

安徽省冬小麦品种大田条件下穗发芽抗性研究

朱利广 张玉坤 马庆 王勛 晁漫宁

(安徽省宿州市农业科学院,宿州 234000)

摘要:为了解安徽省冬小麦品种穗发芽抗性情况,筛选适合在皖北地区推广使用的抗穗发芽品种。小麦成熟期遭遇连续阴雨天气后,在大田条件下对92份小麦品种的穗发芽发生情况进行调查研究。结果表明,不同小麦品种穗发芽抗性差异极大,丰星麦8号、宿7034、徽研66、皖垦麦1702、柳紫黑麦1号、瑞麦618、烟农1212、万丰269、新世纪999共9个品种的整穗发芽率为0,可作为抗穗发芽资源加以利用。

关键词:皖北地区;小麦穗发芽;抗性;相关性

Research of Pre-Harvest Sprouting Resistances of Winter Wheat Varieties under Field Conditions in Anhui Province

ZHU Liguang, ZHANG Yukun, MA Qing, WANG Xu, CHAO Manning

(Suzhou Academy of Agricultural Sciences, Suzhou 234000, Anhui)

小麦穗发芽(PHS, Pre-harvest sprouting)是指小麦成熟期遭遇连续阴雨天气时籽粒在穗上发芽的现象,是一种世界性自然灾害,在美国、日本、加拿大、澳大利亚等小麦生产国发生较为严重,在国内也时有发生。穗发芽会导致小麦蛋白质和脂肪含量降低,内源 α -淀粉酶活性增强,使面团耐揉性降低和黏性增加,难以成团^[1],造成小麦产量和品质降低,影响小麦的食用和种用价值,带来严重的经济损失^[2]。在我国五大小麦产区中,一般在长江中下游冬麦区、西南冬麦区和东北春麦区穗发芽发生较为频繁,但由于品种选育过程中穗发芽抗性选择压力小、小麦成熟期雨水增多等原因,黄淮和北方冬麦区发生穗发芽的风险也有加重趋势^[1]。皖北地区属于黄淮冬麦区南片,是我国重要的小麦生产区域之一,在2015年、2018年均遭受穗发芽灾害^[3],给当地种植户带来较大经济损失,对地方粮食稳产增产不利。因此选育抗穗发芽品种对皖北地区小麦生产具有重要意义^[4],是小麦抗逆育种的主要方向之一^[5]。

有研究表明,小麦穗发芽抗性受麦穗持水特

性、颖壳特征、籽粒含水量、作物种子内源激素、种子休眠水平等内部因素以及温度、空气湿度等外界因素共同影响。其中种子休眠水平是决定小麦穗发芽抗性强弱的主要因素^[6-7],但同一品种的种子在不同的温度和湿度环境下其休眠特性也有变化,细胞膜可以感应温度变化对其休眠情况进行调整,一般随着温度升高,种子穗发芽发生呈变弱趋势,另外随着温度的升高,小麦整穗的含水量和籽粒吸水能力也都呈下降趋势,进而降低穗发芽发生的概率^[8-9]。小麦的穗发芽抗性是由多基因控制的数量性状^[10],目前在穗发芽抗性基因研究上取得了不错的进展,已经定位到的与小麦穗发芽抗性相关的QTLs有42个,已经成功克隆的小麦穗发芽抗性相关基因也有6个^[11],但研究成果应用于培育新品种的进展相对缓慢,目前国内利用转基因与基因编辑技术获得的材料安全证书获取较为困难,可行性较高的分子育种手段是分子标记辅助育种,但国内利用此类技术育成抗穗发芽品种的案例亦鲜有报道,从基因研究到新品种培育还需做出很多努力。

2023年5月下旬皖北地区遭遇多日连续阴雨天气,穗发芽现象发生较为普遍。整穗发芽法能综

基金项目:安徽小麦良种联合攻关(2021-)

通信作者:张玉坤

合反映小麦穗发芽的抗性,是常用的小麦穗发芽抗性鉴定方法^[12]。本文以适合在该地区推广种植的92个小麦品种为研究对象,结合田间调查和室内考种,采用整穗发芽法对其在自然条件下大田穗发芽情况进行调查和分析。旨在筛选穗发芽抗性较强的种质资源,并探索在不同小麦品种中穗发芽发生的规律,以期为该地区推广品种选择和抗穗发芽育种提供参考。

1 材料与方

1.1 试验材料 本研究共涉及小麦品种94份,包括近3年通过国家审定(适宜区域含安徽省)和安徽省审定、引种备案的小麦新品种92个,以及济麦22与周麦36两个对照。94个品种中除柳紫黑麦1号外均为白皮小麦。

1.2 试验概况 参试品种均种植在宿州市埇桥区朱仙庄镇宿州市农业科学院试验基地(国家农作物品种展示评价基地),播期2022年10月21日,播量12.5kg/667m²,田间管理同大田生产。各品种小麦从2023年5月中旬开始陆续转色,陆续由灌浆期进入成熟期。5月21-30日基地出现阴雨天气,期间降雨量累计15.5mm,主要集中在5月26日、28日(图1),5月26-30日连续阴天。虽然降雨量不大,但连续阴雨、空气湿度大为穗发芽发生创造了很好的自然条件。

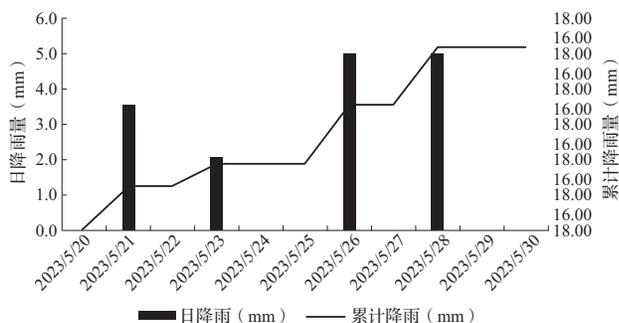


图1 基地所在朱仙庄水文站逐日降雨量过程图

1.3 试验调查

1.3.1 穗发芽情况调查 在5月29-30日连续2d取样调查,每品种每次随机取10穗,手工脱粒,以籽粒胚部表皮破裂为发芽标准,统计各品种总粒数和发芽粒数,计算整穗发芽率。取发芽率较高的一次数据代表该品种的整穗发芽率。整穗发芽率以X计,数值以%表示,按公式(1)计算。

$$X = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

式中n为10穗发芽粒数,以粒表示;N为10穗总粒数,以粒表示;计算结果精确到小数点后2位。

1.3.2 穗发芽相关性调查 5-6月份田间进行全生育期、株高和有效穗数等农艺性状调查,收获后室内考种进行穗粒数和千粒重等籽粒性状调查。

1.4 数据分析 采用Microsoft Excel 2013软件对各品种的整穗发芽率和其他性状进行统计分析。采用SPSS Statistics 21软件计算整穗发芽率与各主要农艺性状的相关性。

2 结果分析

2.1 整穗发芽率统计分析 参试品系的整穗发芽率鉴定结果见表1。92个参试品种整穗发芽率在0~32.21%之间,平均为2.88%,其中丰星麦8号、宿7034、徽研66、皖垦麦1702、柳紫黑麦1号、瑞麦618、烟农1212、万丰269、新世纪999等9个品种整穗发芽率为0,整穗发芽率最高的是丰星麦2号,为32.21%。对照济麦22与对照周麦36整穗发芽率分别是0.28%和1.71%。

各品种整穗发芽率分布情况(表2)显示,大田条件下有15个品种整穗发芽率低于或等于济麦22和周麦36,表现出较好的穗发芽抗性;13个品种整穗发芽率超过5%,受穗发芽灾害较为严重。

2.2 变异系数分析 由表3可知,92个参试品种的各农艺性状变异性有较大差异。整穗发芽率的变异系数最大,达149.06%,说明在连续阴雨条件下各品种小麦的整穗发芽率存在强变异性,即相同环境条件下不同小麦品种的穗发芽抗性差异极大。有效穗数、穗粒数、千粒重的变异系数分别为11.84%、13.38%、10.43%,说明不同品种小麦在产量构成三要素方面存在比较丰富的变异性,但变异性不强。全生育期、株高和产量的变异系数分别为0.54%、5.74%、5.03%,变异性较弱,说明这些品种在这3个方面的表现差异性不明显。

2.3 整穗发芽率与各农艺性状的相关性分析 对参试品种的整穗发芽率与各农艺性状进行相关性分析(表4),结果显示:整穗发芽率与全生育期呈显著负相关,与株高、有效穗数、穗粒数、千粒重之间呈正相关,但不显著。推断原因是生育期长的品种籽粒尚在灌浆期未达到生理成熟,避开了此轮阴雨天气危害。

表1 参试小麦品种大田条件下整穗发芽率鉴定结果

品种	总粒数	发芽粒数	整穗发芽率 (%)	品种	总粒数	发芽粒数	整穗发芽率 (%)	品种	总粒数	发芽粒数	整穗发芽率 (%)
安农 185	359	11	3.06	瑞华麦 549	344	7	2.03	濮麦 117	490	13	2.65
皖宿 0838	445	1	0.22	中育 9302	486	50	10.29	谷神 28	387	3	0.78
皖宿 1510	348	1	0.29	漯麦 49	412	7	1.70	瑞华麦 502	365	5	1.37
宿 4128	304	9	2.96	皖麦 818	308	13	4.22	鲁研 955	285	1	0.35
宿 4185	396	6	1.52	新世纪 878	337	32	9.50	保麦 158	367	15	4.09
皖宿 0313	354	3	0.85	徽研 1722	397	1	0.25	新世纪 169	484	32	6.61
安科 1618	349	2	0.57	苏研麦 658	328	4	1.22	紫麦 19	340	6	1.76
皖宿 0628	325	21	6.46	柳紫黑麦 1号	297	0	0	天益科麦 7号	453	46	10.15
安农 1589	370	9	2.43	永民麦 1号	453	6	1.32	郑科 11	438	14	3.20
皖垦麦 22	406	17	4.19	梦麦 2号	404	2	0.50	隆麦 9910	410	12	2.93
恒进麦 9号	432	6	1.39	谷神 158	483	7	1.45	恒进麦 8号	425	13	3.06
皖农 0907	375	6	1.60	丰星麦 2号	357	115	32.21	富麦 668	372	18	4.84
徐麦 38	502	2	0.40	郑麦 18	533	27	5.07	中麦 578	242	21	8.68
华成 5155	336	3	0.89	淮麦 55	432	7	1.62	徐麦 818	479	8	1.67
皖宿 906	394	2	0.51	丰星麦 8号	457	0	0	徐麦 163	343	12	3.50
皖垦麦 9号	459	2	0.44	伟隆 169	443	10	2.26	烟农 1212	410	0	0
徽研 66	408	0	0	阜麦 13	364	7	1.92	万丰 269	326	0	0
安科 1803	440	19	4.32	中育 1686	411	7	1.70	中研麦 688	518	12	2.32
新麦 45	354	8	2.26	徐麦 706	320	7	2.19	柳麦 521	380	1	0.26
皖垦麦 1702	301	0	0	中科 166	325	9	2.77	淮麦 44	362	1	0.28
皖新麦 799	430	3	0.70	华皖麦 10号	390	5	1.28	新世纪 999	429	0	0
华成 3077	408	27	6.62	利麦 1号	371	4	1.08	中育 1211	338	8	2.37
隆平 899	415	1	0.24	涡育 16	417	3	0.72	国禾麦 3号	316	8	2.53
金麦 106	461	13	2.82	谷神麦 19	370	6	1.62	艾麦 180	434	1	0.23
新研 7号	340	10	2.94	鲁研 128	400	5	1.25	安农 1687	393	11	2.80
烟宏 2000	409	10	2.44	东昌 668	379	6	1.58	中原国科 1号	356	7	1.97
丰德存麦 23	423	41	9.69	丰德存麦 12	367	11	3.00	宿 6165	466	5	1.07
阜麦 15	327	6	1.83	瑞麦 618	352	0	0	宿 7034	404	0	0
阜航麦 1号	366	2	0.55	西农 059	469	7	1.49	皖宿 21	490	2	0.41
皖垦麦 1506	364	60	16.48	柳麦 716	300	7	2.33	济麦 22 (CK)	355	1	0.28
皖农 398	427	25	5.85	荣华 116	486	7	1.44	周麦 36 (CK)	469	8	1.71
丰星麦 4号	313	40	12.78								

表2 参试小麦品种整穗发芽率分布情况

项目	X=0	0<X ≤ 0.28%	0.28%<X ≤ 1.71%	1.71%<X ≤ 5%	5%<X ≤ 10%	X>10%
品种数	9	6	33	31	8	5
占比(%)	9.78	6.52	35.87	33.70	8.70	5.43

济麦 22 发芽率为 0.28% ;周麦 36 发芽率为 1.71%

表3 参试小麦品种主要性状的变异性

性状	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数(%)
整穗发芽率(%)	32.21	0	2.88	4.30	149.06
全生育期(d)	217.00	213.00	217.10	1.18	0.54
株高(cm)	93.00	67.00	81.00	4.65	5.74
有效穗数(万穗/667m ²)	56.80	32.50	44.98	5.32	11.84
穗粒数(粒/穗)	49.90	23.40	34.93	4.67	13.38
千粒重(g)	58.10	30.50	46.88	4.89	10.43
产量(kg/667m ²)	727.16	556.79	646.46	32.50	5.03

表4 参试小麦品种穗发芽率与主要性状的相关性

	生育期	株高	有效穗数	穗粒数	千粒重
整穗发芽率	-0.226*	0.104	0.016	0.030	0.149

*表示在 0.05 水平上显著相关

3 讨论与结论

3.1 筛选出一批穗发芽抗性较强的种质资源 经历连续阴雨天气后,92个参试品种整穗发芽率平均为2.88%,总体未受到较大影响。但提前进入成熟期的小麦品种受害程度较重。原因可能是按照正常小麦生育期发展,此轮阴雨天气主要发生在小麦灌浆期后期,小麦尚未完全成熟,大多数品种不易发生穗发芽。由于一部分小麦品种因生育期本身较短、成熟期早,受害较为严重。丰星麦8号、宿7034、徽研66、皖垦麦1702、柳紫黑麦1号、瑞麦618、烟农1212、万丰269、新世纪999等9个品种的穗发芽发生率为0,说明其穗发芽抗性强,育种工作中可以结合这些品种其他性状特征参考使用。其中丰星麦8号、烟农1212、新世纪999品种在产量方面也表现突出,每667m²分别取得了727.16kg、703.71kg、692.00kg的高产,居参试品种的第1、4、9位,推荐在皖北地区推广种植。

3.2 小麦穗发芽的主要因素及与其他农艺性状的相关性 小麦穗发芽是一个复杂过程,受多因素共同影响。往年年份皖北地区麦收季节往往温度较高、空气湿度较低,多数品系不发生穗发芽,其抗性差异表现不明显,因此选育抗穗发芽品种困难较大^[13]。但有研究表明,小麦穗发芽抗性与其他农艺性状存在相关性,马文洁等^[14]发现小麦整穗发芽率与小麦籽粒颜色呈极显著正相关,与千粒重、小穗密度呈显著正相关。罗江陶等^[15]也认为红皮小麦穗发芽抗性较强,白皮小麦一般抗性较弱。本研究发现,在大田条件下,面对近10d阴雨天气,92个参试品种的穗发芽率从0~32.21%不等,并且有8个白皮小麦品种穗发芽率为0,表现出强穗发芽抗性。这说明不同种质间的穗发芽抗性存在显著差异,并且在白皮小麦中也存在一批穗发芽抗性较好的种质资源。相关性分析发现,小麦穗发芽率与全生育期呈极显著负相关,说明全生育期延长,有利于小麦穗发芽抗性加强。出现这一现象的原因可能是生育期较长的

品种在遭遇熟期阴雨天气时,种子休眠期尚未结束,不易发芽^[16]。

参考文献

- [1] 闫长生,张海萍,海林 张秀英,胡琳,胡汉桥,蒲宗君,肖世和. 中国小麦品种穗发芽抗性差异的研究. 作物学报,2006(4): 580-587
- [2] 丁琦,张延滨,李集临,张欣欣,赵海滨,宋庆杰,张春利. 穗发芽小麦面团流变学特性动态研究初探. 黑龙江农业科学,2012,215(5): 1-5
- [3] 万映秀,曹文昕,张琪琪,李炎,李耀,刘方方,张平治. 抗穗发芽小麦新种质的筛选与鉴定. 安徽农业科学,2019,47(8): 15-17,30
- [4] 陈杰,白冬,宋佳静,朱保磊,陈建辉,徐永贵,冉午玲,宋全昊,许海涛,赵立尚,朱统泉. 黄淮麦区小麦穗发芽相关基因的等位变异检测及分布. 分子植物育种,http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230705.1352.012.html
- [5] 陈杰,张星宇,白冬,宋佳静,宋全昊,赵立尚,朱统泉,朱保磊,陈建辉,张香粉. 黄淮麦区(南片)小麦穗发芽抗性评价及其等位基因检测. 分子植物育种,2023,21(14): 4694-4701
- [6] 何震天,陈秀兰,韩月澎. 白皮小麦抗穗发芽研究概况. 种子,2000(2): 36-38
- [7] 张兆萍,周丽敏,宋晓朋,连俊方,孙道杰. 小麦穗发芽抗性鉴定及相关分子标记的有效性验证. 麦类作物学报,2015,35(3): 300-305
- [8] 杜世超,薛盈文,郭伟,于立河. 不同温湿度环境对黑龙江省春小麦穗发芽的影响. 湖北农业科学,2022,61(3): 26-31
- [9] 王晨光,王殿轩,渠琛玲,迟晓元,刘晓莉. 干燥花生荚果在不同温湿度条件下的水分含量及霉变研究. 河南工业大学学报:自然科学版,2020,41(3): 94-99
- [10] 朱玉磊,王升星,赵良侠,张德新,胡建帮,曹雪连,杨亚杰,常成,马传喜,张海萍. 以关联分析发掘小麦整穗发芽抗性基因分子标记. 作物学报,2014,40(10): 1725-1732
- [11] 黄义文,代旭冉,刘宏伟,杨丽,买春艳,于立强,刘朝辉,李洪杰,周阳,张宏军. 小麦抗穗发芽基因挖掘及分子育种进展. 麦类作物学报,2021,41(2): 147-156
- [12] 谢磊,任毅,张新忠,王继庆,张志辉,石书兵,耿洪伟. 小麦穗发芽性状的全基因组关联分析. 作物学报,2021,47(10): 1891-1902
- [13] 李玉营,马东方,王晓玲,方正武. 小麦穗发芽鉴定方法的比较与分析. 广西植物,2016,36(3): 261-266
- [14] 马文洁,张传量,宋晓朋,冯洁,崔紫霞,孙道杰. 不同麦区小麦品种穗发芽抗性及其与穗部性状的相关性. 麦类作物学报,2016,36(10): 1269-1274
- [15] 罗江陶,郑建敏,蒲宗君,李式昭. 四川省小麦品种(系)穗发芽抗性评价. 中国农学通报,2019,35(5): 1-6
- [16] 高剑波,潘建梅,陆钦武,潘久发,许美刚. 小麦田间穗发芽的影响因素及防止对策. 种子科技,2006(3): 39-41

(收稿日期:2023-07-19)