

小麦微核心种质旗叶形态性状的遗传分析

张咪咪, 赵秋月, 韩俊* (北京农学院植物科学技术学院农业应用与新技术重点实验室, 北京 102200)

摘要 以 262 份小麦微核心种质为试验材料, 对其进行 2 年 2 点共 4 个环境型的旗叶形态性状(长度、宽度、长宽比、叶面积)表型鉴定, 并分析了旗叶形态性状与籽粒千粒重的相关性。结果表明, 旗叶形态性状数值均呈单峰的偏正态分布。旗叶长度、宽度、长宽比、叶面积变异幅度分别为 10.41~39.31 cm、0.83~2.32 cm、7.83~28.38、7.61~61.00 cm²。不同环境型和基因型下的旗叶形态性状均差异极显著。旗叶长度、宽度、长宽比、叶面积遗传力分别为 89.44%、39.51%、90.18%、95.17%。旗叶长度、叶面积与千粒重呈极显著负相关, 旗叶宽度与千粒重呈显著正相关。该研究为进一步利用微核心种质发掘与小麦旗叶性状相关的新基因位点提供基础数据资料, 并为小麦旗叶形态的分子遗传改良奠定基础。

关键词 小麦; 微核心种质; 旗叶; 遗传力; 相关分析

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)08-0029-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Genetic Analysis of Flag Leaf Morphology in Wheat Micro-core Germplasm

ZHANG Mi-mi, ZHAO Qiu-yue, HAN Jun (Key Laboratory of Agricultural Application and New Technology, College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102200)

Abstract A total of 262 wheat microcore germplasm samples were used for phenotypic identification of flag leaf morphological traits (length, width, length-width ratio and leaf area) of four environmental types, and the correlation between flag leaf morphological traits and 1 000-kernel weight was analyzed. The results showed that the values of the morphological traits of flag leaves showed a single peak distribution. The variation ranges of flag leaf length, width, length-width ratio and leaf area were 10.41-39.31 cm, 0.83-2.32 cm, 7.83-28.38 and 7.61-61.00 cm², respectively. The morphological traits of flag leaves were significantly different under different environmental types and genotypes. Heritability of flag leaf length, width, length-width ratio and leaf area were 89.44%, 39.51%, 90.18% and 95.17%, respectively. There was a significant negative correlation between the length and area of flag leaf and 1 000-grain weight, and a significant positive correlation between the width of flag leaf and 1 000-grain weight. This research provided basic data for further exploration of new gene loci related to wheat flag leaf traits by using micro-core germplasm, and laid a foundation for molecular genetic improvement of wheat flag leaf morphology.

Key words Wheat; Core germplasm; Flag leaf; Heritability; Correlation analysis

小麦(*Triticum aestivum* L.)是我国重要的粮食作物之一, 世界上约有 1/3 的人口以小麦为主要粮食^[1]。中国是小麦的生产及消费大国, 提高单产一直是我国乃至全世界小麦新品种选育的一个重要育种目标^[2]。小麦叶型是增产的重要基础之一, 叶型对其光能的吸收以及碳水化合物积累具有极显著的影响。在小麦的遗传改良和育种实践中, 对叶型进行遗传解析有利于提高光合效率和产量潜力^[3]。

叶片是小麦进行光合作用的重要器官^[4]。其中, 旗叶的生长发育时期、着生位置、生理功能及组织结构与其他叶片不同^[5], 导致其形态直接影响小麦籽粒碳水化合物的积累^[6]。合理的旗叶形态是决定小麦产量的重要因素, 因此合理叶型种质的创制和旗叶形态遗传规律的研究有利于提高光能利用率, 从而提高小麦单产。

大量研究表明, 在水稻和小麦中, 旗叶的大小与千粒重、穗粒数、单株产量等产量性状呈正相关^[7-9]。因此, 对旗叶的形态进行遗传改良, 有助于提高植株光合效率从而实现粮食作物的增产^[10]。早在 1983 年沈福成等^[11]就开展了对水稻剑叶(长、宽、叶片与茎的夹角)的遗传研究, 为之后的水稻育种提供了优质株型的理论基础。近年来, 小麦旗叶性状的

研究也有很大的进展。例如, 傅兆麟等^[12]选取了 57 个冬小麦品种, 对旗叶和粒重之间的关系进行研究, 结果显示旗叶的表型性状(长、宽、叶面积等)均与穗粒数和穗粒重呈极显著相关关系; Verma 等^[13]在研究小区产量和旗叶中绿色占比的关系中发现, 绿色占比越大对应其产量越高且呈显著正相关的关系; 马均等^[14]发现旗叶通过影响穗粒数、粒重和穗粒重 3 部分来对小麦产量起调控作用, 并且在小麦生长灌浆期时, 旗叶的光合作用对籽粒干物质的积累的贡献率达到 1/3, 是穗部同化物的主要来源, 对籽粒产量起到重要作用; 还有研究成果表明, 小麦旗叶的叶长与抽穗期、开花期、小穗数等产量性状存在极显著负相关关系, 旗叶的叶面积性状与穗粒数存在极显著正相关^[15]。

鉴于此, 笔者以 262 份小麦微核心种质(MCC)为材料, 对其进行 2 年 2 点共 4 个环境型的旗叶形态性状(长度、宽度、长宽比、叶面积)考查, 分析环境型和基因型对旗叶形态性状的影响, 以及旗叶形态性状与籽粒千粒重的相关性, 旨在了解旗叶形态性状的遗传规律, 为后续进一步利用微核心种质进行旗叶形态性状分子遗传研究提供数据支撑, 为小麦叶形的分子遗传改良奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为 262 份具有广泛代表性的小麦微核心种质, 主要包括地方品种、育成品种和国外引进品种 3 部分, 涵盖了我国 10 个小麦典型生态型。其中, 62 份来自黄淮冬麦区, 35 份来自北部冬麦区, 31 份来自长江中下游冬麦

基金项目 青海省作物分子育种重点实验室开放课题基金项目(2017-ZJ-Y14)。

作者简介 张咪咪(1995—), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 研究方向: 小麦分子遗传育种。* 通信作者, 副教授, 硕士生导师, 博士, 从事小麦遗传育种研究。

收稿日期 2021-12-31

区,29份来自西南冬麦区,22份来自西北春麦区,16份来自青藏高原春麦区,14份来自北部春麦区,14份来自新疆冬春麦区,13份来自东北春麦区,9份来自华南冬麦区,17份属于国外引进品种。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验。分别于2018和2019年秋季,将262份小麦微核心种质的种子种植于北京农学院东区试验田和河北高邑实验站,共4个环境型,分别为E1、E2、E3、E4。田间试验采取完全随机区组设计,3次重复,2行区,行长2 m,行距为25 cm,株距8 cm左右,试验田田间管理按照常规麦田管理方式进行。

1.2.2 性状调查。灌浆期(约5月中旬至5月下旬)待旗叶性状稳定后,每个小区选取10株具有代表性的植株,调查供试材料的旗叶长度(旗叶基部到叶尖的距离,精确到0.01 cm)和宽度(叶片的最宽距离,精确到0.01 cm),10次测量的均值即为相应性状的表型值。待小麦完全成熟后,各小区选取10株具有代表性的单株,混合脱粒晒干后,调查千粒重。千粒重的测量方法是用电子天平每个重复称取3个100粒来估算其千粒重,单位为克(g),3次千粒重估算的均值即

为该材料千粒重的表型值。各性状3次重复的平均值用于数据分析。

1.3 统计分析 将调查所获得的原始数据,利用Microsoft Excel 2019程序和IBM SPSS Statistics 25软件统计旗叶宽度和长度以及籽粒千粒重的表型数据,计算其均值、最大值、最小值、标准差、偏度和峰度并绘制直方图。此外,利用SPSS统计分析软件对试验材料的旗叶形态性状进行方差分析($P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著)和各性状间的相关性分析。

2 结果与分析

2.1 旗叶形态性状表型分析 对2年2点共4个环境型下262份小麦微核心种质的旗叶形态性状进行了调查,并对其进行分析。结果表明,4个环境型下,微核心种质的旗叶长度、宽度、长宽比、叶面积均存在广泛的遗传变异(表1)。4个环境型下的旗叶长度、宽度、长宽比、叶面积的变异幅度分别为10.41~39.31 cm,0.83~2.32 cm,7.83~28.38,7.61~61.00 cm²,变异系数分别为25.10%、18.86%、22.79%、40.53%。遗传力分别为89.44%、39.51%、90.18%、95.17%,说明微核心种质可作为小麦旗叶形态性状遗传研究的理想自然群体材料。

表1 微核心种质旗叶形态表型分析
Table 1 Morphological phenotype analysis of flag leaf of MCC

性状 Traits	环境型 Environ	叶长 Leaf length cm	叶宽 Leaf width cm	长/宽 Leaf length- width ratio	叶面积 Leaf area cm ²
变幅 Range	E1	11.02~40.36	0.75~2.47	7.45~39.06	8.52~62.20
	E2	10.80~40.88	0.85~2.29	8.01~24.90	7.23~58.69
	E3	9.92~38.20	0.86~2.16	7.74~25.20	7.50~61.42
	E4	10.60~38.00	0.85~2.35	8.13~24.37	7.17~61.71
	平均	10.41~39.31	0.83~2.32	7.83~28.38	7.61~61.00
均值 Mean	E1	19.75	1.41	14.27	19.79
	E2	20.06	1.44	14.09	20.60
	E3	20.25	1.40	14.61	20.50
	E4	20.39	1.40	14.74	20.63
	平均	20.11	1.41	14.43	20.38
标准差 SD	E1	4.73	0.25	3.67	7.05
	E2	4.65	0.24	3.14	7.38
	E3	5.35	0.28	3.08	9.21
	E4	5.47	0.29	3.24	9.44
	平均	5.05	0.27	3.28	8.27
偏度 Skewness	E1	1.06	0.34	1.80	1.45
	E2	0.98	0.26	0.70	1.58
	E3	0.89	0.70	0.44	1.44
	E4	0.79	0.69	0.52	1.45
	平均	0.93	0.50	0.87	1.48
峰度 Kurtosis	E1	1.85	0.68	7.86	4.74
	E2	1.73	0.28	0.38	4.74
	E3	0.78	0.23	0.47	2.32
	E4	0.43	0.15	0.22	2.33
	平均	1.20	0.34	2.23	3.53
变异系数 CV//%	E1	23.96	17.71	25.76	35.63
	E2	23.19	16.87	22.29	35.84
	E3	26.41	20.28	21.11	44.90
	E4	26.83	20.57	22.00	45.75
	平均	25.10	18.86	22.79	40.53
遗传力 H ² //%	—	89.44	39.51	90.18	95.17

注: E1.北京(2018); E2.高邑(2018); E3.北京(2019); E4.高邑(2019)

Note: E1.Beijing (2018); E2.Gaoyi (2018); E3.Beijing (2019); E4.Gaoyi (2019)

对不同环境型下的旗叶性状进行频统计,从表型数值来看,4个环境型下旗叶宽度性状数值连续分布并且存在不同程度的变异。统计结果如图1所示。由图1可知,从262份小麦微核心种质的分布频率来看,旗叶宽度、长度在不同环境型下的整体变化趋势一致,频次的分布均呈现连续均匀的状态,其中叶宽为0.85~1.00 cm的占比为8%,1.00~2.00 cm

的占85%,大于2.00 cm的占7%。旗叶叶长为10.00~20.00 cm的占比为60%,20.00~25.00 cm的占比为30%,长度大于25.00 cm的占比为10%。262份微核心种质的旗叶形态性状分布密度接近单峰的偏正态分布,说明小麦旗叶形态性状(叶长、叶宽)属于数量性状。

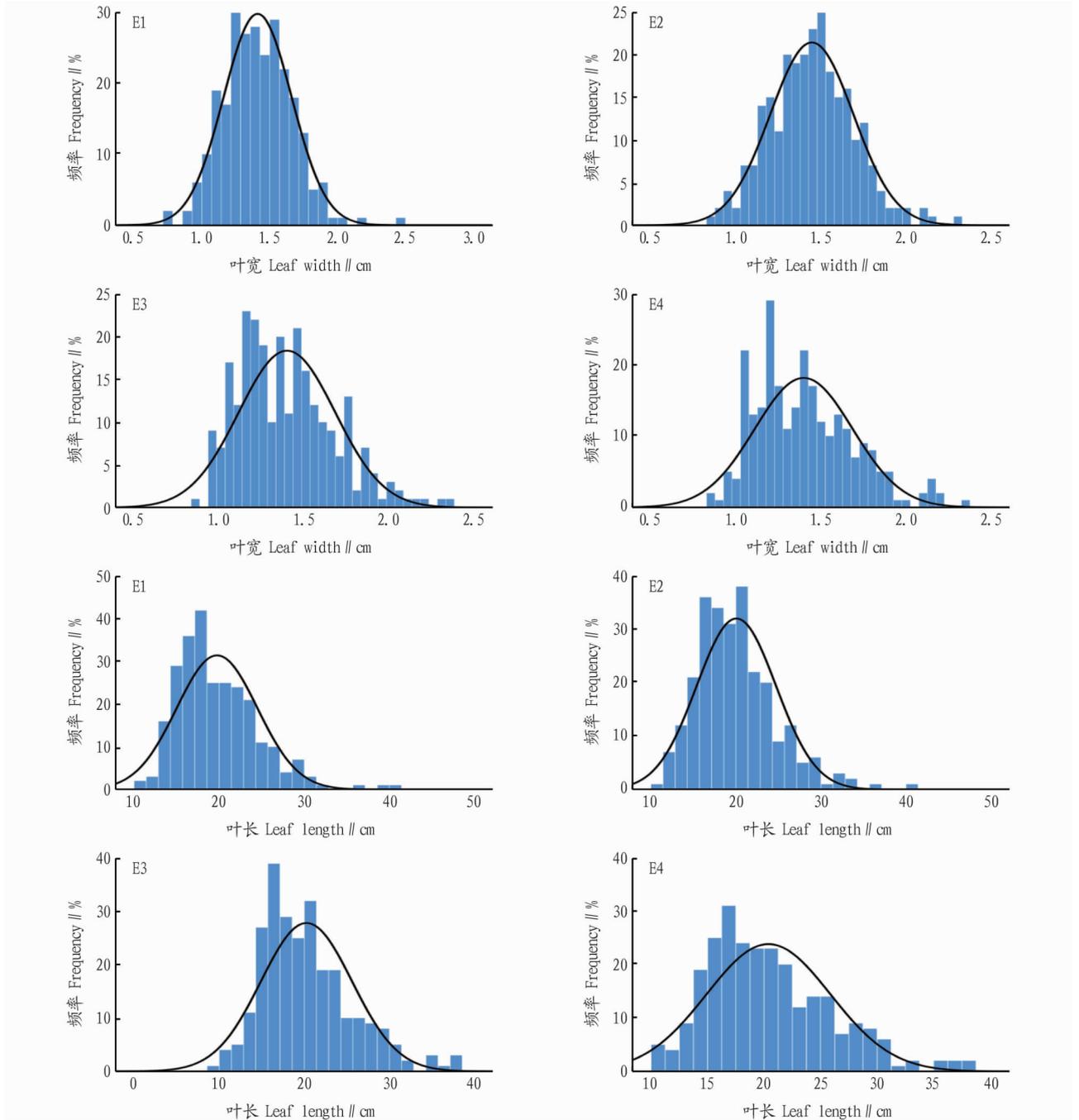


图1 4个环境型下微核心种质旗叶形态性状的频率分布

Fig.1 Frequency distribution of flag leaf morphological traits of MCC under four environmental types

2.2 微核心种质旗叶形态性状的方差分析 262份小麦微核心种质旗叶形态性状的方差分析结果见表2。由表2可知,旗叶长度、宽度、长宽比、叶面积在不同环境型、不同基因型以及两者的互作间的差异均达到极显著水平($P < 0.01$),说明小麦旗叶形态性状是由基因型、环境的气候以及栽培条件

共同决定的,表型容易受环境和基因型的影响。

2.3 旗叶形态性状与籽粒千粒重的相关性分析 旗叶形态性状与籽粒千粒重的相关性分析结果见表3。由表3可知,旗叶长度、长宽比和叶面积与千粒重呈极显著负相关,相关系数分别为-0.246、-0.401、-0.092。旗叶宽度与千粒重呈极

显著正相关,相关系数为 0.190。

表 2 微核心种质旗叶形态性状的方差分析

Table 2 Variance analysis of flag leaf morphological traits of MCC

性状 Traits	变异来源 Variation source	自由度 Df	平方和 SS	均方 MS	F
叶长 Leaf length	环境型(E)	3	356.390	118.797	17.864**
	基因型(G)	261	61 537.415	235.776	8.720**
	E×G	783	30 745.254	39.266	2.154**
	误差	2 096	19 331.572	9.223	
	总变异	3 143	111 970.630		
叶宽 Leaf width	环境型(E)	3	1.149	0.383	13.123**
	基因型(G)	261	175.186	0.671	10.314**
	E×G	783	55.763	0.071	2.811**
	误差	2 096	20.564	0.010	
	总变异	3 143	252.663		
长宽比 Length to width ratio	环境型(E)	3	182.962	60.987	20.585**
	基因型(G)	261	27 104.418	103.848	8.066**
	E×G	783	17 341.917	22.148	1.690**
	误差	2 096	10 957.876	5.228	
	总变异	3 143	55 587.173		
叶面积 Leaf area//cm ²	环境型(E)	3	846.846	282.282	11.343**
	基因型(G)	261	168 220.240	644.522	9.504**
	E×G	783	71 915.015	91.845	3.431**
	误差	2 096	23 440.910	11.184	
	总变异	3 143	264 423.010		

注: * 表示在 0.05 水平差异显著; ** 表示在 0.01 水平差异极显著

Note: * indicated significant difference at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

表 3 旗叶形态性状与籽粒千粒重的相关性分析

Table 3 Correlation analysis between flag leaf morphology and 1 000-grain weight

性状 Traits	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	长宽比 Length to width ratio	叶面积 Leaf area
叶宽 Leaf width	0.438**			
长宽比 Length to width ratio	0.677**	-0.347**		
叶面积 Leaf area	0.891**	0.779**	0.282**	
千粒重 1 000-grain weight	-0.246**	0.190**	-0.401**	-0.092**

注: * 表示在 0.05 水平显著相关; ** 表示在 0.01 水平极显著相关

Note: * indicated significant correlation at 0.05 level; ** indicated extremely significant correlation at 0.01 level

3 结论与讨论

小麦微核心种质主要农艺性状遗传变异丰富,适合进一步利用微核心种质来发掘与重要农艺性状相关的基因。苏丽巧^[16]以 105 份小麦微核心种质为试验材料,计算出 7 个农艺性状遗传多样性指数的平均值为 1.74,说明小麦微核心种质遗传变异丰富。陈晓杰等^[17]以 90 份具有广泛代表性的小麦微核心种质为试验材料,发现其 16 个性状均具有比较丰富的遗传变异。

早在 20 世纪 70 年代,澳大利亚学者就提出了“理想株型”的概念,认为它是“适结合光合、生长和提高籽粒产量的性状组合”,并提出小麦的理想株型应为矮壮、叶片少、下叶片小而挺拔、单秆无分蘖、直立大穗有芒。叶片挺直,叶面积大且相互不遮蔽,可以增加有效光合面积,从而可以促进小麦产量的提高。刘兆晔等^[18]发现在灌浆期叶水平角随时间逐渐加大的小麦品种,功能叶在整个生育期光能利用率大,有利于提高小麦单产。

前人研究中,“源-库流”的理论知识弥补了光合性能理论的不足,解释了作物产量的形成规律,“库-源”之间相互作用、相互调节,“源”为“库”提供能量,“库”通过反馈来调节“源”,即“源”越大时,“库”越大,“源”的大小影响“库”的形成和充实。依据该论理,旗叶作为为籽粒提供同化物最多的器官,即其在“源”中占主导地位;在小麦生长发育后期“库”一般是指籽粒的位置,是产量构成的主要因素,旗叶作为供给能力的最强的叶片,是穗部中同化物的主要来源,因此旗叶与产量息息相关。黄杰等^[19-20]以 16 个小麦品种为材料,研究发现旗叶长、面积与千粒重成极显著负相关;穗粒数与旗叶宽、面积呈显著正相关。成冬梅等^[21]以 12 个高产小麦为材料,开展了小麦旗叶与穗粒重关系的研究,结果表明旗叶的形态对产量构成三要素(穗粒数、穗粒重、千粒重)起到重要的影响作用,该研究与前人研究结果一致。

参考文献

- [1] 中国科学院成都生物研究所.成都生物所在小麦小穗数形成遗传基础解析研究中获进展[J].粮油与饲料科技,2021(3):48.
- [2] RAY D K, MUELLER N D, WEST P C, et al. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050[J]. PLoS One, 2013, 8(6):1-8.
- [3] 蒋秀华.小麦旗叶性状对光合作用和产量的影响及旗叶基因的 AFLP 标记[D].雅安:四川农业大学,2010.
- [4] SIMMONDS J, SCOTT P, BRINTON J, et al. A splice acceptor site mutation in TaGW2-A1 increases thousand grain weight in tetraploid and hexaploid wheat through wider and longer grains[J]. Theor Appl, 2016, 129: 1099-1112.
- [5] 左宝玉,段续川.冬小麦不同层次叶片中叶绿体超微结构及其功能的研究[J].植物学报,1978,20(3):223-228.
- [6] FAO. The state of food insecurity in the world 2012[R]. Rome:FAO,2012.
- [7] 卫云宗.旱作小麦株高与产量三因素相互关系初探[J].山西农业科学,1992,20(6):7-8.

过密都影响产量,因此 75 000 株/hm² 是大京九 26 的最佳种植密度。

2.3 不同播期对大京九 26 主要农艺性状的影响 在小麦套种青贮玉米模式下,5 月 2 日第 1 批播种,每隔 10 d 设 1 个播期,以确保每一播期播种质量,做到了苗全、苗齐、苗匀。由表 3 可知,大京九 26 青贮玉米品种在 5 月 22 日播种的长

势较好,其株高、穗位、单株重、产量均高于其他处理。另外,于泽波等^[12]研究表明,5 月 12 和 17 日播种的青贮玉米由于播种较早,与小麦共生期长势过高,从而影响小麦的收割;而 5 月 27 日和 6 月 1 日播期处理的时间较晚,收获期青贮玉米品质未能达到收获标准。综上所述,可以得出青贮玉米大京九 26 适宜的播期在 5 月 22 日。

表 3 不同播期对大京九 26 主要农艺性状的影响

Table 3 Effects of different sowing dates on the major agronomic characters of Dajingjiu 26

播期 Sowing date	收获期 Harvesting date	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter cm	穗位 Ear height cm	绿叶数 Number of green leaves	单株重 Single plant weight//kg	平均产量 Average yield kg/hm ²
05-02	09-30	315	2.8	150	13	1.11	70 832.5
05-12	09-30	318	2.9	151	13	1.14	72 457.5
05-22	09-30	321	2.9	152	13	1.22	77 613.0
06-02	09-30	299	2.6	148	13	1.12	71 328.0
06-12	09-30	286	2.5	140	13	1.09	69 504.0

3 小结

山西省中部地区多山地,土地资源承载能力^[13-15]、粮食生产潜力^[16]以及土地资源的可持续利用问题备受关注,如何提升土地的单产能力,最大程度地利用好有限的土地资源,保障粮食安全是急需解决的难题,为此发展小麦套种青贮玉米种植模式是最快捷有效的途径^[17]。

小麦套种青贮玉米采用 7:2 的套种模式^[18],在该种植模式下选用山西省农业科学院谷子研究所选育的长麦 251 为配套小麦品种,实现高产稳产早熟。试验结果显示,该种植模式下青贮玉米新品种大京九 26 于 5 月 22 日进行套种,在播种密度为 75 000 株/hm² 时产量最高,而且最适宜配套全程机械化作业,这样既可以使土地资源得以合理利用,又能保证小麦和青贮玉米双高产,相比以前传统的种植模式可获得更大的经济效益,实现农民增产增收。

参考文献

[1] 刘丽,常云龙,宋秀珍,等.品种、密度、播期对带状小麦套种玉米产量的影响[J].山西农业科学,2016,44(7):954-956,971.
[2] 崔克勇,王闰平.山西农业的发展方向:区域特色农业[J].山西农业大学学报(社会科学版),2004,3(2):111-113,118.
[3] 王俭平.特色农业发展研究:以山西为例[J].经济问题,2007(4):82-83.

[4] 焦有梅,张艳鹏.低碳经济时代的山西转型跨越发展[J].能源与节能,2011(4):23-25.
[5] 刘会芳.苜蓿、小麦和玉米的经济效益分析[D].兰州:兰州大学,2016.
[6] 刘美丽.山西省贫困地区畜牧业发展研究[D].太谷:山西农业大学,2013.
[7] 王喜全.青饲青贮玉米在畜牧养殖业中的意义探讨[J].畜牧兽医学报(电子版),2017(10):88.
[8] 王莉.青贮玉米优质高产种植及加工技术[J].山东畜牧兽医,2019,40(2):11-12.
[9] 宋秀珍,常云龙,刘丽,等.山西中部小麦青贮玉米一年两作种植模式研究[J].安徽农业科学,2019,47(13):35-37.
[10] 张云.不同玉米品种产量比较试验[J].农业与技术,2012,32(2):76.
[11] 侯月,王冲,王鹏文.玉米种植密度对产量影响的研究[J].天津农业科学,2015,21(10):78-82.
[12] 于泽波.不同时间套种对玉米生长发育及产量的影响[J].安徽农业科学,2010,38(27):14898-14900,14906.
[13] 周永强,周志江,何建军,等.小麦套种玉米配套技术[J].农村科技,2003(4):17.
[14] 施开放,刁承泰.重庆市粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局研究[J].水土保持研究,2012,19(4):168-171.
[15] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等.基于熵权 TOPSIS 模型的土地利用绩效评价及关联分析[J].农业工程学报,2013,29(5):217-227.
[16] 刘芳,张红旗.我国农产品主产区土地可持续利用评价[J].自然资源学报,2012,27(7):1138-1153.
[17] 封志明,杨艳昭,游珍.中国人口分布的土地资源限制性和限制度研究[J].地理研究,2014,33(8):1395-1405.
[18] 常云龙,宋秀珍,连培红,等.山西中部小麦玉米一年两作机械化套种技术研究[J].作物杂志,2014(2):97-100.

(上接第 32 页)

[8] KHALIQ I,IRSHAD A,AHSAN M.Awns and flag leaf contribution towards grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) [J].Cereal Res Commun,2008,36(1):65-76.
[9] WANG P,ZHOU G L,YU H H,et al.Fine mapping a major QTL for ag leaf size and yield-related traits in rice[J].Theor Appl Genet,2011,123(8):1319-1330.
[10] CUI K H,PENG S B,XING Y Z,et al.Molecular dissection of the genetic relationships of source,sink and transport tissue with yield traits in rice [J].Theor Appl Genet,2003,106:649-658.
[11] 沈福成.水稻剑叶长、宽、角度及比叶重的遗传[J].贵州农业科学,1983,11(6):18-25.
[12] 傅兆麟,马宝珍,王光杰,等.小麦旗叶与穗粒重关系的研究[J].麦类作物学报,2001,21(1):92-94.
[13] VERMA V,FLOULKES M J,WORLAND A J,et al.Mapping quantitative trait loci for flag leaf senescence as a yield determinant in winter wheat under optimal and drought-stressed environments[J].Euphytica,2004,135

(3):255-263.
[14] 马均,马文波,明东风,等.重穗型水稻株型特性研究[J].中国农业科学,2006,39(4):679-685.
[15] MEI H W,LOU L J,YING C S,et al.Gene actions of QTLs affecting several agronomic traits resolved in a recombinant inbred rice population and two testcross populations [J].Theor Appl Genet,2003,107:89-101.
[16] 苏丽巧.部分小麦核心种质遗传多样性的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
[17] 陈晓杰,张建伟,杨保安,等.中国冬小麦微核心种质遗传多样性分析[J].河南农业科学,2015,44(4):14-20.
[18] 刘兆晔,于经川,姜鸿明,等.小麦理想株型的探讨[J].中国农学通报,2010,26(8):137-141.
[19] 黄杰,乔冀良,苗运武,等.小麦产量与旗叶性状的相关性分析[J].中国种业,2018(1):63-64.
[20] 杨煜峰,陆定志.大麦剑叶形态生理性状的遗传分析[J].西藏农业科技,1991(3):26.
[21] 成东梅,彭涛,高燕,等.高产小麦旗叶与穗粒重关系的研究[J].安徽农业科学,2007,35(36):11798-11799.