

不同地黄种质资源的抗逆性研究

吴廷娟, 田梦平, 罗晓铮, 谢小龙* (河南中医药大学药学院, 河南郑州 450046)

摘要 通过测定 10 个地黄种质资源的相对电导率、脯氨酸、可溶性糖和丙二醛的含量, 比较分析不同地黄种质资源的抗逆性, 为选择优良地黄种质资源提供依据。结果表明, 这 4 个抗逆指标在 10 个地黄种质资源间差异显著, 83-抚育的电导率显著低于其他种质; 金九、怀丰、83-抚育和 85-5 的脯氨酸含量显著低于其他种质; 金九的可溶性糖含量最高, 野生的最低; 金九和怀丰的丙二醛含量最低。经过隶属函数值综合评价后得出 10 个地黄种质资源的综合抗逆性从高到低依次为金九>小黑英=狮子头>红薯王>沁怀一号>怀丰>9302>83-抚育>野生>85-5。结合光合速率研究结果, 金九、狮子头、红薯王和小黑英可作为优良种质资源推广种植或进行进一步评价。

关键词 地黄; 种质资源; 抗逆性; 脯氨酸; 电导率; 丙二醛; 可溶性糖

中图分类号 S567.23 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)05-0175-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.05.049



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Resistance of Different Germplasm Resources of *Rehmannia glutinosa* L.

WU Ting-juan, TIAN Meng-ping, LUO Xiao-zheng et al (College of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou, Henan 450046)

Abstract This experiment compared and analyzed the resistance of different germplasm resources of *Rehmannia glutinosa* by measuring their relative conductivity, the content of proline, soluble sugar and malondialdehyde, it can provide a basis for selecting excellent *Rehmannia glutinosa* germplasm resources. The results showed that there were significant differences between the four stress resistance indexes among 10 germplasm resources *Rehmannia glutinosa*. The conductivity of 83-Fuyu was significantly lower than that of other germplasms. The proline content of Jinjiu, Huaifeng, 83-Fuyu and 85-5 was significantly lower than that of other germplasm. The soluble sugar content of Jinjiu was the highest; and the wild one had the lowest. The malondialdehyde content of Jinjiu and Huaifeng was the lowest. After the comprehensive evaluation of the membership function value, the comprehensive resistance of the 10 germplasm resources from the highest to the lowest was Jinjiu>Xiaoheying=Shizitou >Hongshuwang >Qinhuai 1 >Huaifeng >9302>83-Fuyu >wild>85-5. Combined with the photosynthetic characteristics rate of *Rehmannia glutinosa*, Jinjiu, Shizitou, Hongshuwang and Xiaoheying could be used as excellent germplasm resources for cultivation or further evaluation.

Key words *Rehmannia glutinosa* L.; Germplasm resources; Resistance; Proline; Conductivity; Malondialdehyde; Soluble sugar

地黄(*Rehmannia glutinosa* L.)为玄参科多年生草本植物,是我国重要的中药材。地黄在全国各地均可栽培,以河南温县、武陟、孟州、博爱等地所产为佳,属于道地产区,不仅产量高,而且质量好,更因其断面呈菊花心状,被认为药效最优,有“怀地黄”之称,属“四大怀药”之一^[1]。在地黄实际生产过程中,因长期采取营养繁殖,导致地黄品种退化严重,病虫害加重,产量和品质严重下降。研究表明,不同地黄品种在形态、生理、产量和品质间均存在差异^[2],所以进行优良品种的选育是地黄可持续发展中亟需解决的问题。

植物的抗逆性是植物和环境相互作用的结果^[3]。目前评价植物抗逆性的指标很多,主要包括外部形态和内部生理生化特征方面^[4]。植物在逆境胁迫下,细胞膜会首先受到破坏,导致溶液的电导率增加,根据溶液电导率的变化,可以评价植物抗逆性的大小^[5]。丙二醛是由于植物衰老或在逆境条件下受伤害,其组织或器官膜脂质发生氧化反应而生成的,表示细胞膜过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱,通过测定丙二醛含量可了解膜脂过氧化的程度,间接反映膜系统受损程度以及植物的抗逆性^[6]。另外,植物在逆境条件下会迅速积累某些小分子化学物质如脯氨酸、葡萄糖等来增

加细胞的渗透势,从而提高植物的抗逆性^[7-8]。所以通过测定植物体内这些化学物质的含量,可以用来评价植物的抗逆性强弱。该试验拟通过测定不同地黄种质资源的这些抗性指标的表现,比较不同地黄种质资源抗逆性的大小,为优选地黄种质资源提供科学依据,对寻找和培育抗逆性较强的地黄品种具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地点 试验地点位于河南中医药大学药用植物园地黄种质资源圃。

1.2 试验材料 该试验共选择 10 个地黄种质,分别为沁怀一号、红薯王、怀丰、85-5、金九、小黑英、狮子头、野生(中牟大关)、83-抚育和 9302。10 个地黄种质的种栽均来自河南中医药大学地黄种质资源圃。试验采取随机区组方法,每种质重复 3 次。每小区面积 1 m²,小区间隔 60 cm。地黄种栽于 4 月份采取条播方法种植,行距 20 cm,株距 15 cm。

1.3 样品采集与分析 每小区随机采取长势和大小均匀一致的地黄叶片 3 片,带到实验室内,分别用于测定电导率、脯氨酸含量、可溶性糖含量和丙二醛含量 4 个抗逆指标。相对电导率的测定采用电导仪分别测定正常情况和煮沸条件的电导率;脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮分光光度计法^[9];丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸法^[10];可溶性糖含量的测定采用蒽酮法^[9]。

1.4 植物抗逆性综合评价法 采用模糊隶属函数法^[11-13]对 10 个地黄种质资源的抗逆性进行评价,以各项指标的隶属度

基金项目 国家重点研发计划项目(2017YFC1702800);河南省重大科技专项(171100310500)。

作者简介 吴廷娟(1981—),女,河南新乡人,讲师,博士,从事药用植物栽培和病虫害防治等研究。*通信作者,副教授,从事中药材规范化种植技术等研究。

收稿日期 2020-07-29

平均值作为抗逆性的综合评判标准并进行排序。其中把与抗逆性呈正相关的参数(脯氨酸、可溶性糖)的隶属度采用公式(1)进行计算。把与抗逆性呈负相关的参数(相对电导率、丙二醛含量)的隶属度采用公式(2)进行计算。

$$U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (1)$$

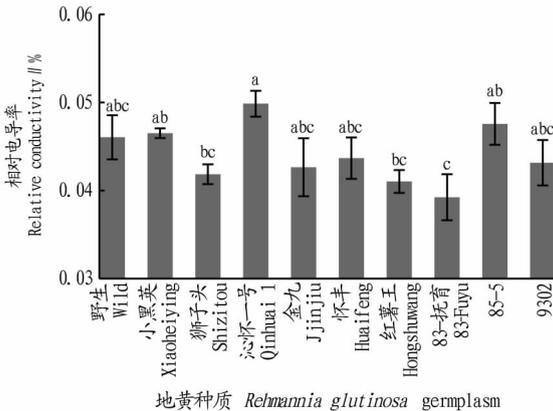
$$U(X_{ij}) = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (2)$$

式中, $U(X_{ij})$ 为第 i 个物种第 j 项指标的隶属度; X_{ij} 表示第 i 个物种第 j 项指标测定值; $X_{j\max}$ 、 $X_{j\min}$ 为所有参试种质第 j 项指标的最大值和最小值。求出各指标的隶属度后, 求平均值, 得出抗逆性综合评价值。

1.5 数据分析 该试验所用原始数据用 Excel 2010 进行整理。用软件 SAS 8.0 进行方差统计分析, 显著水平取 $P < 0.05$, 并用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 相对电导率的测定 从图 1 可以看出, 10 个地黄品种间的相对电导率具有显著差异 ($F = 2.30, P = 0.06$)。从平均值大小来看, 沁怀一号 > 85-5 > 小黑英 > 野生 > 怀丰 > 9302 > 金九 > 狮子头 > 红薯王 > 83-抚育。其中沁怀一号的相对电导率最高, 显著高于狮子头、红薯王和 83-抚育。83-抚育的相对电导率最低, 膜受损害最小, 显著低于其他品种。85-5、小黑英、野生、怀丰、9302 和金九间差异不显著。相对电导率是植物受损害程度的一个指标。相对电导率越高, 说明在相同条件下植物受到的危害越大。



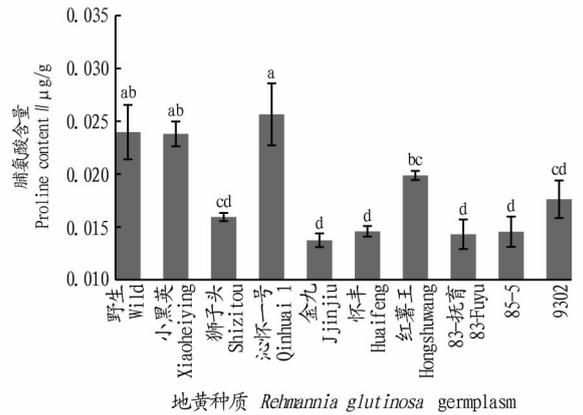
注: 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 1 不同地黄种质资源的相对电导率

Fig. 1 The relative conductivity of different germplasm resources of *Rehmannia glutinosa*

2.2 脯氨酸含量的测定 从图 2 可以看出, 10 个地黄品种间的脯氨酸含量具有极显著差异 ($F = 8.65, P < 0.01$)。从平均值大小来看, 沁怀一号 > 野生 > 小黑英 > 红薯王 > 9302 > 狮子头 > 85-5 > 83-抚育 > 怀丰 > 金九。其中沁怀一号的脯氨酸含量最高, 为 $0.026 \mu\text{g/g}$, 显著高于 9302、狮子头、85-5、83-抚育、怀丰、金九。85-5、83-抚育、怀丰和金九之间的脯氨酸含量差异不显著, 且显著低于其他品种。脯氨酸是植物抗逆境的主要渗透调节物质, 植物在逆境条件下脯氨酸通常会有明显的积累, 因此脯氨酸含量越高, 抗逆性越强。



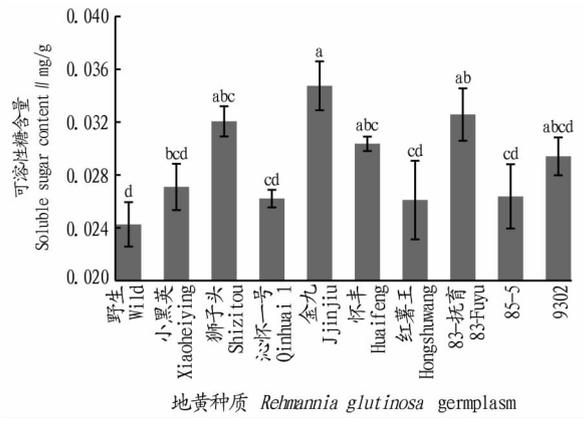
注: 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 2 不同地黄种质资源的脯氨酸含量

Fig. 2 The proline content of different germplasm resources of *Rehmannia glutinosa*

2.3 可溶性糖含量的测定 从图 3 可以看出, 10 个地黄种质资源间的可溶性糖含量具有显著差异 ($F = 3.66, P < 0.01$)。从平均值大小来看, 金九 > 83-抚育 > 狮子头 > 怀丰 > 9302 > 小黑英 > 85-5 > 沁怀一号 > 红薯王 > 野生。其中, 金九的可溶性糖含量最高, 为 0.035 mg/g , 且显著高于小黑英、85-5、沁怀一号、红薯王、野生, 表明金九在相同的条件下其抗逆性较强。野生的可溶性糖含量最低, 为 0.024 mg/g , 抗逆性较差。



注: 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 3 不同地黄种质资源的可溶性糖含量

Fig. 3 The soluble sugar content of different germplasm resources of *Rehmannia glutinosa*

2.4 丙二醛含量的测定 从图 4 可以看出, 10 个地黄种质资源间的丙二醛含量具有极显著差异 ($F = 36.23, P < 0.01$)。83-抚育、野生和 85-5 间的丙二醛含量差异不显著, 且显著高于其他种质, 说明这 3 个种质资源受到损伤大, 抗逆性弱。金九、沁怀一号、小黑英、红薯王和狮子头的丙二醛含量较低, 显著低于其他种质, 说明这 5 个地黄种质在相同的条件下细胞膜受损害度较小, 抗逆性强。

2.5 综合评价结果 从表 1 可以看出, 10 个地黄种质资源中金九的综合隶属度最高, 综合抗逆性最好; 而 85-5 的综合隶属度最低, 综合抗逆性最差。综合抗逆性强弱顺序为金

九>小黑英=狮子头>红薯王>沁怀一号>怀丰>9302>83-抚育>野生>85-5。

3 讨论与结论

植物在逆境或衰老条件下,体内会发生复杂的生理代谢变化,可以通过积累一些小分子物质,来增加植物的抗逆性。该试验所选取的 10 个地黄种质资源中,除了野生外均是生产上的主流栽培品种。该试验结果显示相对电导率、脯氨酸含量、可溶性糖含量和丙二醛含量这 4 个指标在不同地黄种质资源间差异显著,表明这些种质资源的抗逆性强弱不同。有研究也表明,不同地黄品种在形态、生理、产量、品质方面具有差异^[2]。吴廷娟等^[14]对光合特性的研究表明,这 10 个地黄种质资源的净光合速率间存在显著差异。

通过测定细胞溶液的相对电导率,可判断细胞膜系统的受损程度,为测定植物抗逆性强弱的常用指标,其值越大表示其受伤害越严重。该试验结果表明,83-抚育的相对电导率最低,受伤害程度小。

表 1 10 个地黄种质资源不同抗逆性指标评价的隶属度

Table 1 Membership degree of different evaluation indexes of stress resistance of germplasm resources of *Rehmannia glutinosa*

地黄种质 <i>Rehmannia glutinosa</i> germplasm	相对电导率 Relative conductivity	脯氨酸 Proline	可溶性糖 Soluble sugar	丙二醛 Malondialdehyde	综合隶属度 Comprehensive membership
野生 Wild	0.350	0.641	0.209	0.160	0.340 bc
小黑英 Xiaohaiying	0.323	0.633	0.371	0.823	0.538 a
狮子头 Shizitou	0.597	0.215	0.655	0.683	0.538 a
沁怀一号 Qinhuai 1	0.126	0.731	0.321	0.870	0.512 a
金九 Jinjiu	0.551	0.099	0.808	0.852	0.577 a
怀丰 Huaifeng	0.489	0.143	0.558	0.648	0.460 ab
红薯王 Hongshuwang	0.645	0.424	0.314	0.758	0.535 a
83-抚育 83-Fuyu	0.751	0.129	0.684	0.143	0.427 ab
85-5	0.261	0.141	0.330	0.205	0.234 c
9302	0.520	0.304	0.503	0.434	0.440 ab

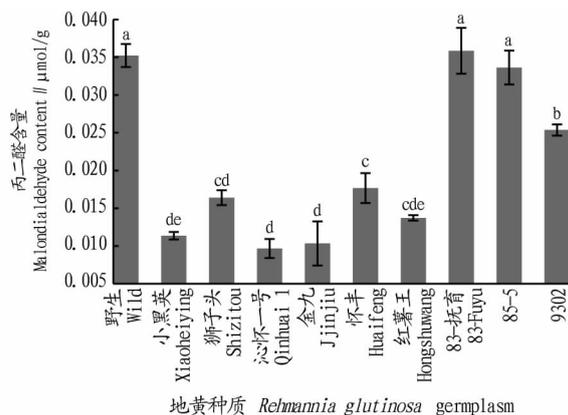
注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$)

脯氨酸也是评价植物抗逆性的常用生理指标,与植物抗逆性呈正相关^[8]。一般来说,在逆境和衰老的条件下,植物细胞会迅速积累脯氨酸,但在正常情况积累很少。目前关于脯氨酸在抗旱性方面的研究较多。研究认为细胞质中脯氨酸含量的多少与不良环境存在密切关系,尤其是当干旱时植物体内脯氨酸含量增加,其含量在一定程度上反映了植物体内的水分情况^[15]。该试验结果表明沁怀一号的脯氨酸含量最高,说明该种质抵抗干旱的能力较强。

可溶性糖也是一种小分子渗透调节物质,在植物抗性方面起着重要作用。研究表明,可溶性糖与植物抗寒性有关,是植物主要的抗寒性物质^[16];随着 SO_2 胁迫的增强,3 种草坪草的可溶性糖含量均呈增加趋势,但表现规律具有差异,抗逆性不同^[17]。该试验结果表明,不同地黄种质间的可溶性糖含量具有显著差异。因此,比较不同地黄种质间的可溶性糖含量可以作为评价其抗性的指标。

丙二醛是植物在遭遇逆境或衰老的过程中,由于细胞膜受到破坏后产生的超氧自由基诱导脂质中的不饱和脂肪酸发生脂质过氧化形成的产物,是对细胞有毒性的物质,其含



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$)

图 4 不同地黄种质资源的丙二醛含量

Fig. 4 The malondialdehyde content of different germplasm resources of *Rehmannia glutinosa*

量的高低与细胞膜的损伤程度呈正相关,与抗逆性呈负相关。研究认为丙二醛的含量与植物抗旱性有关,其受旱后的上升幅度能反映植物所受胁迫的伤害程度^[18]。盐胁迫促进了丙二醛的积累,加剧了细胞膜脂过氧化程度,而耐盐种质的丙二醛积累较少^[19]。该试验结果表明在田间正常的生长条件下,不同地黄种质的丙二醛含量不同,抗胁迫能力不同。黄海娇等^[20]研究表明小黑杨的各转基因株系的丙二醛含量在逆境处理前也具有显著差异。

植物的抗逆性是受多因素影响的,与逆境的严重程度和发育阶段存在密切关系。研究表明草坪型黑麦草的抗逆性与其生育时期有关^[21]。虽然该试验是在田间正常情况且在未进行逆境胁迫处理条件下测定的,但从该试验结果来看,即使在正常的生长环境下,对部分地黄种质来说已经处于逆境胁迫。所以,植物的抗逆性是受多种因子相互作用的结果,需要进行综合评价才能确定其抗逆性的大小。通过对几个抗逆指标进行综合评价后表明,金九、沁怀一号、狮子头、小黑英、红薯王的综合抗性较高,这几个品种也是生产栽

(下转第 224 页)

表2 2007—2017年南疆地区玉米生产资源禀赋系数

Table 2 Coefficient of endowment of maize production resources in southern Xinjiang during 2007—2017

年份 Year	巴州 Bayingoleng	阿克苏 Aksu	克州 Kizilsu Kirgiz	喀什 Kashgar	和田 Hotan
2007	0.18	0.95	2.41	1.60	2.63
2008	0.15	0.87	1.81	1.20	2.00
2009	0.25	1.03	1.88	1.41	2.02
2010	0.25	1.11	2.53	1.69	2.44
2011	0.17	0.83	2.35	1.20	1.88
2012	0.19	0.77	2.12	1.01	1.59
2013	0.20	0.69	1.78	0.93	1.32
2014	0.25	0.62	1.67	0.86	1.25
2015	0.36	0.71	1.77	0.79	1.15
2016	0.39	1.12	2.65	1.31	1.75
2017	0.45	1.06	2.66	1.39	1.80
平均值 Mean	0.26	0.89	2.15	1.22	1.80

注:资料来源于《新疆统计年鉴》(2008—2018年)

Note: Data were from Xinjiang Statistical Yearbook (2008—2018)

资源禀赋系数在经历2007—2013年持续下降后,在2014年开始缓慢回升。而巴州地区的资源禀赋指数是最稳定的,但同时资源禀赋年平均值最低、玉米生产方面资源较少,玉米播种面积、单位面积产量在2007—2015年稳步增长,2015—2017年增长速度缓慢下滑。南疆地区的玉米产量、播种面积、单产指标逐年增长,但是农户的收入并不一定随着产量的增长而增长。南疆地区属于贫困区,地处偏远,交通闭塞,再加上运输时间长,玉米增产反而使得地区玉米价格降低,

农民增产不增收。

南疆地区玉米生产的技术水平较低,政府应该大力引进优良的玉米生产技术,提高玉米生产的科技水平。而南疆地区农民文化水平较低,即使是推广优良的玉米生产技术,农民也很难及时接受,因此,为了更有效地促进南疆地区玉米生产,有必要对农户进行文化素质教育,加快玉米产业化进程,发展玉米深加工技术,提高玉米生产效益,政府积极参与及引导玉米产业向着更高质量发展目标迈进,让农户增收,农业提质增效,促进南疆地区农业经济高质量发展。

参考文献

- [1] 张琦,李军. 山东省苹果产业的区域比较优势研究[J]. 天津农业科学, 2018, 24(4): 10—13.
- [2] 肖腾蛟,赵慧峰. 河北省种植业比较优势分析[J]. 天津农业科学, 2013, 19(9): 59—61.
- [3] 陈际瓦. 发挥区域比较优势 做大做强特色农业[J]. 求是, 2010(3): 39—40.
- [4] 谢莉. 湘南地区特色农业发展及其区域布局初探[J]. 经济地理, 2003, 23(2): 263—266.
- [5] 向云,祁春节,陆倩. 湖北省柑橘生产的区域比较优势及其影响因素研究[J]. 经济地理, 2014, 34(11): 134—139, 192.
- [6] 王伟新,向云,祁春节. 中国水果产业地理集聚研究:时空特征与影响因素[J]. 经济地理, 2013, 33(8): 97—103.
- [7] 陈琪,杨再浩,李奇峰,等. 京津冀玉米比较优势时空分布特征研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(35): 4—8, 46.
- [8] 李飞,康礼玉,石晶. 南疆地区红枣生产的比较优势分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(9): 237—239.
- [9] 陈春阳,李建中,廖文梅. 经济林种植时空格局演变及驱动因素分析:以赣州脐橙种植为例[J]. 南方林业科学, 2020, 48(4): 24—29.
- [10] 向云,祁春节. 新疆水果生产的区域比较优势分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(10): 152—158.
- [10] 越世杰,许长成. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1991, 30(3): 207—210.
- [11] 王宇超,王得祥,彭少兵,等. 干旱胁迫对木本滨藜生理特性的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(1): 61—67.
- [12] 史惠兰. 青海湖地区4种荒漠植物抗逆性指标的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14227—14229.
- [13] 陈燕,刘楷栋,黎海利,等. 5种红树植物的叶片结构及其抗逆性比较[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(7): 27—31, 68.
- [14] 吴廷娟,田梦平,董诚明,等. 不同地黄种质资源光合日动态特性的比较[J]. 北方园艺, 2020(5): 115—120.
- [15] 全先庆,张渝洁,单雷,等. 脯氨酸在植物生长和非生物胁迫耐中的作用[J]. 生物技术通讯, 2007, 18(1): 159—162.
- [16] 李美婷. 植物抗逆性[J]. 科技风, 2013(1): 230.
- [17] 李西,王丽华,刘尉,等. 三种暖季型草坪草对二氧化硫抗性的比较[J]. 生态学报, 2013, 34(5): 1189—1197.
- [18] 王霞,侯平,尹林克,等. 土壤水分胁迫对柽柳体内膜保护酶及膜脂过氧化的影响[J]. 干旱区研究, 2002, 19(3): 17—20.
- [19] 王旭明,麦筠君,周鸿凯,等. 盐胁迫对4个水稻种质抗逆性生理的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2019, 27(2): 149—156.
- [20] 黄海娇,胡雪婷,李慧玉,等. 盐胁迫下8个转基因小黑杨株系的抗逆性比较[J]. 森林工程, 2009, 25(4): 14—18.
- [21] 李阳,谢宏伟,徐庆国. 黑麦草品种不同生育期的生理生化指标的比较[J]. 草原与草坪, 2011, 31(6): 34—39.

(上接第177页)

培上的主流品种。前期相关研究结果表明金九、红薯王、小黑英的净光合速率比较高^[14],因此这几个种质可作为优良种质资源进行进一步筛选或推广种植。

参考文献

- [1] 温学森,杨世林,魏建和,等. 地黄栽培历史及其品种考证[J]. 中草药, 2002, 33(10): 946—949.
- [2] 李建军,王莹,贾国伦,等. 怀地黄不同主栽品种叶形态特征比较[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(14): 2061—2066.
- [3] 王超群,梁乙川,陈士林,等. 药用植物抗逆性反应的分子遗传机制研究[J]. 中国现代中药, 2019, 21(11): 1445—1455.
- [4] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2002.
- [5] 耿云红. 干旱胁迫对绿化木本植物抗逆性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 49(1): 12—18.
- [6] 徐亚军,赵龙飞,邢鸿福,等. 内生细菌对盐胁迫下小麦幼苗脯氨酸和丙二醛的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(11): 3726—3737.
- [7] 陈丽飞,刘越,李雪萌,等. 植物抗旱性研究进展[J]. 吉林农业, 2019(2): 78—79.
- [8] 刘燕敏,周海燕,王康,等. 植物对非生物胁迫的响应机制研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(16): 35—37, 62.
- [9] 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.