花生[24],油葵[17]等作物的抗旱性鉴定时,都采用了隶属函数分析和聚类分析,并且得出了相一致的结论。本试验中,隶属函数得出的强抗旱型品种与聚类分析得出的结果完全一致的为坝莜 8 号和莜麦 4400,隶属函数和聚类分析都得出燕 2006 为抗旱型品种,新源燕麦为中抗旱型品种,弱抗旱型品种有 14 个,隶属函数与聚类分析相同程度为 71.43%。可见,两种分类方法对抗旱性的分类具有较好的一致性。当两种分析方法所得结果一致,其置信度进一步提高,通过两种方法对不同抗旱型 21 个品种的生理指标进行分析比较,划分其品种抗性,为燕麦抗旱育种和抗旱生理机制提供理论依据。

参 考 文 献:

[1]　曲祥春,何中国,郝文媛,等.我国燕麦生产现状及发展对策[J].杂粮作物,2006,26(3):233-235.

[2]　李　威,周青平.六种裸燕麦品种种子萌发期抗旱性的研究[J].草业与畜牧,2008,(9):5-9.

[3]　路贵和,戴景瑞,张书奎.不同干旱胁迫条件下我国玉米骨干自交系的抗旱性比较研究[J].作物学报,2005,31(10):1284-1288.

[4]　戴景瑞.发展玉米育种科学 迎接 21 世纪的挑战[J].作物杂志,1998,(6):1-4.

(下转第 218 页)

万方数据

[J].气象科技,2002,30(4):193-203.
[5] 乔 治,孙希华.MODIS在我国陆地科学中的应用进展研究[J].国土资源遥感,2011,89(2):1-8.
[6] Running S W, Nemani R R, Heinsch F A, et al. A continuous satellite-derives measure of global terrestrial primary production[J]. Bioscience, 2004,54(6):547-560.
[7] Zhao M, Heinsch F A, Nemani R R, et al. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set[J]. Remote Sensing of Environment, 2005,95(2):164-176.
[8] 何 勇,董文杰,严晓瑜.基于MODIS的我国北方农牧交错带植被生长特征[J].应用气象学报,2008,19(6):716-720.
[9] 王李娟,牛 铮,旷 达.基于MODIS数据的2002—2006年中国陆地NPP分析[J].国土资源遥感,2010,87(4):113-116.
[10] 孙 威,王鹏新,韩丽娟,等.条件植被温度指数干旱监测方法的完善[J].农业工程学报,2006,22(2):22-26.
[11] 张树誉,孙 威,王鹏新.条件植被温度指数干旱监测指标的等级划分[J].干旱区研究,2010,27(4):600-606.
[12] 黄 弘,王鹏新,李 俐.关中平原小麦生育期VTCI加权估算及其与产量的相关性研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):173-178.
[13] Roxana Savin, Emilio H, Satorre A J, et al. Assessing strategies for wheat cropping in the monsoonal climate of the Pampas using the CERES-Wheat simulation model[J]. Field Crops Research, 1995, 42:81-91.
[14] 鲁向晖,穆兴民,VinayNangia,等.DSSAT模型对豫西冬小麦保护性耕作效应模拟效果验证[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):64-70.
[15] 马玉平,王石立,张 黎,等.基于遥感信息的华北冬小麦区域生长模型及模拟研究[J].气象学报,2005,63(2):204-215.
[16] 杜 鑫,蒙继华,吴炳方.作物生物量遥感估算研究进展[J].光谱学与光谱分析,2010,30(11):3098-3102.
[17] 陈效逑.自然地理学[M].北京:北京大学出版社,2001:157-160.
[18] 任 雨,张雪芹,彭莉莉.青藏高原1951—2006年气温距平序列的建立与分析[J].高原气象,2010,29(3):572-578.
[19] 严泰来,王鹏新.遥感技术与农业应用[M].北京:中国农业大学出版社,2008:296-297.
[20] 文新亚,陈 阜.基于DSSAT模型模拟气候变化对不同品种冬小麦产量潜力的影响[J].农业工程学报,2011,27(增刊2):74-79.

(上接第171页)

[5] 陈少裕.膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J].植物生理学通讯,1991,27(2):84-90.
[6] 白志英,李存东,吴同燕.干旱胁迫条件下小麦旗叶酶活性和丙二醛含量的染色体定位[J].植物遗传资源学报,2009,10(2):255-261.
[7] 刘景辉,赵海超,任永峰,等.土壤水分胁迫对燕麦叶片渗透调节物质含量的影响[J].西北植物学报,2009,29(7):1432-1436.
[8] 张文英,栗雨勤,杨国航,等.夏玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J].玉米科学,2006,14(5):87-90.
[9] 张灿军,姚宇卿,王育红,等.旱稻抗旱性鉴定方法与指标研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):33-36.
[10] 翟春梅,王 赞,邓 波,等.紫花苜蓿苗期抗旱性鉴定指标筛选及综合评价[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):166-171.
[11] 王爱国,罗光华,邵从本.大豆种子超氧物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77-84.
[12] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:171-238.
[13] Fridovich I. Superoxide dismutase[J]. Annual Review of Biochemistry, 1975,44:147-159.
[14] 徐凯扬.PEG诱导水分胁迫下喜旱莲子草的生理适应性[J].浙江大学学报,2004,(3):271-277.
[15] 李 云,李维平,李秀峰.不同品种冬小麦的抗旱性鉴定与分析[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):17-20.
[16] 朱永波,张仁和,卜令铎,等.玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J].西北农业学报,2008,17(3):143-146.
[17] 胡树平,高聚林,马 捷,等.油葵不同品种抗旱性能比较[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):94-99.
[18] 邵世光,阎斌伦,许云华,等.Cd^{2+}对条斑紫菜的胁迫作用[J].河南师范大学学报(自然科学版),2006,34(2):113-116.
[19] Blokhina O, Virolainen E, Fagerstedt K. Antioxidants oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review[J]. Annals of Botany, 2003,91:179-194.
[20] Blum A, Ebercon A. Genotypic responses in sorghum to drought stress 3. Free proline accumulation and drought resistance[J]. Crop Science, 1976,16:428-431.
[21] 白志英,李存东,吴同燕,等.干旱胁迫条件下小麦旗叶酶活性和丙二醛含量的染色体定位[J].植物遗传资源学报,2009,10(2):255-261.
[22] 张立军,胡文玉,戴俊英.渗透胁迫下玉米幼苗离体叶片膜透性变化机理的研究[J].沈阳农业大学学报,1996,27(3):207-210.
[23] 孟 林,毛培春,张国芳,等.17个苜蓿品种苗期抗旱性鉴定[J].草业科学,2008,25(1):21-25.
[24] 严美玲,李向东,矫岩林,等.不同花生品种的抗旱性比较鉴定[J].花生学报,2004,33(1):8-12.

万方数据