植物遗传资源学报 2016,17(4):586-598
Journal of Plant Genetic Resources
DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.2016.04.002

大麦主栽品种亲缘系数和对叶斑病的抗性分析

郭焕强[1],王文峰[2],姚全杰[1],孙　丹[3],姚小波[2],王翠玲[2],
田世富[4],包海柱[5],王凤涛[1],冯　晶[1],蔺瑞明[1],徐世昌[1]
([1]中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室,北京 100193;[2]西藏自治区农牧科学院农业研究所,拉萨 850032;
[3]黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,哈尔滨 150086;[4]甘肃农业大学农学院,兰州 730070;
[5]内蒙古自治区农牧业科学院作物育种与栽培研究所,呼和浩特 010031)

摘要:为明确我国大麦主栽品种的遗传多样性及其对叶斑病的抗性来源,采用亲缘系数(COP,coefficient of parentage)分析方法对155个主栽大麦品种的遗传系谱进行聚类分析,同时对其中79个供试大麦品种在苗期和成株期分别接种2个强毒性菌株进行抗性鉴定。结果显示,155个品种聚为6个类群,有亲缘关系的品种占全部品种14.77%。在品种间组成的11935个组合中,1763个组合间存在亲缘关系,其COP值变化范围在0~0.7500之间,亲缘系数总和为157.5867,平均值为0.0132。根据系谱分析发现了不同育种单位所育品种的核心亲本,并追溯其主要的祖先亲本。此外,通过对叶斑病的抗性鉴定,发现大多数供试的大麦品种感叶斑病,高抗品种主要集中在垦啤麦系列品种和蒙啤麦3号,部分华大麦和驻大麦系列的品种在苗期或成株期中抗叶斑病。系谱分析及抗性鉴定结果揭示了我国大麦叶斑病抗性基因存在不同来源,分析结果有利于提高抗叶斑病基因筛选效率和缩小筛选范围,也将促进抗叶斑病新基因资源的发掘和利用。

关键词:系谱分析;亲缘系数;遗传多样性;叶斑病;核心亲本

Analysis on Coefficient of Parentage of Major Barley Varieties and Their Spot Blotch Resistance

GUO Huan-qiang[1], WANG Wen-feng[2], YAO Quan-jie[1], SUN Dan[3], YAO Xiao-bo[2], WANG Cui-ling[2],
TIAN Shi-fu[4], BAO Hai-zhu[5], WANG Feng-tao[1], FENG Jing[1], LIN Rui-ming[1], XU Shi-chang[1]
([1] *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193*; [2] *Institute of Agriculture, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lasa 850032*; [3] *Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086*; [4] *Department of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070*; [5] *Institute of Crop Breeding and Cultivation, Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Huhehot 010031*)

Abstract: In order to elaborate the genetic diversity of the major barley varieties planted in China and their resistance origins to spot blotch caused by *Cochliobolus sativus* (Ito et kurib.) Drechsl. the coefficient of parentage (COP) was utilized to cluster 155 major barley cultivars with their pedigree information, and 79 varieties of them were inoculated with 2 strains of high virulence at both seedling and adult-plant stages. Based on the results, the 155 major barley varieties were clustered into 6 families, and 14.77% of them possess genetic relationships with each other. There were 1763 variety combinations found with genetic relationships among the total 11935 combinations, and the COP values ranged from 0 to 0.7500, its average COP value was 0.0132. According to the pedigree analysis, the

收稿日期:2015-08-10　**修回日期**:2015-09-06　**网络出版日期**:2016-06-12
URL:http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20160612.1117.002.html
基金项目:现代农业(大麦)产业技术体系项目(CARS-05);公益性行业(农业)科研专项(201303016);西藏自治区重点科研项目(Z2015A39N01/04)
第一作者研究方向为大麦抗叶斑病资源鉴定及抗性机理研究。E-mail:1217054737@qq.com
通信作者:蔺瑞明,研究方向为植物抗病分子遗传学研究。E-mail:linruiming@caas.cn
徐世昌,研究方向为植物抗病分子遗传学研究。E-mail:shichangxu317@163.com

core parents for those varieties developed by different breeding institutes were identified and their possible primary parents were also deduced. In addition, most of the tested cultivars were susceptible to spot blotch in seedling and adult-plant stages. Among them, several varieties in the series of Kenpimai ones and Mengpimai No. 3 were identified to be highly resistant to spot blotch, and a few varieties of series of Huadamai and Zhudamai showed moderate seedling or adult-plant resistance. The results of pedigree analysis and resistance characterization of spot blotch revealed that the resistant genes utilized in the barley varieties in China may derive from different genetic backgrounds. The analyses will promote the efficiency of resistant genes selection, minimize barley accessions to be screened and accelerate the progress of exploitation and utilization of the barley germplasm for new spot blotch resistance genes.

Key words: pedigree analysis; coefficient of parentage; genetic diversity; spot blotch; core parent

在世界范围内大麦(*Hordeum Vulgave* L.)种植面积及产量仅次于水稻、小麦和玉米,是第 4 大禾谷类作物,主要用作饲料和啤酒工业原料,少部分用于食品加工。在我国青藏高原地区,青稞(即裸大麦)是该地区最主要的粮食作物。自 2000 年以来,我国每年啤酒大麦进口数量基本在 1.70 ~ 2.30 Mt 之间,2014 年 1—11 月我国大麦进口总量为 4.63 Mt,比上年同期增加了 2.49 Mt,增幅为 116.47%[1]。根据不同的最终用途和种植生态区域,我国已深入开展大麦育种工作,同时重视国外品种引入和利用。部分从国外引入的大麦品种如法瓦维特(Favorit)、蒙克尔(Manker)和莫尼斯(Morex)等因具有较好的适应性和农艺性状,在生产中直接应用或作为亲本材料间接应用,在我国大麦产业发展中曾发挥了重要作用。同时我国已经收集和整理保存超过 10000 份地方品种资源。这些材料为我国大麦育种提供了非常宝贵的遗传资源。但育种单位在选育品种工作中所利用的核心育种亲本数量有限,并对产量、抗病抗逆性、品质等农艺性状的连续定向选择,造成了育成品种遗传基础日益狭窄,遗传多样性逐步降低[2],严重阻碍新品种的培育进程和新种质创制。

利用分子生物学技术研究作物品种及其种质资源遗传多样性,主要通过对全基因组上的部分分子标记分析品种间的遗传相似度,但其分析结果仅揭示了整个基因组的部分遗传差异,且一定程度上受抽样误差的影响[3]。亲缘系数(COP, coefficient of parentage)分析法是衡量个体之间亲缘关系远近或共同占有某一特定基因概率的一种测度,可直接度量两个不同个体间加性基因效应相关程度,能反映出作物品种间整体的基因流向和遗传相似度[4],而且不受环境因素干扰。目前根据作物品种及其祖先系谱,利用亲缘系数法分析了燕麦[5]、小麦[6-8]、水稻[9-10]、花生[11]和玉米[12]等作物品种或品系间的遗传多样性,研究结果有利于预测品种间的遗传背景丰富程度和发现骨干品种体系,为育种工作中选择合适亲本提供重要的参考信息。对于系谱信息已知的自花授粉作物而言,亲缘系数分析法更是研究品种间遗传多样性一种简便的分析方法[6]。

大麦叶斑病(Spot blotch)是由禾旋孢腔菌(*Cochliobolus sativus*,无性世代 *Bipolaris sorokiniana*)引起的一类真菌性病害,其病原菌能侵染大麦根部、叶片和幼胚引起根腐病、叶斑病和黑胚病。叶斑病常在大麦生育中后期爆发,特别是在大麦孕穗至抽穗期集中发生,能对大麦生产造成严重危害,不仅产量减少,而且降低大麦子粒的品质[13]。该病害在美国、加拿大、南亚、南非和我国内蒙古东部以及东北地区发病严重,发病田块减产幅度一般为 20%。内蒙古呼伦贝尔市是我国三大啤酒大麦主产区之一,其中大麦种植面积占内蒙古全区大麦面积的 70% 以上。近年来该地区苗期大麦根腐病及生育后期叶斑病危害严重,2012 ~ 2013 年间大麦根腐病及叶斑病大爆发,导致大面积减产,根腐病和叶斑病已成为制约该地区大麦生产的重要病害之一[14]。目前还没有防治该病害的有效方法。

本研究采用亲缘系数聚类分析法,对全国各大麦种植区域近年来推广应用的 155 个主要大麦品种(或品系)进行了遗传多样性分析与评价,明确不同大麦产区主栽品种间的亲缘关系;分析大麦品种的核心亲本及其遗传背景,为大麦育种中亲本合理选择提供依据。另外,结合其中部分大麦品种苗期和成株期叶斑病抗性鉴定结果,分析我国现有大麦品种中叶斑病抗性遗传基础的主要来源。

1　材料与方法

1.1　材料

选用近年来各大麦种植区域主栽品种或品系 155 个,其系谱信息列于表 1。品种系谱主要从公开发表的文献资料、美国农业部国家植物资源系统

(http://www.ars-grin.gov/npgs/acc/acc_queries.html)获得,以及黑龙江省农垦总局红兴隆科学研究所、内蒙古自治区农业科学院作物研究所、云南农业科学院、甘肃省农垦农业研究院、江苏沿海地区农业科学研究所、华中农业大学植物科学技术学院、扬州大学农学院、浙江省农业科学院作物与核技术利用研究所和黑龙江省农业科学院作物育种研究所等单位提供的选育或引进品种的系谱信息。

苗期和田间成株期叶斑病抗性接种鉴定所用的2个强毒性菌株ZBTX1204和ZBTX14479分离来自内蒙古呼伦贝尔市大麦主产区。选用表1中所列的79个品种进行接种鉴定,以MIRCO为感病对照品种。大麦叶斑病抗性鉴定试验所用的病原菌菌株和大麦品种由中国农业科学院植物保护研究所收集保存并提供。

1.2 方法

1.2.1 亲缘系数分析 品系间亲缘系数分析主要参考王江春等[6]和T. S. Cox等[15]方法并作了部分修改。计算原则如下:(1)一个品种分别从其双亲各得到一半的基因;(2)所有祖先种、亲本及其后代品种都是纯合型;(3)没有系谱信息的祖先品种(系)间没有亲缘关系;(4)一个品种与其系选所得品种间的COP=0.75;(5)自然突变和诱导突变材料与其祖先的亲缘系数为0.75;(6)同一亲本组合的两后代品种间的COP值为0.752;(7)含有部分相同亲本的旁系品种间的亲缘系数,计算公式为:$RSD=\sum[(1/2)^n]$,R代表品种S和品种D之间的亲缘系数,N代表S品种和D品种的共同亲本与品种S间的世代和品种D的世代数之和;(8)一个品种与其自身的COP=1.0;(9)亲本与后裔品种间的亲缘系数可以表示其遗传物质的传递比率,即遗传贡献率。用(1-COP)矩阵表示系谱遗传距离[15],采用SPSS 16.0软件的欧式距离法对155×155个亲缘系数矩阵进行聚类分析。

1.2.2 叶斑病菌培养及其产孢 取大麦叶斑病典型症状的病叶,在病健交界处剪取小块病组织,采用组织分离法获得并保存菌株。在PDA固体培养基上培养,21 ℃培养2~3 d后,挑取组织样品边缘的菌丝,转移到PDA培养基上相同条件下培养约7 d至产孢,进行镜检再次确认后扩繁用于接菌。

1.2.3 室内苗期接种抗性鉴定 供试品种每4个品种按顺时针顺序穴播于盛有营养土的10 cm×10 cm营养钵中,每穴播4~5粒,依次播种21盆,共播种2套,置于自控温室内(室温夜19±1 ℃/昼21±1 ℃;光照强度5000~6000 lx;光照时间14~16 h/d)培养,待第2片叶完全展开时进行喷雾接种鉴定。扩繁2个菌株,收集其孢子,用0.25% Tween 20配成浓度为1×10^4个/mL孢子悬浮液。麦苗在21±1 ℃接种后黑暗保湿24 h。接种10 d后调查反应型和严重度。大麦苗期叶斑病抗性接种鉴定方法和反应型分级标准参考已有文献[16]。苗期反应型按1~9级划分,1~3级为高抗(R),4~5级为中抗(MR),6~7级为中感(MS),8~9级为高感(S),且"+"和"-"表示实际反应型比相应各级标准反应型高或低。

1.2.4 田间成株期抗性鉴定 田间抗性鉴定在中国农业科学院植物保护研究所廊坊试验基地病圃进行。在2015年3月10日穴播,行长3 m,行距0.33 m,每行播种5个品种。在大麦成株期抽穗前(5月20日)选择在无风低温晴朗天的傍晚对供试品种进行人工喷雾接种鉴定,孢子悬浮液浓度为5×10^3个/mL(含0.25% Tween 20)。接种后薄膜保湿过夜,待感病对照品种MIRCO完全发病后严重度达到80%以上,于6月1日和6月10日对鉴定品种进行2次抗性调查,参考已有方法[16]记载反应型和严重度。成株期反应型按1~4级划分,1级为高抗(R),2级为中抗(MR),3级为中感(MS),4级为高感(S),"+"和"-"表示实际反应型比相应各级标准反应型高或低。

1.2.5 不同地理区域大麦品种划分 根据品种选育单位及来源,将表1中的155个品种划分为20个组:组a表示1~18号是黑龙江省农垦总局红兴隆科学研究所选育品种;组b表示19~22号是内蒙古农牧科学院选育品种;组c表示23~32号是浙江省农科院选育品种;组d表示33~37号是浙江省嘉兴市农科院选育品种;组e表示38~48号是上海市农科院选育品种;组f表示49~53号是云南省大理州农科所选育品种;组g表示54~73号是云南省农业科学院选育品种;组h表示74~77号是石河子大学和新疆农科院选育品种;组i表示78~84号是甘肃省农垦农业研究院选育品种;组j表示85~91号是甘肃省农业科学院选育品种;用k表示92~98号是江苏沿海地区农科所选育品种;组l表示99~105号是扬州大学选育品种;组m表示106~114号是华中农业大学选育品种;组n表示115~120号是河南省驻马店农科所选育品种;组o表示121~125号是四川农业大学选育品种;组p表示126~129号是四川省农业科学院选育品种;组q表示130~134号

是湖北省农业科学院选育品种;组 r 表示 135 ~ 141 号是福建省莆田市农科所选育品种;组 s 表示 142 ~ 144 号是黑龙江省农业科学院选育品种;组 t 表示 145 ~ 155 号是国外引进大麦品种。根据国家地理区域划分,把组 a、b 和 s 划分到东北区;把组 c、d、e、k、l 和 r 划分到华东区;把组 f、g、o 和 p 划分到西南区;把组 h、i 和 j 划分到西北区;把组 m、n、q 划分到华中区,分析中不包括组 t 品种。

2　结果与分析

2.1　供试品种组合间亲缘系数分析

在 155 份大麦品种组成 11935 个组合中有 1763 个组合间存在亲缘关系,其 COP 值变化范围在 0 ~ 0.7500 之间,亲缘系数总和为 157.5867,平均值为 0.0132,14.77% 品种间有亲缘关系,说明品种间遗传差异较大,遗传多样性水平较高(表 1)。由于系选及回交原因,在所有品种组合中 COP 最高值为 0.7500 的组合分别是垦啤麦 1 号与垦啤麦 9 号、垦鉴啤麦 2 号与垦啤麦 9 号、秀麦 3 号与秀麦 11 号、秀麦 3 号与花 11、早熟 3 号与沪麦 6 号、驻大麦 1 号与早熟 3 号、辐大麦与早熟 3 号、申麦 1 号与申麦 3 号、扬农啤 2 号与申海麦 2 号所组成的 9 个组合;同样由于来自共同亲本等原因,COP 值为 0.5625 次高值的品种组合包括垦啤麦 1 号与垦鉴啤麦 2 号、蒙啤麦 2 号与蒙啤麦 4 号、驻大麦 1 号与沪麦 6 号、莆(辐)大麦与沪麦 6 号、凤大麦 7 号与凤大麦 12 号、凤大麦 9 号与凤大麦 11 号、云啤 8 号与云啤 10 号、川农大 3 号与华大麦 2 号、莆(辐)大麦与驻大麦 1 号、莆大麦 2 号与莆大麦 4 号所组成的 10 个组合。

在 155 个品种中,平均亲缘系数值大于或等于品种间平均值(COP = 0.0132)的品种占总数的 40.00%,但部分品种与其他品种之间没有亲缘关系(COP = 0.0000),如垦啤麦 12 号、蒙啤麦 3 号、垦啤 3 号、驻大麦 7 号、川大麦 4 号、鄂大麦 6 号和龙啤麦 1、2 和 3 号(表 1)。其中,早熟 3 号与其余品种间总 COP 值和平均值最高,说明早熟 3 号与其他品种间的亲缘关系相对较密切。这主要是因为早熟 3 号具有优良的农艺性状,在江苏、浙江、上海和福建等省市作为骨干亲本广泛应用,选育出了许多大麦新品种。这些早熟 3 号衍生品种与其他品种相比,也具有较高的 COP 值。此外,朝日 19 和 S500 也具有较高的 COP 值。朝日 19 与浙江省选育的大麦品种系列中有直接或间接亲缘关系。根据系谱分析,浙皮系列品种与沪麦、秀麦系列品种亲缘关系密切,其中也包含较多的早熟 3 号遗传成分。S500 是云南省大理州农科所选育的凤大麦系列品种如凤大麦 7 号、9 号、11 号、12 号以及云南省农业科学院选育的云啤系列品种如云啤 2 号、8 号、10 号、11 号、12 号的核心亲本,也是云南省的主栽品种之一,在云南应用特别广泛。

表 1　大麦品种系谱信息和 COP 值

Table 1　Pedigree information of barley varieties and COP values

序号 No.	品种名称 Cultivar name	系谱 Pedigree	与其他品种 COP 总和 Total COP with other cultivars	与其他品种 COP 平均值 Mean COP with other cultivars
1	垦啤麦 1 号	Azare/Hazen	3.7438	0.0243
2	垦啤麦 2 号(红 8947-1)	Robust/Azare	3.0028	0.0195
3	垦啤麦 3 号(红 91-29)	(北系 54138//(Karl/榛名二条)F_1)/(Proctor/Carlsberg II//Heine 4808/3/Strain 185)	1.9050	0.0124
4	垦啤麦 4 号(红 94-70)	北育 15 号/(Klages//Fergus/Nordic/3/ND1156/4/Hector)	1.2197	0.0079
5	垦啤麦 5 号(红 99-455)	红 90-27(TR464[欧洲]×合 86-2[日本])/红 89-44(Abed[北美]×Argyle[北美,PI496255])	1.8076	0.0117
6	垦啤麦 6 号(红 99-410)	Ant90-2/红日啤麦 1 号	1.7264	0.0112
7	垦啤麦 7 号(红 99-408)	(TR212/(Prior A/Proctor))//Ant90-2	1.9566	0.0127
8	垦啤麦 8 号(红 00-511)	垦啤麦 3 号/(TR212/Clipper)	2.1644	0.0141
9	垦啤麦 9 号(红 04-45)	(垦啤麦 1 号/垦啤麦 2 号)//垦鉴啤麦 2 号	3.6323	0.0236
10	垦啤麦 10 号(红 06-277)	垦啤麦 6 号/(红 92-25(TR212/Clipper)/Ant90-2)	1.8710	0.0121
11	垦啤麦 11 号(红 09-801)	02SK046(94ヤ420/94ヤ422)/合 5232[合 95035/垦鉴 5 号(91ヤ253/北育 27 号)]	0.0083	0.0001
12	垦啤麦 12 号(红 09-818)	春系 03017/北育 39	0	0
13	红日麦 1 号(合 86-5)	北系 54138//[(Traill//Good Delta/Everest/3/Traill)/榛名二条]F_1	1.9616	0.0127
14	红日麦 2 号(合 91-2)	(Hector/Klages)/北育 19	0.8198	0.0053
15	垦鉴啤麦 1 号(红 92-42)	Morex/Azure	4.1385	0.0269
16	垦鉴啤麦 2 号(红 94-79)	Azare/Hazen	3.8373	0.0249

表 1(续)

序号 No.	品种名称 Cultivar name	系谱 Pedigree	与其他品种 COP 总和 Total COP with other cultivars	与其他品种 COP 平均值 Mean COP with other cultivars
17	垦鉴啤麦 3 号(红 95-65)	TR212/甘木二条//Bowman/榛名二条	1.2766	0.0083
18	垦鉴啤麦 4 号(合 97-11)	Hazen/Robust	2.4848	0.0161
19	蒙啤麦 1 号(2001-132)	Bowman/91 冬 27//91G318	0.8035	0.0052
20	蒙啤麦 2 号(06PJ-01)	2001-146/Bowman	1.6724	0.0109
21	蒙啤麦 3 号(08PJ-24)	国品 11/GIENM	0.0000	0.0000
22	蒙啤麦 4 号(08PJ-36)	2001-146/Bowman	1.6724	0.0109
23	浙皮 1 号	(牛古特/69-1492)/朝日 19	4.0851	0.0265
24	浙皮 2 号(83-122)	78-843/78-932	1.0000	0.0065
25	浙皮 3 号(86-166)	79-1050/浙皮 1 号	2.1148	0.0137
26	浙皮 4 号(89-179)	沪麦 8 号/浙皮 1 号	3.3839	0.0220
27	浙皮 6 号(浙 96-113)	中间材料 92034/浙皮 4 号	1.8454	0.0120
28	浙皮 8 号(浙 01-130)	浙皮 2 号/93-1250	0.7500	0.0049
29	浙皮 10 号	浙秀 12/浙农大 3 号(76-6477/76-20)	1.8438	0.0120
30	浙原 18	^{137}Csr 射线辐照[朝日 19/G(11)]	2.0916	0.0136
31	浙啤 33	岗 2/秀麦 3 号//秀麦 3 号///岗 2	2.7500	0.0179
32	早熟 3 号	从日本关东二条 3 号中系选	8.7734	0.0570
33	浙秀 12(秀 99-12)	岗 2/8951-21	1.9375	0.0126
34	秀麦 1 号(秀 79-2)	76-6869/76-庐-186	1.7500	0.0114
35	秀麦 2 号	7817/沪麦 6 号	3.8483	0.0250
36	秀麦 3 号	秀 82-164/秀麦 1 号	2.8750	0.0187
37	秀麦 11(花 98-11)	秀 82-164/秀麦 3 号花培	1.5000	0.0097
38	沪麦 4 号	浙杂 12/早熟 3 号	4.8163	0.0313
39	沪麦 6 号	74-浙原 1758(早熟 3 号突变体)/南 74-17(早熟 3 号变异株)	7.2790	0.0473
40	沪麦 8 号	沪麦 1 号/8-2/早熟 3 号//76-22	2.4254	0.0157
41	沪麦 10 号	鉴 80-6(沪麦 6 号)//如东早 3 选/盐选③号	3.9776	0.0258
42	沪麦 16 号	90-44/岗二	1.3750	0.0089
43	花 11(花 98-11)	中间材料秀 82-164/秀麦 3 号	1.2813	0.0083
44	花 22(花 96-22)	秀麦 1 号/秀麦 3 号	1.0938	0.0071
45	花 30	秀 82-164/秀麦 1 号	0.8750	0.0057
46	申麦 1 号(Y80-81 BPN-210,戈贝纳)	OC640-Marix Pionner/Maris Canon	1.1250	0.0073
47	申海麦 2 号	四川假四棱/扬农啤 2 号//扬农啤 2 号	1.9688	0.0128
48	申麦 3 号	申麦 1 号/沪麦 10 号	1.9639	0.0128
49	凤大麦 6 号	法大麦 AT-1 变异单株系选	1.0000	0.0065
50	凤大麦 7 号	S 500/凤大麦 6 号	4.1328	0.0268
51	凤大麦 9 号	S 500/S-4	3.6992	0.0240
52	凤大麦 11 号	S 500/S-4	3.6992	0.0240
53	凤大麦 12 号	S 500/凤大麦 6 号	3.7579	0.0244
54	云大麦 1 号	ATACO/ACHIRA//HIGO/3/VORR/4/CHAMICO	1.0039	0.0065
55	云大麦 2 号	ESCOBA/3/MOLA/SHYTI//ARUPO*2/JET/4/ALELI	1.4409	0.0094
56	云大麦 4 号	TRIUWPH-BAR/TYR^A//ARUPO*2/ABN-B/3/CANELA/4/MSEL	0.3183	0.0021
57	云大麦 5 号	GOB/ALELI//CANELA/3/MSEL	0.4063	0.0026
58	云大麦 6 号	ARUPO/K8755//MORA/3/ARUPO/K8755/MORA/4/ALELI	0.6950	0.0045
59	云大麦 9 号	云大麦 2 号/07BL1-3	0.9945	0.0065
60	云大麦 10 号	云大麦 1 号/06YD-9	0.7520	0.0049
61	云大麦 11 号	云大麦 1 号/06YD-7	0.7520	0.0049
62	云啤 1 号	港啤 1 号×Harrington	1.5000	0.0097
63	云啤 2 号	澳选 3 号(Schooner)×S 500	4.7613	0.0309
64	云啤 3 号	Clipper/甘啤 3 号	3.1848	0.0207
65	云啤 4 号	Schooner/Harrington	2.4097	0.0156
66	云啤 5 号	澳选 1 号/甘啤 3 号	3.2079	0.0208
67	云啤 6 号	澳选 1 号/S 500	2.8506	0.0185

表 1(续)

序号 No.	品种名称 Cultivar name	系谱 Pedigree	与其他品种 COP 总和 Total COP with other cultivars	与其他品种 COP 平均值 Mean COP with other cultivars
68	云啤 8 号	S 500//Prior A/Proctor	4.2560	0.0276
69	云啤 9 号	澳选 3 号(Schooner)/曲 152	1.9254	0.0125
70	云啤 10 号	S 500//Prior A/Proctor	4.2403	0.0275
71	云啤 11 号	S 500/宽颖大麦	2.8506	0.0185
72	云啤 12 号	S 500/Z195U034V8	2.8506	0.0185
73	靖大麦 1 号(98-116)	浙皮 2 号/富士二条	0.9873	0.0064
74	新啤 1 号	卡拉克奇/野洲 2 条 6 号	0.2500	0.0016
75	新啤 2 号	卡拉克奇/野洲 2 条 2 号	0.2500	0.0016
76	新啤 3 号	原 23//早熟 3 号/瑞士	2.3809	0.0155
77	新啤 5 号	Poland/Harrington	1.5000	0.0097
78	垦啤 1 号	B4311	1.5447	0.0100
79	垦啤 2 号	98ME03	0.7500	0.0049
80	垦啤 3 号	Steffi(Stamm 101/Aramir(Volla/Emir)//Stamm 210)	0.0000	0.0000
81	垦啤 4 号(Riviera)	STANZA[ATEM/EGMONT(MARIS-YAK/WEIBULL-1001//VADA)]/CEBECO-8331	0.0469	0.0003
82	垦啤 5 号	Favorit/Barletta(STARLET(FTA/MILADY//RIBARI-33/3/TAL/GOND-AR-167)/ATEM)	1.6121	0.0105
83	垦啤 6 号	品系 98-003(98ME03 中系选)/(匈 84-62/八农 862159//黑引瑞)	0.6250	0.0041
84	垦啤 7 号	品系 98-003(98ME03 中系选)/(6296/3724)	0.6250	0.0041
85	甘啤 2 号	Medusa/Diamant//Frallf "S"	0.4583	0.0030
86	甘啤 3 号	S-3/Favorit	3.1902	0.0207
87	甘啤 4 号	Favorit/八农 862659	2.1902	0.0142
88	甘啤 5 号	S-3/Favorit//CA2-1	1.7201	0.0112
89	甘啤 6 号	883-50-2(NMN3/八农 862659)/吉 53	0.1875	0.0012
90	甘啤 7 号	甘啤 3 号/Krona(Nebi/Trumpf//Union/3/Gimpel)	1.8946	0.0123
91	9821	甘啤 4 号/94D-11	1.3295	0.0086
92	苏啤 1 号	早熟 3 号/丹麦 795 Siri Pojberg	4.6367	0.0301
93	苏啤 3 号(单 95168)	kinuyutakantonijo25//沪 94-043	0.6406	0.0042
94	苏啤 4 号	(申 6/美酿黄金//单二大麦/3/单二大麦)/(申 4//委缩不知/83-N15)	0.5735	0.0037
95	苏啤 6 号	浙皮 1 号/单二//单二	1.2960	0.0084
96	盐引 1 号	引自日本品种"美酿黄金"	3.0566	0.0198
97	盐麦 2 号(盐 83055)	(HO169/大穗 757)/3/(早熟 3 号钴 60 辐射)/74-7209//盐辐矮早三/如东 8072	1.7974	0.0117
98	苏秦 1 号	(早熟 3 号钴 60 辐射)//[(夸老五/9-49)/早熟 1 号]F_1	3.5244	0.0229
99	扬农啤 2 号	Q318/S191//苏引麦 2 号	3.3750	0.0219
100	扬农啤 4 号	苏农 91-7112/通引 1 号	0.0000	0.0000
101	扬农啤 5 号	如东 6109/苏农 22	0.5000	0.0032
102	扬农啤 6 号	6308/5078//苏农 22	0.5000	0.0032
103	扬农啤 7 号	扬农啤 2 号/(富士二条/成城 17 号)	2.1617	0.0140
104	扬农啤 8 号(苏 B0608)	扬农啤 2 号/苏农 16	1.6250	0.0106
105	扬农啤 9 号(苏 B0902)	苏农 2004-7214/苏啤 3 号	0.5000	0.0032
106	华大麦 1 号	84-123/川农大 2 号	1.7823	0.0116
107	华大麦 2 号	川裸 1 号天然异交株经系统选育	1.5000	0.0097
108	华大麦 3 号	85V24/川农大 2 号	2.1573	0.0140
109	华大麦 4 号	85V24/川农大 2 号//Manker	2.3372	0.0152
110	华大麦 5 号	(浙农大 3 号×川农大 2 号)×(川农大 1 号×W168)	1.5313	0.0099
111	华大麦 6 号	(华大麦 2 号/皮棱波)F_1//(美里黄金/5199)F_1	1.7858	0.0116
112	华大麦 7 号	川农大 2 号/皮棱波//美里黄金/5199	2.3185	0.0151
113	华大麦 8 号	川农大 2 号/甘木二条//美里黄金/浙农大 3 号	2.3185	0.0151
114	华大麦 10 号	85V24/川农大 1 号//华大麦 2 号/美里黄金	2.4528	0.0159
115	豫(驻)大麦 1 号	早熟 3 号系统选育	6.7675	0.0439
116	驻大麦 3 号	驻 8909/TG4	0.5000	0.0032
117	驻大麦 4 号	驻 89039/85V24	1.2500	0.0081
118	驻大麦 5 号	驻大麦 3 号/邯 95406	0.5000	0.0032
119	驻大麦 6 号	驻大麦 4 号/87017-3	0.8750	0.0057
120	驻大麦 7 号	85 观 0054/9429-1	0.0000	0.0000
121	川农大 1 号	川裸 1 号(78 长粒/米麦 114//六棱青稞/野生二棱大麦 015)/浙农大 5 号	1.2500	0.0081
122	川农大 2 号	88BCMS/[(皮棱波/Lina)/RisΦ1508]	2.3147	0.0150
123	川农大 3 号	川裸 1 号系选	1.1250	0.0073
124	川农大 4 号	威 24/渝裸 123/渝裸 123/3/89-0915	0.0938	0.0006
125	川农大 5 号	M91-3/浙农大 5 号	0.3750	0.0024
126	川大麦 1 号	85V15/85V24	1.1250	0.0073

表 1(续)

序号 No.	品种名称 Cultivar name	系谱 Pedigree	与其他品种 COP 总和 Total COP with other cultivars	与其他品种 COP 平均值 Mean COP with other cultivars
127	川大麦 2 号	威 24(即/85V24)/85V01	0.1875	0.0012
128	川大麦 3 号	84S-024/(早熟 3 号/丹麦 795 Sin Pojbers)//(76-20/74-7181)	1.2061	0.0078
129	川大麦 4 号	89-21/89-0915	0.0000	0.0000
130	鄂大麦 6 号	皮穗波/秀 8017	0.0000	0.0000
131	鄂大麦 9 号	(早熟 1 号/80435//早熟 3 号/8031)/10331//133/8705	0.6040	0.0039
132	鄂大麦 12 号	鄂啤 2 号/华大麦 1 号	1.0816	0.0070
133	鄂大麦 13	舟麦 2 号(68-2/改良 2 条//牛古特)/Harrington	1.6563	0.0108
134	鄂大麦 507	浙皮 1 号/91G318//Harrington	2.4856	0.0161
135	莆(辐)大麦	60Co-γ 辐射早熟 3 号选育	6.4892	0.0421
136	莆大麦 2 号	早熟 3 号/罗马尼亚早熟种	4.9140	0.0319
137	莆大麦 4 号	早熟 3 号/罗马尼亚早熟种	5.1328	0.0333
138	莆大麦 5 号	莆大麦 4 号/浙皮 1 号	2.8164	0.0183
139	莆大麦 6 号	81 原 306/早熟 3 号	4.4453	0.0289
140	莆大麦 7 号	植 3/85-10	0.2500	0.0016
141	莆大麦 8 号	植 3/戈贝纳	0.6563	0.0043
142	龙啤麦 1 号(龙辐 03N05)	60Co-γ 辐射 00-01 后系选	0.0000	0.0000
143	龙啤麦 2 号	60Co-γ 辐射 03-04N27 后系选	0.0000	0.0000
144	龙啤麦 3 号	Z027S099J 系选	0.0000	0.0000
145	艾苏尔(Azure)	Bonanza//Nordic/NDB 130	3.5854	0.0233
146	蒙克尔(Manker)	Cree/4/Parkland * 2/NDB112/3/Vantage//Kindred/Jotun	1.6845	0.0109
147	莫尼斯(Morex)	Cree/Bonanza	1.9661	0.0128
148	美鲍麦(Bowman)	Klages//Fergus/Nordic/3/ND1156/4/Hector	2.4198	0.0157
149	朝日 19	爱之早生 13 号/Prior	5.2357	0.0340
150	S 500	ARUPO'S'系选	5.1982	0.0338
151	S-4	ARUPO/K8755//MORA/3/ARUPO/K8755/MORACBSS95MOO243S-12M-2Y-OM	2.3960	0.0156
152	岗二(苏引麦 2 号)	引自日本品种	2.8125	0.0183
153	法瓦维特(Favorit)	Diamant/Union	2.8804	0.0187
154	澳选 3 号(Schooner)	Proctor/Prior-A//Proctor/CI3576	2.6945	0.0175
155	哈林顿(Harrington)	Klages/3/Gazelle/Betzes//Centennial	3.3125	0.0215

2.2 不同地理区域大麦品种亲缘系数比较

根据品种的选育单位及来源,把 155 个大麦品种分成 20 个组;基于品种主要种植分布区域,划分到 5 个地理区域。结果发现,5 个地理区域内品种 COP 值均大于地区间 COP 平均值,且高于 COP 总平均值(COP = 0.0132)。其中东北地区品种的 COP 平均值最大,这主要因为内蒙古自治区和黑龙江省选育的大麦品种的亲本多数来源于美国品种,品种间亲缘关系较近,因此遗传基础相对较窄。其他 4 个地区品种 COP 平均值从大到小依次是华东、华中、西南和西北地区。在不同的地区之间,华东和华中地区之间 COP 平均值高于总平均 COP 值,说明两个地区生态条件较接近,大麦育种资源交流较多,而其他地区间品种 COP 平均值均较低。

表 2 大麦品种地区内和地区间平均亲缘系数

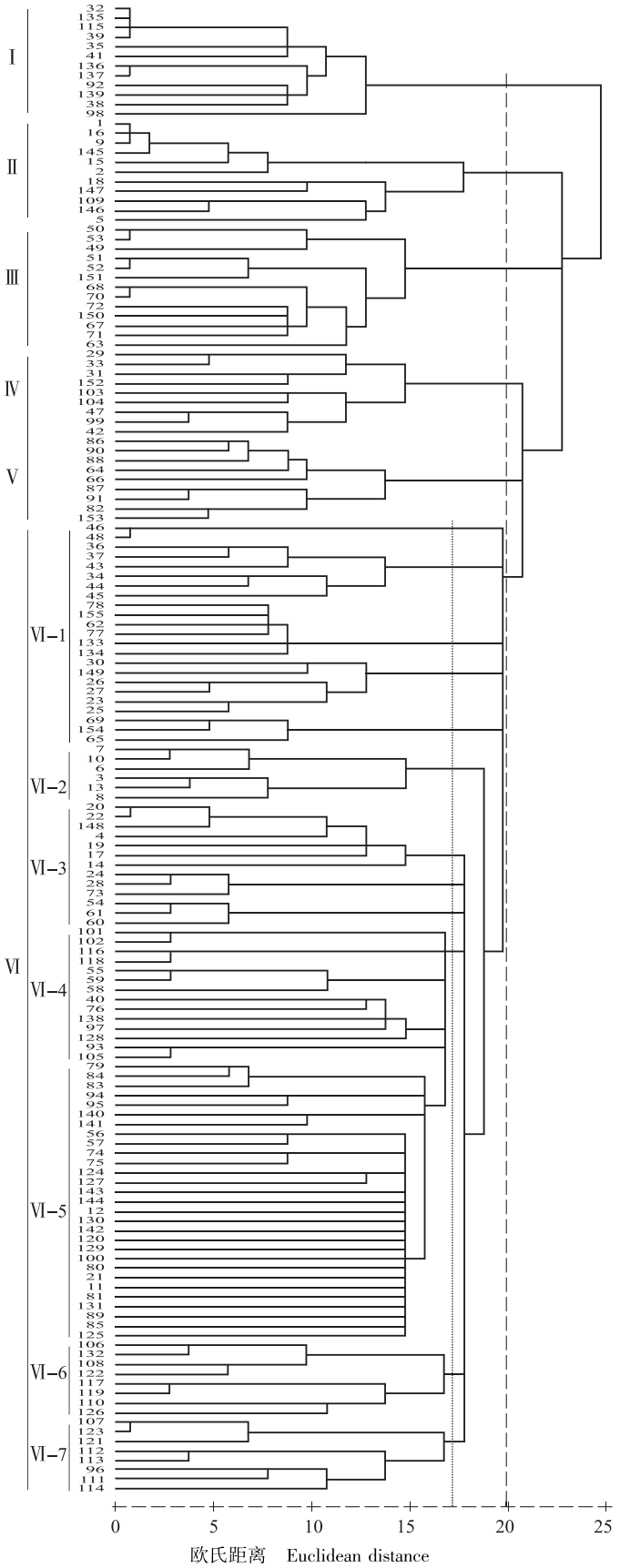
Table 2 Average variety COP within and between different regions of barley varieties

地理区域 Geographic area	东北区 Northeast China	华东区 East China	西南区 Southwest China	西北区 Northwest China	华中区 Central China
东北区 Northeast China	0.0493	0.0008	0.0068	0.0002	0.0017
华东区 East China		0.0436	0.0024	0.0023	0.0149
西南区 Southwest China			0.0345	0.0054	0.0095
西北区 Northwest China				0.0343	0.0035
华中区 Central China					0.0350

2.3 品种组合间亲缘系数聚类分析

用(1-COP)值表示系谱遗传距离,采用 SPSS16.0 软件的欧氏距离法对 155 × 155 亲缘系数矩阵进行聚类分析,在欧氏距离 20 时,可将所分析的品种聚为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ共 6 个类群(图 1)。

Ⅰ类群:包括早熟 3 号、驻大麦 1 号和莆(辐)



图中编号同表 1 中品种编号　The number shown presents the cultivar's serial number listed in table 1

图 1　利用(1-COP)值构建大麦品种间聚类图

Fig. 1　Clustering dendrogram of barley varieties using(1-COP) values

大麦等来自 6 个组(c、d、e、k、n、r)的 12 个品种。这些品种都是从早熟 3 号及其衍生品种选育而来。早熟 3 号的亲本来源于朝日 19,具有日本和墨西哥品种的优良遗传性状,具有早熟、抗病、矮秆、多穗的特点,增产潜力大[17],是当时主要推广品种。

Ⅱ类群:包括 Azare、Morex、Manker 及其后代品种垦啤麦 1 号、垦啤麦 9 号和垦鉴啤麦 2 号等 11 个来自组 a、m 和 t 的品种,属于多棱大麦。系谱分析发现后来育成的垦啤麦系列品种多数是 Azare 等品种衍生品种,且多棱品种的杂交组合都是单交,具有亲缘关系[18]。骨干亲本 Azare 的遗传背景最终追溯到美国重要抗叶斑病品种资源 NDB112。

Ⅲ类群:包括凤大麦 7 号、凤大麦 12 号和凤大麦 6 号等 13 个品种。该类群由来自组 f、g 和 t 的 S-4 和 S500 及其衍生品种组成。S-4 和 S500 是由墨西哥引入的早熟啤饲兼用型品种,具有抗病、抗寒、抗旱和抗倒伏强优良品质,是云南省大麦主要主栽品种。

Ⅳ类群:包括来自 5 个组(c、d、e、l、t)的浙皮 10 号、浙秀 12 和浙啤 33 等 9 个品种。该类群主要由岗二(苏引麦 2 号)及其后代品种组成。岗二具有适应范围广、早熟产量高和酿酒品质好等特点[19],这也是以其为核心亲本的品种及其衍生品种成为浙江、江苏和上海主栽品种的主要原因。

Ⅴ类群:包括来自分属于 4 个组(g、i、j、t)的甘啤 3 号、甘啤 5 号和甘啤 7 号等 9 个品种。该类群主要以法瓦维特(Favorit,即匈 84-62)及其后代组成。法瓦维特具有高产、优质、抗病、抗倒伏和适应性强等特点,是甘肃省啤酒大麦骨干品种和核心亲本之一[20]。

Ⅵ类群:包括来自各个组的大麦品种共 100 个。根据品种间相近的亲缘系数关系,在欧氏距离 17.5 时可划分为 7 个亚类群,具体划分如下。

Ⅵ-1 亚类群:包括申麦 1 号、申麦 3 号、秀麦 1 号和秀麦 11 等 23 个品种。该类群主要是由早熟 3 号后代、秀麦 1 号、哈林顿(Harrington)、朝日 19 和澳选 3 号(Schooner)及其衍生后代组成,主要来自浙江、上海、湖北、云南、甘肃及国外引入品种组成的 7 个组(c、d、e、g、i、q、t)。其中早熟 3 号的衍生品种、朝日 19 和澳选 3 号(Schooner)及其衍生品种具有共同祖先亲本 Prior。一些品种如鄂麦 507 与上述核心亲本亲缘关系更紧密,亲本中包含 Harrington 和朝日 19。早熟 3 号是关东二条 3 号系统选育而来,朝日 19 又是关东二条 3 号的亲本之一,朝日 19 在日本仍作为早熟矮秆资源而被普遍利用[21]。所以 F_1 亚类群直接骨干亲本来源于日本品种,其祖先亲本之一是来自澳大利亚品种 Prior。

Ⅵ-2 亚类群:包括垦啤麦 7 号、垦啤麦 10 号和垦啤麦 6 号等 6 个品种,均来自组 a。该类群主要是红日麦 1 号及其衍生品种组成。红日麦 1 号具有抗根腐病和秆强抗倒伏的特点,也是广泛应用的核心种质[22]。红日麦 1 号的亲本之一是日本品种榛名二条,该品种是日本最主要的啤酒大麦品种[23],对叶斑病也有一定抗性。

Ⅵ-3 亚类群:包括内蒙古、浙江、云南、新疆育种单位选育品种如蒙啤麦 1 号、蒙啤麦 2 号、蒙啤麦 4 号、浙皮 2 号和云大麦 1 号等以及国外引入品种 Bowman,13 个品种分属于 5 个组(b、c、g、h、t)。美国品种 Bowman 是叶斑病重要抗源 ND B112 的衍生品种,中抗叶斑病,是蒙啤麦系列品种的核心亲本。

Ⅵ-4 亚类群:包括来自 8 个组(e、g、h、k、l、n、p、r)的扬农啤 5 号、扬农啤 6 号和驻大麦 3 号等 14 个品种,其中云大麦 2、云大麦 6 和云大麦 9 号都为核心亲本 ARUPO 的后代品种。该类群也包含早熟 3 号的衍生品种,或者共有 ARUPO 和早熟 3 号遗传背景的品种。

Ⅵ-5 亚类群:包括来自于组 a、b、g、h、i、j、k、l、n、o、p、q、r 和 s 的 29 个品种。这些品种由于可追溯的系谱不完整或因为品种(系)组合间没有亲缘关系或亲缘关系较远而聚在同一亚类。在育种工作中更应重视这类品种的利用。

Ⅵ-6 亚类群:包括川农大 2 号及其衍生品种和 85V24 的后代品种华大麦 1 号、鄂大麦 12 号和华大麦 3 号等 8 个品种,分别来自 5 个组(m、n、o、p、q)。

Ⅵ-7 亚类群:包括来自组 k、m 和 o 以川裸 1 号和美里黄金的系选或杂交后代品种华大麦 2 号、川农大 1 号和川农大 3 号等 8 个品种。

因此,依据育种单位划分的属于不同组的品种间具有较大的遗传多样性,多数属于同一个组的品种聚类在不同的类群中。比较而言,同一组内的多数品种间亲缘关系仍较近。另外发现不同生态地区或育种单位的优良品种间基因交流较少,因而不同类群间品种的遗传多样性比较丰富。

2.4 大麦品种苗期和成株期对叶斑病的抗性鉴定分析

以 MIRCO 为感病对照品种,对亲缘系数分析中的 79 个供试大麦品种在苗期和成株期分别接种 2 个强毒性菌株进行叶斑病抗性鉴定。结果发现,在苗期和成株期抗性水平为中抗和高抗的品

种主要集中在组 a 如垦啤麦 5 号、垦啤麦 9 号和垦啤麦 11 号,组 b 如蒙啤麦 3 号,组 c 如浙皮 3 号、4 号、6 号、浙皮 33 号和浙原 18,还有龙啤麦 1 号(组 s)和 Morex(组 t)。浙秀(或秀麦)、华大麦和驻大麦系列品种中部分品种在苗期或成株期中抗或高抗叶斑病。甘啤、苏啤、扬农啤和鄂大麦系列的少数品种在苗期表现为抗病,但在成株期都为感病品种(表 3)。

表 3　大麦品种苗期和成株期对叶斑病抗性分析

Table 3　The resistance evaluation of barley varieties at seeding and adult-plant stages

品种名称 Cultivar name	组序号 Group No.	苗期 Seedling stage				成株期 Adult-plant stage			
		ZBTX14479		ZBTX12014		ZBTX14479		ZBTX12014	
		侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R
垦啤麦 2 号	a	6⁻	MS	7 ~ 8	S	/	/	3 ~ 3⁺	MS
垦啤麦 3 号	a	5 ~ 6	MS	6 ~ 7	MS	4⁻ ~ 4	S	3⁺ ~ 4⁻	MS
垦啤麦 4 号	a	2 ~ 3	R	7 ~ 8	S	3 ~ 3⁺	MS	3⁻ ~ 3	MS
垦啤麦 5 号	a	1 ~ 2	R	6 ~ 8	MS	1⁻ ~ 1	R	0⁺ ~ 1	R
垦啤麦 6 号	a	6 ~ 8	MS	6 ~ 7	MS	4⁻ ~ 4	S	4⁻ ~ 4	S
垦啤麦 7 号	a	6 ~ 7	MS	4 ~ 5	MR	4	S	3⁺ ~ 4	S
垦啤麦 8 号	a	5 ~ 6	MS	6 ~ 7	MS	4	S	3⁻ ~ 3⁺	MS
垦啤麦 9 号	a	4 ~ 5	MR	3 ~ 4	MR	1 ~ 1⁺	R	0⁺ ~ 1	R
垦啤麦 10 号	a	4 ~ 5	MR	5 ~ 8	MS	3⁺ ~ 4⁻	S	4⁻ ~ 4	S
垦啤麦 11 号	a	3 ~ 5	MR	2 ~ 3	R	0 ~ 1	R	1 ~ 1⁺	R
蒙啤麦 1 号	b	7 ~ 8	S	7 ~ 8	S	4	S	4⁻ ~ 4	S
蒙啤麦 2 号	b	6 ~ 8	S	6 ~ 8	MS	3 ~ 3⁺	MS	3⁺ ~ 4⁻	MS
蒙啤麦 3 号	b	4 ~ 5	MR	2 ~ 3	R	1⁻ ~ 1⁺	R	0⁺ ~ 1⁻	R
浙皮 2 号	c	7 ~ 8	S	1 ~ 4	MR	3⁺ ~ 4	S	4⁻ ~ 4	S
浙皮 3 号	c	7 ~ 8	S	1 ~ 2	R	3⁻ ~ 4	MS	4⁻ ~ 4	S
浙皮 4 号	c	8 ~ 9	S	5 ~ 7	MS	4⁻ ~ 4	S	1⁻ ~ 1⁺	R
浙皮 6 号	c	8 ~ 9	S	6 ~ 7	MS	4⁻ ~ 4	S	1 ~ 2⁺	MR
浙皮 8 号	c	6 ~ 7	MS	6 ~ 8	S	4⁻ ~ 4	S	3⁺ ~ 4	S
浙啤 33	c	6	MS	4 ~ 5	MR	3⁻ ~ 3	MS	1⁻ ~ 1	R
浙原 18	c	7	MS	3 ~ 5	MR	2 ~ 3⁻	MS	1 ~ 1⁺	R
早熟 3 号	c	6	MS	6 ~ 8	MS	4	S	4⁻ ~ 4	S
浙秀 12	d	4 ~ 5	MR	6 ~ 7	MS	2 ~ 2⁺	MR	1 ~ 2⁺	MR
秀麦 11	d	6⁻	MS	6 ~ 8	MS	4⁻ ~ 4	S	1⁻ ~ 2	MR
花 11	e	6 ~ 7	MS	7 ~ 8	S	3⁻ ~ 4⁻	MS	3⁻ ~ 3	MS
花 22	e	5 ~ 6	MS	6 ~ 8	MS	3⁺ ~ 4⁻	MS	3 ~ 4⁻	MS
花 30	e	6 ~ 7	MS	6 ~ 7	MS	4⁻ ~ 4	S	3⁻ ~ 3⁺	MS
申麦 1 号	e	5 ~ 6	MS	6 ~ 7	MS	2⁺ ~ 3⁻	MS	1 ~ 2⁺	MR
申麦 3 号	e	6 ~ 7	MS	/	/	2 ~ 2⁺	MR	3⁻ ~ 3	MS
沪麦 4 号	e	7 ~ 8	S	8	S	4⁻ ~ 4	S	3⁺ ~ 4	S
沪麦 8 号	e	6	MS	7 ~ 8	S	4	S	3⁻ ~ 3	MS
沪麦 10 号	e	6 ~ 7	MS	7	MS	4⁻ ~ 4	S	3⁺ ~ 4	S
凤大麦 6 号	f	2 ~ 3	R	6 ~ 7	MS	4	S	4⁻ ~ 4	S
凤大麦 7 号	f	6⁻	MS	6 ~ 7	MS	4	S	4⁻ ~ 4	S
凤大麦 8 号	f	6 ~ 7	MS	6 ~ 7	MS	3⁻ ~ 3	MS	3⁺ ~ 4⁻	MS
云大麦 2 号	g	6⁻	MS	3 ~ 4	MR	4⁻ ~ 4	S	2⁺ ~ 3⁻	MS
云啤 2 号	g	8 ~ 9	S	6 ~ 7	MS	4	S	4⁻ ~ 4	S
新啤 1 号	h	4 ~ 5	MR	/	/	3 ~ 3⁺	MS	4⁻ ~ 4	S
新啤 2 号	h	6 ~ 8	MS	/	/	4	S	4⁻ ~ 4	S
垦啤 3 号	i	7 ~ 8	S	7 ~ 8	S	4	S	4⁻ ~ 4	S
垦啤 6 号	i	6 ~ 7	MS	7 ~ 8	S	1⁺ ~ 2⁻	MR	3⁺ ~ 4	MS
甘啤 2 号	j	6⁻	MS	7 ~ 8	S	3 ~ 4⁻	MS	3⁺ ~ 4⁻	S
甘啤 3 号	j	6	MS	3 ~ 5	MR	4⁻ ~ 4	S	3⁻ ~ 3	MS
甘啤 4 号	j	6 ~ 7	MS	7 ~ 8	S	4	S	3⁺ ~ 4	MS
甘啤 5 号	j	6 ~ 8	S	7 ~ 8	S	4	S	4 ~ 4⁺	S

表 3(续)

品种名称 Cultivar name	组序号 Group No.	苗期 Seedling stage				成株期 Adult-plant stage			
		ZBTX14479		ZBTX12014		ZBTX14479		ZBTX12014	
		侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R	侵染型 IF	抗性 R
甘啤 6 号	j	6	MS	6 ~ 8	MS	4	S	4$^-$ ~ 4	S
甘啤 7 号	j	7 ~ 8	S	6 ~ 7	MS	3$^+$ ~ 4	S	4$^-$ ~ 4	S
9821	j	5	MR	4 ~ 8	MS	4	S	3$^-$ ~ 3	MS
盐引 1 号	k	3 ~ 5	MR	6 ~ 7	MS	4	S	3$^-$ ~ 3$^+$	MS
苏啤 3 号	k	6 ~ 8	MS	3 ~ 5	MR	4$^-$ ~ 4	S	3$^+$ ~ 4$^-$	S
苏啤 4 号	k	6 ~ 8	MS	7 ~ 9	S	4	S	3$^-$ ~ 3	MS
苏啤 6 号	k	6 ~ 7	MS	1 ~ 3	R	4	S	4$^-$ ~ 4	S
扬农啤 2 号	l	4 ~ 5	MR	6 ~ 7	MS	3$^-$ ~ 3$^+$	MS	3$^-$ ~ 3$^+$	MS
扬农啤 7 号	l	5 ~ 6	MS	6 ~ 7	MS	4$^-$ ~ 4	S	/	/
扬农啤 6 号	l	1 ~ 2	R	6 ~ 8	MS	4	S	3$^-$ ~ 4$^-$	S
扬农啤 4 号	l	6	MS	7 ~ 8	S	4$^-$ ~ 4	S	3 ~ 4$^-$	MS
扬农啤 8 号	l	3 ~ 5	MR	6 ~ 7	MS	3$^+$ ~ 4	S	3 ~ 3$^+$	MS
扬农啤 9 号	l	6 ~ 7	MS	5 ~ 6	MS	4	S	3$^-$ ~ 4	MS
华大麦 1 号	m	6	MS	2 ~ 3	R	4	S	2$^+$ ~ 3$^-$	MS
华大麦 2 号	m	6 ~ 7	MS	6 ~ 8	MS	2 ~ 2$^+$	MR	2$^+$	MR
华大麦 3 号	m	4 ~ 5	MR	6 ~ 7	MS	1 ~ 1$^+$	R	1$^+$ ~ 2	MR
华大麦 4 号	m	5	MR	4 ~ 5	MR	3$^-$ ~ 4$^-$	MS	3$^-$ ~ 3$^+$	MS
华大麦 5 号	m	6 ~ 8	MS	6 ~ 7	MS	2 ~ 2$^+$	MR	3$^-$ ~ 3$^+$	MS
华大麦 6 号	m	4 ~ 5	MR	2 ~ 4	MR	3$^+$ ~ 4	S	3$^+$ ~ 4$^-$	S
华大麦 7 号	m	5 ~ 6	MS	4 ~ 5	MR	4$^-$ ~ 4	S	2 ~ 2$^+$	MR
华大麦 8 号	m	1 ~ 2	R	4 ~ 5	MR	1$^+$ ~ 2	MR	3 ~ 4$^-$	MS
驻大麦 3 号	n	4 ~ 5	MR	2 ~ 5	MR	3$^-$ ~ 3	MS	1$^-$ ~ 2$^+$	MR
驻大麦 4 号	n	3 ~ 4	MR	7 ~ 8	S	4$^-$ ~ 4	S	2$^+$ ~ 3$^-$	MS
驻大麦 5 号	n	2 ~ 4	MR	6 ~ 7	MS	3 ~ 3$^+$	MS	2 ~ 2$^+$	MR
驻大麦 6 号	n	6$^-$	MS	6 ~ 7	MS	2 ~ 2$^+$	MR	1$^-$ ~ 1	R
驻大麦 7 号	n	5$^-$	MR	6 ~ 8	MS	3$^-$ ~ 3$^+$	MS	3$^-$	MS
鄂大麦 6 号	q	6 ~ 8	MS	2 ~ 3	R	3$^+$ ~ 4$^-$	MS	3$^+$ ~ 4$^-$	MS
鄂大麦 9 号	q	6$^-$	MS	1 ~ 3	R	4	S	3$^+$ ~ 4$^-$	S
鄂大麦 507	q	4	MR	6 ~ 7	MS	4	S	4$^-$ ~ 4	S
龙啤麦 1 号	s	6 ~ 7	MS	4 ~ 5	MR	0$^+$ ~ 1$^+$	R	0$^+$ ~ 1$^+$	R
龙啤麦 2 号	s	6 ~ 8	MS	6 ~ 7	MS	4$^-$ ~ 4	S	3$^+$ ~ 4	S
Favorit	t	5 ~ 6	MS	6 ~ 7	MS	4	S	3$^-$ ~ 3$^+$	MS
Morex	t	6 ~ 8	MS	4 ~ 5	MR	1 ~ 1$^+$	R	3 ~ 3$^+$	MS
S ~ 500	t	5 ~ 6	MS	3 ~ 6	MS	3$^+$ ~ 4	S	4$^-$ ~ 4	S
Bowman	t	8 ~ 9	S	6 ~ 7	MS	4$^-$ ~ 4	S	3$^+$ ~ 4	MS
MIRCO		7 ~ 8	S	6 ~ 8	S	3$^+$ ~ 4	S	4$^-$ ~ 4	S

抗病品种垦啤麦 5 号和垦啤麦 9 号的共同亲本为 Azare,其亲本为大麦叶斑病重要抗源 ND B112 的衍生品种,该抗源高抗我国叶斑病菌强毒性菌株;Azare 也是垦啤麦 1 号和垦啤麦 2 号的共同亲本,但都表现为感病,说明叶斑病抗性是由少数基因控制。垦啤麦 11 号亲本主要来源于日本材料,但该品种具有高水平稳定抗性。浙皮 3 号、4 号、6 号和浙原 18 在苗期或成株期表现为抗病,其抗性可能来自亲本朝日 19;浙啤 33、秀麦 11 和浙秀 12 的抗性可能来自于秀麦 1 号或者岗二;因为早熟 3 号为高感病品种,申麦 1 和 3 号抗性可能来自亲本戈贝纳(Y80-81)。目前还不能确定华大麦系品种抗叶斑病基因来源。凤大麦、垦啤和甘啤系类品种的核心亲本如 S 500 和法瓦维特等都是高感病材料,其后代品种多为感病。

2.5 核心亲本和祖先亲本分析

根据系谱分析中品种或品系在育种中利用的广泛程度及大麦品种与其余品种 COP 平均值比较,确定每个组的核心亲本(表 4)。组 a 的核心亲本包括 Azare、Ant90-2 和红日麦 1 号,组 b 品种的核心亲本 Bowman,这 2 个组内的品种系谱可追溯到抗大麦叶斑病品种 NDB112;早熟 3 号使用广泛,是组 e、k 和 r 的核心亲本之一,组 j 和 l 的系谱可追溯到 Favorit

和岗二。组 h、i、n、q、s 和组 t 成员主要为国外引进品种,或者其亲本多数为国外品种且来源广泛。组 a、c、e、g、k 和 r 部分品种的系谱可追溯到 20 世纪初澳大利亚骨干品种 Prior。

表 4　大麦品种的核心亲本及其祖先亲本的分析

Table 4　The core and primary parents of barley varieties

组序号 Group No.	类群或亚类群 Family or subfamily	代表性抗叶斑病品种 Typical spot blotch resistant variety	核心亲本 Core parent	祖先亲本 Primary parent
a	Ⅱ,Ⅵ-2,Ⅵ-3,Ⅵ-5	垦啤麦 5、9、11 号	Azare,红日麦 1 号,Ant90-2	NDB112,Kinred,Proctor,Prior
b	Ⅵ-3,Ⅵ-5	蒙啤麦 3 号	Bowman	NDB112
c	Ⅰ,Ⅳ,Ⅵ-1,Ⅵ-3	浙皮 3、4、6 号,浙啤 33,浙原 18	朝日 19,岗二	Prior
d	Ⅰ,Ⅳ,Ⅵ-1	浙秀 12,秀麦 11	秀麦 1 号	/
e	Ⅰ,Ⅳ,Ⅵ-1,Ⅵ-4	申麦 1、3 号	早熟 3 号,秀麦 1 号	Prior
f	Ⅲ	/	S 500	ARUPO
g	Ⅲ,Ⅴ,Ⅵ-1,Ⅵ-3,Ⅵ-4,Ⅵ-5	/	S 500,Schooner	ARUPO,Proctor,Prior
h	Ⅵ-1,Ⅵ-4,Ⅵ-5	/	/	/
i	Ⅴ,Ⅵ-1,Ⅵ-5	垦啤 6 号	/	/
j	Ⅴ,Ⅵ-5	/	Favorit	Union,Diamant
k	Ⅰ,Ⅵ-4,Ⅵ-5,Ⅵ-7		早熟 3 号,单二,美酿黄金	Prior
l	Ⅳ,Ⅵ-4,Ⅵ-5	扬农啤 6、8 号	岗二	/
m	Ⅱ,Ⅵ-6,Ⅵ-7,	华大麦 2、3、5、7、8 号	川农大 2 号,85V24,川裸 1 号、美里黄金	皮棱波,Proctor
n	Ⅰ,Ⅵ-4,Ⅵ-5,Ⅵ-6	驻大麦 3、5、6 号	85V24	/
o	Ⅵ-5,Ⅵ-6,Ⅵ-7	/	川裸 1 号	/
p	Ⅵ-4,Ⅵ-5,Ⅵ-6	/	85V24	/
q	Ⅵ-1,Ⅵ-5,Ⅵ-6	/	Harrington	/
r	Ⅰ,Ⅵ-4,Ⅵ-5	/	早熟 3 号,植 3	Prior
s	Ⅵ-5	龙啤麦 1 号	/	/
t	Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ,Ⅵ-1,Ⅵ-3	Morex	/	/

3　讨论

我国主栽大麦品种以国外引进的品种资源为主,直接推广利用或作为核心亲本加以利用,为目前大麦品种选育积累了丰富的遗传基础。然而各个育种单位常以当地优良的主栽品种作为亲本进行杂交、回交或复交,根据作物的农艺性状或与产量相关性状配置杂交组合,较少考虑其遗传背景组成的差异及来源,忽略了与其他优良品种的基因交流和补充,导致育成品种间的遗传基础日趋狭窄,很难培育出有突破性的优良品种[24]。通过对大麦种质资源研究,发掘调控不同类型的优良性状的基因并加以利用,有利于增加主产区大麦品种的遗传多样性,促进高产、稳产、优质、抗病、抗逆的大麦品种选育进程。

我国大麦系谱信息相对比较完整,运用亲缘系数聚类分析方法能够迅速简便揭示品种间的遗传差异及遗传多样性[25]。但是,亲缘系数法也存在不足之处,当系谱信息不完整时,容易造成一定的人为误差。因此,需要更加完善我国大麦品种资源的系谱信息,并结合分子标记等技术研究其遗传多样性,能更好挖掘优良品种的基因。本研究利用亲缘系数聚类分析方法将 155 个主栽品种(系)聚为 6 个类群,依据品种来源将所分析的品种划分为 20 个组,发现其中遗传背景相似或由地理分布接近的育种单位选育的品种都能较好的聚在同一类群或具有较近的亲缘关系。因选择不同地域来源的优良品种作为亲本,四川、河南和新疆等地选育的品种间遗传多样性较高,其他地区品种间遗传多样性性较低。组 a 和组 b 的品种之间因共有祖先亲本 Hector 而存在亲缘关系;浙江、上海、江苏、福建等地大麦育种单位由于选育的品种适用区域地理位置相邻、气候条件相似,导致在育种时会选择农艺性状和栽培条件接近的品种作育种亲本,如核心亲本早熟 3 号在该区域广泛利用;在云南和甘肃地区各自根据当地气候条件以及品种用途不同,分别选取适宜品种如 S500 和 Favorit 用作核心亲本。聚类在同一类群中的品种较

多使用共同的高产优质核心亲本,品种间亲缘关系较近,也使得来自同一个育种单位选育的品种间遗传多样性越来越狭窄。但在本研究中,发现我国一些育种单位选育的大麦品种间遗传多样性程度很高,如来自组 a、c 、g 和 k 的品种分别聚类在 4 ~ 5 个类群中(表 4)。此外,利用 RAPD 对 60 份包括西藏近缘野生大麦、地方品种、生产品种以及国外引进大麦品种进行全基因组检测,也发现我国栽培大麦品种间存在丰富的遗传多样性[26]。

由禾旋孢腔菌(*C. sativus*(Ito et kurib.)Drechsl.)侵染引起的大麦叶斑病是我国内蒙古东部地区以及黑龙江省大麦种植地区首要病害,造成严重经济损失。发掘抗病遗传资源、选育及推广利用抗病品种是防控叶斑病最经济有效的措施。在本研究中发现,核心亲本或祖先亲本中具有高抗叶斑病的基因资源,在非定向选择的条件下部分衍生品种具有良好抗性,如组 a 中的品种垦啤麦 5 号和垦啤麦 9 号可能包含大麦叶斑病重要抗源材料 ND B112 的遗传组分,在苗期和成株期均具有良好的抗性表型;利用 Bowman、Favorit、S500 和早熟 3 号等感病品种作为核心亲本的衍生品种中很少出现抗叶斑病品种。高抗品种垦啤麦 11 号亲本主要来自日本材料,但其抗源来源尚不清楚;高抗品种蒙啤麦 3 号系谱还不完整。因此可以从这些品种的亲本及其祖先亲本中筛选高抗叶斑病新基因资源。此外,多数华大麦系列品种表现为中抗水平,可以根据其系谱筛选鉴定新抗源。因此,利用系谱分析并结合抗病性鉴定结果,可以有效发掘大麦种质资源中抗叶斑病有效遗传资源,提高工作效率。

育成品种(系)遗传基础同质化是当前大麦等作物遗传育种中迫切需要解决的问题。因此,在选择亲本时应当参考系谱分析、生理性状分析及分子标记技术等,积极引入抗病抗逆等新基因,提高品种选育的可预见性,使我国大麦高产、优质和多抗育种事业有质的飞跃。

参考文献

[1] 李先德,孙致陆,张京. 2014 年世界和中国大麦生产与贸易形势及 2015 年展望[J]. 农业展望,2015(2):43-47

[2] Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops. Genetic Vulnerability of Major Crops[M]. Washington: National Academy Sciences,1972

[3] 刘文欣. 建国以来我国棉花品种遗传改良研究[D]. 北京:中国农业大学,2004

[4] 王起山,赵洪波,王明辉,等. 亲缘系数聚类法及其在浦东白猪遗传结构分析中的应用[J]. 上海畜牧兽医通讯,2009(4):30-31

[5] Souza E, Sorrels M E. Pedigree analysis of North American oat cultivars released from 1951 to 1985 [J]. Crop Sci, 1989, 29: 595-601

[6] 王江春,余松烈,王振林,等. 建国以来山东省小麦品种及其亲本的亲缘系数分析[J]. 中国农业科学,2006,39(4):664-672

[7] 徐晓丹,冯晶,蔺瑞明,等. 河南小麦主栽品系亲缘系数分析[J]. 麦类作物学报,2011,31(4):653 - 659

[8] 吕晓欢,冯晶,蔺瑞明,等. 2009-2010 年河南、河北、山东三省小麦区试品系(系)的亲缘系数分析[J]. 麦类作物学报,2013,33(5):455-460

[9] 闫双勇,马忠友,范俊山,等. 我国杂交粳稻恢复系的遗传多样性[J]. 贵州农业科学,2011,39(10):1-4

[10] 刘传光,周新桥,陈达刚,等. 华南地区常规籼稻主栽品种间亲缘系数分析[J]. 华南农业大学学报,2012,33(3):277-281

[11] 陈志德,沈一,刘永惠,等. 应用亲缘系数分析江苏花生品种的遗传多样性[J]. 华北农学报,2011,26(S):16-19

[12] 姜昱,李毅丹,郝文媛,等. 吉林省玉米骨干亲本的亲缘系数分析[J]. 玉米科学,2014,22(4):13-38

[13] 蔺瑞明,冯晶,陈万权,等译. 大麦病害概略[M]. 2 版. 北京:中国农业科学技术出版社,2014:96-98,150-152

[14] 兰国防,张凤英,包海柱,等. 大麦根腐病研究进展[J]. 大麦与谷类科学,2013(4):15-18

[15] Cox T S, Lookhart G L, Walker D E, et al. Genetic relationship among hard red winter wheat cultivars as evaluated by pedigree analysis and gliadin ployacrylamide gelelectrophoretic patterns [J]. Crop Sci, 1985, 25: 1058-1063

[16] Fetch T G Jr, Steffenson B J. Rating Scales for Assessing Infection Responses of Barley Infected with *Cochliobolus sativus* [J]. Plant Dis, 1999, 83: 213-217

[17] 浙江省农业科学院作物育种栽培研究所麦作组. “早熟 3 号”大麦的品种特性和栽培要点[J]. 浙江农业科学,1972(6):4-5

[18] 周军,李洁,刘世博,等. 垦啤麦系列大麦品种系谱分析[J]. 农业与技术,2012,32(8):18-19

[19] 王莉,钱龙昌,徐大勇. 啤酒大麦新品种苏引麦 2 号的品质研究初报[J]. 大麦科学,1992,32(3):36-38

[20] 杨兆兴,王效宗. 啤酒大麦法瓦维特推广与评价[J]. 大麦科学,1995,45(4):24-26

[21] 陈和. 日本二棱大麦品种发展和简介[J]. 大麦与谷类科学,1988(4):37-38

[22] 李洁. 黑龙江省啤酒大麦品种系谱分析[J]. 作物杂志,2004(4):44-46

[23] 杨煜峰. 日本啤酒大麦品种的演变及其系谱[J]. 麦类作物学报,1993(6):20-22

[24] 赖勇,王鹏喜,范贵强,等. 大麦 SSR 标记遗传多样性及其与农艺性状关联分析[J]. 中国农业科学,2013,46(2):233-242

[25] Murphy J P, Cox T S, Rodgers D M. Cluster analysis of red winter wheat cultivars based upon coefficients of parentage [J]. Crop Sci, 1986, 26(4): 672-676

[26] 侯永翠,颜泽洪,魏育明,等. 利用 RAPD 标记分析大麦种质资源的遗传多样性[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(2):145-150