

主成分分析法研究玉米新品种协玉 901 的最适密度和氮肥量

卿春燕 王秀全 卢庭启 张 华 税红霞 马 鹏 何 丹 庞启华

(四川省绵阳市农业科学研究院, 绵阳 621023)

摘要:为探究密度和氮肥对玉米新品种协玉 901 产量和主要农艺性状的影响,采用二因素随机区组设计,主区种植密度和副区施氮肥量各设 5 个水平。结果表明,不同密度和施氮肥量对协玉 901 的产量性状影响较大,协玉 901 的容重整体较高,表明其籽粒饱满,营养物质高。相关性分析结果显示,粗蛋白与脂肪之间的相关系数最高;穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重和产量这 6 个产量相关性状之间多呈显著或极显著正相关。主成分分析综合排名结果显示,排名前 5 的均为 45000 株/hm² 的处理, A1N3 (种植密度 45000 株/hm², 纯氮 180kg/hm²) 处理排名第 1 位,是协玉 901 最佳种植条件。但当种植密度为 60000 株/hm², 纯氮量为 120kg/hm² 时协玉 901 产量达到最高。

关键词:协玉 901; 密度; 施氮肥量; 产量; 农艺性状; 主成分分析

随着市场发展的需求,我国玉米的种植面积和总产量跃居农作物第 1 位,成为我国第一大作物^[1]。由于玉米是粮、菜、饲、能四位一体的主要作物,更是畜牧业、酒类等食品加工业最基础的原料,因此在国民经济中占有重要地位^[2]。前人研究表明,影响玉米产量的因素包括品种、土壤肥力、种植密度、光照、温度等,其中种植品种和密度是影响玉米产量的重要因素^[3]。中国工程院院士戴景瑞指出,玉米品种是技术的载体,耐密是提高单产的关键^[4],合理的种植密度可使玉米群体与个体协调发展,挖掘出品种的高产潜力,在单位面积上获得最大的产量^[5-6]。同时,化肥的合理施用,加上氮磷钾肥的有效搭配,可提高土壤供肥能力,实现增产,在玉米生产中具有重要意义^[7]。大量研究表明,密度是协调玉米群体与个体之间平衡发展的有效手段,合理施肥是玉米个体良好发育的重要保障,二者的高效搭配是玉米增产的关键因素^[8-9]。玉米新品种协玉 901 是绵阳市农业科学研究院自主选育而成的优良品种,具有广适性、丰产性好,品质优良等特性,具备较好的推广前景^[10],而良种良法的配套能为该品种的高产高效栽培提供科学依据。

主成分分析(PCA)是通过降维的方式,将多

个存在相关联的变量转化为几个能反映原本多个变量主要信息的综合变量,并且保留大部分原有信息,简化数据结构,全面客观地反映变量的综合表现^[11]。近年来,在作物中运用 PCA 来评价种质资源的应用广泛,包括谷子、玉米、马铃薯、花生、小豆等^[12-16]。本研究采用 PCA 方法来分析密度和氮肥对协玉 901 产量和主要农艺性状的影响,以期探究出协玉 901 栽培的最佳种植密度和施氮量,构建该品种的高产优质技术模式,为大面积玉米高产提供技术支撑,促进增产增收。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于四川省绵阳市经开区松垭镇,土壤肥力水平中等、地力均匀平坦,光照好,排灌方便。

1.2 试验材料 玉米品种协玉 901 由绵阳市农业科学研究院自主选育。

1.3 试验方法 采用二因素随机区组设计,主区为种植密度,副区为氮肥量。种植密度设 5 个水平, A1: 45000 株/hm²、A2: 52500 株/hm²、A3: 60000 株/hm²、A4: 67500 株/hm²、A5: 75000 株/hm²; 施氮肥量设 5 个水平, N1: 不施氮(CK)、N2: 施纯氮 120kg/hm²、N3: 施纯氮 180kg/hm²、N4: 施纯氮 240kg/hm²、N5: 施纯氮 300kg/hm²。试验采用直播方式,5 行区,行长 8.0m,行距 0.6m,随机排列,3 次

重复,共75个小区。每 hm^2 一次性施入过磷酸钙736.5kg和氯化钾147kg作为底肥,氮肥(尿素)采用底肥:追肥=6:4,追肥于拔节期施用。其他田间管理措施与大田生产一致。

1.4 测定项目及方法 每小区收中间3行计产,随机选取10穗,自然风干后进行室内考种,测定穗长、穗粗、秃尖、穗行数、行粒数、千粒重等。考种籽粒中称取籽粒1kg作为品质分析样品,测定淀粉、粗蛋白、脂肪、容重。

收获期取代表性植株5株,调查收获指数。

收获指数 = 籽粒干重 / 整株干重。

按照NY/T 2017—2011《植物中氮、磷、钾的测定》测定植株中的全氮和全磷,按照NY/T 2420—2013《植株全钾含量测定 火焰光度计法》测定植株全钾。

1.5 数据统计分析 试验数据采用Excel 2003进行统计,用SPSS 25.0软件进行数据描述性分析、相关性分析和主成分分析并计算主成分综合得分,确定排名顺序。

2 结果与分析

2.1 表型描述性分析 数据统计结果如表1所示,收获指数、行粒数、穗行数、穗粗和穗长的变异系数较小,均小于5%,说明这些性状受密度和施肥影响

表1 不同处理组合下协玉901农艺性状及产量的表型值

处理	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	秃尖 (cm)	穗行数	行粒数	千粒重 (g)	产量 (kg/667m ²)	收获指数 (%)	容重 (g/L)	淀粉 (%)	粗蛋白 (%)	脂肪 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (g/kg)
A1N1	21.63	5.07	0.79	18	40	263.1	482.37	0.51	764	77.93	8.55	2.64	1.72	0.177	14.41
A1N2	21.07	5.03	0.86	18	40	253.7	477.23	0.52	771	73.46	9.94	2.93	1.76	0.219	13.42
A1N3	21.97	5.07	0.77	18	40	256.7	509.11	0.52	769	70.00	10.87	3.44	1.87	0.178	15.74
A1N4	21.57	4.97	0.67	17	41	255.2	498.00	0.54	775	69.05	10.03	2.81	1.72	0.174	13.37
A1N5	21.63	5.07	0.63	17	41	257.2	497.53	0.54	776	72.93	9.45	3.11	1.58	0.142	11.04
A2N1	20.70	4.90	0.90	18	40	247.3	482.30	0.56	758	82.03	8.06	2.35	1.74	0.160	13.84
A2N2	21.40	4.83	0.93	17	40	246.3	473.98	0.54	766	64.16	9.55	3.17	1.40	0.188	13.81
A2N3	20.83	4.80	0.77	18	39	234.5	435.00	0.50	771	61.22	8.63	2.84	1.72	0.195	14.06
A2N4	21.23	4.97	0.57	17	41	249.7	462.62	0.56	763	71.93	9.81	2.82	1.76	0.139	12.28
A2N5	20.87	4.87	0.63	18	40	216.7	396.39	0.55	760	71.34	9.84	2.95	1.35	0.143	12.17
A3N1	20.73	4.83	0.80	17	38	237.8	475.10	0.54	758	78.00	8.08	2.64	1.60	0.128	12.44
A3N2	20.70	4.93	0.70	18	40	243.4	558.89	0.54	763	78.20	8.68	2.49	1.13	0.115	16.28
A3N3	19.83	4.87	0.70	18	37	209.0	438.78	0.56	760	69.73	10.01	2.93	1.70	0.131	14.58
A3N4	20.07	4.80	0.63	17	40	216.0	400.64	0.54	762	77.12	10.37	3.05	1.61	0.141	11.04
A3N5	20.73	4.77	0.70	17	40	212.9	372.73	0.52	766	64.40	10.50	3.08	1.47	0.166	12.01
A4N1	20.17	4.87	0.87	17	38	228.5	424.63	0.54	752	84.91	8.82	2.55	1.24	0.135	13.39
A4N2	19.83	4.80	0.50	18	38	229.2	451.04	0.53	763	77.47	9.49	2.91	1.43	0.122	13.33
A4N3	20.13	4.73	0.63	17	38	208.7	420.77	0.53	763	80.35	8.17	2.85	1.44	0.148	12.77
A4N4	20.33	4.67	0.73	17	39	188.3	396.43	0.51	761	75.70	12.85	3.99	1.55	0.183	10.90
A4N5	20.27	4.80	0.90	17	38	209.4	444.80	0.54	771	81.03	8.86	2.55	1.43	0.159	11.84
A5N1	19.53	4.73	0.87	17	37	220.6	425.44	0.57	759	85.06	8.46	2.72	1.65	0.226	15.73
A5N2	19.83	4.77	0.93	17	37	236.2	466.22	0.54	749	68.90	9.38	2.78	1.43	0.164	13.10
A5N3	20.10	4.90	0.82	18	39	236.5	497.21	0.56	771	58.20	8.66	2.55	1.55	0.163	10.94
A5N4	20.17	4.80	0.73	17	38	222.3	447.66	0.57	761	73.98	9.06	2.95	1.77	0.207	15.74
A5N5	19.90	4.77	0.80	17	39	207.2	422.85	0.53	761	72.06	9.35	3.22	1.21	0.193	10.46
最小值	19.53	4.67	0.50	17	37	188.3	372.73	0.50	749	58.20	8.06	2.35	1.13	0.120	10.46
最大值	21.97	5.07	0.93	18	41	263.1	558.89	0.57	776	85.06	12.85	3.99	1.87	0.230	16.28
平均值	20.61	4.86	0.75	17	39	231.5	454.31	0.54	764	73.57	9.42	2.89	1.55	0.160	13.15
变异系数(%)	0.30	2.26	16.00	2.87	3.25	8.55	9.37	3.70	0.86	9.49	11.25	11.76	12.90	18.75	12.70
排名	15	13	2	12	11	9	8	10	14	7	6	5	3	1	4

较小。产量及产量性状中千粒重变异系数较大,表明各处理组合间的表型值差异较大,进一步说明不同密度和施氮肥量对协玉 901 的产量性状影响较大。其中,A1N1 的千粒重最高,为 263.1g,表明低密度的种植有利于籽粒的发育;A3N2 的产量最高,为 558.89kg/667m²,表明密度 60000 株/hm²、施纯氮 120kg/hm² 的组合搭配有利于产量的增加;A1N5 的容重最高,为 776g/L,同时,所有处理组合的容重都较高,均值高达 764g/L,表明品种协玉 901 具有容重高、籽粒饱满、营养物质多的特点。茎秆养分性状和籽粒品质性状的变异系数相对较大,表明密度和氮肥的耦合作用对茎秆养分和籽粒品质影响较大。

2.2 相关性分析 利用双变量 Pearson 简单相关系数法对所有性状的表型值进行相关分析,结果如表 2 所示,多数性状之间呈正相关,部分性状之间相关系数达显著或极显著水平。所有性状中,粗蛋白与脂肪之间的相关系数最高,为 0.857。穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重和产量这 6 个产量相关性状之间全部呈正相关,且大部分为显著或极显著,其中,穗长和穗粗与其他 4 个性状的相关系数均比较高,最高达到了 0.841,该结果与罗黎明等^[17]的研究结果一致,因此,在分析产量性状特征时,要重点关注穗长和穗粗这 2 个性状指标。产量与千粒重呈极显

著正相关,相关系数为 0.775。此外,全氮、全磷、全钾这 3 个性状间呈正相关。

2.3 主成分分析 采用 SPSS 25.0 对 15 个性状进行主成分分析,获得主成分特征值及方差贡献率和累计贡献率,如表 3 所示,前 6 个主成分的方差累计贡献率为 82.952%,符合主成分分析要求,能较好反映大部分遗传信息,达到了降维的目的,因此,本研究采用这 6 个主成分代替上述 15 个性状进行后续的分析。

各主成分的载荷矩阵如表 4 所示,其反映了各性状对该主成分负荷相对大小和作用的方向,即性状对主成分的影响程度^[11,18]。结果表明,主成分 1 反映穗长、穗粗、行粒数、千粒重、产量和容重的主要信息;主成分 2 反映粗蛋白和脂肪的主要信息;主成分 3 反映秃尖和全磷的主要信息;主成分 4 反映穗行数和全钾的主要信息;主成分 5 反映收获指数的主要信息;主成分 6 反映淀粉的主要信息;主成分 1、3 和 5 联合反映全氮的信息。

用各性状变量的主成分载荷除以主成分相对应特征值的平方根,即可以得到主成分中每个性状所对应的得分系数即特征向量,以特征向量为权重得出 6 个主成分得分的表达式 F1~F6,再以各主成分所对应的方差贡献率为权重,根据主成分得分和对应的权重线性加权求和得到主成分的综合得分模型。

表 2 所有性状之间的相关性分析

性状	穗长	穗粗	秃尖	穗行数	行粒数	千粒重	产量	收获指数	容重	淀粉	粗蛋白	脂肪	全氮	全磷	全钾
穗长	1														
穗粗	0.764**	1													
秃尖	-0.074	-0.076	1												
穗行数	0.177	0.436*	-0.065	1											
行粒数	0.797**	0.617**	-0.291	0.118	1										
千粒重	0.722**	0.841**	0.105	0.318	0.529**	1									
产量	0.465*	0.673**	0.144	0.363*	0.295	0.775**	1								
收获指数	-0.344*	-0.052	0.037	-0.152	-0.221	-0.031	0.108	1							
容重	0.557**	0.456*	-0.214	0.163	0.562**	0.334	0.307	-0.271	1						
淀粉	-0.263	-0.105	0.034	-0.192	-0.270	-0.145	-0.067	0.177	-0.416*	1					
粗蛋白	0.159	-0.063	-0.273	-0.115	0.265	-0.289	-0.310	-0.322	0.127	-0.258	1				
脂肪	0.139	-0.191	-0.236	-0.219	0.153	-0.348*	-0.359*	-0.412*	0.136	-0.256	0.857**	1			
全氮	0.370*	0.380*	-0.037	0.187	0.175	0.372*	0.129	0.040	0.316	-0.149	0.132	0.098	1		
全磷	0.046	-0.097	0.482**	-0.098	-0.039	0.014	-0.136	-0.123	0.196	-0.167	0.105	0.272	0.381*	1	
全钾	0.118	0.217	0.163	0.364*	-0.190	0.346*	0.415*	0.152	-0.133	0.188	-0.269	-0.268	0.250	0.184	1

** 和 * 分别代表 0.01 和 0.05 水平相关显著

$$F=0.297F_1+0.206F_2+0.118F_3+0.076F_4+0.07F_5+0.06F_6$$

计算得到的主成分得分和综合得分及排名结果如表5所示,综合排名前5的处理分别为A1N3、A1N2、A1N4、A1N5和A1N1,表明从综合性状来看,最适的种植密度为45000株/hm²,在此密度的基础上,最佳施氮量为180kg/hm²,其次施氮量是120kg/hm²、240kg/hm²、300kg/hm²和不施氮肥。同时,反映产量相关信息的主成分1,其得分排名前5的处理分别为A1N3、A1N1、A1N5、A1N4和A1N2,表明当种植密度为45000株/hm²时,最佳施氮量为180kg/hm²。

表3 各主成分的特征值及方差贡献率

主成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率(%)	累积方差贡献率(%)
1	4.451	29.676	29.676
2	3.089	20.594	50.270
3	1.763	11.751	62.022
4	1.138	7.587	69.609
5	1.046	6.971	76.580
6	0.956	6.373	82.952

表4 各主成分载荷矩阵

性状	主成分					
	1	2	3	4	5	6
穗长	0.872	0.253	-0.018	-0.122	0.090	0.243
穗粗	0.906	-0.119	-0.127	0.035	0.098	0.091
秃尖	-0.072	-0.362	0.656	-0.454	-0.218	0.190
穗行数	0.458	-0.215	-0.016	0.540	-0.540	-0.166
行粒数	0.722	0.396	-0.277	-0.215	0.148	0.076
千粒重	0.883	-0.306	0.028	-0.123	0.067	0.103
产量	0.718	-0.444	-0.058	-0.052	-0.073	0.065
收获指数	-0.187	-0.524	-0.077	0.001	0.555	-0.443
容重	0.635	0.382	0.012	-0.188	-0.040	-0.323
淀粉	-0.311	-0.428	-0.141	0.123	0.377	0.586
粗蛋白	-0.035	0.838	0.048	0.275	0.104	0.152
脂肪	-0.113	0.869	0.181	0.196	0.062	0.189
全氮	0.466	0.104	0.467	0.335	0.432	-0.249
全磷	0.044	0.186	0.900	-0.146	0.063	-0.041
全钾	0.265	-0.530	0.382	0.513	0.012	0.196

3 讨论与结论

玉米新品种协玉901适宜在四川、云南、贵州、

湖南、汉中等西南春玉米平坝浅丘地区种植。但由于西南地区地形地貌复杂,属于湿润半湿润季风气候^[19],在玉米的生育期内,常常出现阴雨寡照、湿热同步的现象,导致玉米的叶片接受光照不均匀,因此,合理的种植密度为玉米产量和籽粒品质提供了保障。同时,玉米也是需肥量较多的高产作物,适当的施肥量是保证玉米增产增收的前提^[20]。调查表明,国内玉米对氮肥的利用率仅35%左右,60%以上的农户仅凭经验施肥^[21],在肥料施用过程中出现施足底肥后不追肥、少追肥或者追肥过度的现象,导致玉米的产量和品质都较低。新品种结合配套栽培技术是保障高产高效的有效途径。本研究主要针对种植密度和施氮肥量这两个因素对玉米新品种协玉901产量及相关性状的影响进行探究。利用PCA方法,从综合性状的角度选出最佳种植密度和施氮肥量的组合搭配,为协玉901的生产推广提供理论支撑。

本研究的相关性分析结果显示(表2),籽粒品质性状粗蛋白和脂肪的相关系数最高,为0.857,呈极显著正相关。不少前人对玉米籽粒品质研究也发现,在不同的处理下,粗蛋白和脂肪总是呈现相同的变化趋势。贾晓艳等^[22]在分析玉米粒重与品质性状的相关性时发现,玉米籽粒百粒重与蛋白质和油分含量之间呈负相关,玉米籽粒容重与蛋白质和油分含量之间呈正相关。瞿翔等^[23]在研究硅肥对玉米生长及土壤理化性质的影响时发现,施用硅肥显著提高了玉米籽粒脂肪和蛋白质含量,显著降低了淀粉含量。吕巨智等^[24]在研究不同耕作方式对玉米生长发育、产量及品质的影响时发现,深松处理使玉米籽粒脂肪和蛋白质含量均不同程度的提高,但淀粉含量降低。由此可见,环境的改变能引起玉米籽粒品质的变化,并且蛋白质和脂肪之间有很强的相关性。

目前,通过多元统计学方法对作物的多个性状进行综合评价已经应用广泛^[14],主成分分析就是通过降维的方法把多个变量变成几个相对独立的综合变量,科学评价综合性状。本研究调查的15个性状包括产量性状、籽粒品质性状、茎秆养分性状等。利用主成分分析将这15个性状降维到能反映82.952%综合信息的6个主成分,通过主成分得分和综合得分来评价种植密度和施氮肥量的最佳搭配。产量

表5 所有性状的主成分得分及排名

处理	主成分1		主成分2		主成分3		主成分4		主成分5		主成分6		综合	
	F1	排名	F2	排名	F3	排名	F4	排名	F5	排名	F6	排名	F	排名
A1N1	3.18	2	-0.98	19	0.51	9	0.29	9	-0.57	19	1.36	2	1.05	5
A1N2	2.73	5	0.53	11	1.91	2	0	14	-0.46	18	0.34	8	1.37	2
A1N3	3.93	1	1.32	5	1.41	5	1.67	3	-0.01	11	1.04	5	2.16	1
A1N4	3.02	4	0.96	7	-0.14	14	-0.71	20	1.18	4	-0.41	19	1.30	3
A1N5	3.05	3	1.30	6	-1.73	23	-1.25	22	1.16	5	-0.05	14	1.15	4
A2N1	1.03	9	-2.87	25	0.32	10	-0.01	15	0.53	7	0.11	12	-0.25	14
A2N2	0.98	10	0.64	10	1.26	6	-1.64	25	-0.39	15	0.31	9	0.53	8
A2N3	1.10	8	0.83	9	1.58	4	0.28	10	-2.13	25	-0.96	23	0.59	7
A2N4	1.67	6	0.50	12	-1.56	21	0.02	13	2.15	1	-0.58	21	0.64	6
A2N5	-0.58	12	0.84	8	-1.62	22	0.71	6	-0.42	16	-0.44	20	-0.23	12
A3N1	-0.58	13	-1.64	21	-0.67	17	-0.69	19	0.35	8	0.42	6	-0.71	19
A3N2	1.56	7	-2.64	24	-2.12	25	0.62	7	-1.35	24	1.13	4	-0.37	16
A3N3	-1.31	17	-0.65	15	-0.10	13	2.42	1	-0.15	14	-1.38	24	-0.54	17
A3N4	-1.54	19	1.62	3	-1.29	20	0.14	11	1.09	6	-0.14	16	-0.24	13
A3N5	-1.09	16	2.71	2	-0.20	16	-0.52	16	-0.45	17	-0.38	18	0.14	10
A4N1	-2.14	20	-2.02	22	-0.81	18	-0.65	18	-0.07	12	1.77	1	-1.31	25
A4N2	-1.00	14	-0.17	13	-1.99	24	1.99	2	-0.83	22	-0.21	17	-0.59	18
A4N3	-2.27	22	-0.28	14	-0.96	19	0.02	12	0.03	10	0.14	11	-1.00	23
A4N4	-2.91	25	4.80	1	0.76	8	0.80	5	0.05	9	1.36	3	0.44	9
A4N5	-1.52	18	-0.75	17	0.04	12	-1.53	23	-0.13	13	-0.03	13	-0.88	21
A5N1	-2.63	24	-2.33	23	2.64	1	0.36	8	1.52	3	-0.10	15	-0.99	22
A5N2	-2.15	21	-1.37	20	0.96	7	-0.61	17	-0.73	20	0.37	7	-1.06	24
A5N3	0.94	11	-0.72	16	-0.16	15	-1.05	21	-1.25	23	-2.94	25	-0.30	15
A5N4	-1.05	15	-0.94	18	1.87	3	0.90	4	1.72	2	-0.89	22	-0.18	11
A5N5	-2.45	23	1.32	4	0.08	11	-1.54	24	-0.83	21	0.16	10	-0.74	20

最高的处理为 A3N2, 即种植密度为 60000 株 /hm², 这与曹家洪等^[25]的研究结果一致, 但两试验的施氮量不同, 可能与施用肥料类型不同相关。但在得分排名中, 主成分1和综合得分排名第1的均为 A1N3, 且排名前5的种植密度均为 45000 株 /hm², 说明在此密度下的综合性状表现好, 且施纯氮量最佳为 180kg/hm²。

玉米新品种协玉 901 的产量最高处理为 A3N2, 即种植密度为 60000 株 /hm², 施纯氮 120kg/hm², 但从综合得分来看, 最适宜种植密度为 45000 株 /hm², 最佳施纯氮量为 180kg/hm²。

参考文献

- [1] 李少昆, 赵久然, 董树亭, 赵明, 李潮海, 崔彦宏, 刘永红, 高聚林, 薛吉全, 王立春, 王璞, 陆卫平, 王俊河, 杨祁峰, 王子明. 中国玉米栽培研究进展与展望. 中国农业科学, 2017, 50 (11): 1941-1959
- [2] 常红军, 马灿玲. 盐胁迫对4个玉米品种的萌发及生长的影响. 安徽农业科学, 2006, 34 (17): 4273-4274

- [3] 方正, 乐自祥, 王祥, 罗金荣, 王丽. 品种、密度、施肥对玉米产量的影响研究. 农业科技与信息, 2010 (17): 13-14
- [4] 姚杰. 提高玉米育种创新能力 加快新品种选育速度——玉米专家访谈录. 作物杂志, 2007 (5): 1-4
- [5] 张冬梅, 张伟, 陈琼, 黄学芳, 姜春霞, 韩彦龙, 刘恩科, 池宝亮. 种植密度对旱地玉米植株性状及耗水特性的影响. 玉米科学, 2014, 22 (4): 102-108
- [6] 胡占菊, 王文娟, 郭海悦, 姬社林, 高岭巍, 马盼盼, 岳素可, 郭慧. 玉米新品种濮单 12 密度试验总结. 中国种业, 2021 (4): 63-66
- [7] 黄开健, 杨华铨, 谭华, 韦国能. 秋玉米高产栽培技术的最佳密度和施肥量研究. 玉米科学, 2001, 9 (1): 57-59
- [8] 李万星, 刘永忠, 曹晋军, 靳鲲鹏, 赵文媛, 王红兰. 肥料与密度对玉米农艺性状和产量的影响. 中国农学通报, 2011, 27 (15): 194-198
- [9] 吴建明, 陆国盈, 梁和. 肥料与密度对高油玉米农艺性状及产量的影响. 中国农学通报, 2005, 21 (2): 175-177, 207
- [10] 张华, 王秀全, 卢庭启, 何丹, 税红霞, 蒋晓芳, 卿春燕. 玉米新品种协玉 901 高产制种技术. 农业科技通讯, 2021 (11): 231-233
- [11] 张涛, 宋海云, 贺鹏, 许鹏, 黄锡云, 汤秀华, 覃振师, 王文林, 郑树芳, 莫庆道. 基于主成分分析和聚类分析的山黄皮果实性状综合评价. 贵州农业科学, 2018, 46 (11): 9-14
- [12] 朱晓东, 赵术伟, 陈国秋. 基于主成分分析的谷子品种萌芽期抗旱

安麦 13 对微量元素的积累特性研究

薛志伟 周其军 杨春玲
(安阳市农业科学院,河南安阳 455000)

摘要:农作物中微量元素含量与农产品的营养品质密切相关。为科学指导安麦 13 的生产应用,为安阳市小麦安全生产和营养育种提供参考,在安阳市农业科学院永和试验基地开展安麦 13 对微量元素铁、锰、锌、铜的积累特性研究,分析成熟期小麦各器官微量元素含量、富集系数及转移系数。结果表明:安麦 13 成熟期籽粒中微量元素铁、锰、锌、铜含量分别为 28.97mg/kg、31.89mg/kg、17.59mg/kg、3.03mg/kg。安麦 13 成熟期根、叶、籽粒中的铁、锰、锌、铜含量和分布系数高于茎和壳,不同器官对铁、锰、锌、铜的富集转移能力各有不同。铁、锰的生物富集系数较低,锌、铜在根、叶、籽粒中的生物富集系数大于茎、壳。铁的转移能力由强到弱依次是籽粒>叶>茎>壳,锰的转移能力由强到弱依次是叶>籽粒>茎>壳,锌、铜的转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>壳>茎。植株中微量元素铁、锰、锌、铜含量之间呈正相关关系。

关键词:安麦 13;微量元素;富集系数;转移系数

小麦作为中国重要的粮食作物之一,是北方人民的重要口粮,在农业生产和食品工业中占有十分重要的地位^[1]。随着人们生活水平的不断提高,越来越多的人开始关注食品的营养品质。微量元素铁、锰、锌、铜对植株的生长发育起着十分重要的作用,

是植物生长必需而其功能又不能被其他元素所代替的元素。微量元素含量过低影响植株叶绿素合成和正常生长发育,含量过高则会引起植株细胞内蛋白质含量下降,抑制植株生长发育^[2-3]。目前植物因微量元素摄入不足而发生缺素症的现象十分普遍,严重的会影响植株正常生长发育。

微量元素铁、锰、锌、铜对于人体生长发育和健康非常重要,在人体内具有多方面重要的生理功

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-03)

通信作者:杨春玲

- 性鉴定与分类. 辽宁农业科学, 2021 (6): 1-7
- [13] 张志恒, 王玉琴, 任国艳, 李元晓, 赵凌平, 吴秋珏, 张子军. 基于主成分分析和隶属函数分析评价不同添加剂处理的玉米秸秆青贮的发酵品质. 动物营养学报, 2022, 34 (4): 2677-2688
- [14] 何文, 张秀芬, 郭素云, 阳景阳, 李恒锐, 刘连军. 基于主成分分析和聚类分析对 22 份马铃薯种质的综合评价. 种子, 2021, 40 (3): 80-86
- [15] 郭凯, 蒋相国, 李红梅, 蔡金兰. 基于主成分分析和聚类分析的夏播花生综合评价研究. 湖北农业科学, 2021, 60 (14): 24-28
- [16] 葛平珍, 余娟, 何友勋, 赵龙, 余莉, 张时龙. 基于主成分分析小豆种质资源的农艺性状评价与应用. 贵州农业科学, 2021, 49 (9): 1-7
- [17] 罗黎明, 蒋辅燕, 高连彰, 和永昌, 汪燕芬, 吴海兰, 毕亚琪, 尹兴福, 何永健, 包改丽, 姚文华, 徐春霞, 王晶, 陈洪梅. 20 个新选玉米自交系产量和穗部性状配合力及其相关性研究. 西南农业学报, 2021, 34 (10): 2084-2092
- [18] 王益民, 张珂, 许飞华, 王玉, 任晓卫, 张宝琳. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价. 食品科学, 2014, 35 (1): 34-38
- [19] 刘永红, 岳丽杰, 杨勤, 李卓, 李奇. 西南地区玉米农作模式的演变与发展. 玉米科学, 2017, 25 (3): 99-104
- [20] 梁庆平, 李体琛, 蒙成, 蒋益敏, 赵广存, 吴地. 施肥与种植密度对玉米品种南校 969 农艺性状及产量的影响. 南方农业学报, 2013, 44 (11): 1856-1860
- [21] 周灵芝. 肥料与密度对玉米农艺性状和产量的影响. 广东农业科学, 2013, 40 (19): 6-8
- [22] 贾晓艳, 朱良佳, 田汉钊, 李依依, 祝丽英. 玉米自交系粒重与品质性状的相关分析. 种子, 2021, 40 (7): 33-38, 44
- [23] 翟翔, 郝琦, 李媛媛, 何仕帆. 施用硅肥对玉米生理代谢、产量及品质的影响. 热带农业科学, 2021, 41 (8): 5-10
- [24] 吕巨智, 范继征, 谢小东, 石达金, 钟昌松, 程伟东. 不同耕作方式对玉米生长发育、产量及品质的影响. 山东农业科学, 2021, 53 (7): 34-38
- [25] 曹家洪, 陈维, 俞玮. 种植密度与施氮量对玉米顺单 6 号干物质积累量及产量的影响. 中国种业, 2021 (1): 57-60

(收稿日期: 2022-05-12)