

南芝润,侯磊,张杰,等.玉米自交系中氨基酸含量与品质性状相关分析[J].黑龙江农业科学,2022(8):96-100,110.

玉米自交系中氨基酸含量与品质性状相关分析

南芝润,侯磊,张杰,田怀泽
(山西农业大学 玉米研究所,山西 忻州 034000)

摘要:为了研究丝氨酸含量不同的自交系中氨基酸的组成及含量,从而对玉米种质资源的营养品质进行评价,以从 500 份玉米优良自交系中选取的丝氨酸含量和农艺性状差异较大的 20 份自交系作为研究对象,利用近红外分析仪测定玉米自交系籽粒的水分、蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维和氨基酸含量,并对其品质性状和游离氨基酸含量分别进行相关分析。结果表明,总氨基酸含量与蛋白质含量呈极显著正相关,与水分含量、淀粉含量呈极显著负相关。丝氨酸含量与蛋白质含量、赖氨酸含量、脯氨酸含量都呈极显著正相关。游离丝氨酸含量与限制性氨基酸蛋氨酸、赖氨酸呈显著或极显著相关。说明在提高丝氨酸含量的同时蛋白含量和赖氨酸含量也会显著提高。

关键词:玉米自交系;丝氨酸;氨基酸

玉米是我国种植面积最大的粮食作物,也是全球种植面积较大的作物之一。随着玉米研究的深入,发展出了青贮玉米、甜玉米、糯玉米以及甜糯玉米等分支。这些玉米对适口性有更高要求,其研究的重点是营养、口感和保健价值等方面^[1-3]。营养品质的提高也是普通玉米研究选育的重点方向,而品种选育的基础是种质资源。玉米籽粒中氨基酸的含量和组成是决定其营养品质和食味品质优劣的重要指标^[4]。植物中氨基酸主要有两种存在形式,一种以游离态形式存在;另一种以结合态存在于肽和蛋白质中^[5]。游离氨基酸中包含对食用口感影响重大的呈味氨基酸和多种人体不能合成的必需氨基酸^[6]。植物游离氨基酸含量变化,一方面影响植物的营养品质和食用口感,另一方面游离氨基酸含量变化是植物抗逆的重要生理指标^[7]。

丝氨酸在人体健康领域有着重要的意义,它在脂肪和脂肪酸的新陈代谢及肌肉的生长中发挥作用,有助于免疫球蛋白和抗体的产生,进而有利于维持健康的免疫系统。现代医学研究发现丝氨酸与肿瘤^[8]、细胞凋亡^[9]、肺癌、胰腺癌等有关。研究发现丝氨酸是光呼吸关键酶基因转录的代谢调控因子^[10]。而植物光呼吸有助于提高植物抵

抗生物和非生物逆境。据报道丝氨酸参与了植物对多种逆境的响应^[11]。徐春英^[12]研究发现强抗旱小麦品种的丝氨酸含量远远高于弱抗旱小麦品种。由此推测,丝氨酸与植物抗旱性具有相关性。把丝氨酸含量作为育种指标,研究丝氨酸与玉米品质、抗逆性之间的关系,定向选育丝氨酸玉米新品种,开拓玉米育种新领域。

赖氨酸与色氨酸是人体不能合成的氨基酸,必须从食物中摄取^[13]。蛋白质品质与蛋白质中的赖氨酸及色氨酸含量密切相关。丝氨酸既参与了半胱氨酸、甘氨酸和色氨酸的生物合成过程,又参与了嘌呤、嘧啶和胸腺嘧啶的生物合成途径^[14-15],反过来半胱氨酸又是蛋氨酸和同型半胱氨酸生物合成所必需的。丝氨酸代谢对植物花粉^[16]、胚^[17]、根^[18]的生长发育和非生物胁迫耐受^[11]至关重要。“高丝氨酸玉米育种”崭新作物育种理念和技术的出现不仅能满足玉米优质高产的需要,还具有育出抗逆玉米新品种的深厚潜力。因此提高玉米籽粒中的丝氨酸含量对于玉米营养品质和抗逆性研究都具有重要的意义。本研究选取丝氨酸含量和农艺性状差异较大的 20 份自交系作为研究对象,采用相关分析法分析丝氨酸与品质性状之间的关系,研究丝氨酸与其他氨基酸之间的相关性,为丝氨酸玉米育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以山西农业大学玉米研究所科研团队育成的农艺性状遗传差异较大的 500 份玉米优良自交系为基础材料,测定其籽粒游离丝氨酸含量^[11],从

收稿日期:2022-05-20

基金项目:山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YCX 2020412);山西省重点研发计划项目(201803D221005-4);山西省农业科学院生物育种工程项目(17yzgc065);山西农业大学玉米研究所科研项目(yms2021-07)。

第一作者:南芝润(1979—),女,硕士,副研究员,从事作物育种与农产品加工研究。E-mail:yexue139@126.com。

中选取丝氨酸含量和农艺性状差异较大的 20 份自交系作为研究对象(S001~S020 按丝氨酸含量高低排序)。20 个自交系的编号及主要特征特性详见表 1。

表 1 供试玉米自交系的主要特征特性

材料 编号	品种性状					
	株高等级	茎秆	株型	穗位	叶形	熟期
S001	高	粗	紧凑	中	狭窄长叶	中熟
S002	高	中	紧凑	中	狭窄长叶	中熟
S003	中	粗	半紧凑	低	狭窄长叶	中熟
S004	高	粗	紧凑	高	宽大长叶	早中熟
S005	中	粗	半紧凑	低	宽大长叶	早中熟
S006	中	中	半紧凑	低	狭窄长叶	中熟
S007	低	中	半紧凑	中	狭窄长叶	中熟
S008	低	细	紧凑	低	宽大长叶	晚熟
S009	低	粗	紧凑	低	宽大长叶	中晚熟
S010	高	细	紧凑	中	狭窄长叶	中晚熟
S011	高	中	半紧凑	中	宽大长叶	中晚熟
S012	低	中	紧凑	低	狭窄长叶	中熟
S013	低	中	紧凑	低	宽大长叶	中熟
S014	低	粗	半紧凑	中	宽大长叶	晚熟
S015	中	中	半紧凑	中	宽大长叶	中熟
S016	高	细	紧凑	中	狭窄长叶	晚熟
S017	高	细	半紧凑	高	狭窄长叶	晚熟
S018	低	粗	紧凑	低	宽大长叶	中熟
S019	低	细	半紧凑	低	狭窄长叶	早熟
S020	低	细	紧凑	低	狭窄长叶	早熟

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2020 年 5 月 1 日于山西农业大学玉米研究所科研创新基地种植丝氨酸含量和农艺性状遗传差异较大的 20 份自交系,按照 Griffing 完全双列杂交遗传交配设计方法 I,繁殖亲本和配制杂交组合^[19-23]。2021 年 4 月 28 日在山西农业大学玉米研究所科研创新基地种植亲本和杂交种。采用随机区组设计,3 次重复,3 行区,行长 3 m,行距 50 cm,株距 30 cm,田间管理与大田生产相同。

1.2.2 测定项目及方法 成熟后,收获自交果穗和杂交种并对其进行品质性状检测,使用 Perten DA7250 近红外分析仪[波通瑞华科学仪器(北京)有限公司]测定氨基酸含量、丝氨酸含量、赖氨酸含量、蛋白质含量、淀粉含量、脂肪含量、水分含量和粗纤维含量。使用 L-5500 氨基酸自动分析仪(日本日立公司)测定游离氨基酸含量。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 20.0 和 Excel 2016 对数据进行处理和系统分析。

2 结果与分析

2.1 品质比较

由表 2 可知,20 个玉米自交系之间淀粉含量、氨基酸含量、蛋白质含量、水分含量、脂肪和粗纤维含量存在较大的差异。从变异系数来看,氨基酸和蛋白质含量的变异系数(14.95%和 9.86%)都比较大,表明它们在不同玉米自交系间差异明显,对后代的选择潜力也较大,具有一定的遗传改良空间。

表 2 不同玉米自交系的各品质性状分析

项目	极小值	极大值	均值	标准差	方差	偏度	峰度	变异系数/%
水分/%	7.53	11.26	9.77	1.02	1.04	-0.42	-0.66	10.46
蛋白质/%	9.27	13.28	11.24	1.11	1.23	0.05	-0.92	9.86
淀粉/%	63.45	73.79	70.68	2.52	6.37	-1.42	2.52	3.57
脂肪/%	2.87	7.05	4.07	0.75	0.56	1.21	4.51	18.32
粗纤维/%	2.26	3.85	2.95	0.37	0.13	0.26	0.04	12.41
氨基酸/%	7.35	13.39	10.22	1.53	2.34	0.12	-0.51	14.95

2.2 自交系游离氨基酸的含量

人体不能合成或者合成速度远不能适应机体需要,必须由食物来提供的氨基酸称为必需氨基酸。不同玉米自交系中共检测出 17 种游离氨基酸,包括 7 种必需氨基酸,10 种非必需氨基酸。游离氨基酸含量检测结果显示,20 份玉米自交系中检测出氨基酸最少的为 14 种氨基酸;氨基酸总量最高为

15.610 nmol·(20 μL)⁻¹;最低 3.562 nmol·(20 μL)⁻¹;平均为 8.951 nmol·(20 μL)⁻¹。由表 3 可知,在供试样品的游离氨基酸组成中,天冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸和丝氨酸含量较高,缬氨酸和蛋氨酸的含量极低,在大部分样品中未检测出。各游离氨基酸在不同玉米自交系中含量变幅大,为 0~9.495 0 nmol·(20 μL)⁻¹,其中半胱氨酸、蛋氨

酸、亮氨酸和赖氨酸变异度较大,变异系数超过 100%;谷氨酸的变异度最小,变异系数为 54%。

不同玉米自交系中,游离氨基酸的含量变化比较大。

表 3 不同玉米自交系游离氨基酸含量的差异分析

氨基酸	氨基酸含量/[nmol·(20 μL) ⁻¹]					变异系数/%
	极小值	极大值	极差	均值	标准差	
天冬氨酸	0.2653	2.7825	2.5172	1.0197	0.7313	72
苏氨酸	0.2391	2.8102	2.5711	0.8020	0.5871	73
丝氨酸	0.0256	1.3285	1.3029	0.4283	0.3711	87
谷氨酸	0.5198	2.9215	2.4017	1.1924	0.6496	54
甘氨酸	0.0688	0.6368	0.5680	0.1872	0.1615	86
丙氨酸	0.1527	2.1959	2.0432	0.7801	0.5838	75
半胱氨酸	0.0104	0.5934	0.5830	0.0990	0.1396	141
缬氨酸	0	0.3828	0.3138	0.1725	0.1493	87
蛋氨酸	0	0.2896	0.2785	0.0862	0.1151	134
异亮氨酸	0.0115	0.1920	0.1805	0.0773	0.0561	73
亮氨酸	0.0189	0.8555	0.8366	0.1402	0.1886	135
酪氨酸	0.0348	0.7784	0.7436	0.2333	0.1930	83
苯丙氨酸	0.0231	1.6192	1.5961	0.3180	0.2271	71
赖氨酸	0.0173	1.0665	1.0492	0.2570	0.2833	110
组氨酸	0.0388	0.2541	0.2153	0.1082	0.0638	59
精氨酸	0.1197	2.1932	2.0735	0.3963	0.4607	116
脯氨酸	0.1173	9.4950	9.3777	2.8347	2.0354	72
总氨基酸	3.5621	15.6097	12.0476	8.9512	4.0491	45

2.3 玉米自交系品质的相关分析

由表 4 可知,玉米氨基酸含量和各品质性状存在较大相关性。其中总氨基酸含量与蛋白质含量呈极显著正相关,与水分含量、淀粉含量呈极显著负相关。丝氨酸含量与蛋白质含量、赖氨酸含量、脯氨酸含量都呈极显著正相关,说明这几种氨基酸在玉米品质中能够相互促进,提高彼此含量。氨基酸含量与淀粉含量、水分含量呈负相关,说明

在玉米生长发育过程中相互抑制。为了提高玉米的丝氨酸含量,就需要相应地降低或者抑制水分含量和淀粉含量,从而达到提高丝氨酸含量和蛋白质含量的作用。水分含量与淀粉含量、粗纤维含量呈显著或极显著正相关,与蛋白质含量、丝氨酸含量、赖氨酸含量、脯氨酸含量呈负相关。在生产实践中,控制水分对玉米品质和抗逆性的影响很重要。

表 4 玉米自交系品质性状相关性分析

项目	水分	蛋白质	淀粉	脂肪	粗纤维	丝氨酸	赖氨酸	脯氨酸
蛋白质	-0.134							
淀粉	0.209*	-0.891**						
脂肪	-0.183	-0.102	-0.018					
粗纤维	0.261**	0.057	0.181	-0.029				
丝氨酸	-0.210*	0.888**	-0.839**	-0.046	-0.199*			
赖氨酸	-0.180	0.633**	-0.587**	0.052	-0.342**	0.869**		
脯氨酸	-0.028	0.806**	-0.823**	-0.001	0.143	0.634**	0.299**	
总氨基酸	-0.319**	0.807**	-0.716**	-0.101	-0.128	0.880**	0.698**	0.495**

注:*、** 分别表示在 $P\leq 0.05$ 和 $P\leq 0.01$ 水平差异显著。下同。

2.4 玉米自交系游离氨基酸的相关性分析

由表 5 可知,在 17 种氨基酸中,苏氨酸、赖氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸这 5 种氨基酸与总氨基酸相关性不显著外,其余氨基酸都与总氨基酸显著或极显著相关。丝氨酸与甘氨酸、蛋氨酸、赖氨酸呈显著或者极显著相关。蛋氨酸和赖

氨酸属于植物蛋白质的限制性氨基酸,提高丝氨酸含量的同时也能提高这些氨基酸含量,同时丝氨酸与总氨基酸含量呈极显著相关,这对于改善玉米品质具有重要意义。总体来看,丝氨酸与各种氨基酸的相关性都较高。脯氨酸和丝氨酸、甘氨酸显著或极显著相关。

表 5 各种游离氨基酸间的相关性分析

项目	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	半胱氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸
苏氨酸	0.227																
丝氨酸	0.623**	-0.164															
谷氨酸	0.869**	0.056	0.796**														
甘氨酸	0.290	-0.126	0.876**	0.224													
丙氨酸	0.751**	0.137	0.518*	0.759**	0.168												
半胱氨酸	0.387	0.441	0.209	0.392	-0.058	0.495*											
缬氨酸	0.640**	-0.278	0.470*	0.654**	0.166	0.516*	-0.316										
蛋氨酸	0.359	-0.186	0.769**	0.674**	0.070	0.392	0.364	0.256									
异亮氨酸	0.734**	-0.076	0.770**	0.684**	0.627**	0.343	0.117	0.443	0.371								
亮氨酸	0.513*	-0.102	0.716**	0.508*	0.820**	0.363	0.315	0.171	0.321	0.757**							
酪氨酸	0.397	-0.026	0.694**	0.695**	0.110	0.419	0.352	0.262	0.795**	0.396	0.442						
苯丙氨酸	0.490*	0.477*	0.109	0.304	0.247	0.490*	0.209	0.293	-0.200	0.235	0.201	-0.190					
赖氨酸	0.282	0.126	0.535*	0.308	0.007	0.177	0.166	0.245	0.195	0.058	0.057	0.084	0.308				
组氨酸	0.512*	0.233	0.399	0.463	0.247	0.356	0.214	0.338	0.289	0.427	0.199	0.128	0.425	0.136			
精氨酸	0.412	-0.078	0.622**	0.636**	0.167	0.513*	0.443	0.166	0.507*	0.367	0.448	0.586*	-0.017	0.179	0.123		
脯氨酸	0.155	-0.168	0.552*	0.071	0.683**	-0.056	-0.089	0.014	0.096	0.531*	0.645**	0.175	0.147	-0.150	0.153	0.048	
总氨基酸	0.777**	0.075	0.830**	0.750**	0.643**	0.598**	0.309	0.447	0.472*	0.805**	0.795**	0.540*	0.457	0.192	0.476*	0.470*	0.673**

3 讨论

在玉米育种工作中,品质性状逐渐成为研究的重点。在丰产的前提下,玉米品质的提高会对其经济价值产生大幅度提升,选育高产优质的新品种是个长远目标,这一目标实现的前提是种质资源的创新^[24-25]。本研究选用丝氨酸含量和农艺性状差异较大的 20 份自交系作为研究对象,对其品质性状进行比较分析得出,不同自交系之间淀粉含量、氨基酸含量、蛋白质含量、水分含量、脂肪和粗纤维含量存在较大差异。游离氨基酸的种类和含量存在显著差异。同时本研究中玉米植株外形上也有很大的差异,其中自交系 S020 丝氨酸含量低于 0.1 nmol·(20 μL)⁻¹,其植株比较矮小,花丝少,结实率不高,籽粒小。自交系 S002 丝

氨酸含量高达 1.175 nmol·(20 μL)⁻¹,其植株高大,叶片肥厚,果穗长且粗,籽粒大。可能是因为丝氨酸含量太低影响了根系的伸长和花丝的发育,进而影响其植株的生长及结实。根据前人研究的游离氨基酸遗传规律,育种者可以有目的地选择某种游离氨基酸含量高的自交系作为亲本,培育出氨基酸含量高的新品种。祁新等^[26]的研究表明,选育高赖氨酸玉米品种其双亲的赖氨酸含量都要高;而要提高蛋氨酸含量,亲本自交系的蛋氨酸含量差异不宜过大,最好都是高含量的;只要亲本选配得当,就能提高玉米籽粒中的某种或几种氨基酸的含量。通过对自交系丝氨酸的检测和分析,在一定程度上对自交系的品质性状进行了评价,再结合丝氨酸遗传规律能够显著提高丝氨酸玉米的育种效率,缩短育种年限。

4 结论

不同玉米自交系中,氨基酸含量和蛋白质的变异系数都比较大,对其进行遗传改良效果较好。玉米自交系的总氨基酸含量与蛋白质含量呈极显著正相关,与水分含量、淀粉含量呈极显著负相关。丝氨酸含量与蛋白含量、赖氨酸含量、脯氨酸含量都呈极显著正相关,在选育的过程中就要尽可能地利用正向协同作用,抑制有拮抗作用的成分合成,从而提高氨基酸含量,改善玉米品质。游离氨基酸的相关性分析表明,丝氨酸与甘氨酸、蛋氨酸、赖氨酸以及总氨基酸含量呈显著或者极显著正相关,提高丝氨酸含量的同时也能提高这些氨基酸含量,改善玉米品质。

参考文献:

[1] 于玲玲,李俊鹏,甄志华,等.青贮玉米品质影响因素分析[J].中国饲料,2021(21):127-129.

[2] 侯俊峰,韩海亮,陈斌,等.甜玉米和糯玉米品质特征和育种相关研究概述[J].农业科技通讯,2021(12):9-13.

[3] 李坤,李高科,肖颖妮,等.甜玉米品质遗传改良研究进展[J].广东农业科学,2020,47(11):70-77.

[4] 刘治先,ALLEN D W.玉米胚乳蛋白质及氨基酸遗传控制的研究现状[J].山东农业科学,1996(1):8-13.

[5] 于泓,牟世芬.氨基酸分析方法的研究进展[J].分析化学,2005(3):398-404.

[6] NODA H,AMANO K. Sugars, organic acids and minerals of nor, the dried laver porphyra[J]. Bulletin of the Chemical Society of Japan, 1981, 47: 57-62.

[7] 李梅,刘金华,楼兵干,等.植物鲜样中游离氨基酸提取方法的比较[J].实验室研究与探索,2016,35(4):34-38,51.

[8] 马瑞肖,张慧杰,李馨慧,等.丝氨酸/甘氨酸代谢在肿瘤中的研究进展[J].现代肿瘤医学,2020,28(6):1021-1024.

[9] 孙其伶,肖辉,郑倩.磷脂酰丝氨酸外翻在细胞凋亡及其清除过程中的分子调控机制[J].生命的化学,2020,40(8):1199-1207.

[10] HO C L, SAITO K. Molecular biology of the plastidic phosphorylated serine biosynthetic pathway in *Arabidopsis thaliana* [J]. Amino Acids, 2001, 20: 243-259.

[11] KISHOR P B K, SURAVAJHALA R, MARKA N, et al. Lysine, lysine-rich, serine, and serine-rich proteins: link between metabolism, development, and abiotic stress tolerance and plants[J]. Frontiers in Plant Science, 2020, 11: 1-15.

[12] 徐春英.冬小麦氨基酸代谢与抗旱性关系的研究[D].北京:中国农业科学院,2008.

[13] 王建革,张丽荣,王利民,等.中国高赖氨酸玉米育种终结

[J]. 中国科技史料, 1996, 20(4): 352-357.

[14] ROS R, MUNOZ-BERTOMEU J, KRUEGER S. Serine in plants: Biosynthesis, metabolism, and functions[J]. Trends in Plant Science, 2014, 19: 564-569.

[15] MATTAINI K R, SULLIVAN M R, HEIDEN M G V. The importance of serine metabolism in cancer[J]. Cell Biology, 2016, 214: 249-257.

[16] MICHARD E, LIMA P T, BORGES F, et al. Glutamate receptor-like genes form Ca^{2+} channels in pollen tubes and are regulated by pistil D-serine [J]. Science, 2011, 332: 434-437.

[17] CASCALES-MINANA B, MUNOZ-BERTOMEU J, FLORES-TORNERO M, et al. The phosphorylated pathway of serine biosynthesis is essential both for male gametophyte and embryo development and for root growth in *Arabidopsis* [J]. Plant Cell, 2013, 25: 2084-2101.

[18] MUÑOZ-BERTOMEU J, CASCALES-MINANA B, MULET J M, et al. Plastidial glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase deficiency leads to altered root development and affects the sugar and amino acid balance in *Arabidopsis* [J]. Plant Physiology, 2009, 151: 541-558.

[19] 刘荣森,杨虹琦,黄郁维,等.植物中游离氨基酸的提取、纯化及分析方法[J].河南科技大学学报,2007,28(3):76-79.

[20] SHARMA M K, FANTA S. Variance balanced designs for complete diallel cross[J]. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2010, 24: 56-60.

[21] BAHARI M, RAFII M Y, SALEH G B, et al. Combining ability analysis in complete diallel cross of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) [J]. The Scientific World Journal, 2012, 2012: 543158.

[22] MOTERLE L M, DE LUCA E, BRACCINI A, et al. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits[J]. Euphytica, 2012, 185(3): 337-347.

[23] ZHAO X Y, BIAN X Y, LIU M R, et al. Analysis of genetic effects on a complete diallel cross test of *Betula platyphylla* [J]. Euphytica, 2014, 205: 221-229.

[24] 孟强,王薪淇,宋轶群,等.糯玉米自交系中游离氨基酸的组成及含量分析[J].西北农林科技大学学报,2015,43(3):91-97,104.

[25] 孙志东,孙晓秋,赵桐,等.糯玉米游离氨基酸含量与品质性状相关分析[J/OL].吉林农业大学学报,2021:1-10 [2022-06-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1100.S.20210421.1105.004>.

[26] 祁新,赵颖君,梁军,等.玉米氨基酸含量的杂种优势分析[J].吉林农业大学学报,2001,23(2):17-20.

(下转第 110 页)

Effects of Chemical Fertilizer Reduction Combined with Biofertilizer and Fulvic Acid Potassium on Tomato Growth and Fertilizer Utilization Rate

ZHENG Jian-chao

(Agricultural Science Research Institute of The Twelfth Division of The Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi 830088, China)

Abstract: In order to promote the green and healthy and sustainable development of tomato industry, Horticultural 504 variety of tomato was used as the material under the condition of facility cultivation. Five treatments were designed, including conventional fertilization (CK), basal fertilizer reduction by 40%, top dressing reduction by 20%, top dressing reduction by 40%, and no fertilizer application. The effects of chemical fertilizer reduction combined with biofertilizer and fulvic acid potassium on the tomato growth and fertilizer utilization were studied. The results showed that tomato plant height decreased with the decrease of fertilization basal fertilizer reduction by 40% treatment had little effect on tomato stem diameter. There was no significant difference in the number of leaf nodes and fruit ears between CK, basal fertilizer reduction by 40% and top dressing reduction by 20% treatments. The fertilizer use efficiency of tomato was improved by reducing fertilizer application. The fertilizer use efficiency of basal fertilizer reduction by 40% treatment was the highest, which was not significantly different from that of top dressing reduction by 20% treatment. The partial productivity of basal fertilizer reduction by 40% treatment was the highest, which was higher than that of CK, topdressing reduction by 20% and topdressing reduction by 40% treatments by 20.70%, 10.38% and 19.70%, respectively. The yield of CK treatment was higher, but there was no significant difference compared with the basal fertilizer reduction by 40% and topdressing fertilizer reduction by 20% treatments. To sum up, basal fertilizer reduction by 40% or topdressing fertilizer reduction by 20% treatment had little effect on the growth and yield of facility tomato under the condition of appropriate application of biofertilizer and fulvic acid.

Keywords: tomato; fertilizer reduction; biofertilizer; fulvic acid potassium; fertilizer utilization rate

(上接第 100 页)

Correlation Analysis of Amino Acid Content and Quality Traits in Maize Inbred Lines

NAN Zhi-run, HOU Lei, ZHANG Jie, TIAN Huai-ze

(Maize Research Institute, Shanxi Agricultural University, Xinzhou 034000, China)

Abstract: In order to analyze the components and content of amino acids in inbred lines with different serine contents and evaluate the nutritional quality of maize germplasm resources, 20 inbred lines of fine serine content and agronomic traits differences were selected from 500 maize inbred lines as the research object. Moisture, protein, starch, fat, crude fiber and amino acids of maize inbred lines were determined by near infrared analyzer. Free amino acid content were measured by amino acid analyzer. The quality characters and contents of free amino acids were analyzed. The results showed that the total amino acid content was significantly positively correlated with protein content, and negatively correlated with water content and starch content. Serine content was significantly positively correlated with protein content, lysine content and proline content. The content of free serine was significantly correlated with the limiting amino acids methionine and lysine. In conclusion while increasing the content of serine, the content of protein and lysine were also significantly increased.

Keywords: maize inbred line; serine; amino acid