



刘春来,杨帆,王爽,等.黑龙江省不同积温带种植玉米品种对四种病害的抗性鉴定与评价[J].黑龙江农业科学,2020(4):47-52.

黑龙江省不同积温带种植玉米品种对四种病害的抗性鉴定与评价

刘春来,杨帆,王爽,刘亮,蒋希峰,刘宇,李新民

(黑龙江省农业科学院植物保护研究所/农业部哈尔滨作物有害生物科学观测实验站,黑龙江哈尔滨 150086)

摘要:为指导玉米抗性品种的合理布局,以玉米大斑病、茎腐病、灰斑病和穗腐病为靶标病害,采用田间人工接种鉴定方法,对供试玉米品种进行了2年的重复抗性鉴定。结果表明:不同品种对同一病害抗性差异明显。经2年重复抗性鉴定,筛选出对玉米大斑病和茎腐病均表现出中抗以上品种19份,其中富尔1号、福园2号、龙单38、北单3号和金庆707为多抗品种;在对大斑病和茎腐病均表现中抗以上的基础上,筛选出兼抗穗腐病玉米品种18份,兼抗灰斑病玉米品种5份。

关键词:玉米品种;积温带;抗性鉴定;兼抗品种;多抗品种

玉米是黑龙江省重要的粮食作物。近几年来,在农业供给侧结构性改革的背景下,在黑龙江省持续推进“减玉米、控水稻、增豆类、扩杂粮果蔬”种植结构调整的影响下,黑龙江省玉米的种植面积有所减少,但玉米的播种面积仍居各种作物播种面积之首。由于气候变化,免少耕播种、密植和秸秆还田等种植方式的改变,生产中单一品种的大面积种植等因素,及相应的玉米病虫害预测预报与综合防控技术体系的严重滞后,导致玉米病虫害发生逐年加重^[1]。已成为严重制约黑龙江省玉米高产稳产的重要因素。玉米大斑病、丝黑穗病和茎腐病是黑龙江省玉米生产中的常发性和主要病害^[2]。玉米丝黑穗病由于抗病品种和种衣剂包衣技术的推广使用,目前得到了很好的控制;但玉米大斑病和茎腐病仍普遍发生;玉米灰斑病和穗腐病为次要病害,也呈现逐年发生严重趋势。据报道2005年玉米病害发生面积达到150.24万hm²次,占当年玉米总播种面积的55%,2013年玉米病害面积达最高的198.04万hm²^[3]。近几年来,玉米病害的发生面积虽有所降低,但仍对玉米生产造成严重威胁。应用抗病品种是防治玉米病害的最为经济和有效的途径,而抗病种质鉴定与筛选则是

抗病育种的基础^[4]。本研究针对黑龙江省玉米病害严重发生的实际情况,采用田间人工接种抗病鉴定方法,于2018-2019年对收集于不同积温带种植的玉米品种进行了田间抗病性鉴定与评价,以期获得多(兼)的种质材料,为丰富抗病种质资源和抗病品种的合理布局提供基础材料和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米品种:2018年收集黑龙江省不同积温带种植玉米品种共40份。2019年供试的玉米品种共25份,是在2018年已鉴定对玉米成株期主要大斑病和茎腐病表现中抗以上的基础上进行的重复鉴定,两年所使用的玉米品种情况如表1所示。

供试病原菌:玉米大斑病菌(*Exserohilum turcicum*);玉米茎腐病菌(*Fusarium graminearum*);玉米灰斑病菌(*Cercospora zeae-maydis*)和玉米穗腐病菌(*Fusarium graminearum*)。病原菌由植保所植物病害研究室保存、复壮,并固体培养扩繁供田间接种用。

1.2 方法

1.2.1 玉米大斑病抗性鉴定方法 鉴定圃设在哈尔滨市道外区民主乡黑龙江省现代农业示范区,每份鉴定品种种植行长5m,2行区,3次重复,常规整作,正常田间管理。在玉米喇叭口期进行叶片喷雾接种大斑病菌孢子悬浮液(1×10^6 个·mL⁻¹)。在玉米乳熟期进行病害调查。田间病害分级参照NY/T 1248.1-2016^[5]。

收稿日期:2020-02-14

基金项目:国家重点研发计划“科技部粮食丰产增效科技创新”重点专项项目(2017YFD0300504)。

第一作者:刘春来(1975-),男,博士,副研究员,从事植物病虫害生物防治研究。E-mail:liuchunlai@163.com。

通信作者:李新民(1963-),男,硕士,研究员,从事植物病虫害生物防治研究。E-mail:xinmin63@163.com。

表 1 供试的玉米品种
Table 1 Maize varieties in the experiment

序号 No.	2018		序号 No.	2019	
	品种名称 Varieties	积温带 Accumulated temperature zones		品种名称 Varieties	积温带 Accumulated temperature zones
1	天合 1 号	4	1	天合 1 号	4
2	德美亚 1	3	2	德美亚 1 号	3
3	先锋 38P05	3	3	德美亚 3 号	3
4	德美亚 3 号	3	4	绿单 2 号	3
5	绿单 2 号	3	5	福园 2 号	3
6	鑫科玉 2 号	3	6	鑫科玉 2 号	3
7	福园 2 号	3	7	鑫鑫 1 号	2
8	鑫鑫 1 号	2	8	鹏成 216	2
9	鹏成 216	2	9	星单 3 号	2
10	丰垦 139	2	10	龙单 38	2
11	龙育 828	2	11	龙单 69	1
12	东农 266	2	12	富尔 1 号	1
13	天合 2 号	2	13	鹏玉 2 号	1
14	兴丰 68	2	14	先正达 408	1
15	鹏玉 1 号	2	15	穗玉 85	1
16	星单 3 号	2	16	正泰 1 号	1
17	吉农大 935	2	17	天农 9 号	1
18	金博士 813	2	18	省原 80	1
19	龙育 2 号	2	19	稷秠 107	1
20	先玉 696	2	20	益农玉 10 号	1
21	龙单 38	2	21	德誉 1 号	1
22	龙单 69	1	22	北单 3 号	1
23	富尔 1 号	1	23	东农 264	1
24	鹏玉 2 号	1	24	京农科 728	1
25	先正达 408	1	25	金庆 707	1
26	穗玉 85	1			
27	正泰 1 号	1			
28	天农 9 号	1			
29	省原 80	1			
30	稷秠 107	1			
31	益农玉 10 号	1			
32	德誉 1 号	1			
33	泉润 567	1			
34	北单 3 号	1			
35	东农 264	1			
36	鹏玉 6 号	1			
37	禾育 187	1			
38	京农科 728	1			
39	先玉 335	1			
40	金庆 707	1			

1.2.2 玉米灰斑病抗性鉴定方法 鉴定圃设在哈尔滨市道外区民主乡黑龙江省现代农业示范区,每份鉴定品种种植行长 5 m,2 行区,3 次重复,常规垄作,正常田间管理。灰斑病病原菌采用诱导产孢法进行扩繁,并配制成分生孢子悬浮液,在玉米喇叭口期喷雾接种。在玉米乳熟期进行病害调查。田间病害分级参照 NY/T 1248.11-2016^[5]。

1.2.3 玉米镰孢茎基腐病抗性鉴定方法 鉴定圃设在哈尔滨市道外区民主乡黑龙江省现代农业示范区,每份鉴定品种种植行长 5 m,4 行区,3 次重复,常规垄作,正常田间管理。接种时期为玉米大喇叭口期至抽雄初,接种时扒开玉米根系一侧土壤,在每株根部接种经扩繁培养的禾谷镰孢菌高粱粒菌种 30 g,覆土后并保持土壤湿润,以使病原菌能够正常侵染根系组织并沿根系向茎秆蔓延。在玉米乳熟期进行病害调查。田间病害分级参照 NY/T 1248.7-2016^[5]。

1.2.4 玉米禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定方法 鉴定圃设在哈尔滨市道外区民主乡黑龙江省现代农业示范区,每份鉴定品种种植行长 5 m,2 行区,3 次重复,常规垄作,正常田间管理。接种时期为玉米吐丝后 4~7 d,将禾谷镰孢菌经高粱粒扩繁后,配制成 2×10^6 个 \cdot mL⁻¹的孢子悬浮液,用注射器将孢悬液按每穗 2 mL 的接种量注入到花丝通道。在玉米蜡熟期进行病害调查。田间病害分级参照 NY/T 1248.8-2016^[5]。

2 结果与分析

2018 年对供试的 40 份玉米品种,利用田间人工接种鉴定方法,对玉米成株期 4 种病害进行了抗性鉴定。由表 2 可知,对玉米大斑病有 25 份表现为中抗(MR),9 份表现为感(S),6 份表现为高感(HS);对茎腐病有 32 份表现为高抗(HR),3 份表现为抗(R),5 份表现为中抗(MR);对灰斑病有 14 份表现为中抗(MR),19 份表现为感(S),7 份表现为高感(HS);对穗腐病有 22 份表现为抗(R),17 份表现为中抗(MR),1 份表现为感(S)。

在 2019 年通过田间人工接种鉴定筛选出的对玉米成株期重要病害玉米大斑病和茎腐病表现中抗以上的 25 份玉米材料进行了 4 种病害的重复抗性鉴定,由表 3 可知,25 份玉米品种中对大斑病有 19 份表现为中抗(MR),6 份表现为感(S);对茎腐病有 17 份表现为高抗(HR),3 份

表现为抗(R),5 份表现为中抗(MR);对灰斑病 4 份表现为高感(HS);对穗腐病有 15 份表现为有 8 份表现为中抗(MR),13 份表现为感(S), 抗(R),9 份表现为中抗(MR),1 份表现为感(S)。

表 2 2018 年供试玉米品种对 4 种病害接种抗性鉴定结果

Table 2 Identification results of resistance on maize varieties to 4 diseases in 2018

序号 No.	品种名称 Varieties	大斑病		茎腐病		穗腐病		灰斑病	
		Northern leaf blight		Fusarium stalk rot		Fusarium ear rot		Gray leaf spot	
		病级	抗性评价	发病率	抗性评价	病级	抗性评价	病级	抗性评价
		Disease grades	Resistance evaluation	Incidence rate/%	Resistance evaluation	Disease grades	Resistance evaluation	Disease grades	Resistance evaluation
1	天合 1 号	5	MR	3.0	HR	2.5	R	9	HS
2	德美亚 1 号	5	MR	3.3	HR	2.8	R	7	S
3	先锋 38P05	9	HS	22.9	MR	3.6	MR	9	HS
4	德美亚 3 号	5	MR	16.9	MR	3.9	MR	9	HS
5	绿单 2 号	5	MR	12.7	MR	2.9	R	7	S
6	鑫科玉 2 号	5	MR	10.7	MR	3.8	MR	7	S
7	福园 2 号	5	MR	3.5	HR	2.6	R	5	MR
8	鑫鑫 1 号	5	MR	1.7	HR	4.0	MR	7	S
9	鹏成 216	5	MR	0.0	HR	6.2	S	7	S
10	丰垦 139	9	HS	2.8	HR	3.3	R	7	S
11	龙育 828	7	S	2.5	HR	4.0	MR	7	S
12	东农 266	9	HS	1.3	HR	2.6	R	7	S
13	天合 2 号	7	S	3.6	HR	4.6	MR	9	HS
14	兴丰 68	9	HS	0.0	HR	5.1	MR	7	S
15	鹏玉 1 号	7	S	2.1	HR	4.2	MR	7	S
16	星单 3 号	5	MR	3.8	HR	3.1	R	7	S
17	吉农大 935	7	S	0.0	HR	2.8	R	5	MR
18	金博士 813	9	HS	0.0	HR	3.9	MR	7	S
19	龙育 2 号	7	S	1.3	HR	4.1	MR	5	MR
20	先玉 696	7	S	0.0	HR	3.0	R	5	MR
21	龙单 69	5	MR	0.0	HR	2.5	R	5	MR
22	富尔 1 号	5	MR	0.0	HR	2.6	R	5	MR
23	鹏玉 2 号	5	MR	1.9	HR	3.4	R	7	S
24	先正达 408	5	MR	0.0	HR	3.5	R	7	S
25	穗玉 85	5	MR	0.0	HR	2.9	R	9	HS
26	正泰 1 号	5	MR	5.7	R	5.4	MR	7	S
27	天农九	5	MR	3.6	HR	3.6	MR	7	S
28	省原 80	5	MR	0.0	HR	4.3	MR	7	S
29	稷秣 107	5	MR	1.4	HR	3.9	MR	5	MR
30	益农玉 10 号	5	MR	9.2	R	5.5	MR	7	S
31	德誉 1 号	5	MR	2.7	HR	2.1	R	5	MR
32	泉润 567	7	S	0.0	HR	2.3	R	5	MR
33	北单 3 号	5	MR	1.2	HR	1.8	R	5	MR
34	东农 264	5	MR	8.1	R	2.6	R	9	HS
35	鹏玉 6 号	9	HS	12.8	MR	4.2	MR	9	HS
36	禾育 187	7	S	0.0	HR	5.0	MR	7	S
37	京农科 728	5	MR	0.0	HR	2.9	R	5	MR
38	龙单 38	5	MR	3.0	HR	3.1	R	5	MR
39	先玉 335	7	S	0.0	HR	2.3	R	5	MR
40	金庆 707	5	MR	0.0	HR	3.2	R	5	MR

表 3 2019 年供试玉米品种对 4 种病害接种抗性鉴定结果
Table 3 Identification results of resistance of maize varieties to 4 diseases in 2019

序号 No.	品种名称 Varieties	大斑病 Northern leaf blight		茎腐病 <i>Fusarium</i> stalk rot		穗腐病 <i>Fusarium</i> ear rot		灰斑病 Gray leaf spot	
		病级 Disease grades	抗性评价 Resistance evaluation	发病率 Incidence rate/%	抗性评价 Resistance evaluation	病级 Disease grades	抗性评价 Resistance evaluation	病级 Disease grades	抗性评价 Resistance evaluation
1	龙单 69	5	MR	3.8	HR	2.9	R	7	S
2	富尔 1 号	5	MR	3.3	HR	3.4	R	5	MR
3	福园 2 号	5	MR	4.6	HR	1.9	R	5	MR
4	龙单 38	5	MR	4.8	HR	3.4	R	5	MR
5	天合 1 号	5	MR	5.6	R	3.2	R	9	HS
6	鑫科玉 2 号	7	S	15.0	MR	5.1	MR	7	S
7	绿单 2 号	7	S	18.4	MR	3.4	R	7	S
8	益农玉 10 号	7	S	11.7	MR	4.4	MR	7	S
9	鑫鑫 1 号	5	MR	4.6	HR	3.6	MR	7	S
10	鹏玉 2 号	5	MR	4.9	HR	3.5	R	7	S
11	先正达 408	5	MR	3.3	HR	4.0	MR	7	S
12	穗玉 85	5	MR	2.9	HR	3.2	R	9	HS
13	北单 3 号	5	MR	3.0	HR	2.7	R	5	MR
14	正泰 1 号	5	MR	9.3	R	4.9	MR	7	S
15	天农 9 号	5	MR	4.5	HR	4.0	MR	7	S
16	省原 80	5	MR	3.5	HR	3.5	R	7	S
17	稷秠 107	7	S	2.8	HR	3.7	MR	5	MR
18	德誉 1 号	7	S	4.2	HR	3.1	R	5	MR
19	鹏成 216	5	MR	3.1	HR	5.9	S	7	S
20	京农科 728	7	S	1.7	HR	2.8	R	5	MR
21	金庆 707	5	MR	3.8	HR	4.1	MR	5	MR
22	德美亚 1 号	5	MR	6.5	R	3.4	R	7	S
23	德美亚 3 号	5	MR	19.1	MR	4.3	MR	9	HS
24	星单 3 号	5	MR	4.8	HR	2.9	R	7	S
25	东农 264	5	MR	12.8	MR	3.4	R	9	HS

鉴于玉米大斑病和茎腐病目前是黑龙江省玉米生产中成株期的重要病害。通过连续 2 年(2018 和 2019 年)对 25 份玉米品种进行了田间接种重复鉴定,不同玉米品种对 4 种病害的抗性反应结果见表 4。筛选出对玉米大斑病和茎腐病均表现出中抗(MR)以上品种共有 19 份,其中富尔 1 号、福园 2 号、龙单 38、北单 3 号和金庆 707 对大斑病、灰斑病、穗腐病和茎腐病均表现中

抗以上,为多抗品种。
同时对参试的 25 份玉米品种田间人工接种重复鉴定结果表明,在对大斑病和茎腐病均表现中抗(MR)以上的基础上,兼抗穗腐病玉米品种有 18 份;兼抗灰斑病玉米品种有 5 份。由于玉米穗腐病和灰斑病在黑龙江省局局部地区点片发生,在利用抗病品种种植布局上,该区域应选用兼抗玉米穗腐病或灰斑病的品种。

表 4 不同玉米品种对 4 种病害抗性响应统计结果

Table 4 Statistical results of resistance response of different maize varieties to 4 diseases

序号 No.	品种 Varieties	大斑病 Northern leaf blight		茎腐病 <i>Fusarium</i> stalk rot		穗腐病 <i>Fusarium</i> ear rot		灰斑病 Gray leaf spot	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
1	龙单 69	MR	MR	HR	HR	R	R	MR	S
2	富尔 1 号	MR	MR	HR	HR	R	R	MR	MR
3	福园 2 号	MR	MR	HR	HR	R	R	MR	MR
4	龙单 38	MR	MR	HR	HR	R	R	MR	MR
5	天合 1 号	MR	MR	HR	R	R	R	HS	HS
6	鑫科玉 2	MR	S	MR	MR	MR	MR	S	S
7	绿单 2 号	MR	S	MR	MR	R	R	S	S
8	益农玉 10 号	MR	S	R	MR	MR	MR	S	S
9	鑫鑫 1 号	MR	MR	HR	HR	MR	MR	S	S
10	鹏玉 2 号	MR	MR	HR	HR	R	R	S	S
11	先正达 408	MR	MR	HR	HR	R	MR	S	S
12	穗玉 85	MR	MR	HR	HR	R	R	S	HS
13	北单 3 号	MR	MR	HR	HR	R	R	MR	MR
14	正泰 1 号	MR	MR	R	R	MR	MR	S	S
15	天农 9 号	MR	MR	HR	HR	MR	MR	S	S
16	省原 80	MR	MR	HR	HR	R	R	S	S
17	稷秠 107	MR	S	HR	HR	MR	MR	MR	MR
18	德誉 1 号	MR	S	HR	HR	R	R	MR	MR
19	鹏成 216	MR	MR	HR	HR	S	S	S	S
20	京农科 728	MR	S	HR	HR	R	R	MR	MR
21	金庆 707	MR	MR	HR	HR	R	MR	MR	MR
22	德美亚 1 号	MR	MR	HR	R	R	R	S	S
23	德美亚 3 号	MR	MR	MR	MR	MR	MR	HS	HS
24	星单 3 号	MR	MR	HR	HR	R	R	S	S
25	东农 264	MR	MR	R	MR	R	R	HS	HS

3 结论与讨论

本试验依据中华人民共和国农业行业标准(NY/T 1248-2016,玉米抗病虫害性鉴定技术规范)^[5]要求,以鉴定和筛选得到抗重要病害大斑病和主要病害茎腐病(中抗 MR 以上),兼抗次要病害灰斑病和穗腐病(中抗 MR 以上)的玉米品种为主要目标,采用田间接种抗病鉴定方法,对黑龙江省不同积温带种植的玉米品种开展了 2 年的重复抗性鉴定试验,40 份玉米材料中,对玉米大斑病和茎腐病均表现出中抗(MR)以上的品种共有 19 份;并在此基础上,鉴定出兼抗穗腐病玉米品种有 18 份;兼抗灰斑病玉米品种有 5 份。同时,经 2 年重复筛选,富尔 1 号、福园 2 号、龙单 38、北单 3 号和金庆 707 对大斑病、灰斑病、穗腐病和茎腐病均表现中抗(MR)以上,鉴定为多抗品种。

针对供试的玉米大斑、茎腐、灰斑和穗腐 4 种病原菌,不同玉米品种经 2 年的重复抗性鉴定试验,品种对某一种病害的抗感性状表现基本一致,体现了品种本身抗性的稳定性。针对玉米大斑病原菌,部分品种年度间表现不一致的抗性,如鑫科玉 2 号、绿单 2 号、益农玉 10 号、稷秠 107、德誉 1 号和京农科 728 品种由中抗(MR)变为感(S),但都符合黑龙江省品种审定病害要求,抗感变化原因可能是受到了异常气候条件的影响。玉米穗腐病和灰斑病是黑龙江省玉米生产中的次要病害,在黑龙江省局部地区点片发生,并呈现逐年流行加重的趋势,对玉米种植产生的潜在威胁不可忽视。针对黑龙江省玉米生产中病害频发的实际问题,在种植抗病品种(兼抗或多抗品种)的前提下,应加强玉米病害的预测预报工作,推广应用配套

的高产高效栽培及病害综合防控技术,有效遏制病害的暴发流行,减轻病害带来的损失,保障黑龙江省玉米生产安全。

参考文献:

- [1] 杨红旗,路凤银,郝仰坤,等. 中国玉米产业现状与发展问题探讨[J]. 中国农学通报,2011,27(6):368-373.
- [2] 孙德全,李绥艳,林红,等. 黑龙江省玉米主要病害发生原因

分析及抗病育种对策[J]. 作物杂志,2009(2):90-93.

- [3] 王粟,史风梅,裴占江,等. 气候变化对黑龙江省玉米病虫害发生的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(6):20-26.
- [4] 陶烨,王丽娟,刘可杰,等. 玉米种质对玉米大斑病抗性鉴定与评价[J]. 中国植保导刊,2015,35(4):21-24,14.
- [5] NY/T 1248-2016,玉米抗病虫害性鉴定技术规范[S]. 北京:中国农业出版社,2016.

Identification and Evaluation of Resistance to Four Diseases of Maize Varieties in Different Accumulated Temperature Zones of Heilongjiang Province

LIU Chun-lai, YANG Fan, WANG Shuang, LIU Liang, JIANG Xi-feng, LIU YU, LI Xin-min

(Plant Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Harbin, Ministry of Agriculture, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to guide better distribution of resistant varieties of maize, we carried out the repeated resistance identification of maize varieties to northern leaf blight, *Fusarium* stalk rot, gray leaf spot, *Fusarium* ear rot by identification method of artificial inoculation in the field for 2 years. The results showed that different varieties had different resistance to the same disease. 19 maize varieties showed medium resistance to northern leaf blight and *Fusarium* stalk rot by the repeated resistance identification, among them Fuer No. 1, Fuyuan No. 2, Longdan 38, Beidan No. 3 and Jinqing 707 was multi resistant varieties. On the basis of medium resistance to northern leaf blight and *Fusarium* stalk rot, 18 maize varieties showed resistance to *Fusarium* ear rot, 5 maize varieties showed resistance to gray leaf spot.

Keywords: maize varieties; accumulated temperature belt; identification of resistance; double resistant variety; multi-resistant variety

(上接第 46 页)

Pollution Evaluation and Enrichment Analysis of Pb in Central Separation Zone Soil of Chongqing Urban Expressway

ZHU Ben-guo, YANG Li-jun, HU Yan-yan, HE Qin, WANG Li-juan, CHEN Xiang

(Chongqing Landscape and Gardening Research Institute, Chongqing City Garden Greening Engineering Technology Research Center, Chongqing Garden Soil Quality Testing Center, Chongqing 401329, China)

Abstract: In order to promote the daily management and control of Pb pollution in central separation zone soil of urban expressway, two evaluation methods, geological accumulation index and enrichment index, were used to analyze the pollution degree and enrichment of soil Pb in the greenbelt of Chongqing urban expressway. The results showed that the Pb content of greenbelt in Chongqing urban expressway ranges from 31.9 to 86.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, with an average of $(50.3 \pm 12.7) \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The enrichment index had a minimum of 1.36, a maximum of 3.66, and an average of 2.14. The Pb pollution degree of greenbelt in the urban expressway of Chongqing was mildly polluted compared with the background value of Chongqing soil, but the enrichment level reaches the level of moderate enrichment; the greenbelt soil in the urban expressway of Chongqing may be Due to external disturbances such as automobile exhaust, it caused serious soil Pb enrichment and did not cause soil environmental pollution, which meets the requirements of the Planting soil for greening II standard.

Keywords: urban expressway; the central reserve; Pb pollution; geological accumulation index; enrichment index