

晚播对强筋小麦籽粒产量和品质的影响

柳明阳,张敏,王文政,毕经鑫,张灵鑫,蔡瑞国

(河北省作物逆境生物学重点实验室,河北科技师范学院农学与生物科技学院,河北秦皇岛 066600)

摘要:为探究冀东地区晚播对强筋小麦植株性状、籽粒产量和品质的影响,选用津农7号和中麦998两个强筋小麦品种为试验材料,设置正常播期(D1)、晚播7d(D2)、晚播14d(D3)、晚播21d(D4)、晚播28d(D5)共5个播期,分析了晚播后强筋小麦植株性状、干物质积累转运、籽粒产量和面粉加工品质的变化,以及冬前积温与小麦产量和品质的关系。结果表明,晚播增大了强筋小麦旗叶面积和分蘖成穗率,降低了株高、干物质积累量及其向籽粒的转运量,最终导致穗数、千粒重和产量下降,其中津农7号和中麦998的产量开始出现显著下降的播期分别为D2和D3。随着播期的推迟,小麦籽粒蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、最大拉伸阻力均呈先升后降的趋势,其中两个品种的蛋白质含量分别在D3和D4下最大,湿面筋含量、面筋指数均在D3下最大,稳定时间、拉伸面积均在D4下最大,最大拉伸阻力分别在D4和D2下最大。经相关性分析,冬前积温与强筋小麦株高和穗数呈极显著正相关($P < 0.01$),与千粒重和产量呈显著正相关($P < 0.05$),而与旗叶面积呈极显著负相关($P < 0.01$),与面筋指数、稳定时间呈显著负相关($P < 0.05$)。本试验条件下,津农7号达到高产优质的最佳播期为正常播期,中麦998为晚播7d。综合来看,晚播不利于强筋小麦高产,但适当推迟播期可以增加小麦籽粒蛋白质和湿面筋含量,进而改善营养和加工品质。

关键词:强筋小麦;晚播;产量;品质;冬前积温

中图分类号:S512.1;S311

文献标识码:A

文章编号:1009-1041(2025)01-0089-07

Effects of Late Sowing on Grain Yield and Quality of Strong Gluten Wheat

LIU Mingyang, ZHANG Min, WANG Wenzheng, BI Jingxin, ZHANG Lingxin, CAI Ruiguo

(Hebei Key Laboratory of Crop Stress Biology College of Agronomy and Biotechnology/Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: In order to explore the effects of late sowing on plant traits, grain yield and quality of strong gluten wheat in eastern Hebei Province, two strong gluten wheat varieties Jinnong 7 and Zhongmai 998 were selected as experimental materials. Five sowing dates such as normal sowing date (D1), late sowing 7 d (D2), late sowing 14 d (D3), late sowing 21 d (D4) and late sowing 28 d (D5) were set up. Effects of dry matter accumulation and transport, grain yield and flour processing quality of strong gluten wheat late sowing were analyzed, and the relationship between accumulated temperature before winter and wheat yield and quality traits was analyzed. The results showed that late sowing increased flag leaf area and tiller earing rate, reduced the plant height, dry matter accumulation and transport to grains leading to decreased the spike number per hectare, 1 000-grain weight and yield of strong gluten wheat. Jinnong 7 and Zhongmai 998 showed significantly decreased yield under D2 and D3, respectively. With the delay of sowing date, the grain protein content, wet gluten content, stability time and maximum tensile resistance of flour showed a trend of increasing first and then decreasing.

收稿日期:2023-11-06 修回日期:2023-12-26

基金项目:河北省自然科学基金项目(C2022407015);秦皇岛市科学技术研究与发展计划项目(202002B007);“十三五”国家重点研发计划项目(2016YED0300402-2)

第一作者 E-mail:liumingyang0601@126.com(柳明阳)

通讯作者 E-mail:cairuiguo@126.com(蔡瑞国)

The protein content was the largest at D3 and D4, wet gluten content and gluten index of the two varieties were the largest at D3, the stability time and tensile area were the largest at D4, and the maximum tensile resistance was the largest at D4 and D2, respectively. Correlation analysis showed that the accumulated temperature before winter was significantly positively correlated with plant height and spike number of strong gluten wheat at 0.01 level, significantly positively correlated with 1 000-grain weight and yield at 0.05 level, but significantly negatively correlated with flag leaf area, gluten index and stability time at 0.01 or 0.05 levels. Under the conditions of this experiment, the best sowing date for Jinnong 7 to achieve high yield and high quality is normal sowing date, and the best sowing date for Zhongmai 998 is late sowing 7 d. In summary, late sowing is not conducive to high yield of strong gluten wheat, but appropriately delaying sowing date can increase the content of protein and wet gluten in wheat grains, thereby improving nutrition and processing quality.

Keywords: Strong gluten wheat; Late sowing; Yield; Quality; Accumulated temperature before winter

小麦是中国重要的粮食作物之一,冀东地区小麦—玉米一年两熟的种植制度有着广泛的种植基础^[1],由于冀东地区光热资源一季不足,两季有余,限制了小麦—玉米一年两熟种植模式周年的产量,适当推迟小麦的播种期对冀东地区一年两熟种植制度具有重要意义。随着气候变暖,小麦冬前积温增加,导致冬前旺长^[2-3],更容易发生冻害,适当晚播可以推迟小麦发育进程,使出苗期、抽穗期及成熟期延迟,株高降低,倒伏面积和倒伏级别均减小,减少冬季低温对小麦造成的影响^[4-5]。有研究提出,小麦极晚播可提高产量,是因为晚播抵消了气候因素中的负面影响^[6],增强了小麦抗倒能力^[7]。但多数学者认为,晚播会使小麦开花期以及成熟期的干物质积累量显著降低,导致产量下降^[8-10]。关于小麦品质,有研究得出晚播可提高籽粒蛋白质含量^[11],但也有结果显示晚播会使籽粒蛋白质含量和湿面筋含量下降,延长面团稳定时间^[12];也有报道播期推迟后这三个品质指标均降低^[13]。前人关于晚播对小麦产量和品质的研究结果不尽一致,这与小麦品种特性、栽培环境等因素有关,而有关晚播对强筋小麦产量和品质影响的研究较少。因此,本试验以津农 7 号和中麦 998 两个强筋小麦为供试品种,分析推迟播期对强筋小麦产量和加工品质的影响,以为冀东地区强筋小麦的高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

本试验于 2020 年 10 月—2021 年 6 月在河北科技师范学院农学与生物科技学院试验基地进

行(119.13°E, 39.44°N)。该地区属于大陆性季风气候区,年平均气温 11.6 °C,年降水量 578.4 mm。前茬作物为大豆,播种前 0~20 cm 土壤有机质 27.91 g·kg⁻¹、速效氮 74.84 mg·kg⁻¹、全氮 1.46 g·kg⁻¹、速效磷 94.2 mg·kg⁻¹、全磷 1.94 g·kg⁻¹、全钾 2.45 g·kg⁻¹、速效钾 72.31 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

本试验以强筋小麦品种中麦 998 和津农 7 号为供试材料,设置 5 个播期:正常播期 10 月 10 日(D1)、晚播 7 d(D2)、晚播 14 d(D3)、晚播 21 d(D4)和晚播 28 d(D5)。小区面积 7.5 m²,3 次重复。按照基本苗 600 万株·hm⁻² 的播种密度人工播种,采用完全随机排列。播前深翻造墒,基施复合肥(N-P-K 为 15-15-15)120 kg·hm⁻²,有机肥 750 kg·hm⁻²,拔节期追施氮肥 120 kg·hm⁻²(46%尿素)。于拔节期和开花期前喷灌,每次灌水量为 250 m³·hm⁻²,其他管理措施与当地大田管理一致。2020 年 D1~D5 播期的冬前 ≥0 °C 积温分别为 412.5、320.5、237.5、161.5 和 105 °C(来自昌黎气象局)。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 旗叶面积、分蘖成穗率、株高和穗部性状的测定

孕穗期各小区随机选取 10 株代表性植株,测量旗叶长度和宽度,按照“长×宽×0.83”计算旗叶面积。于拔节期和成熟期各小区调查 1 m 双行的总茎数,计算分蘖成穗率。成熟期每个小区随机选取 20 株小麦,测定株高、穗长(穗轴长度)和小穗数。

1.3.2 干物质积累和转运量的测定

分别于小麦开花期和成熟期连续取 10 株小

麦地上部分样品,于 105 °C 杀青 30 min,60 °C 烘干至恒重。开花期分茎+鞘、叶、穗分别称重,成熟期分茎+鞘、叶、穗、籽粒分别称重,计算干物质积累量和转运量。干物质积累和转运指标的计算参照铃木峰等^[14]的方法。

1.3.3 籽粒产量及其构成因素的测定

成熟期在调查穗数的同时取 20 个麦穗统计穗粒数。选择 1 m² 区域收获籽粒,晾晒水分至 13%,称重测定实际产量。随机选取 1 000 粒测千粒重^[15]。

1.3.4 小麦籽粒蛋白质含量和加工品质的测定

于成熟期每个处理取 5 kg 小麦籽粒进行品质性状的测定。蛋白质含量采用凯氏定氮法用自动定氮仪测定籽粒氮含量,再乘以系数 5.7 为蛋白质含量^[16]。采用磨面机进行面粉制备。采用 JMG-II 型面筋测定仪按国标 GBT14608293 方法测定湿面筋含量。按 AACC-54-21 方法测定粉质仪参数和拉伸仪参数。

1.4 统计与分析

用 Excel 2016 和 Origin 2021 进行数据处理及作图,用 SPSS 26.0 进行相关性分析和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 晚播对强筋小麦株高、旗叶面积和穗部性状的影响

由表 1 可知,晚播对两个强筋小麦品种植株性状的影响一致,随播期推迟株高逐渐降低,津农 7 号和中麦 998 株高分别在 D3 和 D2 下时开始与 D1 出现显著($P < 0.05$)差异;旗叶面积随播期的

推迟总体上呈增加趋势,津农 7 号 D2~D5 与 D1 下差异均显著,中麦 998 的 D3~D5 与 D1 间差异均显著;穗长和单穗小穗数受晚播的影响不显著;分蘖成穗率则随着播期的推迟呈增加趋势,但两个品种分别在 D4 和 D3 之后变化不显著。这说明,晚播对强筋小麦具有矮化植株、增大旗叶面积和促进分蘖成穗作用。

2.2 晚播对强筋小麦干物质积累和产量的影响

晚播对强筋小麦干物质积累和产量变化趋势的影响一致,但出现显著变化的播期存在品种间差异(表 2、表 3)。由表 2 可知,随着播期的推迟,津农 7 号和中麦 998 的干物质积累量均逐渐降低,最高分别降低了 3 180 kg·hm⁻²、3 580 kg·hm⁻²,其中茎+鞘降低比例均最大;干物质向籽粒的转运量整体均呈现降低的趋势;晚播对转运效率的影响存在品种间差异,津农 7 号转运效率变化不显著,中麦 998 转运效率呈先降后升趋势,D4 最低。晚播降低了强筋小麦干物质积累量及其向籽粒的转运量,津农 7 号和中麦 998 的干物质积累量分别在 D2 和 D3 以后显著降低。

由表 3 可知,随着播期的推迟,津农 7 号和中麦 998 的穗数、千粒重及产量都呈现逐渐降低的趋势。穗数均在 D4 后降低幅度趋于平缓;津农 7 号千粒重降低幅度(8.28 g)大于中麦 998(4.98 g);津农 7 号和中麦 998 产量分别在 D2 和 D3 后显著降低,最高减产分别为 20.8%和 13.0%。播期推迟对强筋小麦穗粒数无显著影响。晚播降低了强筋小麦的穗数、千粒重和产量,津农 7 号的产量受晚播的影响大于中麦 998。

表 1 晚播对强筋小麦植株性状和分蘖成穗率的影响

Table 1 Effects of late sowing on plant traits and tiller earing rate of strong gluten wheat

品种 Variety	处理 Treatment	株高 Plant height/cm	旗叶面积 Flag leaf area/cm ²	穗长 Spike length/cm	每穗小穗数 Spikelet number per spike	分蘖成穗率 Spike to tiller ratio/%
津农 7 号 Jinnong 7	D1	76.85a	22.49c	9.21b	13.05a	42.80c
	D2	76.24a	29.37b	9.27b	12.85a	46.69c
	D3	68.82b	27.60b	9.17b	12.75a	55.35b
	D4	67.66bc	28.41b	10.21a	13.45a	67.26a
	D5	66.67c	35.10a	10.12a	13.30a	67.22a
中麦 998 Zhongmai 998	D1	78.15a	17.84c	10.58a	13.15a	45.90c
	D2	72.63b	20.55c	10.58a	13.30a	52.43b
	D3	67.48c	25.74b	10.60a	13.00a	65.25a
	D4	69.43c	28.45b	10.79a	13.80a	65.57a
	D5	68.95c	31.82a	10.56a	12.90a	63.07a

同一品种同列数值后不同字母表示不同处理间差异在 5%水平下显著。下同。

Different letters in the same variety and column indicate significant differences among different treatments at 5% level. The same in tables 2-4.

表 2 晚播对强筋小麦干物质积累量的影响

Table 2 Effect of late sowing on dry matter accumulation of strong gluten wheat

品种 Variety	处理 Treatment	营养器官干物质积累量 Accumulation of dry matter in vegetative organs/($\times 10^3$ kg \cdot hm $^{-2}$)			总积累量 Total accumulation/ ($\times 10^3$ kg \cdot hm $^{-2}$)	向籽粒转运量 Transport volume to grains/ ($\times 10^3$ kg \cdot hm $^{-2}$)	转运效率 Transfer efficiency/%
		茎+鞘 Stem+Sheath	叶 Leaf	穗 Spike			
		津农 7 号 Jinnong 7	D1	8.21a			
	D2	7.46b	2.19a	2.54b	12.19b	3.31b	39.96
	D3	7.34b	1.91b	2.08c	11.33c	3.18b	44.09
	D4	6.62c	2.07b	2.38b	11.08c	3.20b	44.70
	D5	6.25c	1.75c	2.26bc	10.26d	2.64c	37.60
中麦 998 Zhongmai 998	D1	9.04a	2.24a	3.08a	14.36a	4.88a	52.97
	D2	8.26b	2.03b	2.75b	13.04ab	4.41b	50.61
	D3	7.53c	2.09b	2.65b	12.27b	3.96b	44.44
	D4	6.37d	2.04b	2.09c	10.50c	2.63c	31.32
	D5	6.02d	2.23a	2.53b	10.78c	2.27d	40.75

表 3 晚播对强筋小麦产量及其构成因素的影响

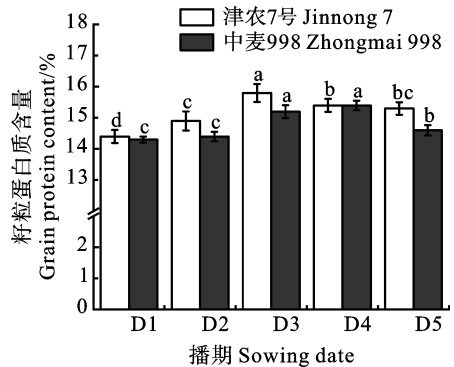
Table 3 Effects of late sowing on yield and its components of strong gluten wheat

品种 Variety	处理 Treatment	穗数 Spike/ ($\times 10^4$ \cdot hm $^{-2}$)	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 1 000-grain weight/g	产量 Yield/(kg \cdot hm $^{-2}$)	减产率 Yield reduction rate/%
津农 7 号 Jinnong 7	D1	735.83a	29.05a	50.62a	8 860.25a	—
	D2	675.67b	31.05a	50.01a	8 292.38b	6.4
	D3	646.83c	29.43a	48.87a	7 212.13c	18.6
	D4	582.92d	28.88a	44.71b	7 166.04c	19.1
	D5	602.92d	29.13a	42.34c	7 013.25c	20.8
中麦 998 Zhongmai 998	D1	797.50a	32.48a	44.93a	9 218.36a	—
	D2	782.92a	33.38a	44.15a	8 919.29a	3.2
	D3	744.17b	32.12a	42.59a	8 719.75b	5.4
	D4	602.50c	32.57a	39.29b	8 387.84b	9.1
	D5	596.83c	32.35a	39.95b	8 016.25b	13.0

2.3 晚播对强筋小麦品质的影响

由图 1 可知,播期推迟后津农 7 号和中麦 998 籽粒的蛋白质含量均呈现先升后降的趋势,最高籽粒蛋白含量分别为 D3 和 D4 处理,与 D1 相比分别提高了 1.4 个百分点和 1.1 个百分点;两个品种的蛋白质含量分别在 14.4%~15.8% 和 14.3%~15.3% 之间。这表明适时晚播可以增加强筋小麦籽粒蛋白质含量。

由表 4 可知,随着播期的推迟,津农 7 号和中麦 998 的面筋含量(湿基)和面筋指数均呈现先升后降的趋势,均在 D3 达到最大值。晚播对强筋小麦面粉的形成时间和稳定时间的影响存在品种间差异,津农 7 号的形成时间无显著差异,稳定时间只在 D4 表现显著;中麦 998 的形成时间随播期的推迟而逐渐增加,稳定时间在 D4、D5 显著提



图柱上同一品种间不同小写字母表示不同处理间差异在 0.05 水平上显著。

Different lowercase letters above the columns of same varieties indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

图 1 晚播对强筋小麦籽粒蛋白质含量的影响
Fig. 1 Effects of late sowing on grain protein content of strong gluten wheat

高。播期的推迟增加了面团的最大拉伸阻力,津农 7 号和中麦 998 分别在 D4 和 D2 达最大,比 D1 分别增加 274 EU 和 107 EU。拉伸面积均随播期的推迟呈现先升后降的趋势,均在 D4 达最大,津农 7 号的变化范围为 109~131 cm²,中麦 998 的变化范围为 55~63 cm²。这说明适时晚播可以增加籽粒湿面筋含量、面筋指数、面粉的最大阻力和拉伸面积。

2.4 冬前积温与强筋小麦产量和品质指标的相关性分析

由表 5 可知,冬前积温与强筋小麦株高、穗数的相关系数分别为 0.895、0.855,具有极显著(P

<0.01)正相关关系;冬前积温与旗叶面积的相关系数为-0.851,具有极显著负相关关系;冬前积温与强筋小麦千粒重、产量的相关系数为 0.679、0.709,具有显著($P<0.05$)正相关关系。强筋小麦晚播条件下,冬前积温越低,株高、穗数、千粒重和产量越低,旗叶面积越大。

由表 6 可知,冬前积温与强筋小麦面粉面筋指数、稳定时间的相关系数分别为-0.889、-0.932,冬前积温与面筋指数、稳定时间具有显著的负相关关系。晚播条件下,强筋小麦的冬前积温越低,其籽粒面粉的面筋指数越大、稳定时间越长。

表 4 晚播对强筋小麦加工品质的影响

Table 4 Effects of late sowing on processing quality of strong gluten wheat

品种 Variety	处理 Treatment	面筋含量(湿基) Gluten content (wet basis)/%	面筋指数 Gluten index	形成时间 Dough development time/min	稳定时间 Stability time/min	拉伸阻力 Resistance/EU	拉伸面积 Tensile area/cm ²
津农 7 号 Jinnong 7	D1	32.8b	86b	15.9a	22.1b	475d	109c
	D2	33.6b	87b	15.6a	23.0b	592c	114b
	D3	35.1a	92a	16.4a	23.9b	678b	128a
	D4	34.2a	91a	14.8a	26.2a	749a	131a
	D5	33.2b	89ab	17.1a	24.5b	682b	114b
中麦 998 Zhongmai 998	D1	30.7c	74c	4.2c	8.2b	264c	58b
	D2	31.5b	80b	4.8c	8.5b	371a	61a
	D3	33.7a	85a	5.6b	8.8b	330b	62a
	D4	32.1a	82b	6.5b	13.7a	336b	63a
	D5	31.5b	75c	7.1a	13.6a	206c	55b

表 5 冬前积温与强筋小麦植株性状和产量的相关性

Table 5 Correlation between pre-winter accumulated temperature and plant traits and yield of strong gluten wheat

项目 Item	株高 Plant height	旗叶面积 Flag leaf area	穗长 Spike length	每穗小穗数 Spikelet number per spike	穗数 Spike number	千粒重 1 000-grain weight	产量 Yield
相关系数	0.895**	-0.851**	-0.434	0.163	0.855**	0.679*	0.709*
P 值	0.001	0.002	0.210	0.653	0.002	0.031	0.022

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平下相关性显著。下同。

* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same in table 7.

表 6 冬前积温与强筋小麦品质指标相关性

Table 6 Correlation between pre-winter accumulated temperature and quality indicators of strong gluten wheat

项目 Item	面筋含量(湿基) Gluten content (wet basis)	面筋指数 Gluten index	形成时间 Dough development time	稳定时间 Stability time	拉伸阻力 Resistance	拉伸面积 Tensile area	蛋白质含量 Protein content
相关系数	-0.346	-0.889*	-0.171	-0.932*	-0.631	-0.199	-0.653
P 值	0.568	0.043	0.785	0.022	0.292	0.620	0.235

3 讨论

3.1 晚播对强筋小麦株高、旗叶面积和穗部性状影响

冬前积温影响小麦前期个体生长,进而影响后续的群体建成和进一步的生长发育。通过调节播期来控制小麦冬前积温进而改变小麦的植株性状和群体结构。播期推迟,会延迟小麦生育时期,降低株高,减少倒伏面积^[5]。本研究结果与马尚宇等^[8]研究结果一致,晚播会使小麦开花期及成熟期的干物质积累量显著降低。播期的推迟降低了小麦的株高进而减少了小麦的生物产量。

延迟播种能显著降低小麦无效分蘖数^[17]。本研究发现,随着播期的推迟,强筋小麦开花期和成熟期的群体数减小,分蘖成穗率显著增加。这说明推迟播期在降低强筋小麦群体大小的同时使养分集中,增加了有效茎蘖数,从而提升了分蘖成穗率。D1~D3 小麦冬前均能出苗,而 D4 和 D5 小麦冬前不出苗,第二年春季开始出苗,开花期的有效茎蘖数甚至小于基本苗数,这可能是由于气温低导致小麦顶土能力弱。

播期推迟对有效穗数和千粒重影响显著,进而影响籽粒产量,这与崔兆韵等^[18]研究结果一致。播期推迟后,强筋小麦的公顷穗数和千粒重降低,使得产量降低。两个品种产量显著降低的播期有所不同,中麦 998 比津农七号略晚一些,说明推迟播期对中麦 998 产量的影响比津农 7 号小。

3.2 晚播对强筋小麦籽粒蛋白质含量和面粉品质的影响

蛋白质含量是影响小麦品质的主要指标,李瑞等^[19]发现与适期播种相比,晚播显著增加小麦氮素积累量。朱元刚等^[20]研究显示,小麦播期推迟提升了氮素利用效率和氮素收获指数。王宙等^[11]提出,播期推迟能够提升小麦升蛋白质含量。本研究表明,随着播期的推迟,强筋小麦的籽粒蛋白质含量呈现先增加后降低的趋势。这说明适当推迟播期可以增加强筋小麦的籽粒蛋白质含量。

前人关于播期推迟的研究因播种日期、小麦品种、地理位置、环境因子的差异较大,使得小麦蛋白质含量、湿面筋含量等品质指标的变化情况相差较大。刘芳亮等^[12]推迟播期后,小麦蛋白质含量和湿面筋含量均下降,面团稳定时间上升。小麦面粉的吸水率、形成时间及稳定时间均随着播期的推迟呈先降后增的趋势,降低了弱化度,增

加了形成时间、稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸比,提高冬小麦加工品质^[21]。本研究中,播期推迟后强筋小麦的湿面筋含量、面筋指数、最大拉伸阻力、拉伸面积均呈现先上升后下降的趋势,这与张永强等^[21]研究结果基本一致。综上所述,适时推迟播期有利于小麦品质的形成。

4 结论

播期推迟会降低强筋小麦的千粒重和公顷穗数,不利于产量的形成;适当推迟播期可改善强筋小麦品质。本试验条件下,津农 7 号达到优质高产的最佳播期为正常播期,中麦 998 为晚播 7 d。

参考文献:

- [1]朱利叶.河北平原不同种植制度及全田地膜覆盖小麦、玉米周年产量与资源利用研究[D].保定:河北农业大学,2020:1.
ZHU L Y. Study on annual yield and resource utilization of wheat and maize under different planting systems and plastic film covering in Hebei Plain [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2020: 1.
- [2]裴艳婷,董策,魏龙雪,等.播期对济麦 22 产量及主要农艺性状的影响[J].安徽农业科学,2023,51(2):41.
PEI Y T, DONG C, WEI L X, *et al.* Effects of sowing date on tiller number, yield and main agronomic traits of Jimai 22 population [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2023, 51(2): 41.
- [3]张福彦,陈晓杰,李好海,等.不同播期和密度对小麦新品种航宇 19 产量及其构成要素的影响[J].山东农业科学,2023,55(8):27.
ZHANG F Y, CHEN X J, LI H H, *et al.* Effects of different sowing dates and densities on yield and its components of new wheat variety Hangyu 19 [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2023, 55(8): 27.
- [4]张敏,王岩岩,蔡瑞国,等.播期推迟对冬小麦产量形成和籽粒品质的调控效应[J].麦类作物学报,2013,33(2):325.
ZHANG M, WANG Y Y, CAI R G, *et al.* Regulating effect of delayed sowing date on yield formation and grain quality of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2013, 33(2): 325.
- [5]李俊杰,杨照东,杨芳.播期和播量对半冬性小麦泛麦 11 生长发育的影响[J].种子,2019,38(9):135.
LI J J, YANG Z D, YANG F. The effect of seedtime and seeding rate on the growth and development of semiwinter wheat Fanmai 11 [J]. *Seed*, 2019, 38(9): 135.
- [6]ZHOU B Y, SUN X F, GE J Z, *et al.* Wheat growth and grain yield responses to sowing date-associated variations in weather conditions [J]. *Agronomy Journal*, 2020, 112(2): 985.
- [7]李华英,代兴龙,张宇,等.播期对冬小麦产量和抗倒性能的影响[J].麦类作物学报,2015,35(3):357.
LI H Y, DAI X L, ZHANG Y, *et al.* Effect of sowing date on

- grain yield and lodging resistance of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(3):357.
- [8] 马尚宇, 王艳艳, 刘雅男, 等. 播期、播量和施氮量对小麦干物质积累、转运和分配及产量的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(3):375.
- MA S Y, WANG Y Y, LIU Y N, *et al.* Effect of sowing date, planting density, and nitrogen application on dry matter accumulation, transfer, distribution, and yield of wheat [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(3):375.
- [9] 吕丽华, 梁双波, 张丽华, 等. 不同小麦品种产量对冬前积温变化的响应[J]. 作物学报, 2016, 42(1):149.
- LÜ L H, LIANG S B, ZHANG L H, *et al.* Yield in response to accumulated temperature before winter in winter wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2016, 42(1):149.
- [10] 严惠敏, 周铭瑞, 徐志鹏, 等. 播期对江苏省冬小麦产量及其构成的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(4):293.
- YAN H M, ZHOU M R, XU Z P, *et al.* Effect of sowing date on winter wheat yield and yield composition in Jiangsu Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2020, 38(4):293.
- [11] 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.
- WANG Z, MA H F. Effect of sowing date to the yield and quality of wheat [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2007, 35(3):36.
- [12] 刘芳亮, 张保军, 张正茂, 等. 播期和密度对普冰 151 小麦籽粒产量与品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(6):6.
- LIU F L, ZHANG B J, ZHANG Z M, *et al.* Effect of sowing date and planting density on grain yield and quality of winter wheat Pubing 151 [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(6):6.
- [13] 汪娟梅, 张 睿, 田永平, 等. 播期播量对小麦中麦 895 产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(11):1380.
- WANG J M, ZHANG R, TIAN Y P, *et al.* Effect of sowing date and sowing amount on yield and quality of common wheat variety Zhongmai 895 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2020, 40(11):1380.
- [14] 铃太峰, 董秀春, 张 秀, 等. 播期对冬小麦干物质积累、分配与产量的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(3):24.
- QIAN T F, DONG X C, ZHANG X, *et al.* Effect of sowing date on dry matter accumulation, distribution and yield of winter wheat [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2019, 51(3):24.
- [15] 郭双双, 张 敏, 付陈陈, 等. 灌水量对强筋小麦上三叶氮素代谢和籽粒加工品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2023, 43(2):205.
- GUO S S, ZHANG M, FU C C, *et al.* Effect of irrigation amount on nitrogen metabolism of top-three leaves and grain processing quality of strong gluten wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2023, 43(2):205.
- [16] 姜丽娜, 郑冬云, 王言景, 等. 氮肥施用时期及基追比对豫中地区小麦叶片生理及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(1):149.
- JIANG L N, ZHENG D Y, WANG Y J, *et al.* Effects of application time and basal/topdressing ratio of nitrogen fertilizer on leaf physiology and grain yield of wheat in central Henan [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(1):149.
- [17] MA S C, WANG T C, GUAN X K, *et al.* Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot [J]. *Field Crops Research*, 2018, 221:166.
- [18] 崔兆韵, 邹俊丽, 徐 祎, 等. 不同播期对小麦‘泰科麦 31’干物质积累转运及产量的影响[J]. 农学学报, 2023, 13(8):11.
- CUI Z Y, ZOU J L, XU Y, *et al.* Effects of different sowing dates on dry matter accumulation and transport and yield of wheat ‘Taikemai 31’ [J]. *Journal of Agriculture*, 2023, 13(8):11.
- [19] 李 瑞, 杨兵兵, 吴培金, 等. 晚播对弱筋小麦植株氮素积累与利用的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(5):754.
- LI R, YANG B B, WU P J, *et al.* Effects of late sowing date on the nitrogen accumulation and utilization in weak gluten wheat plants [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2019, 34(5):754.
- [20] 朱元刚, 初金鹏, 张 秀, 等. 不同播期冬小麦氮素出籽效率与氮素利用及转运的相关性[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4):1151.
- ZHU Y G, CHU J P, ZHANG X, *et al.* Correlation between nitrogen fruiting efficiency and nitrogen utilization and remobilization in winter wheat at different sowing dates [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019, 30(4):1151.
- [21] 张永强, 杜孝敬, 陈传信, 等. 播期对南疆冬小麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2023, 43(12):1599.
- ZHANG Y Q, DU X J, CHEN C X, *et al.* Effect of sowing date on yield and grain quality of winter wheat in southern Xinjiang wheat areas [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2023, 43(12):1599.