

播期和种植密度对超高产小麦‘济麦22’产量及其构成因素的影响

李豪圣¹, 宋健民¹, 刘爱峰¹, 程敦公¹, 王西芝², 杜长林³, 赵振东¹, 刘建军¹

¹山东省农业科学院作物研究所, 济南 250100; ²山东省兖州市农业科学研究所, 山东兖州 272100;

³山东省陵县农技站, 山东陵县 253500)

摘要:为给‘济麦22’大面积推广提供适宜栽培措施,选择4个生态区5个试验点,通过大田试验研究了播期和种植密度对该品种产量及其构成因素的影响。结果表明,播期对单位面积穗数、千粒重及产量产生显著的影响,但对穗粒数影响不大;种植密度对产量及构成因素均有显著影响。在一定范围内,‘济麦22’单位面积穗数随着播期的推迟而减少,随密度的增加而增加;穗粒数随播期的推迟而增加,随密度的增加而减少;千粒重随播期的推迟先增加后下降,随密度的增加而降低。产量构成因素稳定性分析发现环境差异对‘济麦22’千粒重影响较大,而对单位面积穗数和穗粒数影响较小。2008年4个生态区‘济麦22’适宜播期范围分别为:鲁南地区10月8日至14日、鲁东地区10月6日至12日、鲁北地区10月1日至7日、鲁西地区10月10日至16日;适宜种植密度范围为 $180 \times 10^4/\text{hm}^2 \sim 240 \times 10^4/\text{hm}^2$ 。研究还表明,在中高肥或高肥地力条件下,增加粒重对充分发挥‘济麦22’高产潜力似乎更有效。因此,选择适宜播期播量的同时,应在栽培技术中注意采取相应的措施,获得足够的单位面积穗数的基础上,稳步提高粒重。

关键词:播期;种植密度;‘济麦22’;超高产

中图分类号:S512.1

文献标志码:A

论文编号:2010-3115

Effect of Sowing Time and Planting Density on Yield and Components of ‘Jimai22’ with Super-high Yield

Li Haosheng¹, Song Jianmin¹, Liu Aifeng¹, Cheng Dungong¹, Wang Xizhi²,

Du Changlin³, Zhao Zhendong¹, Liu Jianjun¹

¹Crop Research Institute of Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100;

²Agricultural Research Institute of Yanzhou City, Yanzhou Shandong 272100;

³Agricultural Technology Station of Lingxian City, Lingxian Shandong 253500)

Abstract: In order to provide some available cultural practices to the wide diffusion of ‘Jimai22’, the effect of sowing time and planting density on yield and its components were researched in field by 5 trial sites under 4 different planting districts. The results showed that the effect of sowing time was significant on number of spike per hm^2 , kernel weight and grain yield, but a little on kernels per spike. While the effect of planting density was significant on both grain yield and its components. The number of spike per hm^2 was decreased with the delay of sowing time, while increased with the increase of planting density in an extent. While the changes of kernels per spike were opposite to the former, and the kernel weight was firstly increased and then decreased with the delay of sowing time, decreased with the increase of planting density. Different planting districts showed that

基金项目:农业科技成果转化资金(2008GB2C600165)、公益性行业科研专项(nyhyzx07-002)、小麦现代产业技术体系建设(nycytx-03)、“泰山学者”建设(GW200510011)。

第一作者简介:李豪圣,男,1974年出生,吉林辽源人,副研究员,农学硕士,主要从事小麦育种研究工作。通信地址:250100 山东省济南市桑园路28号 山东省农业科学院作物研究所, Tel: 0531-83179561, E-mail: lihaosheng810@163.com。

通讯作者:刘建军,男,1963年出生,山东省威海人,研究员,研究生,硕士,主要从事小麦育种研究工作。通信地址:250100 山东省济南市桑园路28号 山东省农业科学院作物研究所, Tel: 0531-83179561, E-mail: wheat9561@sina.com。

收稿日期:2010-11-02, **修回日期:**2010-11-15。

marked effect on kernel weight of 'Jimai22' and less effect on number of spike per hm^2 and kernels per spike. The available sowing time range of 'Jimai22' in the four planting districts were as follows: Oct. 8th to 14th for Lunan area, Oct. 6th to 12th for Ludong area, Oct. 1st to 7th for Lubei area, Oct. 10th to 16th for Luxi area. And the available planting density was ranged from $180\sim 240 \times 10^4/\text{hm}^2$. It was appeared that the increase of kernel weight were more efficient to exert the high yield potential of 'Jimai22' in the middle or high soil fertility districts. So in the following planting of 'Jimai22', the suitable sowing time and planting density were firstly considered, then some available cultural practices were used to obtain enough spikes, and on this basis, the kernel weight should be increased steadily.

Key words: sowing time; planting density; 'Jimai22'; super-high yield

0 引言

小麦是中国主要粮食作物之一,在农业生产及国民经济中占有重要地位,依靠科技创新提高单产,增加总产,是保证中国粮食安全的重要途径^[1]。近年来,在广大科技工作者的努力下,育成和推广了一系列高产小麦品种,诸多品种的产量潜力超过 $9750 \text{ kg}/\text{hm}^2$,甚至部分品种可达 $10500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 以上,但2008年全国小麦平均单产仅为 4762 kg ,产量较高的河南省、山东省也不过 5700 kg 左右,说明新品种的产量潜力没有得到充分表现。其重要的原因就是品种配套栽培技术的研究不够,栽培技术落实较差所致。小麦适宜的播期和播量是小麦高产的关键栽培技术,它不但直接影响小麦产量,而且对小麦群体质量影响也较大,进而影响到小麦的抗寒、抗倒伏等稳产性状^[2]。有关播期和种植密度对小麦产量性状影响的研究报道较多,但由于各地区栽培生态条件、品种特性等因素不同,许多研究结果不尽相同。胡焕焕等^[3]研究发现,播种期对3个产量构成因素的影响均不显著,但对籽粒产量的影响显著;密度对产量及3个产量构成因素的影响均达到显著水平。刘万代等^[4]研究指出,不同播期和密度处理对籽粒产量及其构成因素的影响达显著水平,并且密度对产量构成因素的影响大于播期。马溶慧等^[5]研究发现,播种期对穗数、穗粒数和产量的影响不大,对千粒重有显著影响;而播种量对千粒重影响不大,而对产量和穗数有显著影响。徐恒永等^[6]研究表明,在不同地区间,播期和密度对产量构成因素的影响不同。屈会娟等^[7]提出,适当晚播条件下,兰考矮早八适当降低播种密度有利于协调群体和个体关系,增加产量和改

善品质。近年来由于全球气候变暖和品种、肥水条件及栽培方式的改变,各地区小麦生长发育的生态条件发生了很大的变化,因而对当前小麦的播期、密度等栽培措施进行适当调整很有必要。

'济麦22'是山东省农业科学院作物研究所选育的超高产广适小麦新品种,2006年通过山东省和国家(黄淮北片)审定,2008年通过江苏省认定,2010年通过安徽省认定和天津市审定。该品种连续5年实打产量均超过 $10500 \text{ kg}/\text{hm}^2$,在2009年小麦高产创建活动中单产达 $11848.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$,刷新了中国冬小麦单产纪录。由于产量潜力突出、适应性广、抗病性和抗逆性较强的特点,致使该品种种植面积迅速扩大,2009年山东省秋播面积 136.55 万 hm^2 ,2010年山东省小麦良种补贴招标面积 160.65 万 hm^2 ,已成为全国第一大品种。因此,研究'济麦22'不同生态区的适宜播期和种植密度,对发挥该品种高产潜力、实现丰产高效乃至保证中国粮食安全都具有重要意义。根据国家成果转化资金项目“高产稳产抗病小麦新品种'济麦22'生产技术试验与示范”要求,进行了播期和密度对产量的影响研究,探索'济麦22'适宜的播期和密度,为该品种的大面积丰产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为超高产广适小麦新品种'济麦22'。

1.2 试验点土壤养分状况

试验于2008年10月到2009年6月分别在鲁南的宁阳和兖州、鲁东的莒县、鲁北的陵县、鲁西的阳谷进行,各试验地的土壤养分含量如表1。

表1 试验田土壤养分状况表

地点	有机质含量/%	破解氮/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
宁阳	1.31	86.92	18.07	56.27
兖州	1.26	74.37	28.06	91.05
莒县	1.57	129.00	38.40	95.00
陵县	2.15	66.37	46.50	190.41

1.3 试验设计

播期试验在2008年9月25日至10月25日范围内,每个试验点设4个水平,基本苗均为 $225 \times 10^4/\text{hm}^2$,小区面积为 $10 \text{ m} \times 66.7 \text{ m} = 666.7 \text{ m}^2$,随机区组设计,重复3次;种植密度试验设4个水平,小区面积为 $10 \text{ m} \times 66.7 \text{ m} = 666.7 \text{ m}^2$,随机区组设计,重复3次。除试验处理因素外,其他田间管理根据当地生产习惯进行常规管理。试验处理设计见表2。

1.4 产量和产量构成因素的测定

小麦成熟前每小区测定 1 m^2 3个样点折算出单位

面积穗数,收获时取代表性植株300株进行室内考种,测定每穗粒数和千粒重。每小区分别实收 30 m^2 计产,换算单位面积籽粒产量。

应用DPS统计软件进行数据分析,用Excel作图。

2 结果与分析

2.1 播期对‘济麦22’产量性状的影响

从表3可以看出,播期在2008年10月1日—5日时‘济麦22’单位面积穗数最大,为 $714.90 \times 10^4/\text{hm}^2$,之后随着播期的推迟而递减,且播期在2008年9月25日—10月20日期间可以获得足够的单位面积穗数

表2 播期和种植密度试验设计

播期试验						种植密度试验					
地点	基本苗($\times 10^4/\text{hm}^2$)	播种日期(月/日)				地点	播种日期(月/日)	基本苗($\times 10^4/\text{hm}^2$)			
宁阳	225	9/25	10/5	10/15	10/25	宁阳	10/12	120	180	240	300
兖州	225	10/10	10/15	10/20	10/25	兖州	10/10	120	180	240	300
莒县	225	9/25	10/5	10/15	10/25	莒县	10/5	120	180	240	300
陵县	225	10/2	10/7	10/12	10/17	陵县	10/2	120	180	240	300
阳谷	225	10/6	10/11	10/16	10/21						

表3 播期对‘济麦22’产量性状的影响

处理(月/日)	试验点数/个	穗数($\times 10^4/\text{hm}^2$)		穗粒数		千粒重/g		产量(kg/hm^2)	
		均值	CV/%	均值	CV/%	均值	CV/%	均值	CV/%
9/25—9/30	2	679.05	2.60	31.63	7.75	39.91	6.07	7164.00	4.48
10/1—10/5	3	714.90	7.26	32.66	4.24	42.92	5.17	8536.50	8.91
10/6—10/10	3	686.85	7.28	32.68	4.04	45.48	7.27	8562.45	9.33
10/11—10/15	5	682.50	5.08	32.87	3.28	44.82	7.07	8602.80	6.46
10/16—10/20	3	641.85	3.56	33.06	6.41	44.59	8.95	8236.80	3.00
10/21—10/25	4	606.00	3.69	32.99	7.38	43.02	11.20	7441.80	12.22
平均	—	668.55	4.91	32.65	5.52	43.46	7.62	8090.70	7.40

($641.85 \times 10^4/\text{hm}^2 \sim 714.90 \times 10^4/\text{hm}^2$),而2008年10月21日—25日的单位穗数略显不足,将各试验点统计分析得出,该处理均显著或极显著低于其他处理。穗粒数随播期的推迟而递增,而到2008年10月21日—25日时有所降低,但总变幅不大,播期相差1个月内,极差仅为1.43 g,说明‘济麦22’具有较好的育性。千粒重表现来看,起始随着播期的推迟而递增,在2008年10月6日—10日时达到最高值45.48 g,之后逐渐下降。经统计分析得出,千粒重在各试验点播期间差异达到显著或极显著水平。总的看来,播期对单位面积穗数和千粒重的影响较大,而对穗粒数的影响较小;播期在2008年10月1日—20日范围时,可以获得足够的穗数和稳定的穗粒数及较高的千粒重,产量三要素更为协调。

播期对‘济麦22’籽粒产量具有重要影响。试验播期范围内,播期在2008年10月6日—15日时较易发挥‘济麦22’小麦高产潜力,平均产量达到 $8582.70 \text{ kg}/\text{hm}^2$,2008年10月1日—5日和2008年10月16日—20日处理的平均产量也高达 $8536.50 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $8236.80 \text{ kg}/\text{hm}^2$,而最早和最晚处理的平均产量仅为 $7164.00 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $7441.80 \text{ kg}/\text{hm}^2$,减产明显。经统计分析,在各试验点籽粒产量处理间均达到极显著水平。

产量性状的稳定性表现来看,在同一播期处理条件下,地区间千粒重的变异系数最大,穗粒数次之,而单位面积穗数变异系数最小。这表明环境差异对‘济麦22’千粒重影响较大,而对单位面积穗数和穗粒数较小。同时还可以看出,最晚播期处理的千粒重和籽粒产量在不同地区间的变异系数相对较大,达11.20%

和12.22%。说明晚播造成小麦灌浆时间缩短,而各地区小麦灌浆条件不同,导致粒重差异变大,最终影响小麦产量。

根据地理位置将5个试验点分成4个生态区,分析适宜播期。对产量(y)与播期(x)进行回归分析表明,二者均符合二次曲线关系,其拟合方程分别为: $y_{\text{鲁南}}=-6.9627x^2+226.7x+6801.5$ ($R=0.6911$); $y_{\text{鲁东}}=-8.9759x^2+259.68x+7434.8$ ($R=0.9941$); $y_{\text{鲁北}}=-4.0785x^2+74.633x+8285.4$ ($R=0.9941$); $y_{\text{鲁西}}=-15.138x^2+657.1x+1626.5$ ($R=0.7993$),根据以上4个回归方程,求得2008年4个生态区最高产量的播期临界值分别为:鲁南地区10月11日、鲁东地区10月9日、鲁北地区10月4日、鲁西地区10月13日,此时产量分别为:8646.25 kg/hm²、9311.04 kg/hm²、9287.46 kg/hm²、8755.91 kg/hm²。

2.2 种植密度对‘济麦22’产量性状的影响

种植密度对‘济麦22’产量及其构成因素具有极显著影响(见表4)。从产量构成因素来看,单位面积穗数随种植密度的增加而增加,120×10⁴/hm²基本苗处理的单位面积穗数显著或极显著低于其他3个处理。种植密度对穗粒数和千粒重的影响与穗数相反,即随

种植密度的增加而降低。300×10⁴/hm²基本苗处理的穗粒数从120×10⁴/hm²基本苗的34.25粒降到31.65粒,千粒重从44.98 g降到42.84 g,密度间差异均达到显著或极显著水平。说明增加种植密度利于增加小麦单位面积穗数,而不利于穗粒数和千粒重提高,因此选择适宜种植密度,构建合理群体对充分发挥‘济麦22’高产潜力非常重要。籽粒产量结果来看,四个处理中以240×10⁴/hm²基本苗处理产量最高,为8877.31 kg/hm²,其次是180×10⁴/hm²基本苗处理,为8721.20 kg/hm²,而120×10⁴/hm²和300×10⁴/hm²基本苗处理的产量较低。经统计分析,前两个处理的产量极显著高于后两个处理。

从表4还可以看出,在同一种植密度条件下,单位面积穗数和穗粒数地区间的变异系数较小,平均数分别为4.56%和2.76%。与单位面积穗数和穗粒数相比,千粒重和产量的变异系数相对较大,平均数分别为7.93%和8.23%。另外,随着种植密度增加,产量的稳定性降低的趋势。结合各试验点产量均值可得出,120×10⁴/hm²基本苗处理的稳产性最好,但平均产量较低;300×10⁴/hm²基本苗处理的产量低而不稳;180×10⁴/hm²和240×10⁴/hm²基本苗处理的平均产量高且稳定性较好。

表4 种植密度对‘济麦22’产量性状稳定性影响

基本苗/(×10 ⁴ /hm ²)	穗数/(×10 ⁴ /hm ²)		穗粒数		千粒重/g		产量/(kg/hm ²)	
	均值	CV/%	均值	CV/%	均值	CV/%	均值	CV/%
120	629.86b B	3.30	34.25a A	1.27	44.48a	7.72	8148.88b B	4.92
180	683.38a AB	1.10	33.96a A	1.78	44.44a	7.43	8721.20a A	8.07
240	715.38a A	5.11	32.91ab AB	3.99	44.39a	7.03	8877.31a A	8.45
300	715.50a A	8.71	31.65b B	3.99	42.84b	9.55	8111.51b B	11.47
平均	686.03	4.56	33.19	2.76	44.04	7.93	8464.72	8.23

注:同一列数据后的不同小写字母和大写字母分别表示处理间在0.05和0.01水平下差异显著。

2.3 不同生态区产量性状分析

为了分析‘济麦22’产量增长过程中产量构成因子的变化,将4个生态区试验结果分别进行线性分析(图1)。线性拟合结果表明:在各生态区,随着产量水平的提高,单位面积穗数均表现增加的趋势,但其两者相关只有在鲁东地区达到显著水平($y=0.038x+35.315$, $R=0.7935^*$)。千粒重也呈现直线上升的趋势,且与产量相关在4个生态区均达到显著或极显著水平($y_{\text{鲁南}}=0.0046x+6.6798$, $R=0.9262^{**}$; $y_{\text{鲁东}}=0.001x+34.863$, $R=0.7984^*$; $y_{\text{鲁北}}=0.003x+17.245$, $R=0.7134^*$; $y_{\text{鲁西}}=0.0024x+25.058$, $R=0.9636^*$)。穗粒数与产量的相关在各地区均未达到显著水平。

通过以上分析可以看出,增加单位面积上的成穗数和提高粒是发挥‘济麦22’产量潜力的有效途径。

3 小结与讨论

提高作物产量是农业科技工作者永恒的目标。此研究通过多点大区试验,研究播期和种植密度对超高产、广适型小麦品种‘济麦22’产量及构成因素的影响,分析此类小麦产量性状,其结果不仅可用于指导生产,也可为育种和栽培提供有效参考。

一般认为早播小麦分蘖时间长,可以获得更多的成穗数,但此试验中,最早播期处理的单位面积穗数并非最多,这与前人^[4,8-9]研究结果一致,说明早播不利于‘济麦22’发挥多穗优势。此研究结果表明在一定播

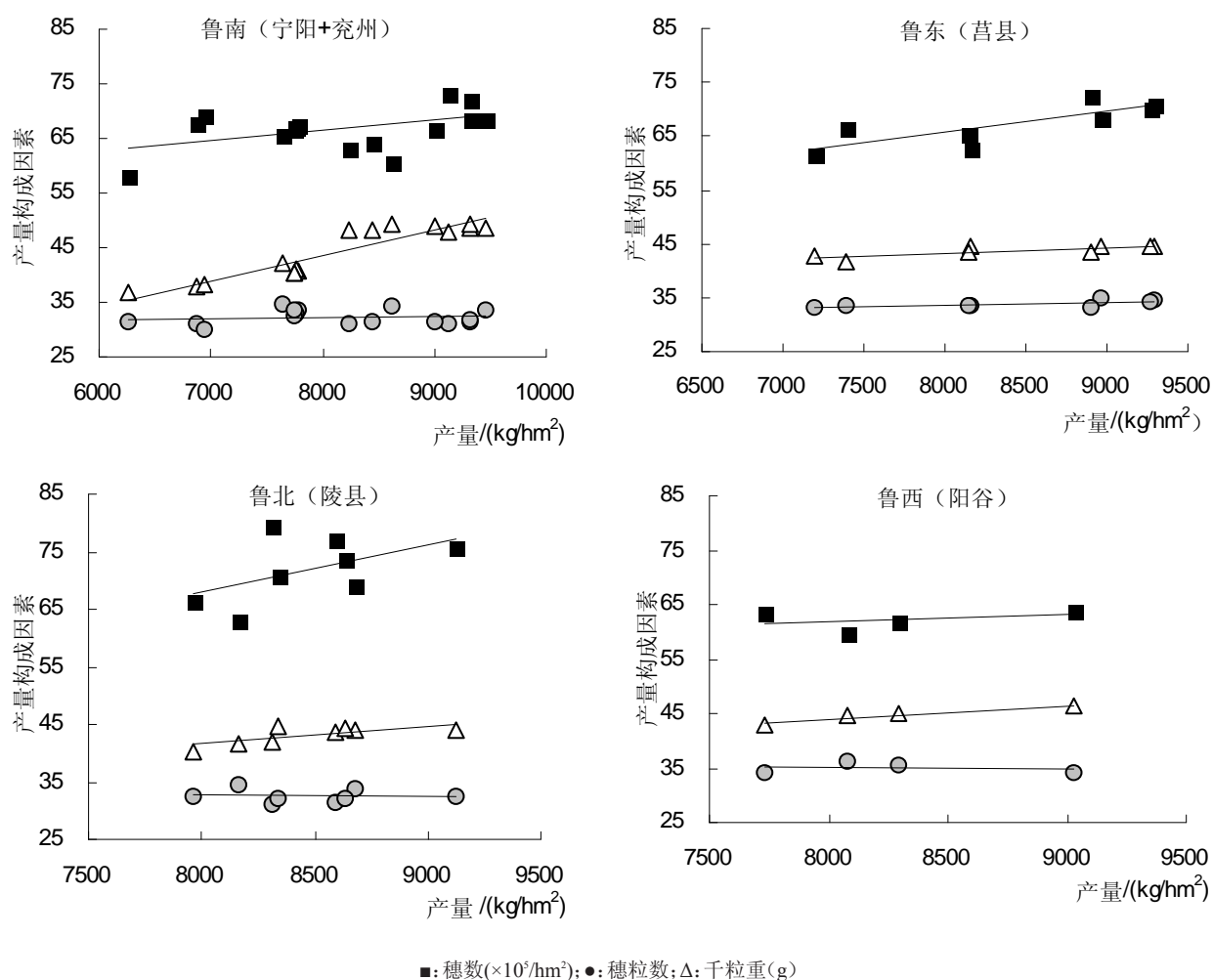


图1 ‘济麦22’产量及其构成因子动态分析

期和种植密度范围内,‘济麦22’单位面积穗数随着播期的推迟而减少,随密度的增加而增加,且多数处理均能获得足够的单位面积穗数,只有2008年10月21日—25日播期处理和 $120 \times 10^4/\text{hm}^2$ 基本苗处理略显不足,且显著或极显著低于其他处理。播期和种植密度对单位面积穗数调节基础上,对穗粒数和千粒重也有一定的调节作用,从而影响最终产量。穗粒数随播期的推迟而增加,但变幅不大;而千粒重随播期的推迟先增加后下降,播期间差异达到显著或极显著水平;这2个产量构成因素随密度的增加而降低,密度间差异达到了极显著水平。这与前人研究结果不尽相同^[10-14],这可能是研究的生态环境、试验地条件、品种不同所致。对产量构成因素稳定性分析表明,环境差异对‘济麦22’千粒重影响较大,而对单位面积穗数和穗粒数较小,说明‘济麦22’具有很好的育性和自身调节能力。最新研究表明籽粒败育是限制现有高产小麦品种产量和生物学产量提升的主要因素^[15]。因此选育超高产、广适型小麦品种,应特别重视小穗育性的选择。

适宜的播期和种植密度可以创建优良群体结构^[16],是小麦获得高产的基础。由于全球气候变暖,不同地区小麦生长发育的生态条件发生着变化,加上耕种方式不同,各生态区适宜播期和种植密度也存在差异。此研究根据产量与播期的回归方程,获得2008年4个生态地区最高产量播期分别为:鲁南地区10月11日、鲁东地区10月9日、鲁北地区10月4日、鲁西地区10月13日,考虑到生产上需要播种期一定的范围,可以确定‘济麦22’适宜播期分别为:鲁南地区10月8日—14日、鲁东地区10月6日—12日、鲁北地区10月1日—7日、鲁西地区10月10日—16日。在5个试验点,设定的4个种植密度处理中, $180 \times 10^4/\text{hm}^2$ 或 $240 \times 10^4/\text{hm}^2$ 基本苗处理的产量最高,且地区间变异系数小、稳定性较好,因此建议选择种植密度范围为 $180 \sim 240 \times 10^4/\text{hm}^2$ 。

笔者对2005年以来‘济麦22’参加国家区域试验、生产示范和高产攻关的统计数据进行分析结果,‘济麦22’产量水平的提高受成穗数的影响最大,而此试验分析结果来看,千粒重的影响似乎更大,这可能是地力水

平不同引起的。多穗型品种在高肥地力下,单位面积的穗数已接近高限,再靠提高单位面积穗数很难大幅度提高产量^[17]。此试验均在中高肥或高肥地力条件下进行,各地基本能发挥‘济麦22’分蘖能力强的特点,因此单位面积穗数并不是最主要限制因素。通过分析笔者认为,在中等或较低肥力的地块提高‘济麦22’成穗数可能是最简便有效的方法,而在中高肥或高肥地力条件下,应更加注重千粒重的提高。因此,针对不同地区和地力,应选择适宜播期播量,并在栽培技术中注意采取相应的措施,通过增加成穗数或粒重达到高产。

此研究采用多点大区试验,产量性状与生产实践相近,试验结果有一定代表性,但由于面积大、地区间条件的差异,试验处理无法保证一致。另外,这只是在高水肥地块条件的结果分析,随着‘济麦22’种植面积的不断扩大,在旱地和渍地也有大面积种植,笔者将在以后的试验中继续研究。

参考文献

- [1] 赵广才.北方冬麦区小麦高产高效栽培技术[J].作物杂志,2008(5):91-92.
- [2] 马瑞,康明辉,范黎明,等.小麦品种花培5号适宜播期、播量试验[J].河南农业科学,2009(10):64-65.
- [3] 胡焕焕,刘丽平,李瑞奇,等.播种期和密度对冬小麦品种河农822产量形成的影响[J].麦类作物学报,2008,28(3):490-495.
- [4] 刘万代,陈现永,尹钧,等.播期和密度对冬小麦豫麦49—198群体性状和产量的影响[J].麦类作物学报,2009,29(3):464-469.
- [5] 马溶慧,朱云集,郭天财,等.国麦1号播期播量对群体发育及产量的影响[J].山东农业科学,2004(4):12-15.
- [6] 徐恒永,赵振东,刘建军,等.群体调控对济南17号小麦产量性状的影响[J].山东农业科学,2001(1):7-9.
- [7] 屈会娟,李金才,沈学善,等.种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J].作物学报,2009,35(1):124-131.
- [8] 郭天财,彭羽,朱云集,等.播期对不同穗型、筋型优质冬小麦影响效应的研究[J].耕作与栽培,2001(2):19-20.
- [9] 杨桂霞,赵广才,许轲,等.播期和密度对冬小麦籽粒产量和营养品质及生理指标的影响[J].麦类作物学报,2010,30(4):687-692.
- [10] 余泽高,谭章景,李力,等.不同播期生长发育特性及若干性状的研究[J].湖北农业科学,2003(5):24-26.
- [11] 汪建来,孔令聪,汪芝寿,等.播期播量对皖麦44产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2003,31(6):949-950.
- [12] 王宙,麻慧芳.不同播期对小麦产量与品质的影响[J].山西农业科学,2007,35(3):36-38.
- [13] 张学品,高海涛,段国辉,等.不同播期对冬小麦粒重形成及产量的影响[J].中国农学通报,2007,23(12):182-186.
- [14] 马小凤,栾春荣,周振元,等.不同播期和播量对小麦生长发育的影响[J].安徽农学通报,2010,16(1):84-106.
- [15] 何中虎,夏先春,罗晶,等.国际小麦育种研究趋势分析[J].麦类作物学报,2006,26(2):154-156.
- [16] 李朝霞,赵世杰,孟庆伟,等.高粒叶比小麦群体生理基础研究进展[J].麦类作物学报,2002,22(4):79-83.
- [17] 田纪春,邓志英,胡瑞波,等.不同类型超级小麦产量构成因素及籽粒产量的通径分析[J].作物学报,2006,32(11):1699-1705.