

网络出版时间:2018-07-06 13:25 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2019.01.006
网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180706.1323.012.html>

8 个苜蓿品种抗寒性的比较

朱爱民¹, 张玉霞¹, 王显国², 田永雷¹, 丛百明¹, 张庆昕¹

(1 内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028041; 2 中国农业大学 动物科技学院, 北京 100083)

【摘 要】 【目的】探究 8 个国产苜蓿品种的抗寒性判定方法, 为科尔沁沙地筛选抗寒性强的苜蓿品种提供理论依据。【方法】以 8 个苜蓿品种(草原 2 号、草原 3 号、东苜 1 号、农菁 1 号、农菁 8 号、肇东、龙牧 801、公农 1 号)的 1 龄期越冬器官为材料, 对其分别进行 -10, -15, -20, -25, -30 和 -35 ℃ 低温处理, 4 ℃ 处理为对照, 统计不同处理材料在盆栽试验中的存活率, 测定其相对电导率、根颈活力, 计算半致死温度(LT₅₀), 拟合 Logistic 回归方程, 对 8 个品种抗寒性进行聚类分析。【结果】东苜 1 号和草原 3 号存活率表现较好, 而草原 2 号和农菁 8 号存活率表现较差。8 个苜蓿品种根颈相对电导率均随处理温度下降而上升, 根颈活力均随处理温度下降而减弱; 用电导率法协同 Logistic 回归方程所得 LT₅₀ 的 8 个苜蓿品种抗寒性强弱排序为: 草原 3 号>东苜 1 号>农菁 1 号>公农 1 号>肇东>龙牧 801>草原 2 号>农菁 8 号; 根据根颈活力法协同 Logistic 回归方程所得 LT₅₀ 的 8 个苜蓿品种抗寒性排序为: 东苜 1 号>草原 3 号>农菁 1 号>公农 1 号>龙牧 801>肇东>农菁 8 号>草原 2 号; 用单一电导率法或根颈活力法对 8 个苜蓿品种抗寒性的聚类分析结果不同, 且以根颈活力法可信度较高, 而综合 2 种方法的聚类分析更具代表性、准确性更高; 8 个苜蓿品种抗寒性可分为 3 类, 其中东苜 1 号、草原 3 号和农菁 1 号为高抗寒品种, 公农 1 号、肇东和龙牧 801 为一般抗寒品种, 草原 2 号和农菁 8 号为低抗寒品种; 8 个苜蓿品种不同低温处理下的植株存活率与其抗寒性测定结果表现一致。【结论】利用电导率法或根颈活力法协同 Logistic 方程计算苜蓿 LT₅₀ 可行, LT₅₀ 可作为评价苜蓿抗寒性的指标。

【关键词】 苜蓿品种; 抗寒性; 半致死温度
【中图分类号】 S541⁺.103.4 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2019)01-0045-08

Comparison of cold resistance of 8 alfalfa varieties

ZHU Aimin¹, ZHANG Yuxia¹, WANG Xianguo², TIAN Yonglei¹,
CONG Baiming¹, ZHANG Qingxin¹

(1 College of Agriculture, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028041, China;
2 College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】 This study tested the determination method for cold resistance of 8 domestic alfalfa varieties to provide theoretical basis for screening cold resistant alfalfa varieties in Horqin area. 【Method】 In this experiment, the annual overwintering organs of 8 alfalfa varieties (Caoyuan No. 2, Caoyuan No. 3, Dongmu No. 1, Nongjing No. 1, Nongjing No. 8, Zhaodong, Longmu No. 801, and Gongnong No. 1) were treated at low temperatures of -10, -15, -20, -25, -30 and -35 ℃, respectively. The control was stored at 4 ℃. The survival rates in different treatments were measured in pot experiment, the relative conductivity and root neck vitality were measured, and the semi lethal temperature (LT₅₀) was calculated. Logistic regression equation was also used for cluster analysis of LT₅₀. Cluster analysis of cold re-

【收稿日期】 2017-10-27
【基金项目】 国家公益性行业(农业)公益项目(201403048-2); 内蒙古自然科学基金项目(2014MS0315); 内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心开放基金项目(MDK2016019)
【作者简介】 朱爱民(1992—), 男, 安徽宿州人, 在读硕士, 主要从事牧草种质资源与利用研究。E-mail: m15344081730@163.com
【通信作者】 张玉霞(1965—), 女, 内蒙古通辽人, 教授, 主要从事牧草栽培与抗性生理研究。E-mail: yuxiazhang685@163.com

sistance of 8 alfalfa varieties by fitting Logistic regression equation. 【Result】 The survival rates of Dongmu No. 1 and Caoyuan No. 3 were better, but the survival rates of Caoyuan No. 2 and Nongjing No. 8 were poor. The relative electrical conductivity of root neck of 8 alfalfa varieties increased with the decrease of temperature, while the vigor of root neck decreased. According to the Logistic regression equations obtained by conductance method, the LT_{50} of the 8 alfalfa varieties showed that the cold resistance was in the order of Caoyuan No. 3 > Dongmu No. 1 > Nongjing No. 1 > Gongnong No. 1 > Zhaodong > Longmu No. 801 > Caoyuan No. 2 > Nongjing No. 8. According to the Logistic regression equation, the LT_{50} obtained from root neck vigor method indicated that the cold resistance was in the order of Dongmu No. 1 > Caoyuan No. 3 > Nongjing No. 1 > Gongnong No. 1 > Longmu No. 801 > Zhaodong > Nongjing No. 8 > Caoyuan No. 2. The root viability method was more reliable than conductivity method, and the integrated cluster method was more representative and accurate. The 8 alfalfa varieties were divided into 3 categories. Dongmu No. 1, Caoyuan No. 3 and Nongjing No. 1 were high cold resistant varieties, Gongnong No. 1, Zhaodong and Longmu No. 801 were general cold resistant varieties, while Caoyuan No. 2 and Nongjing No. 8 alfalfa were low cold resistant varieties. The survival rates of 8 alfalfa varieties under different low temperature treatments were consistent with cold resistance. 【Conclusion】 The combined method of conductance or root neck activity with Logistic equation was feasible to calculate LT_{50} of alfalfa and it could be used for evaluating cold resistance of alfalfa.

Key words: alfalfa varieties; cold resistance; semi lethal temperature

苜蓿 (*Medicago sativa*) 为多年生豆科牧草, 因其品质优、适口性好、经济价值高, 享有“牧草之王”的美誉^[1-2], 在促进草牧业持续发展中有不可替代的作用^[3-4]。但有关国产苜蓿品种抗寒性评价目前尚无严格标准, 有关抗寒等级划分和归类, 抗寒性强的苜蓿品种选择方面也面临很多问题。被誉为“中国草都”的赤峰市阿鲁科尔沁旗地区冬季寒冷、降雪量少、风沙大, 这些不利条件和管理水平限制共同制约着苜蓿的栽培和潜在产量的发挥; 沙地苜蓿越冬问题一直是学者们讨论和研究的焦点, 其中选择种植抗寒性强的苜蓿品种尤为重要, 也是解决苜蓿安全越冬的重要措施之一。

国内外学者对于苜蓿抗寒性有大量研究, 刘香萍等^[5]通过对国内外 6 个苜蓿品种进行控温处理, 研究根系的再生能力, 最终确定肇东品种抗寒性较强; 有学者通过对苜蓿品种秋眠性和根系性状的关系研究其抗寒性强弱, 结果表明苜蓿通过增加根颈直径和须根数来增加抗寒性^[6-11]; 亦有诸多学者通过对苜蓿越冬率、返青率及根颈、根系中渗透调节物质变化量和相关酶活性判断其抗寒性强弱^[12-16], 如 Cunningham 等^[15]、刘磊^[17]研究表明, 苜蓿根颈中可溶性糖含量与抗寒性有显著正相关关系, 但具体耐受低温极限尚不清楚。应用电导法协同 Logistic 回归方程估算植物组织的半致死温度, 据此比较抗寒性, 在多种植物上已有研究, 并取得良好效

果^[18-20], 尤其是在葡萄品种抗寒性上^[21-24]应用较广, 而在苜蓿上尚未见报道。本研究采用电导法、根颈活力法协同 Logistic 回归方程计算苜蓿半致死温度, 确定其耐寒阈值, 并结合聚类分析对 2 种方法进行比较, 比较 8 个苜蓿品种的抗寒性, 以期为科尔沁地区筛选抗寒性强的苜蓿品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地在内蒙古自治区赤峰市阿鲁科尔沁旗草源合作社公司内 (东经 $116^{\circ}21'$ ~ $120^{\circ}58'$, 北纬 $41^{\circ}17'$ ~ $45^{\circ}24'$), 温带半干旱大陆性气候。年平均气温 $0\sim 6^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\ 000\sim 3\ 200^{\circ}\text{C}$, 无霜期 $140\sim 150\text{ d}$, 年平均降水量 $350\sim 400\text{ mm}$, 蒸发量是降水量的 5 倍左右, 年平均风速 $3\sim 4.4\text{ m/s}$ 。试验田土壤为沙土, 新开垦草地。

1.2 试验材料

供试材料为 8 个苜蓿品种 (草原 2 号、草原 3 号、东苜 1 号、农菁 1 号、农菁 8 号、肇东、龙牧 801、公农 1 号) 1 龄期的越冬器官, 其来源见表 1。

1.3 试验方法

试验采用随机区组设计, 小区试验面积 20 m^2 ($5\text{ m}\times 4\text{ m}$), 每个品种 3 次重复, 共设 24 个小区, 小区之间设 50 cm 隔离道。所有小区底肥均施 750 kg/hm^2 安琪有机肥、 300 kg/hm^2 过磷酸钙、7

kg/hm² 硫酸钾、60 kg/hm² 尿素(机施)。2016 年 8 月 4 日播种,人工撒播,播量 22.5 kg/hm²。试验田正常管理。11 月 20 日取样,每小区取长势一致的越冬器官若干,于 4℃ 冰箱保存,备用。

将备用 1 年生苜蓿越冬器官用蒸馏水冲洗干净,每个品种平均分成 7 份,每份 40 株,每份越冬器官并排整齐地摆放在厚度为 3 mm,长、宽为 30 cm×20 cm 的纯棉布上,包裹好后均匀喷洒 30 mL

蒸馏水,使棉布保持潮湿状态,最后用长×宽为 30 cm×30 cm 的锡箔纸包好。其中 1 份放入 4℃ 恒温冰箱作为对照,其余 6 份放入低温冰箱(温度误差±1℃)进行处理,处理温度分别为-10,-15,-20,-25,-30 和-35℃。低温程控箱设置为:以 4℃ 为起点,先以 4℃/h 的速率降温,到达设定温度后保持 8 h,再取出置于 4℃ 下保持 12 h,然后进行相关指标的测定,指标测定时采用随机取样。

表 1 供试 8 个苜蓿品种及来源
Table 1 Sources of the 8 tested alfalfa varieties

材料 Material	来源 Source
扁蓿豆与紫花苜蓿杂交种(龙牧 801) <i>Medicago ruthenica</i> (L.)× <i>M. sativa</i> L. cv. Longmu No. 801	黑龙江省畜牧所 Heilongjiang Animal Husbandry Institute
紫花苜蓿(肇东) <i>M. sativa</i> L. cv. Zhaodong	黑龙江省畜牧所 Heilongjiang Animal Husbandry Institute
紫花苜蓿(东苜 1 号) <i>M. sativa</i> L. cv. Dongmu No. 1	东北师范大学草地所 Grassland Institute of Northeast Normal University
杂花苜蓿(草原 2 号) <i>M. varia</i> Martin. cv. Caoyuan No. 2	内蒙古农业大学 Inner Mongolia Agricultural University
杂花苜蓿(草原 3 号) <i>M. varia</i> Martin. cv. Caoyuan No. 3	内蒙古农业大学 Inner Mongolia Agricultural University
紫花苜蓿(公农 1 号) <i>M. sativa</i> L. cv. Gongnong No. 1	吉林农业科学院草原所 Grassland Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences
紫花苜蓿(农菁 1 号) <i>M. sativa</i> L. cv. Nongjing No. 1	黑龙江省农业科学院作物育种研究所 Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences
紫花苜蓿(农菁 8 号) <i>M. sativa</i> L. cv. Nongjing No. 8	黑龙江省农业科学院作物育种研究所 Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences

指标测完后,从每个苜蓿品种中取 20 株低温处理越冬器官,分成 4 组,每组 5 株,移栽入花盆后放在光照培养箱中培养(每天光照、黑暗各 12 h,光照强度 2 000 lx,温度保持在(25±1)℃),10 d 后,统计存活率。

存活率=萌芽植株数/总培养植株数×100%。

1.4 测定项目及方法

相对电导率测定参照邹琦^[25]的方法,略有修改。将低温处理越冬器官用蒸馏水冲洗干净,再用滤纸吸干表面水分,用刀片对根颈部进行切片,备用。取各品种切片样品 0.1 g,均加入 10 mL 去离子水于试管中,封口膜封口,室温下放置 1 h(每个处理 3 次重复);摇匀后用 DDS-11A 型电导率仪测定溶液的电导率(S_1),再于 100℃ 水浴中煮 20 min,冷却至室温,摇匀后测定电导率(S_2),用下式计算相对电导率 L 。

$$L=S_1/S_2\times100\%。$$

根颈活力用 TTC 染色法^[26]测定,根颈活力=四氮唑还原量(mg)/[根质量(g)×时间(h)]。

将各处理越冬器官的相对电导率、根颈活力分别用 SPSS 17.0 软件拟合 Logistic 方程^[18,22],求低温半致死温度(LT₅₀),并以 2 种方法得出的半致死温度对 8 个苜蓿品种进行聚类分析和综合聚类分

析。

1.5 数据分析

试验数据用 Microsoft Excel 软件处理,SPSS 17.0 软件进行 Logistic 方程拟合和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对苜蓿存活率的影响

由表 2 可见,不同苜蓿品种对低温处理胁迫的响应不同,存活率不同。4℃ 下 8 个苜蓿品种存活率均是 100%;-15℃ 时,东苜 1 号和草原 3 号品种存活率保持较高水平,均为 90%,而草原 2 号和农菁 8 号品种存活率较低,均为 30%;当温度降至-20℃ 时,8 个苜蓿品种植株存活率均下降至 50% 以下;当温度降至-25℃ 时,仅有草原 3 号和东苜 1 号品种还有 10% 的植株存活,说明其抗寒性较其他 6 个苜蓿品种强;当温度降至-30 和-35℃ 时,所有苜蓿植株存活率均为 0。

2.2 8 个苜蓿品种的半致死温度分析

2.2.1 电导率法测定结果 随处理温度降低,苜蓿根颈电解质渗出率均出现增大趋势,相对电导率逐渐变大,结合 Logistic 回归拟合分析(图 1)可以看出,苜蓿品种模拟曲线变化不同,说明不同苜蓿对低温的响应及耐寒性具有明显差异。

表 2 低温胁迫对 8 个苜蓿品种存活率的影响

Table 2 Effect of low temperature on survival rates of 8 alfalfa varieties

%

品种 Variety	4 ℃	−15 ℃	−20 ℃	−25 ℃	−30 ℃	−35 ℃
龙牧 801 Longmu No. 801	100	70	20	0	0	0
肇东 Zhaodong	100	60	25	0	0	0
东苜 1 号 Dongmu No. 1	100	90	40	10	0	0
草原 2 号 Caoyuan No. 2	100	30	0	0	0	0
草原 3 号 Caoyuan No. 3	100	90	40	10	0	0
公农 1 号 Gongnong No. 1	100	70	25	0	0	0
农菁 1 号 Nongjing No. 1	100	75	30	0	0	0
农菁 8 号 Nongjing No. 8	100	30	0	0	0	0

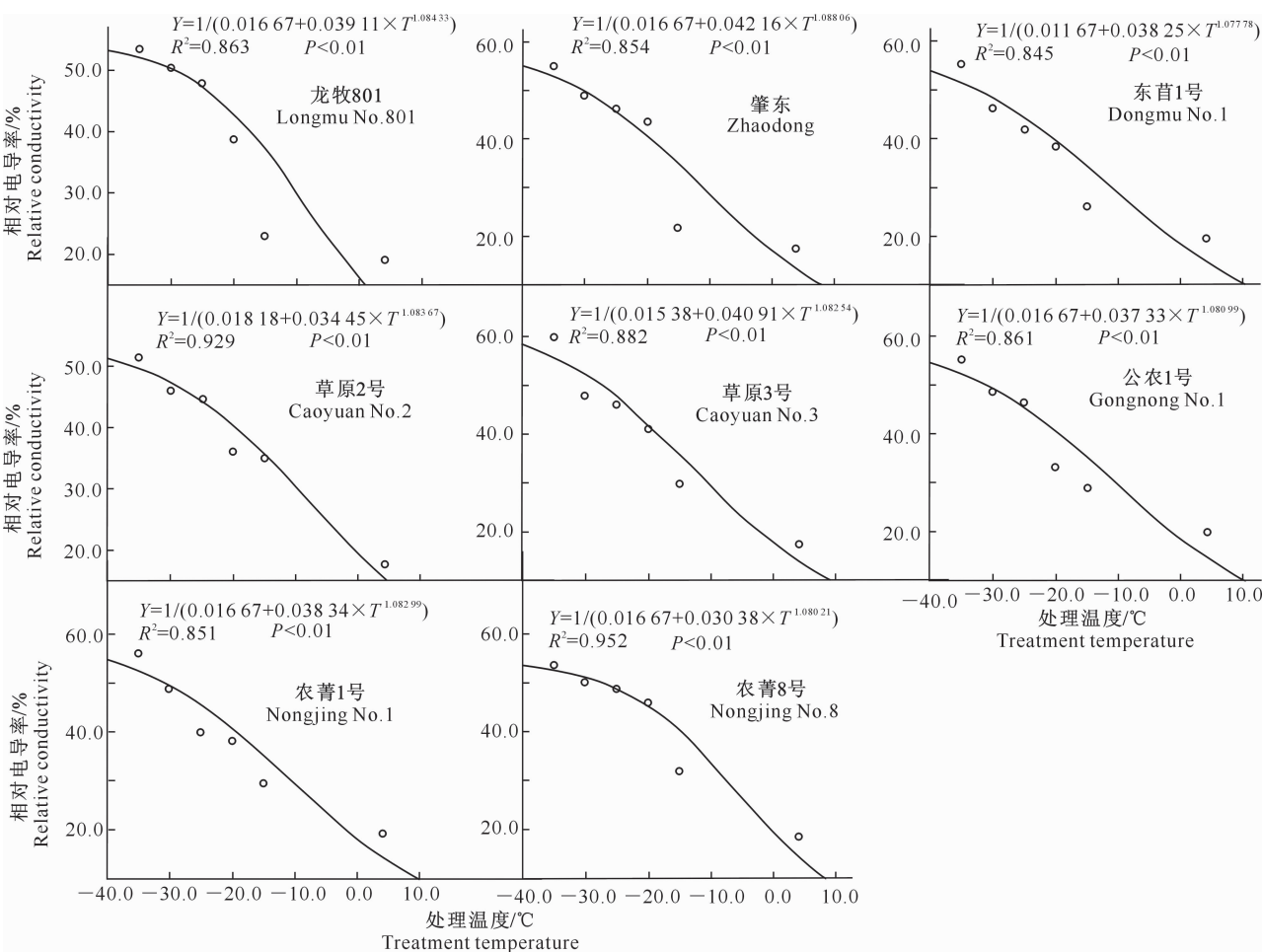


图 1 低温胁迫下 8 个苜蓿品种根颈电导率拟合 Logistic 回归方程曲线

Fig. 1 Logistic regression equations of root neck electrical conductivity of 8 alfalfa varieties under low temperature stress

由表 3 可以看出,用电导率法求得的 8 个苜蓿品种半致死温度为−13.11~−19.45 ℃,最高与最低的品种相差 6.43 ℃,其中草原 3 号最低,农菁 8 号最高;8 个苜蓿品种耐寒性从高到低的顺序为:草原 3 号>东苜 1 号>农菁 1 号>公农 1 号>肇东>龙牧 801>草原 2 号>农菁 8 号。

表 3 用电导率法、根颈活力法求得的 8 个苜蓿品种半致死温度(LT₅₀)

Table 3 Semi lethal temperatures of 8 alfalfa varieties obtained by conductance and root activity method			℃		
品种 Variety	电导率法 Conductance method	根颈活力法 Root neck vigor method	品种 Variety	电导率法 Conductance method	根颈活力法 Root neck vigor method
龙牧 801 Longmu No. 801	−15.80	−16.49	草原 3 号 Caoyuan No. 3	−19.45	−18.06
肇东 Zhaodong	−16.02	−15.57	公农 1 号 Gongnong No. 1	−16.93	−16.64
东苜 1 号 Dongmu No. 1	−18.23	−19.20	农菁 1 号 Nongjing No. 1	−17.95	−17.42
草原 2 号 Caoyuan No. 2	−14.44	−14.44	农菁 8 号 Nongjing No. 8	−13.11	−14.75

2.2.2 根颈活力法测定结果 随处理温度降低,苜蓿根颈活力呈下降趋势,结合 Logistic 回归拟合分析(图 2)可知,8 个不同苜蓿品种模拟曲线变化不同,说明苜蓿根系对低温的适应及承受能力不同,耐低温苜蓿品种在低温处理下根颈活力较强,反之亦然。

由表 3 可知,用根颈活力法求得的 8 个苜蓿品

种半致死温度为-14.44~-19.20 ℃,最高与最低的品种相差 4.76 ℃,以东苜 1 号品种最低,为-19.2 ℃,其次是草原 3 号品种,其中草原 2 号和农菁 8 号均高于-15 ℃。根据半致死温度对 8 个苜蓿品种耐寒性进行排序为:东苜 1 号>草原 3 号>农菁 1 号>公农 1 号>龙牧 801>肇东>农菁 8 号>草原 2 号。

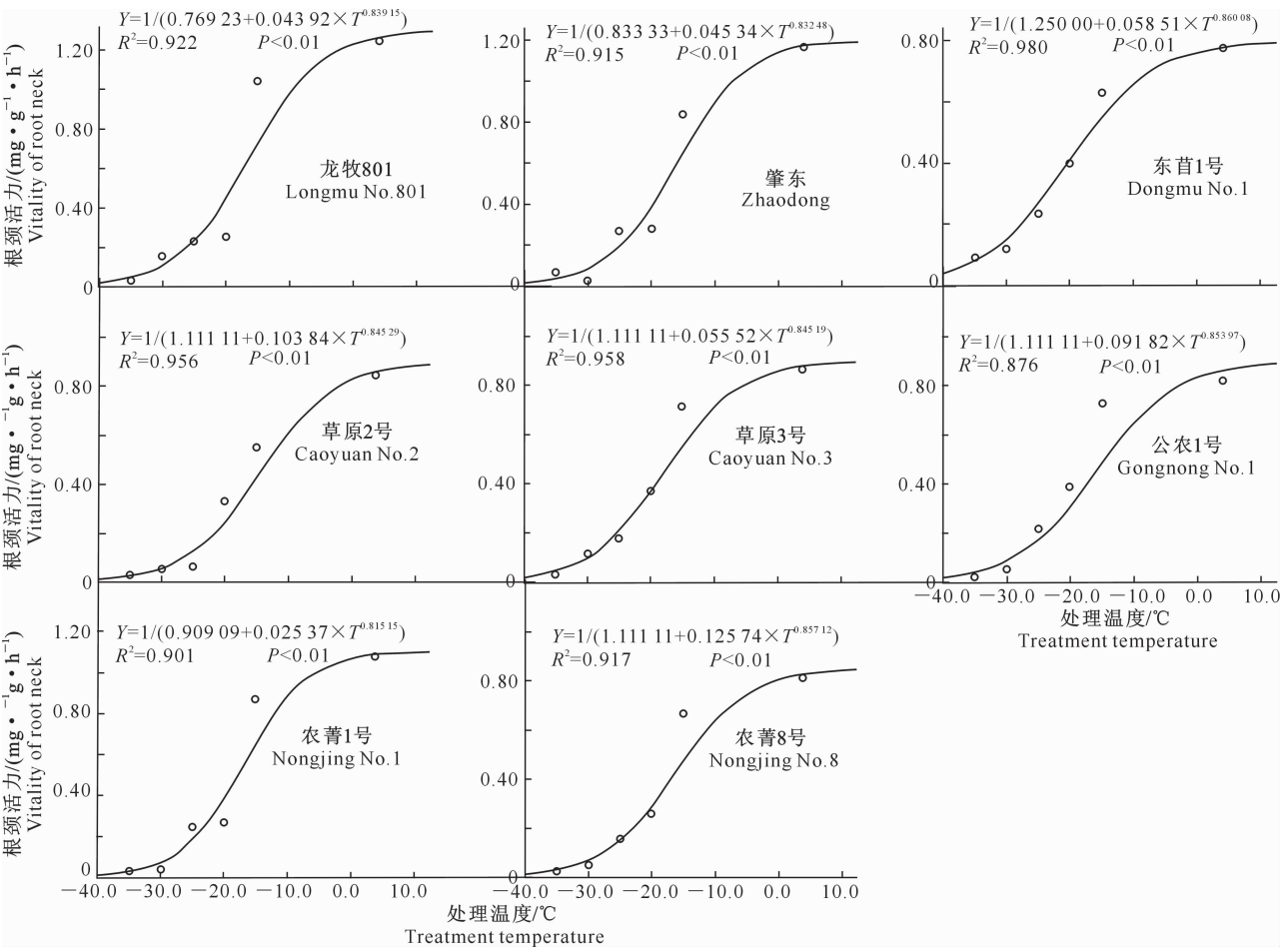


图 2 低温胁迫下 8 个苜蓿品种根颈活力拟合 Logistic 回归方程曲线

Fig. 2 Logistic regression equations of root vigor of 8 alfalfa cultivars under low temperature stress

2.3 8 个苜蓿品种抗寒性的聚类分析

2.3.1 基于电导率法的 LT₅₀ 图 3 显示,当聚类标定距离(R)值为 15 时,依据电导率法所得的 LT₅₀,按耐寒性大小可将 8 个苜蓿品种分为 2 类,第 1 类为龙牧 801、公农 1 号、草原 3 号、农菁 1 号、东苜 1 号,第 2 类为草原 2 号、农菁 8 号和肇东,且第 1 类苜蓿品种耐寒性较第 2 类高;当 R 值为 10 时,可将 8 个苜蓿品种分为 3 类,草原 3 号为第 1 类,龙牧 801、公农 1 号、农菁 1 号和东苜 1 号为第 2 类,草原 2 号、农菁 8 号和肇东为第 3 类,且第 1 类苜蓿品种耐寒性大于第 2 类,第 2 类苜蓿品种耐寒性大于第

3 类。

2.3.2 基于根颈活力法的 LT₅₀ 图 4 显示,当 R 值为 15 时,依据根颈活力法所得的 LT₅₀,将 8 个苜蓿品种分为 2 类,龙牧 801、公农 1 号、草原 3 号、农菁 1 号、东苜 1 号和肇东归为第 1 类,草原 2 号、农菁 8 号归为第 2 类,且第 1 类苜蓿品种耐寒性强于第 2 类;当 R 值为 10 时,可将 8 个苜蓿品种归为 3 类,第 1 类为东苜 1 号、草原 3 号和农菁 1 号,第 2 类为龙牧 801、公农 1 号和肇东,第 3 类为草原 2 号、农菁 8 号,且第 1 类苜蓿品种耐寒性大于第 2 类,第 2 类苜蓿品种耐寒性大于第 3 类。

2.3.3 综合电导率法、根颈活力法的分析 图 5 显示,当 R 值为 15 时,依据电导率法、根颈活力法所得的两组 LT_{50} 共同作为参照指标进行聚类分析,可将 8 个苜蓿品种分为 2 类,龙牧 801、肇东、公农 1 号、草原 2 号和农菁 8 号归为一类,草原 3 号、农菁 1

号和东苜 1 号归为一类;当 R 值为 10 时,可将 8 个苜蓿品种分为 3 类,与根颈活力法协同 Logistic 回归方程的聚类分析结果相同,亦是龙牧 801、肇东和公农 1 号为一类,草原 2 号和农菁 8 号为一类,草原 3 号、农菁 1 号和东苜 1 号为一类。

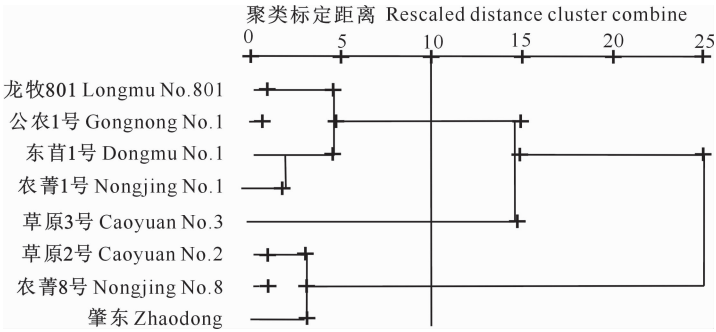


图 3 基于电导率法所得的 LT_{50} 对 8 个苜蓿品种耐寒性的聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis of cold tolerance of 8 alfalfa varieties based on LT_{50} obtained by conductance method

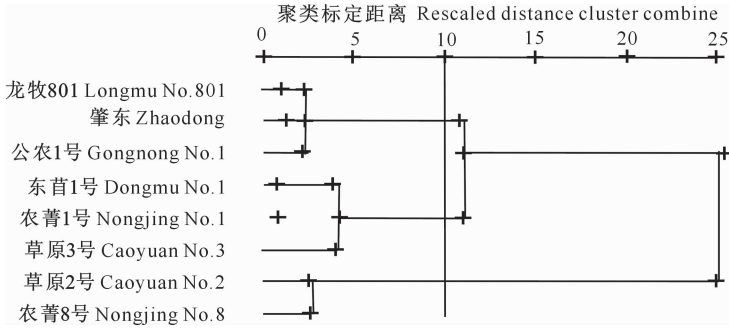


图 4 基于根颈活力法所得的 LT_{50} 对 8 个苜蓿品种耐寒性的聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of cold tolerance of 8 alfalfa varieties based on LT_{50} obtained from root neck vigor

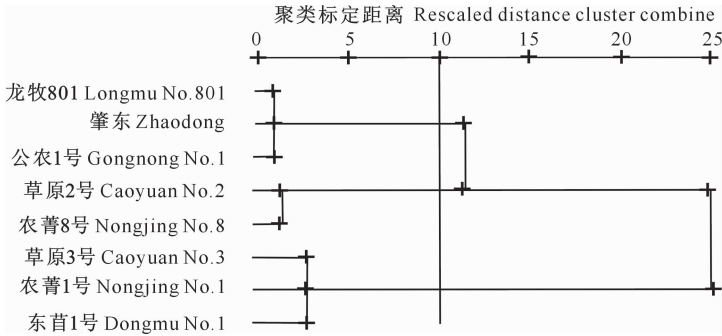


图 5 综合电导率法、根颈活力法所得的 LT_{50} 对 8 个苜蓿品种耐寒性的聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of cold tolerance of 8 alfalfa varieties by LT_{50} that obtained by comprehensive conductance method and root neck dynamic method

3 讨 论

3.1 苜蓿抗寒性的判定指标及方法

Lyons^[27]认为,当植物受到低温伤害时,细胞的质膜透性会发生较大改变,电解质会有不同程度外渗,抗寒性较强或受害轻的细胞不仅渗透性小,而且

渗透性可以逆转,易于恢复正常。反之,抗寒性弱的细胞或受害重者,不能恢复正常,甚至造成伤害或死亡,受不同低温胁迫后植株根颈活力会明显下降,且温度越低根颈活力越弱,因此相对电导率、根颈活力可作为判定植物抗寒性的生理指标。本试验中,电导率法协同 Logistic 回归方程表明,草原 3 号抗寒

性最强,其次是东苜 1 号,其半致死温度分别为 $-19.45, -18.23\text{ }^{\circ}\text{C}$,而草原 2 号和农菁 8 号品种抗寒性较差,半致死温度分别是 $-14.44, -13.11\text{ }^{\circ}\text{C}$;根颈活力法协同 Logistic 回归方程表明,东苜 1 号抗寒性较草原 3 号强,农菁 8 号较草原 2 号抗寒性强;说明这 2 种方法拟合 Logistic 回归方程计算的 8 个苜蓿品种的 LT_{50} 有别,但总体而言差异较小,无论是用电导率法还是根颈活力法,草原 3 号和东苜 1 号品种的抗寒性均居前,农菁 8 号和草原 2 号品种的抗寒性均较弱。白茹等^[24]研究了 12 个葡萄品种的抗寒性发现,其得到的 LT_{50} 较袁军伟等^[22]的研究结果偏低,但比许宏等^[28]的研究结果偏高,这可能是由试验材料和处理误差造成的,本试验中基于 2 种方法计算的 LT_{50} 微小差异可能也是由于这种原因导致的。

本试验中,低温处理后植株的盆栽存活率与各自抗寒性表现一致,草原 3 号和东苜 1 号在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下仍保持 40% 的存活率, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时依然有 10% 的植株存活,而草原 2 号和农菁 8 号品种在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时存活率均为 0,说明利用电导率法、根颈活力法协同 Logistic 回归方程计算的 LT_{50} 分析苜蓿抗寒性可行。本试验中,到目标温度时保持 8 h 是借鉴葡萄抗寒性的研究结果,但笔者认为对苜蓿而言保持 8 h 时间过长,具体时长有待进一步研究。

3.2 电导率法和根颈活力法的聚类分析结果比较

孟庆立等^[29]对谷子抗旱相关性状的聚类分析表明,冀谷 18 和豫谷 1 号抗旱性强,且稳定性较其他品种好;刘二明等^[30]对水稻品种的穗瘟病抗性做聚类分析,研究了水稻 4 个抗病性状指标。本试验表明,利用单一电导法或根颈活力法所得 LT_{50} 对 8 个苜蓿抗寒性聚类分析结果不同,而综合电导法、根颈活力法协同 Logistic 回归方程对 8 个苜蓿品种聚类分析更具有代表性。可将 8 个苜蓿品种分为 3 类,根颈活力法和综合 2 种方法所得聚类分析结果相同,即:龙牧 801、肇东和公农 1 号归为一类,草原 2 号和农菁 8 号归为一类,草原 3 号、农菁 1 号和东苜 1 号归为一类。由此可见,根颈活力法协同 Logistic 回归方程所得结果可信度高,但综合电导法、根颈活力法协同 Logistic 回归方程进行聚类分析准确性更高。

4 结 论

半致死温度可作为评价苜蓿的抗寒性指标,且综合电导法和根颈活力法协同 Logistic 回归方程判

断苜蓿抗寒性准确性更高;8 个苜蓿品种可分为 3 类,东苜 1 号、草原 3 号和农菁 1 号为高抗寒品种,公农 1 号、肇东和龙牧 801 为一般抗寒品种,草原 2 号和农菁 8 号为低抗寒品种;因此科尔沁地区可选择种植东苜 1 号、草原 3 号和农菁 1 号苜蓿品种,亦可适当选择种植公农 1 号、肇东和龙牧 801 苜蓿品种,不建议种植农菁 8 号和草原 2 号苜蓿品种。

[参考文献]

- [1] 彭岚清,李欣勇,齐 晓,等. 紫花苜蓿品种根部特性与持久性和生物量的关系 [J]. 草业学报,2014,23(2):147-153.
Peng L Q, Li X Y, Qi X, et al. The relationship of root traits with persistence and biomass in 10 alfalfa varieties [J]. Pratacultural Science, 2014, 23(2): 147-153.
- [2] 曹致中. 优质苜蓿栽培与利用 [M]. 北京:中国农业出版社, 2002.
Cao Z Z. Cultivation and utilization of high quality alfalfa [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002.
- [3] 孙建华,王彦荣,余 玲. 紫花苜蓿生长特性及产量性状相关性研究 [J]. 草业学报, 2004, 13(4): 80-86.
Sun J H, Wang Y R, Yu L. Growth characteristics and their correlation with the yield of *Medicago sativa* [J]. Pratacultural Science, 2004, 13(4): 80-86.
- [4] 孙建华,王彦荣,余 玲. 紫花苜蓿品种间产量性状评价 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(10): 1837-1844.
Sun J H, Wang Y R, Yu L. Evaluation on yield and quality characteristics of alfalfa varieties [J]. Acta Bot Boreal Occident Sin, 2004, 24(10): 1837-1844.
- [5] 刘香萍,李国良,崔国文. 不同紫花苜蓿品种间抗寒性比较研究 [J]. 当代畜牧, 2006(11): 49-50.
Liu X P, Li G L, Cui G W. Comparative study on cold resistance of different alfalfa varieties [J]. Contemporary Animal Husbandry, 2016(11): 49-50.
- [6] 刘志英,李西良,李 峰,等. 越冬紫花苜蓿根系性状与休眠性的关系及其抗寒效应 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(9): 1689-1701.
Liu Z Y, Li X L, Li F, et al. Response of alfalfa root traits to fall dormancy and its effect on winter hardiness [J]. Scientia Agriculture Sinica, 2015, 48(9): 1689-1701.
- [7] Marquez-Ortiz J J, Lamb J F S, Johnson L D, et al. Heritability of crown traits in alfalfa [J]. Crop Science, 1999, 39: 38-43.
- [8] 徐大伟. 11 个秋眠级苜蓿标准对照品种生长适应性研究 [D]. 北京:北京林业大学, 2011.
Xu D W. Study on the adaptability of eleven fall dormancy standard cheek alfalfa (*Medicago sativa*) varieties [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2011.
- [9] 韩清芳,吴新卫,贾志宽,等. 不同秋眠级数苜蓿品种根颈变化特征分析 [J]. 草业学报, 2008, 17(4): 85-91.
Han Q F, Wu X W, Jia Z K, et al. Analysis on dynamic variety of crown characteristics of different fall dormancy *Medicago sativa* cultivars [J]. Acta Pratacultural Sinica, 2008, 17(4): 85-

- 91.
- [10] Rimi F, Macolino S, Leinauer B, et al. Fall dormancy and harvest stage effects on alfalfa nutritive value in a subtropical climate [J]. *Agronomy Journal*, 2012, 104: 415-422.
- [11] Wang C Z, Ma B L, Yan X B, et al. Yields of alfalfa varieties with different fall-dormancy levels in a temperate environment [J]. *Agronomy Journal*, 2009, 101: 1146-1152.
- [12] Cunningham S M, Gana J A, Volenec J J, et al. Winter hardiness, root physiology, and gene expression in successive fall dormancy selections from 'Mesilla' and 'CUF101' alfalfa [J]. *Crop Science*, 2001, 41: 1091-1098.
- [13] Haagensohn D M, Cunningham S M, Volenec J J. Root physiology of less fall dormant, winter hardy alfalfa selections [J]. *Crop Science*, 2003, 43: 1441-1447.
- [14] Boyce P J, Volenec J J. Taproot carbohydrate concentrations and stress tolerance of contrasting alfalfa genotypes [J]. *Crop Science*, 1992, 32: 757-761.
- [15] Cunningham S M, Volenec J J, Teuber L R. Plant survival and root and bud composition of alfalfa populations selected for contrasting fall dormancy [J]. *Crop Science*, 1998, 38: 962-969.
- [16] 刘香萍, 崔国文, 李国邦. 紫花苜蓿主根内非结构性碳水化合物累积及其与抗寒性的关系 [J]. *中国草地学报*, 2010, 32(2): 113-115.
Liu X P, Cui G W, Li G B. Relationships between non-structure carbohydrates accumulation in taproot of alfalfa and cold hardiness [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2010, 32(2): 113-115.
- [17] 刘 磊. 晚秋刈割对不同休眠类型苜蓿抗寒性的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
Liu L. The effect of cold resistance for different fall dormancy alfalfa by late autumn cutting [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007.
- [18] 刘 建, 项东云, 陈健波, 等. 应用 Logistic 方程确定三种桉树的低温半致死温度 [J]. *广西林业科学*, 2009, 38(2): 76-81.
Liu J, Xiang D Y, Chen J B, et al. Low temperature LT₅₀ of three *Eucalyptus* seedlings with electrical conductivity method and Logistic equation [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2009, 38(2): 76-81.
- [19] 刘艳萍, 朱延林, 康向阳, 等. 电导法协同 Logistic 方程确定不同类型广玉兰的抗寒性 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(10): 69-71.
Liu Y P, Zhu Y L, Kang X Y, et al. Cold resistance determination of different type *Magnolia grandiflora* with synergistic electrical conductivity method and Logistic equation [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2012, 32(10): 69-71.
- [20] 李素华, 姬金凤. 利用电导法鉴定几种野生花卉的抗寒性和耐热性 [J]. *贵州农业科学*, 2012, 40(11): 182-184.
Li S H, Ji J F. Identification of cold resistance and heat resistance of several wild flowers by conductivity method [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2012, 40(11): 182-184.
- [21] 袁军伟, 郭紫娟, 马爱红, 等. 葡萄砧木抗寒性的鉴定与综合评价 [J]. *中国农学通报*, 2013, 29(4): 99-103.
Yuan J W, Guo Z J, Ma A H, et al. Cold resistance identification and comprehensive evaluation of grape root stocks [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(4): 99-103.
- [22] 张 倩, 刘崇怀, 郭大龙, 等. 5 个葡萄种群的低温半致死温度与其抗寒适应性的关系 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2013, 41(5): 149-154.
Zhang Q, Liu C H, Guo D L, et al. Relationship between LT₅₀ and cold adaptability of five grape varieties [J]. *Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed)*, 2013, 41(5): 149-154.
- [23] 王文举, 张亚红, 牛锦凤, 等. 电导法测定鲜食葡萄的抗寒性 [J]. *果树学报*, 2007, 24(1): 34-37.
Wang W J, Zhang Y H, Niu J F, et al. Study on cold tolerance of table grape cultivars by measuring the conductivity [J]. *Journal of Fruit Science*, 2007, 24(1): 34-37.
- [24] 白 茹, 高登涛, 刘怀锋, 等. 电导法协同 Logistic 方程比较 12 个葡萄砧木的抗寒性 [J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2014, 32(5): 656-660.
Bai R, Gao D T, Liu H F, et al. Comparison of cold resistance in twelve grapevine root stocks using relative electrical conductivity method and Logistic equation [J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 2014, 32(5): 656-660.
- [25] 邹 琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 159-160.
Zou Q. Experimental guidance in plant physiology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 159-160.
- [26] 张治安, 陈展宇. 植物生理学实验指导 [M]. 长春: 吉林人民出版社, 2008: 60-62.
Zhang Z A, Chen Z Y. Experimental guidance in plant physiology [M]. Changchun: Jilin University Press, 2008: 60-62.
- [27] Lyons J M. Chilling injury in plants [J]. *AM Rev Plant Physiology*, 1973, 24: 445-446.
- [28] 许 宏, 江孝娣, 邹英宁, 等. 葡萄砧木及酿酒品种抗寒性比较 [J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2003(6): 20-23.
Xu H, Jiang X D, Zou Y N, et al. Study on the cold resistance of grape rootstocks and wine grape cultivars [J]. *Sino-Overseas Grapevine and Wine*, 2003(6): 20-23.
- [29] 孟庆立, 关周博, 冯佰利, 等. 谷子抗旱相关性状的主成分与模糊聚类分析 [J]. *中国农业科学*, 2009, 42(8): 2667-2675.
Meng Q L, Guan Z B, Feng B L, et al. Principal component analysis and fuzzy clustering on drought-tolerance related traits of foxtail millet (*Setaria italica*) [J]. *Scientia Agriculture Sinica*, 2009, 42(8): 2667-2675.
- [30] 刘二明, 彭绍裘, 黄费元. 水稻品种对稻瘟病抗性聚类分析 [J]. *中国农业科学*, 1994, 27(3): 44-49.
Liu E M, Peng S Q, Huang F Y. The cluster analysis of rice varieties on resistant to rice blast [J]. *Scientia Agriculture Sinica*, 1994, 27(3): 44-49.