

冷季型高羊茅和多年生黑麦草抗旱性评价

熊雪^{1,2*}, 董建新^{1,2}, 高思楠¹, 王欣然¹

(1. 河北民族师范学院, 河北 承德 067000; 2. “植物学”国家民委重点实验室(河北民族师范学院), 河北 承德 067000)

摘要:【目的】研究干旱胁迫对草坪草的影响及筛选抗旱能力较强的草坪草品种。【方法】选取适宜我国北方地区生长的冷季型草坪草高羊茅(*Festuca arundinacea*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*)各4个品种, 分别用10%和20%的PEG-6000进行干旱胁迫的模拟试验, 测定分析不同干旱胁迫强度下各品种的生长速率、外观表现、生物量、叶片相对含水量、叶绿素、丙二醛含量等生长及生理指标, 采用隶属函数法, 对草坪草受到的胁迫程度进行综合评定。【结果】不同草坪草品种在干旱胁迫下的生长和表现均受到一定的抑制, 相对含水量、叶绿素含量减少, 丙二醛含量增加, 且存在较大的品种差异。【结论】通过综合评价得出各品种的抗旱性强弱顺序为: 绿拓>丽川>交战>闪电>反叛者IV>泰绿>精华>反叛者V。

关键词:冷季型草坪草; 抗旱性; 干旱胁迫; 综合评价

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)05-0207-07

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2024.05.024



草坪是当代世界文明的标志与生态卫士, 它对于人类生存环境起着很好的美化与保护功能^[1]。随着全球气候的不断变化, 干旱胁迫已经成为制约草坪草生长发育和成坪质量的主要逆境因素, 对其外观形态、质量、生理生化及代谢过程均产生负面影响^[2], 并且不同草坪草品种之间的抗旱性差异较大^[3-5]。研究草坪草的抗旱性, 筛选抗旱性较强的品种对于草坪的建植具有重要意义。

高羊茅(*Festuca arundinacea*)为禾本科(Poaceae)羊茅属(*Festuca*)多年生草本植物, 不耐高温, 喜光, 耐半阴, 具有较强的抗逆性和抗病性^[6]。多年生黑麦草(*Lolium perenne*)为禾本科黑麦草属(*Lolium*)植物, 因其适应性强、产量高、成坪速度快而被广泛种植^[7]。这

两种植物作为草坪草被广泛应用于公园、庭院、园林种植等方面。草坪草的抗旱性是指在干旱情况下, 通过一定的抗旱方式表现出的存活能力^[2], 草坪草在受到干旱胁迫后其生长状况、成坪质量、光合作用、膜脂过氧化损伤等各个方面均会发生不同程度的变化, 如庞丁铭等^[8]对干旱胁迫下14个多年生黑麦草品种的试验研究结果表明, 干旱胁迫下各品种间叶绿素含量和超氧化物歧化酶活性均先升高后降低, 丙二醛和脯氨酸的含量均升高, 且各品种的变化幅度不同。宋娅丽等^[9]对3种冷季型草坪草在干旱胁迫下生理响应的研究发现, 高羊茅在干旱胁迫下的外观质量、生物量、叶片相对含水量、光合速率等指标均下降, 且下降的比例明显低于黑麦草和早熟禾(*Poa pratensis*)。综合考虑多个指标对不同植物或同一植物不同品种的抗旱性进行筛选和评价结果更为可靠^[10-11]。

综上, 本研究以高羊茅和多年生黑麦草的不同品种作为研究对象, 用PEG-6000模拟干旱胁迫, 测定不同浓度PEG处理下草坪草各品种的生长和生理指标的变化, 利用隶属函数法对其抗旱能力进行综合评价, 筛选抗旱性较强的冷季型草坪草品种, 以期草

收稿日期: 2023-07-13; 修回日期: 2023-09-27

基金资助: 河北省高等学校科学技术研究项目 (QN2021419)

作者简介: 熊雪(1986-), 女, 河北承德人, 博士, 副教授, 主要从事草地生态管理、植物抗逆生理等方面的研究。E-mail: xiongxe1987@126.com

*通信作者。E-mail: xiongxe1987@126.com

坪草在园林中的推广应用及抗旱性混播草种的选择提供一定的参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本试验选用的8个草坪草品种分别为多年生黑麦草品种泰绿、绿拓、丽川和闪电,高羊茅品种精华、交战、反叛者Ⅳ和反叛者Ⅴ,均购自北京正道生态科技有限公司。

1.2 材料培养

各品种分别选取颗粒饱满、大小均匀的种子进行消毒处理。种子发芽4~5 d后,选取长势较好,大小均一的幼苗,转移到Hoagland营养液中进行水培。每3~4 d更换一次营养液,培养21 d后进行后续干旱处理。

1.3 干旱胁迫处理及指标测定

通过前期预实验所选浓度,将培养21 d的8个草坪草品种以浓度为0%、10%和20%的PEG进行处理,每个处理重复3次。连续胁迫处理3 d后叶片萎蔫时取样测定各个指标。试验过程中将植物置于光照培养室内,设置的培养条件为白天14 h,温度25℃,晚上10 h,温度20℃。

1.3.1 植物生长速率的测定 处理前将草坪草的高度修剪为10 cm,测量处理后各草坪草的株高,计算植物生长速率。

1.3.2 植物外观评分 对不同处理后草坪草地上部分的颜色、整齐度和均匀度等进行打分,取值1~9,1为植物完全萎蔫,长势差,棕色的草坪,9为水分状况好,长势好,颜色鲜绿的草坪。

1.3.3 生物量的测定 取各草坪草品种单株的地上部分,首先在105℃下烘干30 min杀青,再于干燥箱中65℃下烘干48 h至恒重,最后称重。

1.3.4 叶片含水量的测定 在植物的相同位置取样,分别称取新鲜叶片重量(FW),吸胀后的饱和重(TW)及烘干后干重(DW),计算叶片含水量。

1.3.5 叶绿素含量的测定 采用丙酮乙醇提取法,分光光度计上波长663、645 nm处比色测量吸光度,计算叶绿素含量^[12]。

1.3.6 丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量的测定 采用硫代巴比妥酸法测定MDA含量^[13]。

1.4 数据分析

采用SPSS 19.0对各指标的测定值进行单因素方差分析(One-way ANOVA, Duncan)。为减少品种之间自身差异的影响,利用隶属函数法综合评价各项指标的相对值进行抗旱性排序,即干旱胁迫下的测定值/对照值*100。所测指标隶属值的计算公式如下:

$$F_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (1)$$

$$F_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (2)$$

式中: F_{ij} 为*i*品种*j*性状指标的隶属函数值, X_{ij} 为*i*品种*j*性状的均值, X_{jmin} 和 X_{jmax} 分别为所有品种的*j*性状均值的最小值和最大值。公式(1)在*j*指标与抗旱性呈正相关时适用;公式(2)在*j*指标与抗旱性呈负相关时适用。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对草坪草生长速率的影响

干旱胁迫会对草坪草的植物生长速率产生抑制作用,且各品种表现出一定的差异。在10%的中度胁迫下,品种丽川、闪电、泰绿、交战、反叛者Ⅴ表现出生长速率的显著降低,20%的重度胁迫下,各个草坪草品种的生长速率均显著下降($P < 0.05$)。用相对生长速率表示植物抗旱性强弱,10%胁迫下,绿拓的抗旱性最强,反叛者Ⅴ的抗旱性最弱。20%胁迫下,丽川的抗旱性最强,反叛者Ⅴ的抗旱性最弱(表1)。

2.2 干旱胁迫对植物外观质量的影响

在10%的中度胁迫下,除品种闪电、泰绿和反叛者Ⅴ外,其余品种的外观都受到显著影响,20%的重度胁迫下,各品种的外观质量均显著降低($P < 0.05$)。其中,10%的PEG胁迫下,反叛者Ⅴ的抗旱性最强,交战的抗旱性最弱。20%的PEG胁迫下,泰绿的抗旱性最强,闪电的抗旱性最弱。植物外观质量评价与植物生长速率反应出的品种抗旱性强弱存在一定的差异(表2)。

2.3 干旱胁迫对草坪草地上生物量的影响

干旱胁迫会对草坪草的生物量产生抑制作用,中度胁迫下,除反叛者Ⅳ外,各品种的生物量均显著降低,而重度胁迫下,所有品种的生物量均显著降低($P < 0.05$)。用生物量的相对值反应品种抗旱性强弱,相对值越大,抗旱性越强。本试验中,10%的

表 1 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的植物生长速率

Table 1 The plant growth rates of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	植物生长速率/(mm·d ⁻¹)			相对生长速率/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	2.98±0.15 ^a	2.89±0.10 ^a	2.26±0.06 ^b	96.83	75.61
	丽川	3.51±0.14 ^a	3.14±0.06 ^b	2.80±0.15 ^b	89.56	79.75
	闪电	3.06±0.03 ^a	2.38±0.14 ^b	2.34±0.04 ^b	78.22	76.59
	泰绿	4.01±0.30 ^a	3.15±0.20 ^b	2.27±0.12 ^c	78.53	56.51
高羊茅	精华	2.41±0.16 ^a	2.30±0.13 ^a	0.91±0.10 ^b	95.61	37.88
	交战	2.96±0.23 ^a	2.37±0.15 ^b	2.01±0.20 ^b	79.92	67.73
	反叛者	2.50±0.16 ^a	2.26±0.16 ^a	1.22±0.14 ^b	90.33	48.89
	反叛者	3.19±0.15 ^a	1.96±0.13 ^b	1.17±0.18 ^c	61.32	36.76

注:不同小写字母代表同一品种不同处理之间差异显著($P<0.05$),下同。

表 2 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的外观质量评分

Table 2 The appearance quality scores of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	植物外观质量评分			相对外观质量评分/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	9.00±0.00 ^a	8.33±0.21 ^b	6.50±0.22 ^c	92.59	72.22
	丽川	9.00±0.00 ^a	7.83±0.17 ^b	6.50±0.22 ^c	87.04	72.22
	闪电	8.67±0.21 ^a	8.00±0.26 ^a	5.67±0.21 ^b	92.31	65.38
	泰绿	9.00±0.00 ^a	8.33±0.33 ^a	6.67±0.21 ^b	92.59	80.00
高羊茅	精华	8.50±0.22 ^a	7.33±0.21 ^b	6.67±0.21 ^c	86.27	78.43
	交战	9.00±0.00 ^a	7.33±0.42 ^b	6.50±0.22 ^c	81.48	72.22
	反叛者	8.83±0.17 ^a	7.33±0.33 ^b	6.33±0.21 ^c	83.02	71.70
	反叛者	8.67±0.21 ^a	8.67±0.21 ^a	6.17±0.17 ^b	100.00	71.15

PEG 胁迫下,精华、反叛者 V 和交战的抗旱性相对较强,闪电和泰绿的抗旱性相对较弱。而 20% 的 PEG 胁迫下,交战的抗旱性最强,泰绿的抗旱性最弱(表 3)。

表 3 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的地上生物量

Table 3 The aboveground biomass of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	生物量/g			相对生物量/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	0.166±0.008 ^a	0.128±0.008 ^b	0.098±0.005 ^c	77.46	58.95
	丽川	0.195±0.008 ^a	0.147±0.006 ^b	0.114±0.002 ^c	75.43	58.19
	闪电	0.152±0.008 ^a	0.105±0.007 ^b	0.083±0.002 ^c	68.86	54.39
	泰绿	0.157±0.010 ^a	0.109±0.003 ^b	0.077±0.011 ^c	69.36	49.36
高羊茅	精华	0.126±0.002 ^a	0.107±0.001 ^b	0.065±0.003 ^c	84.92	51.32
	交战	0.146±0.006 ^a	0.119±0.004 ^b	0.093±0.006 ^c	81.51	63.47
	反叛者	0.135±0.006 ^a	0.107±0.003 ^{ab}	0.074±0.016 ^b	79.01	55.06
	反叛者	0.140±0.003 ^a	0.118±0.003 ^b	0.078±0.004 ^c	84.49	56.09

2.4 干旱胁迫对草坪草叶片含水量的影响

10% 的中度胁迫对植物叶片的含水量影响相对较

小,仅品种绿拓、泰绿、精华、反叛者 V 表现出叶片含水量的显著降低,而 20% 的重度胁迫下,各品种的叶片

含水量均显著降低($P<0.05$)。10%胁迫下,品种丽川和交战的抗旱性较强,精华和反叛者V的抗旱性较弱,其他品种的抗旱性中等。20%胁迫下,品种丽川的抗旱性最强,精华和反叛者V的抗旱性较弱(表4)。

表4 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的叶片含水量

Table 4 The leaf water content of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	叶片含水量/%			相对叶片含水量/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	99.12±0.50 ^a	92.50±0.88 ^b	91.58±1.53 ^b	93.32	92.40
	丽川	98.04±0.77 ^a	97.53±0.53 ^{ab}	95.51±0.63 ^b	99.48	97.42
	闪电	98.84±0.59 ^a	97.64±0.68 ^a	94.68±0.74 ^b	98.79	95.79
	泰绿	98.37±0.65 ^a	93.61±0.87 ^b	90.50±1.73 ^b	95.16	92.00
高羊茅	精华	97.31±1.21 ^a	82.12±0.35 ^b	80.67±0.69 ^b	84.39	82.90
	交战	95.69±0.13 ^a	95.17±0.54 ^a	87.03±0.19 ^b	99.45	90.95
	反叛者	98.63±0.50 ^a	97.15±0.77 ^a	90.94±0.73 ^b	98.49	92.20
	反叛者	97.82±1.25 ^a	83.08±2.01 ^b	82.16±1.06 ^b	84.93	83.99

2.5 干旱胁迫对草坪草叶绿素含量的影响

干旱胁迫会抑制植物的光合作用,草坪草各品种的叶绿素含量随着胁迫强度的增加逐渐降低。在10%的中度胁迫下,与对照相比,所有品种的叶绿素含量均显著降低($P<0.05$),品种绿拓、丽川和精华的

叶绿素含量相对值较高,表现出较强的抗旱性,反叛者V的抗旱性较弱。20%的重度胁迫下,各品种的叶绿素含量进一步显著降低,绿拓的抗旱性最强,精华和反叛者V的抗旱性最弱。各个草坪草品种在不同干旱胁迫强度下的抗旱性具有一定的差异(表5)。

表5 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的叶绿素含量

Table 5 The chlorophyll content of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	叶绿素含量/(mg·g ⁻¹)			相对叶绿素含量/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	1.66±0.18 ^a	1.24±0.08 ^b	0.84±0.05 ^b	74.91	50.79
	丽川	1.52±0.09 ^a	0.99±0.02 ^b	0.64±0.05 ^c	65.60	42.53
	闪电	2.11±0.30 ^a	1.21±0.01 ^b	0.72±0.12 ^b	57.68	34.24
	泰绿	2.66±0.19 ^a	1.46±0.21 ^b	0.80±0.11 ^c	54.93	30.24
高羊茅	精华	1.35±0.08 ^a	0.88±0.11 ^b	0.36±0.04 ^c	65.13	26.92
	交战	1.43±0.04 ^a	0.66±0.02 ^b	0.47±0.04 ^c	46.58	33.10
	反叛者	1.31±0.05 ^a	0.64±0.04 ^b	0.47±0.06 ^c	48.44	35.81
	反叛者	1.84±0.03 ^a	0.78±0.04 ^b	0.46±0.07 ^c	42.44	25.24

2.6 干旱胁迫对草坪草叶片丙二醛含量的影响

MDA是细胞膜质过氧化的产物,可以反映植物受到逆境胁迫的程度。在10%的中度胁迫下,除品种绿拓外,其余7个草坪草品种均表现出MDA含量的显著增加($P<0.05$)。其中,品种丽川和绿拓的MDA含量变化幅度相对较小,表现出较强的耐旱性。20%的重度胁迫下,各品种的MDA含量均明显升高($P<0.05$)。丽川的抗旱性较强,精华和反叛者V的抗旱性较弱(表6)。

2.7 草坪草品种苗期抗旱性综合测评

分别得出10%和20%PEG溶液模拟干旱胁迫下,不同草坪草的植物生长速率、外观质量、生物量、含水量、叶绿素含量、丙二醛含量等指标相对值的隶属函数,计算平均值进而得出总的抗旱性强弱。草坪草品种绿拓和丽川的抗旱性相对较强,反叛者V和精华的抗旱性较弱,其他品种的抗旱性中等(表7)。

3 讨论

草坪草与其他植物一样,在遭遇干旱胁迫后生长

表 6 不同高羊茅和多年生黑麦草品种在干旱胁迫下的丙二醛含量

Table 6 The Malondialdehyde content of different tall fescue and perennial ryegrass varieties under drought stress

草坪草	品种	丙二醛含量/($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)			相对丙二醛含量/%	
		0%	10%	20%	10%	20%
多年生黑麦草	绿拓	1.53±0.25 ^b	4.49±0.37 ^b	12.99±1.53 ^a	293.58	849.04
	丽川	1.66±0.23 ^c	4.18±0.25 ^b	11.33±0.70 ^a	251.37	680.86
	闪电	1.54±0.24 ^c	5.27±0.13 ^b	14.72±0.68 ^a	342.08	955.26
	泰绿	1.05±0.18 ^c	5.49±1.23 ^b	15.66±1.43 ^a	522.36	1490.26
高羊茅	精华	1.00±0.06 ^c	6.81±0.29 ^b	18.42±0.65 ^a	683.66	1850.66
	交战	0.86±0.12 ^c	2.97±0.43 ^b	11.01±0.65 ^a	346.39	1282.86
	反叛者	1.06±0.10 ^c	4.96±0.58 ^b	17.38±0.96 ^a	469.03	1642.97
	反叛者	1.07±0.07 ^c	6.41±0.80 ^b	18.51±0.73 ^a	601.65	1737.09

表 7 不同高羊茅和多年生黑麦草品种抗旱性综合评价

Table 7 The comprehensive evaluation of drought resistance of different tall fescue and perennial ryegrass varieties

草坪草	品种	10%	20%	隶属度平均	排名
多年生黑麦草	绿拓	0.772	0.760	0.766	1
	丽川	0.703	0.795	0.749	2
	闪电	0.546	0.548	0.547	4
	泰绿	0.431	0.432	0.431	6
高羊茅	精华	0.487	0.187	0.337	7
	交战	0.536	0.589	0.563	3
	反叛者	0.525	0.392	0.458	5
	反叛者	0.366	0.174	0.270	8

会受到一定程度的抑制,表现为生长速率降低,生物量下降,光合作用受阻,细胞膜受到损伤等^[14-15]。外观质量评价与植物生长速率都是草坪草抗旱能力评价的重要指标。草坪外观质量反映草坪草的整体表现,分生组织细胞在植物受到干旱胁迫后停止或者缓慢分裂,植物生长受到抑制,会影响草坪草的形态特征与生长速率^[16-17]。故而植物生长速率与抗旱性呈正相关,抗旱能力越强,干旱胁迫下草坪草的生长速率变化幅度越小。此外,干旱胁迫对草坪草的地上生物量具有较大影响,随着干旱胁迫的增强,对植物分蘖影响越大,草坪草的生物量越小^[9]。本研究中,干旱胁迫后草坪草生物量降低,且随着干旱程度增强,生物量随之降低程度增大,这与前人研究结论相符^[18]。

植物缺水能反映出叶片中的水分流失情况,测定植物叶片的含水量可以得出草坪草在干旱胁迫下的保水能力,通过叶片含水量可以很好的判定植物的抗旱性强弱^[16]。叶绿素含量的高低与叶绿体活性有关,

干旱胁迫下叶绿体内类囊体膜遭到破坏,叶绿素合成受阻、降解加快,导致叶绿素含量下降^[19]。本研究中,各品种在干旱胁迫后表现为叶片含水量下降、叶绿素含量降低的现象,当PEG浓度为20%时,相比对照均达到了显著水平,且各品种存在一定的品种差异。其中,抗旱性较强的品种下降幅度相对较小,反之则较大,这与李秀玲等^[20]对6种观赏草、熊阳等^[21]对3种禾本科牧草的试验研究结果相符。MDA是植物体内膜脂过氧化产物,其含量高低与细胞膜系统的损伤程度有一定的关联,通常情况下,MDA含量越高,表明植物受损伤的程度越大^[22]。MDA含量与其抗旱性之间存在负相关关系,MDA含量随干旱程度的加剧而升高,但抗旱性越强的品种,MDA含量升高幅度越小^[21,23]。

植物在经历干旱胁迫后,会产生多种应答反应,机制复杂,选择单一指标评价抗旱性存在一定的片面性^[24],可以结合多项指标通过隶属函数法进行抗旱性

综合测评以提高结果的准确性和可靠性^[7-9]。本研究通过计算得出各品种的隶属函数值在0.270~0.766之间,品种间抗旱性存在较大差异,各品种的抗旱性按由强到弱的顺序排列,结果如下:绿拓>丽川>交战>闪电>反叛者IV>泰绿>精华>反叛者V。

4 结论

本研究以高羊茅和多年生黑麦草不同品种作为研究对象,在干旱胁迫下,不同品种的草坪草生长发育和生理特征都发生了很大变化,且存在品种差异。通过不同草坪草品种苗期各项指标综合评价,得出品种绿拓和丽川的抗旱性较强,精华和反叛者V的抗旱性较弱,其他品种的抗旱性中等。

参考文献:

- [1] 孙吉雄,韩烈保. 草坪学[M]. 第四版. 北京:中国农业出版社,2015.
- [2] 王超,王冠,张璐. 干旱胁迫对冷季型草坪草生理指标影响[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2020,33(2),29—31.
- [3] 张亚楠,赵璐瑶. 干旱模拟条件下3种冷季型草坪草苗期抗旱性的比较[J]. 现代农村科技,2022(2):68—71.
- [4] 刘颖,张巨明. 暖季型草坪草对干旱胁迫的反应[J]. 草业科学,2013,30(11):1732—1738.
- [5] 侯敏. 干旱胁迫对3种草坪草的生长及叶绿素含量的影响[J]. 山西林业科技,2015,44(3):24—25.
- [6] 吴欣明,王运琦,刘建宁,等. 羊茅属植物耐盐性评价及其对盐胁迫的生理反应[J]. 草业学报,2007,16(6):67—73.
- [7] 赵春程,李晓宁,张寅坤,等. 4个多年生黑麦草品种对干旱胁迫的生理响应[J]. 草业科学,2020,37(4):669—677.
- [8] 庞丁铭,梁丹妮,魏晓艳,等. 14个多年生黑麦草品种幼苗期对干旱胁迫的生理影响[J]. 黑龙江农业科学,2016(12):105—110.
- [9] 宋娅丽,王莎,王克勤,等. 3种冷季型草坪草苗期对干旱胁迫的生理响应[J]. 草原与草坪,2018,38(3):9—16.
- [10] 王园园,赵明,张红香,等. 干旱胁迫对紫花苜蓿幼苗形态和生理特征的影响[J]. 中国草地学报,2021,43(9):78—87.
- [11] 樊玉春,李玥,魏霖静,等. 三种胡麻生长模型对现蕾期和青果期干旱胁迫响应能力的比较[J]. 江苏农业学报,2023,39(2):423—433.
- [12] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* [J]. Plant Physiology, 1949,24(1):1.
- [13] Song L L, Ding W, Zhao M G, *et al.* Nitric oxide protects against oxidative stress under heat stress in the calluses from two ecotypes of reed [J]. Plant Science, 2006, 171(4):449—458.
- [14] 李晓娜,张雪莲,张国芳,等. 9种禾本科草本植物的耐旱能力[J]. 草业科学,2017,11(4):802—812.
- [15] 吴金芝,黄明,王志敏,等. 干旱对冬小麦旗叶光合参数、产量和水分利用效率的影响[J]. 江苏农业学报,2021,37(5):1108—1118.
- [16] 杜建雄,侯向阳,刘金荣. 草地早熟禾对干旱及早后复水的生理响应研究[J]. 草业学报,2010,19(2):31—38.
- [17] 孟可爱,刘小飞. 水分胁迫对禾本科牧草影响研究进展[J]. 畜牧产业,2020(11):72—74.
- [18] 赵海明,游永亮,李源,等. 多年生黑麦草种质苗期抗旱性综合评价[J]. 草原与草坪,2016,36(6):8—15.
- [19] 戴海根,董文科,柴澍杰,等. 模拟干旱胁迫下鹰嘴紫云英幼苗生长及生理特性[J]. 中国草地学报,2021,43(10):63—75.
- [20] 李秀玲,刘开强,刘君,等. 干旱胁迫对六种观赏草枯叶率及生理指标的影响[J]. 中国草地学报,2012,34(4):93—100.
- [21] 熊阳阳,韩博. 3种禾本科牧草萌发期和苗期的抗旱性研究[J]. 安徽农业科学,2018,46(7):88—91.
- [22] 温琦,赵文博,张幽静,等. 植物干旱胁迫响应的研究进展[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):11—15.
- [23] 张然,李佳缙,王铭,等. 11份草地早熟禾种质材料对PEG—6000胁迫的生理响应和耐旱性评价[J]. 草原与草坪,2021,41(2):113—121.
- [24] 熊雪,朱国芬,梁燕,等. 不同谷子品种苗期抗旱性综合评价[J]. 安徽农学通报,2022,28(11):25—28.

Evaluation of drought resistance of cold season turf grass tall fescue and perennial ryegrass

XIONG Xue^{1,2*}, DONG Jian-xin^{1,2}, GAO Si-nan¹, WANG Xin-ran¹

(1. Hebei Minzu Normal University, Chengde 067000, China; 2. Key Laboratory of Botany (Hebei Minzu Normal University) State Ethnic Affairs Commission, Chengde 067000, China)

Abstract: 【Objective】 The effects of drought stress on turfgrass and the selection of turfgrass varieties with strong drought resistance were studied 【Method】 Four varieties of cold season turfgrass *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* were selected, which are suitable for northern China. The growth rate, appearance, biomass, leaf relative water content, chlorophyll, malondialdehyde content and other growth and physiological indexes of various varieties under different drought stress intensity were measured and analyzed by using 10% and 20% PEG—6000 simulation tests, respectively. The stress degree of turfgrass was comprehensively assessed by membership function method. 【Result】 The growth and performance of different turfgrass varieties under drought stress were inhibited to some extent, the relative water content and chlorophyll content decreased, and the malondialdehyde content increased. 【Conclusion】 Through comprehensive evaluation, the order of drought resistance of each variety was as follows: Lvtuo > Lichuan > Jiaozhan > Lightning > Rebel IV > Tailu > Jinghua > Rebel V.

Key words: cool-season turfgrass; drought resistance; drought stress; comprehensive evaluation

(责任编辑 康宇坤)