

西昌地区玉米自交系苗期耐低磷特性鉴定

王 静

(西昌农业科学研究所,四川 西昌 615000)

摘要:为筛选耐低磷玉米种质,在大田种植条件下,通过对苗期部分性状的考察,对攀西地区 115 份玉米地方品种进行耐低磷胁迫筛选试验。结果表明:相对株高、相对茎粗、相对可见叶数、相对成活叶数以及叶片缺素指数可作为耐低磷特性鉴定和评价的指标。根据这些指标发现 115 份地方品种对低磷胁迫的反应差异极显著,鉴定出 19 份极强耐低磷自交系;17 个强耐低磷自交系;16 份自交系表现出对低磷胁迫极敏感,其它则表现为中间型。

关键词:西昌地区;玉米;耐低磷胁迫

中图分类号:S513.034

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2013)02-0005-05

磷是植物必需的三大矿质营养元素之一,在植物的生长发育过程中有着不可替代的作用。由于长期施用磷肥,大部分磷与土壤中的钙离子、铁离子和铝离子等结合,形成难溶性磷酸盐,导致土壤磷素快速积累,有效磷缺乏同时破坏生态环境。施用磷肥的当季利用率只有 15%,把后效包括在内也不超 25%^[1-7]。而西昌地区,近年来,干旱日趋严重,磷的吸收利用率更低,由于长期自然选择和人类在高肥力条件下的玉米育种和栽培所产生

的人工选择使得大量玉米耐低磷基因丢失,导致现有玉米种质资源中耐低磷种质匮乏^[8-15]。

玉米苗期磷营养状况的好坏,直接关系到幼苗能否正常生长发育和形成最终产量。同时,苗期筛选可以增加参试材料的种类和数量,降低试验成本^[16-18]。现对西昌地区 115 份玉米自交系进行大田苗期耐低磷能力鉴定,旨在筛选耐低磷玉米种质,为进一步研究玉米耐低磷特性的遗传规律和培育耐低磷品种提供种质资源。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料为 2006~2010 年从攀西玉米地方品种中选育出的 115 份玉米自交系,由西昌学院高原及亚热带作物研究所山地玉米研究室提供。

收稿日期:2012-11-27

作者简介:王静(1964-),女,四川省西昌市人,农艺师,从事经济作物栽培和育种研究。E-mail: chenbeau19782@126.com。

Study and Application of Wheat Phasic Development

SONG Wei-fu¹, XIAO Zhi-min²

(1. Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: To know the value of wheat phasic development in wheat breeding, improve the wheat breeding efficiency, the relationship between vernalization, photoperiod and wheat breeding was reviewed and the concept of wheat temperature sensitivity was proposed. Generally, differences among wheat cultivars in vernalization, photoperiod and temperature sensitivity was closed related with the classification of winter and spring wheat, areas allocation of various ecological type wheat and adaptability of cultivars. Through taking advantage of this knowledge, breeders could improve efficiency in screening of females and males in hybrid wheat breeding, selection of hybrid progeny and treatment of elite lines. It was also help for operating wheat cultivation technology reasonably and providing prediction for wheat breeding.

Key words: wheat; phasic development; vernalization; photoperiod; temperature sensitivity

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2011年4月在西昌学院农业科学学院试验地进行。试验采用随机区组设计,低磷胁迫组2次重复,对照组2次重复。每个重复种1行,每行种7穴,播种时每穴种4粒种子,出苗后每穴中选留2株生长正常的苗子,每行共14株。行距60 cm,株距45 cm,行长3 m。对照组施过磷酸钙 $45 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,处理组不施任何磷肥。其它同常规大田管理办法:拔节期用化肥深施器施用尿素 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,硫酸钾 $22.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;孕穗期施用尿素 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

1.2.2 调查项目与方法 拔节期调查每行的中间4穴中的8株玉米苗的株高、茎粗、可见叶数、成活叶数和缺素叶5个性状。

缺素叶等级指数根据叶片的颜色和长势来判断(见表1)。

表1 苗期植株叶片缺素症状等级划分

Table 1 Grade classification of leaf nutritional deficiency symptom at seedling stage

等级 Grade	叶片缺素症状 Leaf nutritional deficiency symptom	植株长势 Plant growth vigor
0	无紫色	健壮
1	叶缘和叶片有少许条状紫色	正常
2	1/3以上的可见叶有明显色	受影响
3	1/2以上的可见叶有严重色	长势差
4	几乎全部可见叶严重变紫色	长势极弱

1.2.3 数据处理与分析 (1)性状数据的计算。

表2 玉米低磷胁迫下苗期性状比较

Table 2 Comparison on maize characteristics at seedling stage under low-phosphorus stress

项目 Item	株高相对值 Relative value of plant height	茎粗相对值 Relative value of stem diameter	可见叶相对值 Relative value of visible leaf	成活叶相对值 Relative value of survival leaf	缺素叶等级指数 Grade index of nutritional deficiency leaf
平均数 Mean	0.8057	0.8901	0.8637	0.8614	1.2742
标准差 Standard deviation	0.1328	0.1897	0.1127	0.1504	0.6526
变异范围 Variation range	0.5375~1.2875	0.3725~1.4725	0.6450~1.2400	0.5525~1.3550	0~3.4250
变异系数 Variation coefficient	0.1648	0.2131	0.1305	0.1746	0.5121
F值 F value	2.25**	2.614**	2.924**	2.682**	1.841**

注: **表示0.01水平下差异极显著。下同。

Note: ** means significant difference at 0.01 level. The same below.

2.2 各性状的相关分析

相关分析表明(见表3),株高相对值与茎粗相对值呈极显著正相关($r=0.151^{**}$),与可见叶相对值呈极显著正相关($r=0.422^{**}$),与成活叶相对值呈极显著正相关($r=0.547^{**}$),与缺素叶

株高相对值 = $\frac{\text{处理组平均株高}}{\text{对照组平均株高}}$, 茎粗相对值 =

$\frac{\text{处理组平均茎粗}}{\text{对照组平均茎粗}}$, 可见叶数相对值 =

$\frac{\text{处理组平均可见叶数目}}{\text{对照组平均可见叶数目}}$, 成活叶相对值 =

$\frac{\text{处理组平均成活叶数目}}{\text{对照组平均成活叶数目}}$, 综合指数 = $0.4 \times$ 株高相

对值 + $0.2 \times$ 茎粗相对值 + $0.1 \times$ 可见叶相对值 +

$0.2 \times$ 成活叶相对值 + $0.1 \times$ 缺素叶等级指数。(2)

耐低磷类型的等级划分。耐低磷类型等级划分参

照张磊等的群体逐级分类法,即以群体平均数加

减一个标准差,将参试材料分为极强耐低磷类

型(HR)、中间类型和极弱耐低磷(HS)类型;再以

相同的方法将中间类型群体分为强耐低磷类

型(R)、中度耐低磷类型(M)和弱耐低磷(S)类

型,共将所有材料共分为5个类群^[18]。(3)数据

处理。试验数据用Excel 2007进行处理,计算出

各性状的平均值、相对值、标准差综合指数等数

值。相关分析、方差分析等采用SPSS 17.0统计

分析软件进行。

2 结果与分析

2.1 低磷胁迫下苗期性状指标的差异分析

在田间低磷胁迫条件下,玉米苗期株高、茎粗、

可见叶数、成活叶数和缺素叶指数等指标均出现较

大变异幅度,其相对值的差异均达到极显著水平,

说明不同自交系间耐低磷特性存在差异(见表2)。

指数相对值呈极显著负相关($r=-0.313^{**}$);茎

粗相对值与可见叶相对值呈负相关($r=-$

0.002),与成活叶相对值呈极显著正相关($r=$

0.161^{**}),与缺素叶指数相对值呈负相关($r=$

-0.036);可见叶相对值与成活叶相对值呈极显

著正相关($r=0.339^{**}$),与缺素叶指数相对值呈极显著负相关($r=-0.138^{**}$);成活叶相对值与缺素叶指数相对值呈极显著负相关($r=-0.288^{**}$)。

株高与成活叶、可见叶的相关系数较高,说明在低磷条件下,株高、成活叶和可见叶可以作为苗期间接判定材料耐低磷能力的依据。此外,茎粗

与株高、成活叶的相关系数也达极显著水平,说明植株茎粗的大小也可以作为田间判定材料耐低磷能力的依据。而缺素叶指数与株高、可见叶、成活叶的相对值均呈极显著负相关,而与茎粗只呈负相关,这说明缺素叶对玉米株高、可见叶、成活叶的影响较大,对茎粗影响相对较小。

表 3 玉米低磷胁迫下苗期各性状相关系数分析

Table 3 Analysis of correlation coefficient of maize characteristics at seedling stage under low-phosphorus stress

性状 Characteristics	株高相对值 Relative value of plant height	茎粗相对值 Relative value of stem diameter	可见叶相对值 Relative value of visible leaf	成活叶相对值 Relative value of survival leaf
茎粗相对值 Relative value of stem diameter	0.151**			
可见叶相对值 Relative value of visible leaf	0.422**	-0.002		
成活叶相对值 Relative value of survival leaf	0.547**	0.161**	0.339**	
缺素叶相对值 Relative value of nutritional deficiency leaf	-0.313**	-0.036	-0.138**	-0.288**

表 4 玉米苗期耐低磷相对性状综合指数分析

Table 4 Analysis of comprehensive index of maize relative characteristics at seedling stage under low-phosphorus stress

名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus	名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus	名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus
xc206-5	0.6789	HS	xc96-3	0.8062	M	xc275-4	0.9095	M
xc85-4	0.6887	HS	xc163-2	0.8142	M	xc261-3	0.9135	R
xc231-3	0.7087	HS	xc93-3	0.8156	M	xc260-2	0.9143	R
xc14-5	0.7227	HS	xc64-2	0.8162	M	xc193-2	0.9166	R
xc176-3	0.7244	HS	xc45-3	0.8173	M	xc65-3	0.9210	R
xc56-2	0.7247	HS	xc23-2	0.8179	M	xc50-2	0.9229	R
xc246-4	0.7275	HS	xc225-3	0.8181	M	xc286-1	0.9263	R
xc73-3	0.7291	HS	xc285-3	0.8192	M	xc244-3	0.9331	R
xc151-2	0.7298	HS	xc62-3	0.8224	M	xc204-6	0.9356	R
xc83-2	0.7319	HS	xc191-3	0.8330	M	xc174-3	0.9359	R
xc99-4	0.7346	HS	xc278-1	0.8336	M	xc154-2	0.9376	R
xc63-2	0.7389	HS	xc108-2	0.8363	M	xc233-2	0.9433	R
xc78-2	0.7404	HS	xc256-2	0.8416	M	xc113-7	0.9476	R
xc133-5	0.7406	HS	xc124-5	0.8445	M	xc66-2	0.9482	R
xc89-6	0.7474	HS	xc97-4	0.8450	M	xc025-3	0.9537	R
xc13-1	0.7536	HS	xc228-6	0.8452	M	xc140-2	0.9561	R
xc90-2	0.7593	S	xc211-4	0.8460	M	xc178-4	0.9660	R
xc272-1	0.7595	S	xc20-2	0.8462	M	xc222-3	0.9662	R
xc266-3	0.7606	S	xc208-5	0.8486	M	xc127-2	0.9725	HR
xc292-1	0.7663	S	xc196-3	0.8517	M	xc192-2	0.9795	HR
xc190-4	0.7680	S	xc220-4	0.8557	M	xc213-2	0.9834	HR

续表 4

Continuing Table 4

名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus	名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus	名称 Name	综合指数 Comprehensive index	耐低磷等级 Grade of resistant to low-phosphorus
xc71-4	0.7685	S	xc42-3	0.8578	M	xc80-3	0.9927	HR
xc71-4	0.7685	S	xc42-3	0.8578	M	xc80-3	0.9927	HR
xc189-3	0.7691	S	xc58-2	0.8588	M	xc102-2	0.9948	HR
xc214-3	0.7694	S	xc82-1	0.8594	M	xc123-3	0.9968	HR
xc227-4	0.7697	S	xc112-4	0.8615	M	xc60-2	0.9982	HR
xc101-5	0.7766	S	xc236-3	0.8663	M	xc54-2	1.0029	HR
xc201-2	0.7767	S	xc104-2	0.8676	M	xc210-2	1.0286	HR
xc166-2	0.7781	S	xc122-4	0.8693	M	xc298-1	1.0321	HR
xc88-3	0.7805	S	xc87-2	0.8696	M	xc155-3	1.0375	HR
xc177-3	0.7813	S	xc91-1	0.8718	M	xc74-4	1.0421	HR
xc207-2	0.7838	S	xc253-5	0.8729	M	xc136-4	1.0425	HR
xc264-1	0.7838	S	xc100-2	0.8731	M	xc184-2	1.0708	HR
xc30-5	0.7855	S	xc76-2	0.8742	M	xc52-4	1.0819	HR
xc27-5	0.7861	S	xc299-3	0.8899	M	xc92-4	1.1020	HR
xc75-3	0.7961	M	xc84-4	0.8937	M	xc165-2	1.1663	HR
xc271-4	0.7980	M	xc114-2	0.8972	M	xc121-3	1.1694	HR
xc202-2	0.7992	M	xc150-3	0.8976	M	xc205-4	1.2318	HR
xc195-4	0.8003	M	xc250-2	0.9057	M			
xc203-2	0.8030	M	xc221-4	0.9087	M			

2.3 玉米地方品种苗期耐低磷特性评价

玉米耐低磷特性是指玉米植株活化和高效利用土壤磷的能力。但低磷对植株的影响是多方面的,为提高筛选的准确性,选择株高、茎粗及可见叶、成活叶、叶片缺素指数作为玉米自交系耐低磷材料苗期筛选指标是完全合理的。根据其相关性的大小,赋予不同的权重系数:株高的权重系数为0.4,茎粗的权重系数为0.1,可见叶权重系数为0.2,成活叶权重系数为0.1,叶片缺素指数权重系数为0.1。采用加权平均法计算出综合耐低磷指数(见表4)。

按照逐级分类法,可以将试验材料耐低磷特性分为5种类型:综合耐低磷指数 >0.9750 为极强耐低磷型(HR);在 $0.9750\sim 0.9108$ 为强耐低磷(R); $0.9108\sim 0.7901$ 为中度耐低磷(M); $0.7901\sim 0.7569$ 为弱耐低磷(S); <0.7569 为低磷敏感型(HS)。115份试验材料中,表现为极强耐低磷的有19份,占总数的16.52%;强耐低

磷的有17份,占总数的14.78%;中度耐低磷的有45份,占总数的39.13%;弱耐低磷的有18份,占总数的15.65%;低磷敏感型的有16份,占总数的13.91%,其频率分布近似正态分布。

3 结论

在低磷胁迫下对115个玉米自交系进行筛选,以玉米苗期的相对株高、相对茎粗、相对可见叶、相对成活叶和缺素叶指数等形态指标进行相关分析和方差分析,结果表明不同品种的玉米自交系苗期的磷营养特性存在明显差异,相对株高、相对茎粗、相对可见叶、相对成活叶和缺素叶指数可作为玉米苗期耐低磷鉴定的参考指标。各指标的变异系数表现为:缺素叶指数 $>$ 相对茎粗 $>$ 相对成活叶 $>$ 相对株高 $>$ 相对可见叶,分别为51.21%、21.31%、17.46%、16.48%、13.05%,能较好地反映各玉米供试材料间对磷养分反应的差异。用相对株高、相对茎粗、相对可见叶、相对成

活叶、缺素叶指数加权平均值作为综合耐低磷指数,采用逐级分类法对综合指数划分出 5 种类型,鉴定出 19 个极强耐低磷(HR)自交系;17 个强耐低磷(R)自交系;16 个自交系表现出对低磷胁迫极敏感(HS),其它则表现为中间型。

获得典型材料是进行玉米耐低磷营养学研究、遗传学研究和品种选育工作的先决条件。因而,建立一套合适的筛选指标和筛选方法尤为重要。目前,关于植物耐低磷能力评价还缺乏统一的指标^[4]。Gourley 认为对植物营养基因型的定义应以生物量为标准。Alvaro eleuterio da silva 提出地上部干重和植株总含磷量均可作为玉米耐低磷筛选指标。该试验发现,不同玉米自交系耐低磷机制不同,相对株高、相对茎粗、相对可见叶、相对成活叶、缺素叶指数加权平均值作为综合耐低磷指数能很好地兼顾不同耐低磷自交系的共性及个性。因此,用综合指数作为大量玉米种质耐低磷苗期筛选的指标更加全面、准确。

参考文献:

- [1] 吴礼树. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 213-215.
- [2] Lynch J P. Root architecture and plant productivity[J]. *Plant Physiol*, 1995(109): 7-13.
- [3] 刘建中, 李振声, 李继云. 利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性[J]. *生态农业研究*, 1994, 2(1): 16-23.
- [4] 来璐, 郝明德, 彭令发. 土壤磷素研究进展[J]. *水土保持研究*, 2003, 10(1): 65-67.
- [5] 鲁如坤, 时正元. 土壤积累态磷研究 II. 磷肥的表现积累利用率[J]. *土壤*, 1995, 27(6): 286-289.
- [6] Smith S N. Response of inbred lines and crosses in maize to variations of nitrogen and phosphorus supplied as nutrients[J]. *J Am Soc Agron*, 1934(15): 171-173.
- [7] 李庆远. 现代磷肥的研究进展[J]. *土壤学进展*, 1986(2): 1-7.
- [8] Lisa C W, Sebastien P C R R, Alastair H F, et al. Phosphate availability regulates root system architecture in Arabidopsis [J]. *Plant Physiol*, 2001(126): 875-882.
- [9] 赵华, 徐芳森, 石磊, 等. 植物根系形态对低磷胁迫应答的研究进展[J]. *植物学通报*, 2006, 23(4): 409-417.
- [10] 米国华, 邢建平, 陈范骏, 等. 玉米苗期根系生长与耐低磷的关系[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(5): 468-472.
- [11] 刘存辉, 张可炜, 张举仁, 等. 低磷胁迫下磷高效玉米单交种的形态生理特性[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(3): 327-333.
- [12] 于兆国, 张淑香. 不同磷效率玉米自交系根系形态与根际特征的差异[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(6): 1227-1231.
- [13] 林海建. 玉米根系低磷胁迫响应分子机理的初步研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010: 32-36.
- [14] 张丽梅, 贺立源, 李建生, 等. 玉米自交系耐低磷材料苗期筛选研究[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(12): 1955-1959.
- [15] 张吉海, 高世斌, 杨克诚, 等. 玉米耐低磷种质资源的筛选与鉴定[J]. *植物遗传资源学报*, 2008, 9(3): 335-339.
- [16] 王艳, 孙杰, 王荣萍, 等. 玉米自交系磷效率基因型差异的筛选[J]. *山西农业科学*, 2003, 31(1): 7-10.
- [17] 李绍长, 龚江, 王军. 玉米自交系苗期耐低磷基因型的筛选[J]. *玉米科学*, 2003, 11(3): 85-89.
- [18] 岳辉, 李春红, 于海秋, 等. 耐低磷玉米自交系的筛选与鉴定指标的建立[J]. *河北农业科学*, 2010, 14(10): 4-6.

Identification of Resistance to Low-phosphorus Characteristics of Maize Inbred Lines at Seedling Stage in Xichang Area

WANG Jing

(Xichang Agricultural Sciences Institute, Xichang, Sichuan 615000)

Abstract: In order to select maize germplasm with resistance to low-phosphorus, 115 local maize varieties of Panxi area were used to conduct the field experiment under low-phosphorus stress by investigating some characteristics at seedling stage. The results showed that relative plant height, relative stem diameter, relative visible leaves number, relative survive leaves number and leaf nutritional deficiency index could be used as index to identify and evaluate resistance to low-phosphorus. According to those index, it found that the differences of reaction of the 115 local varieties were significant, 19 maize inbred lines were extremely significant resistant to low-phosphorus, 17 inbred lines significant resistant to low-phosphorus, 16 inbred lines significant sensitive to low-phosphorus, others were performance medium type.

Key words: Xichang area; maize; low-phosphorus stress