

网络出版时间:2025-02-25

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/61.1359.S.20250224.1342.002

# 不同秋播时期对冬春性小麦幼穗发育及产量和品质的影响

田汉钊<sup>1</sup>, 牟丽明<sup>2</sup>, 王一钊<sup>1</sup>, 应开<sup>1</sup>, 孟天琪<sup>1</sup>, Zaika Vitaly Valerievich<sup>3</sup>,  
Vladimir Shvidchenko<sup>3</sup>, 张正茂<sup>1</sup>, 刘玉秀<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100; 2. 甘肃省定西市农业科学研究所, 甘肃定西 743000; 3. North Kazakhstan Agricultural Experimental Station, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, North Kazakhstan, Kazakhstan)

**摘要:**为给小麦生产调控和引种提供参考依据,以9个冬春性小麦品种(来自中国及哈萨克斯坦)为材料,研究不同时期秋播[播期提前13 d(S1),正常播期(S2),播期推迟13 d(S3)]对冬春性小麦幼穗分化进程、产量及品质的影响。结果表明,同一播期下,春性小麦幼穗分化进度快于冬性小麦;中国冬性小麦幼穗分化进度慢于哈萨克斯坦冬性小麦,而春性小麦快于哈萨克斯坦春性小麦。冬春性小麦的幼穗发育时间随播期推迟而整体缩短。在3个播期条件下,哈萨克斯坦春麦整体的幼穗发育进度慢于国内春麦;在S1和S2播期下,哈萨克斯坦春麦单穗期和二穗期持续时间明显长于国内春麦;在S3播期下,国内冬麦单穗期持续时间最短,哈萨克斯坦冬麦单穗期和二穗期持续时间最短。不同冬春性小麦的产量及产量构成因素对播期的响应也存在差异。随播期推迟,冬性小麦穗数、穗粒数、千粒重和产量均呈下降趋势;春麦穗粒数呈下降趋势,而千粒重和产量呈上升趋势。播期变化对冬性小麦的籽粒粗蛋白和湿面筋含量有一定影响,国内冬性小麦的籽粒粗蛋白和湿面筋含量随播期推迟而下降,而哈萨克斯坦冬性小麦则上升。在小麦糊化特性方面,随着播期推迟,国内冬麦峰值粘度、稀懈值呈下降趋势,最终粘度呈上升趋势;哈萨克斯坦冬麦峰值粘度、保持粘度先下降后上升,最终粘度、回升值呈上升趋势;春麦糊化特性指标除稀懈值外均成上升趋势,国内春麦稀懈值呈下降趋势,哈萨克斯坦春麦稀懈值呈上升趋势。适当早播可以提高冬麦产量与糊化品质,促进国内冬麦蛋白质积累;适当推迟播期可以明显缩短冬春性小麦的幼穗发育时间,提高春麦产量与糊化品质,有利于哈萨克斯坦冬麦蛋白质积累,因此适期播种有利于不同冬春性小麦的幼穗发育以及产量和品质提升。

**关键词:** 小麦;冬春性;播期;幼穗分化;产量

中图分类号:S512.1;S311

文献标识码:A

文章编号:1009-1041(2025)03-0366-12

## Effect of Different Autumn Sowing Time on Young Spike Development, Yield and Quality of Winter and Spring Wheat

TIAN Hanzhao<sup>1</sup>, MU Liming<sup>2</sup>, WANG Yizhao<sup>1</sup>, YING Kai<sup>1</sup>, MENG Tianqi<sup>1</sup>, Zaika Vitaly Valerievich<sup>3</sup>,  
Vladimir Shvidchenko<sup>3</sup>, ZHANG Zhengmao<sup>1</sup>, LIU Yuxiu<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Gansu Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi, Gansu 743000, China; 3. North Kazakhstan Agricultural Experimental Station, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, North Kazakhstan, Kazakhstan)

**Abstract:** Nine different winter and spring wheats (from China and Kazakhstan) were used as materials, the effects of autumn sowing at different periods [13 days ahead of sowing date (S1), normal sowing date (S2) and sowing date delay 13 days (S3)] on the differentiation process, yield, and quality were investigated to provide references for wheat production regulation and introduction. The results showed on the same sowing date, the young spikes differentiation progress of spring wheat was faster

收稿日期:2024-01-13 修回日期:2024-03-30

基金项目:中哈小麦技术创新与产业化基地项目(2020GHJD-17);优质旱地小麦新品种选育及普冰322的示范推广项目(TG-ZX2021-9);抗旱抗逆优质丰产小麦新种质创制和品种培育项目(22CX8NJ152)

第一作者 E-mail: tianhanzhao2021@163.com (田汉钊); muliming2790@163.com (牟丽明)

通讯作者 E-mail: yxliu@nwsuaf.edu.cn (刘玉秀)

than that of winter wheat. Young spike of winter wheat from Kazakhstan had faster differentiation progress than that from China, but the slower progress was found for spring wheat from Kazakhstan, comparing with Chinese spring wheat. With the delay of sowing date, the development time of winter and spring wheat spike was shortened. Under S1, S2 and S3 conditions, the young spike development of spring wheat from Kazakhstan was slower than that of Chinese spring wheat. Under S1 and S2 conditions, an obviously longer duration of single and double ridge stage was found for spike of spring wheat from Kazakhstan, comparing to that from China. Under S3 conditions, winter wheat from China had the shortest duration of the single ridge stage, while from Kazakhstan had the shortest duration of the single and double ridge stage. The response of grain yield and its components of winter and spring wheat to sowing date were also different. With the sowing date delayed, spikes number, kernels number per spike, thousand-kernel weight and grain yield of winter wheat were reduced, while spring wheat had a reduced spikes number, an increased thousand-kernel weight and grain yield. The change of sowing date had some effect on the grain protein and wet gluten content. With the delay of sowing date, grain protein and wet gluten content of Chinese winter wheat were reduced, but an opposite trend was found for wheat from Kazakhstan. For pasting properties, Chinese winter wheat had a reduced peak viscosity and breakdown, and an increased final viscosity with delayed sowing, while for winter wheat from Kazakhstan, peak viscosity and holding viscosity was initially decreased and then increased, and final viscosity and setback were increased. With the delaying sowing date delayed, except for breakdown, pasting properties value of spring wheat showed an increasing trend. The breakdown of Chinese spring wheat was decreased, but an increased in breakdown was found for spring wheat from Kazakhstan. Yield and quality of different winter and spring wheat could be improved by appropriately adjusting sowing date. The results indicate early sowing could improve yield and gelatinization quality of winter wheat, and promote the protein accumulation of domestic winter wheat, while delay sowing time could obviously shorten the development time of young Spike, and improve the yield and gelatinization quality of spring wheat, conducting to protein accumulation of winter wheat in Kazakhstan. Thus, suitable sowing is beneficial to young spike development, yield and quality improvement of different winter and spring wheat.

**Keywords:** Wheat; Winter-spring characteristic; Sowing date; Spike differentiation; Yield

受全球气候变暖影响,近年来极端低温、年均气温及冬季增温均呈上升趋势,使得主要农作物的种植界限、生育期发生明显变化,农业生产及粮食安全面临严峻的挑战<sup>[1-3]</sup>。小麦是中国三大粮食作物之一,其稳产、高产是保障粮食安全的重要基础。小麦的幼穗发育及其产量、品质性状既受遗传因素控制,也受生态环境和栽培措施影响<sup>[4-5]</sup>。播期是影响小麦生长发育、产量和品质性状的重要因素。适宜的播期可避开小麦关键生育期不利气象条件的影响,优化利用光、温、土、水等资源,有利于培育冬前壮苗,对小麦分蘖及干物质的积累具有促进作用<sup>[6]</sup>。适期播种还能调控小麦生育期环境条件,创建优良小麦群体,充分发挥各种基因型小麦的潜能,利于穗数、穗粒数和粒重的协调发展,进而获得高产<sup>[7-8]</sup>。

小麦幼穗发育进程与品种适应性密切相关,不同生态区和不同品种间幼穗分化特点有所不同<sup>[9]</sup>。幼穗发育持续时间的长短是中国不同小麦生态区产量结构差异的重要原因<sup>[10-11]</sup>,因而优化穗部发育对于小麦适应不同的生态区环境非常关键。播期推迟会导致穗分化各时期相应延迟,雌雄蕊分化期之前主茎幼穗各分化时期的持续时间缩短<sup>[12]</sup>。适期播种可充分利用温光条件、改善群体质量、促进小麦穗花分化<sup>[13]</sup>。播期提前时,小麦冬前积温高,致使幼穗冬前发育速度过快,增加小麦遭遇倒春寒危害的风险;播期推迟后,冬前积温减少,冬前叶片、分蘖和根系生长缓慢,幼穗生长前期发育速度慢,后期发育速度过快,退化小穗数增多,生育期缩短,影响产量提高<sup>[14-16]</sup>。播期对不同品种小麦淀粉的峰值粘度、稀懈值、最终粘

度、回生值和峰值时间均有显著影响<sup>[17]</sup>。适当晚播不仅能降低株高、增强植株抗倒伏的能力<sup>[18]</sup>，还在一定程度上提高籽粒蛋白质含量、湿面筋含量和沉淀值，而对面团粉质特性的影响较小<sup>[6,19-20]</sup>。

在气候变暖的影响下，小麦品种的选择逐渐偏春性化。极端天气往往造成土壤墒情不适，使得冬小麦播期推迟，从而影响小麦产量和品质。因此，根据气温变化和品种发育特性进行适期播种，是小麦冬前形成壮苗、顺利返青拔节、促进灌浆并获得高产的重要前提<sup>[13]</sup>。不同冬春性小麦品种对播期改变造成小麦生态条件差异的适应性不同，筛选产量和品质稳定性较强的品种可有效应对暖冬和倒春寒天气等自然灾害<sup>[6,21]</sup>。目前大多数研究是探讨播期对某一品种的幼穗分化及产量、品质的调控，所得结果因生态环境与品种的差异而异，而在气候和栽培制度变化的背景下，播期调整对不同小麦品种生长发育、产量和品质的影响仍需进一步探讨。本研究以不同冬春性的9个

小麦品种(系)为试验材料，设置3个播期，针对播期对不同基因型小麦幼穗分化规律、产量及品质性状的影响开展研究，以期为应对极端天气变化、筛选对播期不敏感和适应性强的 wheat 品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2021—2022年度在西北农林科技大学曹新庄试验农场进行(108.09°E, 34.30°N)。试验地土壤类型为壤土，前茬休闲，0~20 cm耕层土壤有机质含量 18.98 g·kg<sup>-1</sup>，全氮含量 2.36 g·kg<sup>-1</sup>，速效钾含量 152.29 mg·kg<sup>-1</sup>，速效磷含量 10.47 mg·kg<sup>-1</sup>，pH值 8.2。选取9个具有代表性不同冬春性且遗传背景差异较大的小麦品种(系)为供试材料(表1)。2021—2022年小麦生长季的逐日降水量及温度(<http://www.wheata.cn>)如图1所示。

表1 供试小麦信息表  
Table 1 Information of test materials

品种(系) Variety(lines)	代号 Code	冬春性 Winter-spring characteristic	选育地 Breeding place
普冰 151 Pubing 151	CW1	冬性 Winteriness	中国陕西 Shaanxi China
西农 511 Xinong 511	CW2	冬性 Winteriness	中国陕西 Shaanxi China
西农 886 Xinong 886	CW3	半冬性 Semi-winteriness	中国陕西 Shaanxi China
定西 48号 Dingxi 48	CS1	春性 Springiness	中国甘肃 Gansu China
宁春 35号 Nichun 35	CS2	春性 Springiness	中国宁夏 Ningxia China
西春 8号 Xichun 8	CS3	春性 Springiness	中国陕西 Shaanxi China
19XW002	KW	冬性 Winteriness	哈萨克斯坦 Kazakhstan
Astana	KS1	春性 Springiness	哈萨克斯坦 Kazakhstan
19XS035	KS2	春性 Springiness	哈萨克斯坦 Kazakhstan

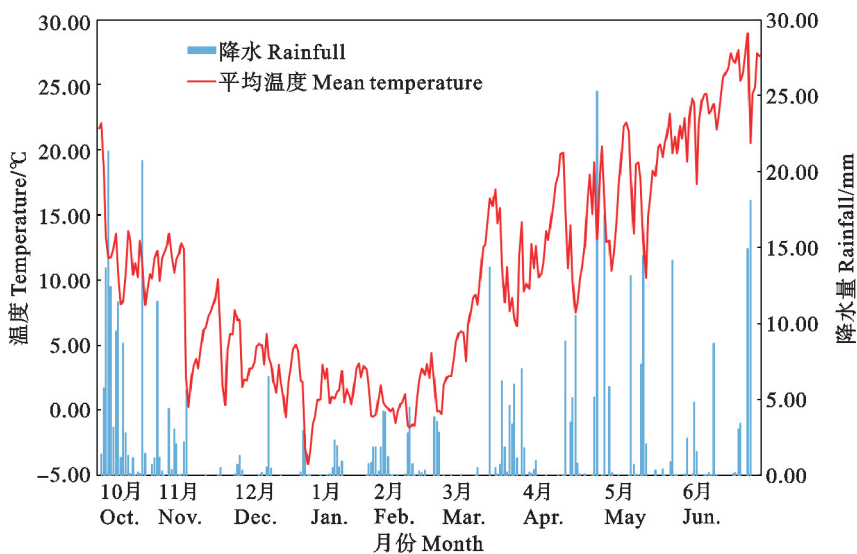


图1 2021—2022小麦生长季的逐日降水量及温度

Fig. 1 Precipitation and temperature during wheat grown season of 2021—2022

## 1.2 试验设计与田间管理

采用播期、品种二因素随机区组设计,设置2021年10月3日(播期提前13 d, S1)、2021年10月16日(正常播期, S2)和2021年10月29日(播期推迟13 d, S3)3个播期。小区面积12 m<sup>2</sup> (1.2 m×10 m), 种植6行, 行长10 m, 共27个处理, 每个处理重复3次。小区采用播种机播种, 行距0.20 m, 深度3 cm。每667 m<sup>2</sup> 施50 kg 氮磷钾三元复合肥(养分总含量≥42%, N、P、K含量分别为22%、14%、6%), 以基肥形式播前一次施入。其他栽培管理同一般旱地大田。

## 1.3 测定项目和方法

### 1.3.1 小麦幼穗分化观察

小麦幼苗自三叶一心开始取样, 越冬期每7 d观察一次, 小麦返青期后每3 d观察1次。每小区每次取5个主茎, 剥开主茎在OLYMPUS实体显微镜(SZX16, 奥林巴斯)观察幼穗分化情况, 以至少4个主茎穗中部的小穗或小穗基部两侧的小花到达某一时期来确定具体幼穗分化时期, 直至药隔形成期结束。整个过程共取样19次。幼穗分化形成的7个时期分别为伸长期、单棱期、二棱期、护颖原基分化期、小花原基分化期、雌雄蕊原基分化期和药隔形成期<sup>[22]</sup>。

### 1.3.2 产量及其构成要素测定

于成熟期每小区随机取2 m相邻样段(含6行), 测定穗数。每小区随机取样20穗, 测定穗粒数。随机选择1 000粒完整粒, 称千粒重。对各小区进行收获脱粒、计产, 最终折算为每公顷产量。

### 1.3.3 籽粒品质测定

将收获的小麦籽粒晒干后, 利用近红外分析仪(DA7250, 瑞典)测定籽粒粗蛋白和湿面筋含量。采用快速粘度分析仪(RVA 4500, 瑞典)测定峰值黏度(peak viscosity, PV)、谷值黏度(tough viscosity, TV)、终黏度(final viscosity, FV)、破损值(breakdown, BD)和回生值(set-back, SB)。

## 1.4 数据处理与分析

采用Excel 2016和Origin 2022数据整理、分析制图, 使用SPSS 27.0对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同冬春性小麦的幼穗分化进程

小麦的幼穗分化进程既取决于品种特性, 又受环境影响。S2播期下, 在2021年11月18日

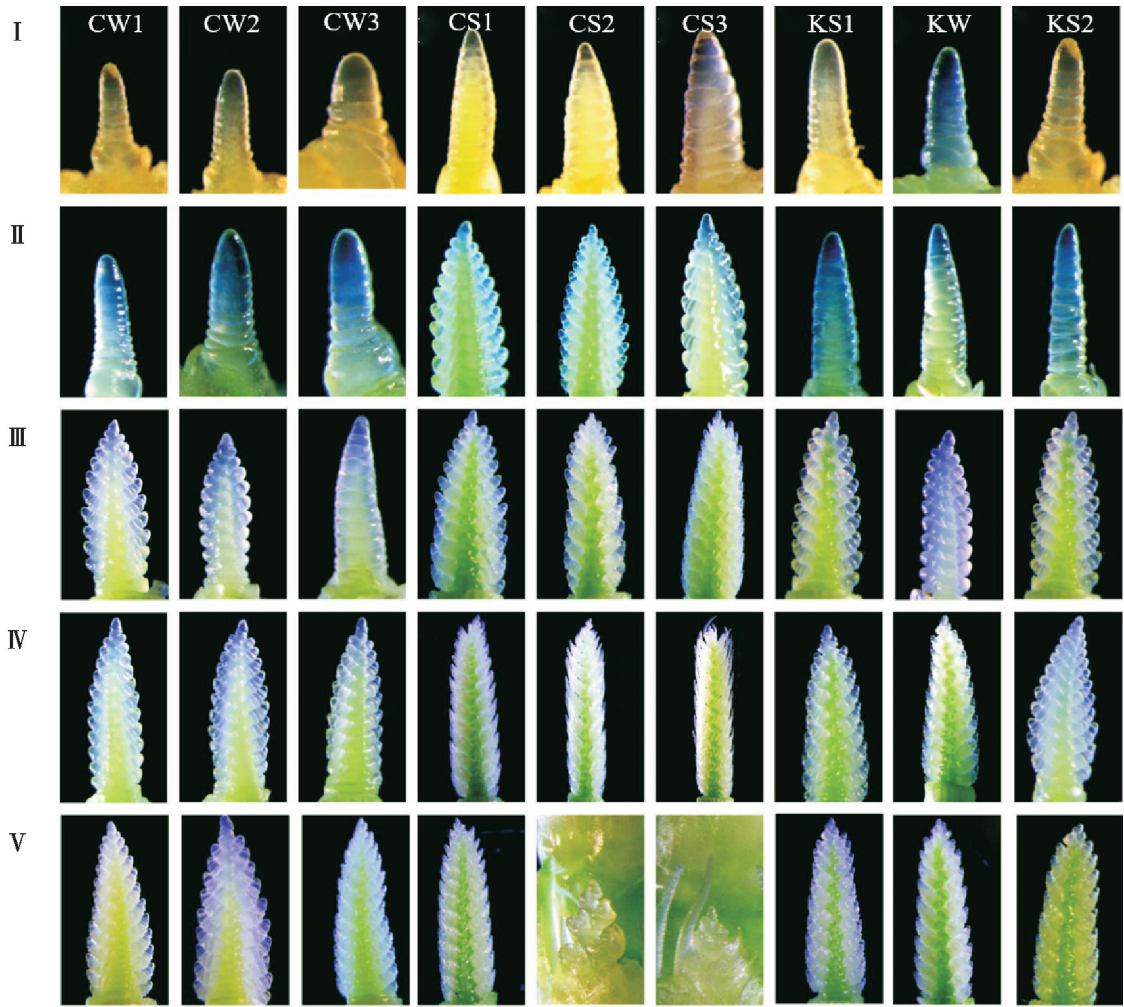
春性小麦CS1、CS2和CS3已进入二棱期, 而冬性和其他春性小麦均处于单棱期(图2 I); 2021年12月25日CS1、CS2进入小花原基分化期, CS3进入护颖原基分化期, KW进入二棱期, 而春性KS1、KS2和冬性CW1、CW2、CW3仍处于单棱期(图2 II); 2022年3月1日CS1、CS2分化出雌雄蕊原基及内颖, 进入雌雄蕊原基分化期, CS3处于护颖原基分化期, 而冬性CW1位于小花原基分化期, CW2和KW位于护颖原基分化期, CW3仍处于二棱期, KS1和KS2发育较慢进入二棱期(图2 III); 2022年3月9日KS1和CS1进入雌雄蕊原基分化期, CS2和CS3入药隔形成期, KS2仍处于小花原基分化初期, 而冬性材料CW1、CW2、CW3进入小花原基分化初期(图2 IV); 2022年3月14日CS2与CS3最快进入药隔形成期, CS1和KS1次之, KS2发育最慢(图2 V)。

CW1率先进入小花原基分化期, CW2和KW位于护颖原基分化期, CW3仍处于二棱期(图2 III); CW1、CW2、CW3处于小花原基分化初期, KW分化较快进入雌雄蕊原基分化期; KW雌雄蕊原基的中部出现自顶向下出现微凹纵沟, 说明其完成雌雄蕊原基分化进入药隔形成期(图2 V), 快于CW1、CW2、CW3。整体来说, KW幼穗分化先慢后快, 最先进入药隔形成期, CW3在二棱期前发育较慢, 进入护颖分化期后幼穗发育进度与CW1、CW2持平。

综上所述, 在幼穗分化进度方面, 春性小麦快于冬性、半冬性小麦, 中国冬性小麦慢于哈萨克斯坦冬性小麦, 中国春性小麦快于哈萨克斯坦春性小麦。春性小麦CS2和CS3在幼穗分化后期明显快于CS1、KS1和KS2, 这可能是由于供试小麦本身特性和来源不同导致的。

### 2.2 播期对不同冬春性小麦穗分化进程的影响

不同播期下, 小麦生长发育所处的外界生态条件不同, 使得同一材料幼穗分化开始的时间、发育速度和各时期历时天数均有所不同, 进而导致其外部形态特征的差异。播期对不同冬春性小麦穗分化进程的影响主要体现在S1和S2播期, 在S3播期下各个材料间幼穗发育进度无明显差异(图3)。S1和S2播期对幼穗发育进度的影响主要在越冬期前, KW幼穗分化总时间在S1播期下(122 d)明显长于S2播期(101 d), 进入护颖分化期前发育时间在S1播期下明显增长, 整体穗分化在S3播期下加快, 进入小花原基分化期后, 3种播



I~V 分别表示 9 个材料 2021 年 11 月 18 日、2021 年 12 月 25 日、2022 年 3 月 1 日、2022 年 3 月 9 日、2022 年 3 月 14 日取样的幼穗分化情况。

I~V: 9 materials were sampled for young spike differentiation on November 18 2021, December 25 2021, March 1 2022, March 9 2022, and March 14 2022, respectively.

图 2 不同冬春性小麦正常播期下幼穗的分化进程

Fig. 2 Young spike differentiation process of different winter and spring wheat under normal sowing date

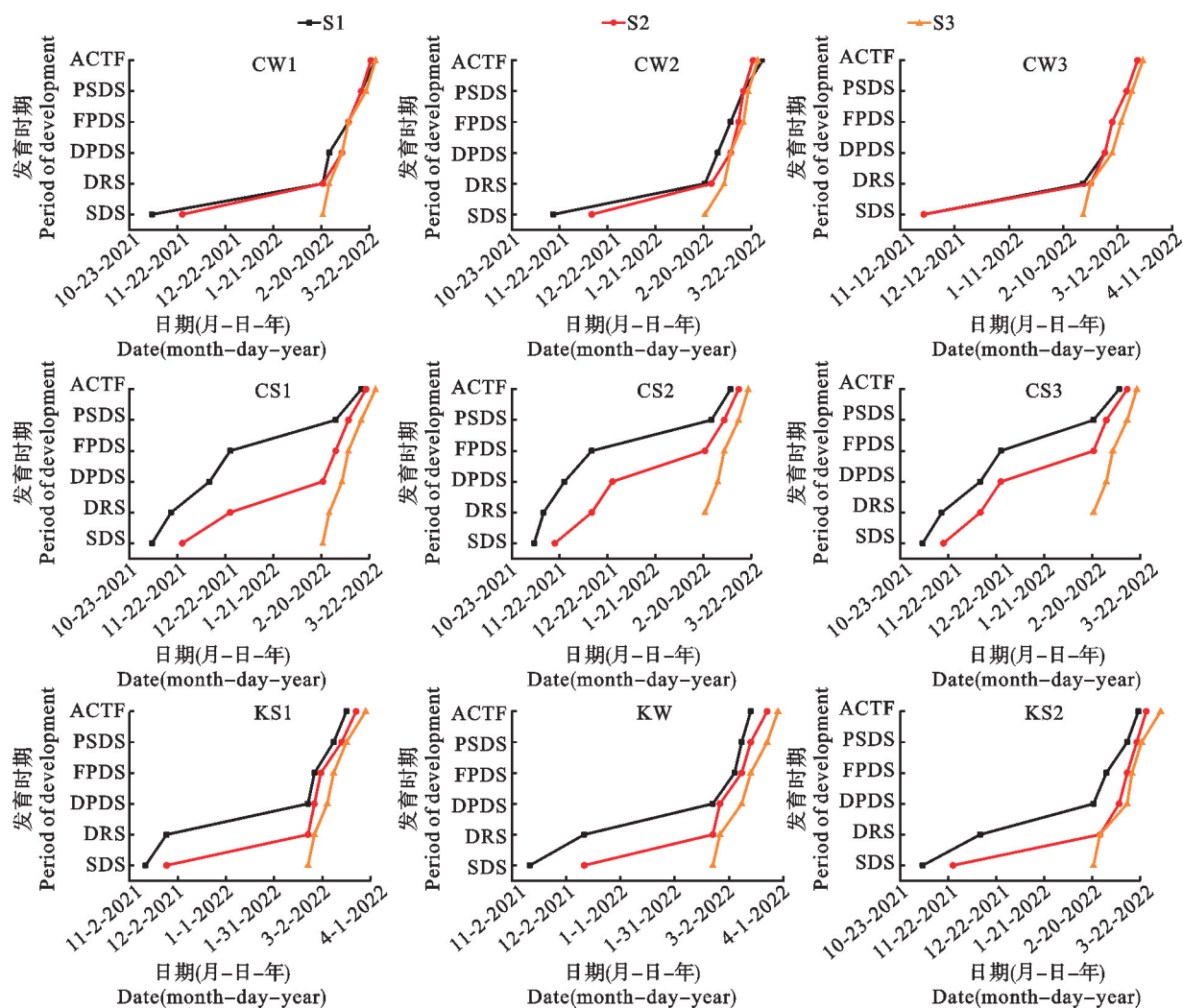
期间发育进程差异减小; CW1 在 S1、S2 和 S3 播期下单棱期发育时间依次为 107 d、88 d 和 4 d, S3 播期下单棱期发育时间最短, 进入小花原基分化期后, 3 种播期间发育进程差异减小; CW2 和 CW3 穗发育整体趋势与 CW1 类似。CS1 二棱期持续时间和小花分化期持续时间最长分别在 S2、S1 播期, 但进入护颖分化期后整体发育进程在 S2 和 S3 播期间无明显差异; CS2 和 CS3 的护颖分化期持续时间和小花分化期持续时间均分别在 S2 和 S1 播期下最长; KS1 和 KS2 单棱期持续时间长短依次为 S2、S1、S3, 二棱期持续时间长短依次为 S1、S3、S2(图 3)。在 S1 和 S2 播期不同习性小麦材料进入单棱期和药隔形成期顺序依次为: 国内春麦、哈萨克斯坦春麦、哈萨克斯坦冬麦、国内冬麦。

由此可知, 播期对国内春麦幼穗分化进度的影响主要体现在护颖分化期和小花分化期, 而哈萨克斯坦春麦在单棱期和二棱期; 对国内冬麦幼穗分化进度的影响主要体现在单棱期, S3 播期下单棱期持续时间均最短, 而哈萨克斯坦冬麦主要体现在单棱期和二棱期, S3 下单棱期和二棱期持续时间最短。

2.3 播期对不同冬春性小麦产量及其构成因素的影响

2.3.1 播期对穗数的影响

随播期推迟, 冬性小麦 CW1、CW2、CW3 和 KW 穗数呈下降趋势, S3 播期显著低于 S1、S2 播期 ( $P < 0.05$ ) (表 2)。春性小麦 KS1 穗数在 S3 播期显著高于 S1 播期, 与 S2 播期无显著差异; CS1



SDS:单棱期;DRS:二棱期;GPDS:护颖原基分化期;FPDS:小花原基分化期;PSDS:雌雄蕊原基分化期;ACTF:药隔形成期。

SDS: Single ridge stage; DRS: Double ridge stage; GPDS: Globular primordia differentiation stage; FPDS: Floret primordia differentiation stage; PSDS: Pistil-stamen differentiation stage; ACTF: Anther connective tissue formation.

图 3 不同冬春性小麦在不同播期下幼穗发育进程

Fig. 3 Development process of young spikes of different winter and spring wheat at different sowing dates

穗数在 S1 播期下显著高于 S2、S3 播期;CS2 在 S2 播期穗数显著高于 S1 播期;CS3 在 S3 播期穗数显著增加 ( $P < 0.05$ )。由此可知,不同冬春性小麦的穗数对播期的响应存在差异,播期提前可增加国内外冬性小麦穗数,而在晚播下降低;播期对春性小麦穗数影响无明显规律,其中播期推迟提高了 CS1 和 CS3 穗数。

### 2.3.2 播期对穗粒数的影响

冬性小麦 CW1、CW2、CW3 和 KW 穗粒数随播期推迟呈下降趋势,其中 CW1、CW3、KW 在 S1 播期显著高于 S2 播期,CW2 和 KW 在 S3 播期显著低于 S2 播期 ( $P < 0.05$ )。春性小麦中 KS1 在 S1 播期显著高于 S2 播期 ( $P < 0.05$ ),

CS1、CS2、CS3、KS2 无显著性差异;CS2 穗粒数在 S2 播期显著高于 S3 播期 ( $P < 0.05$ ),CS1、CS3、KS1、KS2 无明显差异。整体来看,对于国内外冬春性小麦播期提前可提高穗粒数,推迟播期会导致穗粒数降低。

### 2.3.3 播期对千粒重的影响

冬性小麦中仅 KW 的千粒重在 S2 播期显著高于 S3 播期 ( $P < 0.05$ ),其余冬性小麦在 3 个播期下无明显差异。与 S1 播期相比,S3 播期的 CW1 和 CW3 千粒重分别下降 10.49% 和 3.86%。春性小麦中 CS1、CS2 和 KS1 的千粒重在 S1 播期显著低于 S2 播期;CS1、CS2、KS2 和 KS1 在 S2 播期显著低于 S3 播期,而 CS3 相反;与 S1 播期相比,

表 2 播期对不同冬春性小麦产量及其构成因素的影响

Table 2 Effect of sowing date on different winter and spring wheat yield and yield component

品种(系) Varieties(lines)	播期 Sowing date	穗数 Spike number/ ( $\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	穗粒数 Kernel number per spike	千粒重 1 000-grain weight/g	产量 Grain yield/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
CW1	S1	654.32±6.21a	40.25±1.78a	43.38±0.34a	8 863.33±237.88a
	S2	642.36±8.03a	37.67±1.80b	40.88±0.54ab	8 606.00±248.96a
	S3	622.45±9.73b	39.67±0.81ab	38.83±0.52b	8 183.33±203.63b
CW2	S1	675.26±10.88a	41.25±1.43a	46.13±0.91a	9 858.33±240.73a
	S2	632.69±11.86b	40.50±1.60a	46.23±0.55a	9 316.67±172.30b
	S3	598.74±9.06c	37.75±1.06b	45.72±0.49a	8 266.67±223.81c
CW3	S1	688.23±9.16a	44.50±1.56a	52.35±0.66a	9 958.33±212.02a
	S2	596.55±7.70b	42.00±0.68b	51.34±0.99ab	9 366.67±196.24a
	S3	532.51±10.41c	40.00±1.46b	50.33±1.06b	7 533.33±189.32b
CS1	S1	536.23±10.87a	36.75±1.62a	39.34±0.59c	6 250.00±244.84a
	S2	489.36±8.93c	34.00±1.74ab	44.53±0.75b	6 083.33±202.19b
	S3	509.38±5.18b	32.00±1.57b	47.05±0.35a	6 316.67±218.86a
CS2	S1	486.73±6.06b	40.75±0.64a	44.15±0.30c	6 083.33±221.40b
	S2	536.33±5.64a	39.25±1.05a	48.57±0.68b	6 566.67±190.92a
	S3	516.45±6.79ab	35.50±1.40b	51.90±0.35a	6 433.33±190.02a
CS3	S1	562.66±5.36b	30.50±1.29a	48.03±0.95ab	6 216.67±179.17a
	S2	569.22±8.53b	29.25±0.97a	48.97±0.88a	5 216.67±245.69b
	S3	605.36±11.60a	30.00±1.45a	46.48±0.65b	6 408.33±235.11a
KS1	S1	469.52±5.54a	38.75±1.10a	31.68±0.54a	4 983.33±236.98a
	S2	456.66±6.99a	34.50±1.66b	28.62±0.29b	3 600.00±183.86b
	S3	443.51±7.81a	34.75±1.23b	31.12±0.56a	3 650.00±201.83b
KW	S1	469.58±5.75a	36.50±1.02a	34.77±0.40ab	4 783.33±170.36a
	S2	446.16±10.55a	34.50±1.68a	36.82±0.61a	3 833.33±241.81b
	S3	426.59±8.83b	31.25±0.90b	31.72±0.39b	3 550.00±229.44b
KS2	S1	443.35±10.41b	32.75±1.44a	29.83±0.89b	3 433.33±240.65b
	S2	463.23±8.15ab	30.50±1.00a	28.65±0.61b	3 383.33±178.49b
	S3	499.65±8.60a	31.00±0.90a	33.03±0.80a	3 816.67±210.15a

同列数据后不同小写字母表示同一品种(系)的不同处理间差异在 0.05 水平下显著。表 3 同。

Different lowercase letters following data of same columns indicate significant differences among different treatments of the same varieties(lines) at 0.05 level. The same in table 3.

CS1、CS2 和 KS2 的千粒重在 S3 播期,分别显著增加 19.60%、17.55%和 10.73%。说明随播期的推迟,国内外冬性小麦的千粒重呈降低趋势,春性小麦呈上升趋势。

2.3.4 播期对产量的影响

播期对不同冬春性小麦产量的影响显著( $P < 0.05$ )。冬性小麦 CW2、KW 的产量在 S1 播期下显著高于 S2 播期,CW1、CW2、CW3 的产量在 S2 播期下显著高于 S3 播期;CW1、CW2、CW3 和 KW 的产量在 S1 播期下显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ )。春性材料 CS1、CS3 和 KS1 的产量在 S1 播期下显著高于 S2 播期,CS2 则相反;CS1、CS3

和 KS2 的产量在 S2 播期下显著低于 S3 播期,CS2 和 KS2 的产量在 S1 播期下显著低于 S3 播期( $P < 0.05$ ),KS1 则相反。总的来说,国内外冬性小麦随播期的推迟产量呈降低趋势,春性小麦呈上升趋势。

2.4 播期对不同冬春性小麦蛋白质及湿面筋含量的影响

在不同播期下,小麦籽粒粗蛋白质含量和湿面筋含量差异显著( $P < 0.05$ )(图 4)。冬性小麦 CW3 的籽粒粗蛋白含量在 S1 播期下显著高于 S2 播期;CW2 在 S2 播期显著高于 S3 播期,而 KW 则相反;CW1 和 CW2 在 S1 播期显著高于

S3 播期( $P < 0.05$ )。春性小麦中 CS2、CS3、KS1 和 KS2 的籽粒粗蛋白含量在 3 个播期均无显著性差异;CS1 随播期的推迟依次递减,且存在显著差异( $P < 0.05$ )。整体来看,国内冬性小麦的籽粒粗蛋白含量随播期的推迟呈下降趋势,哈萨克斯坦冬性小麦的籽粒粗蛋白含量随播期的推迟呈上升趋势;播期对国内外春性小麦的籽粒粗蛋白含量无明显影响。

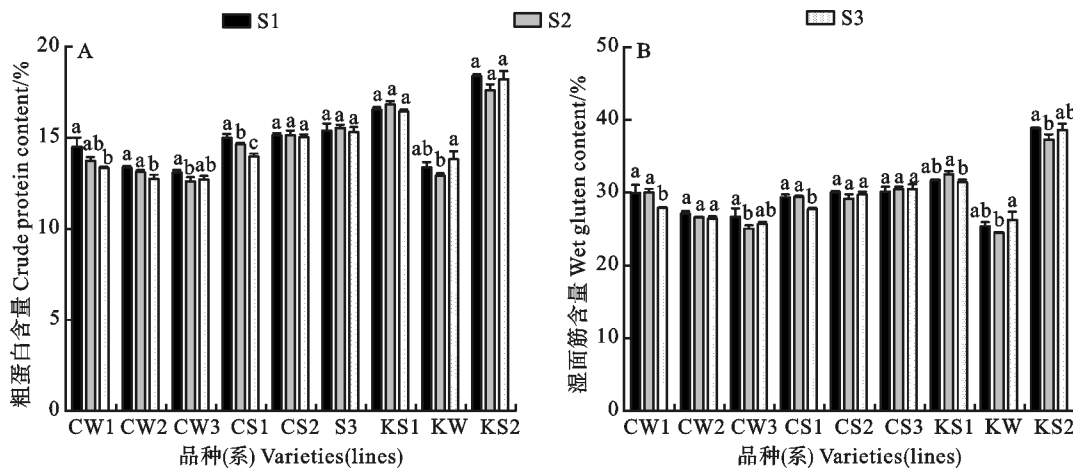
冬性小麦 CW3 的湿面筋含量在 S1 播期显著高于 S2 播期,CW1 在 S2 播期显著高于 S3 播期,而 KW 则相反;CW1 的湿面筋含量在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ )。春性小麦 CS2 和 CS3 的湿面筋含量在 3 个播期无显著差异;KS2 在 S1 播期显著高于 S2 播期;CS1 与 KS1 在 S2 播期显著高于 S3 播期,而 KS2 则相反;CS1 在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ )。上述分析说明,国内冬性小麦播期提前会提高湿面筋含量,哈萨克斯坦冬性小麦播期推迟会提高湿面筋

含量;播期变化对国内春性小麦的湿面筋含量无显著性影响。

## 2.5 播期对不同冬春性小麦糊化特性的影响

### 2.5.1 播期对峰值粘度的影响

峰值黏度是多聚体逸出与破裂导致黏度增加和多聚体重新排列导致黏度降低之间的平衡点,显示淀粉结合水的能力,与最终产品的质量有关。冬性小麦 KW 的峰值粘度在 S1 播期显著高于 S2 播期;KW 在 S2 播期显著低于 S3 播期;CW1 和 CW3 在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ ),而 CW2 则相反(表 3)。春性小麦中 CS1 的峰值粘度在 S1 播期显著高于 S2 播期,而 CS3 和 KS2 则相反;CS1、CS2、CS3 和 KS1 在 S2 播期显著低于 S3 播期;CS1 在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ ),而 CS2、CS3、KS1 和 KS2 则相反。说明随播期推迟,国内冬性小麦的峰值粘度呈下降趋势,哈萨克斯坦冬性小麦先下降后上升,国内外春性小麦均呈上升趋势。



不同小写字母表示同一品种(系)不同处理在 0.05 水平下差异显著。

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

图 4 播期对不同冬春性小麦蛋白质和湿面筋含量的影响

Fig. 4 Effect of sowing date on grain protein content and wet gluten content of different winter and spring wheat

### 2.5.2 播期对保持粘度的影响

淀粉颗粒受到机械剪切力和恒定高温(95℃)的持续作用,淀粉颗粒进一步崩解,淀粉分子进入溶液并重新排列,这一阶段通常表现为黏度衰减至保持黏度即最低黏度。冬性小麦 CW1 的保持粘度在三个播期无显著差异;CW2 在 S1 播期显著低于 S2 播期,而 CW3 和 KW 则相反;KW 在 S2 播期显著低于 S3 播期;CW2 在 S1 播期显著低于 S3 播期( $P < 0.05$ ),而 CW3 则相反。春性小麦中 CS1 的保持粘度在 S1 播期显著高于 S2 播期,CS3 和 KS2 则相反;CS1、CS2、CS3 和 KS1

的保持粘度在 S2 播期显著低于 S3 播期;CS1 在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ ),而 CS2、CS3、KS1 和 KS2 则相反。上述分析表明播期对国内冬性小麦的保持粘度影响无明显规律,哈萨克斯坦冬性小麦随播期推迟保持粘度呈先下降后上升趋势,国内外春性小麦均上升。

### 2.5.3 播期对稀懈值的影响

冬性小麦 CW1 和 KW 的稀懈值在 S1 播期显著高于 S2 播期,而 CW2 则相反;KW 的稀懈值在 S2 播期显著低于 S3 播期;CW1 和 CW2 的稀懈值在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ ),

表 3 播期对不同冬春性小麦糊化特性的影响

Table 3 Effect of sowing date on gelatinization characteristics of different winter and spring wheat

品种(系) Varieties (lines)	播期 Sowing date	峰值黏度 Peak viscosity/cP	保持黏度 Trough viscosity/cP	稀懈值 Break down/cP	最终黏度 Find viscosity/cP	回升值 Steback/cP
CW1	S1	1 479.33±22.40a	958.00±15.58a	521.33±12.66a	1 836.33±42.28b	878.33±28.77a
	S2	1 440.33±23.23ab	997.67±41.00a	442.67±18.79b	1 912.33±48.66a	914.67±13.02a
	S3	1 426.67±5.44b	972.33±12.66a	454.33±9.74b	1 880.33±20.24ab	908.00±8.29a
CW2	S1	1 273.00±21.97b	848.67±22.17b	424.33±4.99a	1 664.67±41.25b	816.00±23.51a
	S2	1 320.33±35.97ab	922.67±22.48a	397.67±23.46ab	1 789.00±44.11a	866.33±24.39a
	S3	1 345.67±4.99a	962.33±15.33a	383.33±10.34b	1 786.33±41.67a	824.00±38.74a
CW3	S1	1 723.00±118.40a	1 090.00±6.53a	633.00±118.10a	2 133.67±101.33a	1 043.67±100.00a
	S2	1 559.33±20.98ab	981.33±18.93b	578.00±2.45a	1 935.00±25.66b	953.67±22.29a
	S3	1 529.67±12.71b	990.33±18.08b	539.33±12.36a	1 963.00±24.59b	972.67±11.56a
CS1	S1	1 197.33±17.59a	831.67±30.07a	365.67±13.30a	1 598.67±24.96a	767.00±7.48a
	S2	1 009.00±11.43c	678.67±28.17c	330.33±16.74b	1 364.00±44.65c	685.33±17.33b
	S3	1 064.33±16.36b	754.67±24.25b	309.67±7.93c	1 446.33±24.09b	691.67±9.39b
CS2	S1	1 234.33±17.46b	778.67±20.89b	455.67±4.64a	1 517.00±25.96b	738.33±8.06b
	S2	1 220.67±14.61b	746.67±20.85b	474.00±6.38a	1 463.00±20.54c	716.33±3.68b
	S3	1 426.00±17.68a	1 028.67±12.04a	397.33±10.40b	1 860.67±26.13a	832.00±19.13a
CS3	S1	1 686.33±23.57c	1 200.00±17.68c	486.33±10.08b	2 141.67±44.43c	941.67±28.29b
	S2	1 836.00±24.59b	1 337.00±29.81b	499.00±15.75ab	2 318.00±20.07b	981.00±9.90ab
	S3	1 932.67±26.13a	1 415.33±34.97a	517.33±10.62a	2 478.33±10.84a	1 043.67±17.56a
KS1	S1	1 685.00±16.31b	1 223.00±6.98b	462.00±22.11c	2 178.33±14.38b	955.33±12.55a
	S2	1 796.00±136.74b	1 221.67±20.76b	574.33±115.99b	2 259.67±154.40b	1 038.00±133.67a
	S3	2 131.00±161.99a	1 389.00±30.82a	742.00±190.95a	2 580.00±107.93a	1 191.00±135.79a
KW	S1	1 523.67±9.74a	1 077.00±11.52a	446.67±7.04b	1 954.67±39.51a	877.67±37.38ab
	S2	1 409.33±5.91b	993.00±13.49b	416.33±7.59c	1 824.33±23.46b	831.33±16.82b
	S3	1 533.33±23.01a	1 067.33±20.98a	466.00±5.89a	1 963.00±32.66a	895.67±17.52a
KS2	S1	1 140.00±9.09b	776.67±20.24b	363.33±13.27b	1 586.33±25.25b	809.67±14.82a
	S2	1 327.33±59.98a	891.67±42.97a	435.67±17.02a	1 745.33±88.53a	853.67±48.81a
	S3	1 277.33±11.95a	880.67±10.14a	396.67±4.19ab	1 705.33±38.82ab	824.67±29.96a

而 KW 则相反。春性小麦中 CS1 的稀懈值在 S1 播期显著高于 S2 播期,而 KS1 和 KS2 显著低于; CS1、CS2 的稀懈值在 S2 播期显著高于 S3 播期,而 KS1 则相反;CS1 和 CS2 的稀懈值在 S1 播期显著高于 S3 播期( $P < 0.05$ ),而 CS3 和 KS1 则相反。说明随播期推迟,国内冬性小麦稀懈值呈下降趋势,哈萨克斯坦冬性小麦呈先下降后上升趋势;国内春性小麦整体呈下降趋势,哈萨克斯坦春性小麦呈上升趋势。

2.5.4 播期对最终粘度的影响

随着温度的降低,淀粉分子会重新发生聚合形成凝胶,淀粉溶液黏度增加至最终黏度,最终黏度表明了样品在熟化并冷却后形成黏糊或凝胶的能力。冬性小麦中 CW1 和 CW2 的最终黏度在 S1 播期显著低于 S2 播期,CW3 和 KW 的最终粘

度在 S1 播期显著高于 S2 播期;KW 的最终黏度在 S2 播期显著低于 S3 播期;CW2 的最终黏度在 S1 播期显著低于 S3 播期,而 CW3 显著高于( $P < 0.05$ )。春性小麦 CS1 和 CS2 的最终黏度在 S1 播期显著高于 S2 播期,而 CS3 和 KS2 显著低于;CS1、CS2、CS3 和 KS1 的最终黏度在 S2 播期显著低于 S3 播期;CS1 的最终黏度在 S1 播期显著高于 S3 播期,而 CS2、CS3 和 KS1 显著低于( $P < 0.05$ )。以上可看出国内外冬性小麦和春性小麦随播期推迟最终黏度均呈上升趋势。

2.5.5 播期对回升值的影响

回升值是最低黏度与最终黏度的差值,也称凝胶值,反映淀粉的老化程度,值越大淀粉老化程度越大。冬性小麦 KW 的回升值在 S2 播期显著低于 S3 播期( $P < 0.05$ )。春性小麦 CS1 的回升

值在 S1 播期显著高于 S2 播期;CS2 的回升值在 S2 播期显著低于 S3 播期;CS1 的回升值在 S1 播期显著高于 S3 播期,而 CS2 和 CS3 显著低于( $P < 0.05$ )。这说明播期变化对国内冬性小麦回升值均无影响;播期推迟对哈萨克斯坦冬性小麦回升值呈上升趋势,而对哈萨克斯坦春性小麦回升值无影响。

### 3 讨论

播期作为影响小麦生育进程的关键因素,能够改变各生育阶段的气候生态条件及其持续时间,从而调节温光资源的有效利用,进而影响小麦的生长发育。关于播期对小麦幼穗分化过程的影响,郜庆炉等<sup>[23]</sup>通过分期播种研究了3种不同类型小麦品种的穗分化进程,发现春性越强的小麦品种播种越早,越冬前的发育速度越快,幼穗发育阶段越高,但越冬期间更易受到冻害。本研究结果表明,国内春小麦 S1 播期在越冬前进入小花分化期,S2 播期除 CS1 在越冬前进入二棱期外,其余春小麦在越冬前进入护颖分化期,与郜庆炉等<sup>[23]</sup>结果基本一致。国内外冬小麦和春小麦随播期推迟幼穗分化的总历时缩短,但国内冬小麦随播期推迟幼穗分化各时期并没有推迟,这一点与前人发现随着播期的推迟,小麦幼穗分化各阶段的日期也随之推迟,且幼穗分化的总历时有所缩短<sup>[24]</sup>的观点有所不同,可能是由于本研究中所用材料来自不同国家及地区,其生态适应性存在差异,对不同环境的适应能力与适应新环境所需时间不同,因此在今后引种过程中需考虑引进品种所在地气候与引进地气候的差异,利用栽培措施加以调控,如调整播期和播种密度等,以减小气候差异对其生长发育的影响。

随播期的推迟,国内外冬性小麦穗粒数、穗数、千粒重和产量均呈下降趋势;国内外春性小麦穗粒数均呈下降趋势,千粒重和产量均呈上升趋势。本研究结果与赵凯等<sup>[25]</sup>研究结果一致,但与刘芳亮等<sup>[26]</sup>认为播期推迟会降低冬小麦有效穗数和千粒重,不利于产量的提高,且穗粒数呈先增后减趋势;汪娟梅等<sup>[27]</sup>发现推迟播期冬麦穗数、穗粒数、千粒重、产量均呈上升趋势等结果不一致;白露等<sup>[6]</sup>指出随播期推迟春小麦穗数呈下降趋势,千粒重呈上升趋势,产量呈先下降后上升趋势等研究结果不一致,这可能是由于材料和气候差异所导致。推迟播期导致冬性小麦产量下降的

原因主要是晚播条件下小麦冬前积温较少,分蘖不足,退化小穗数增多,穗数下降,生育期缩短,灌浆开始时间相对较晚,灌浆期相对较短,导致穗粒数和千粒重下降;推迟播期导致春性小麦产量上升是由于春性小麦幼穗分化的进度快于冬性小麦,导致播期越早,小麦越冬前幼穗发育进程过快,遭受冻害的可能性增强,适当晚播可以调控其生育进程提高抗逆性,增加小麦有效穗数,进而提高小麦产量,在本研究中适当晚播显著增加春性小麦 CS1、CS2、KS2 的千粒重,且 CS1、CS2 及 KS1 在 S3 播期产量较高。

播期对小麦品质的影响显著,但相关研究结果不一。汪娟梅等<sup>[27]</sup>和裴艳婷等<sup>[28]</sup>研究认为,冬小麦随播期推迟,籽粒粗蛋白和湿面筋含量呈降低趋势;范金平等<sup>[29]</sup>发现,播期推迟冬小麦蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值等品质指标呈上升趋势,峰值粘度、低谷粘度、最终粘度先升后降;Arata 等<sup>[30]</sup>指出,冬小麦材料随播期推迟籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量显著降低;王铜等<sup>[31]</sup>和刘莹等<sup>[32]</sup>得出春小麦的籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量随播期推迟无显著变化;刘艳阳等<sup>[33]</sup>研究表明,不同筋型小麦品种峰值黏度、低谷黏度、稀懈值、最终黏度、回复值和峰值时间随播期推迟呈显著或极显著增加。在糊化特性指标中,峰值粘度对面条品质的影响最大,反映了 $\alpha$ -淀粉酶活性度,与小麦二次加工适应性关系密切。峰值黏度过高,则小麦粉酶活性弱,制作的面包发酵性能与面包品质差,但制作的面条较好;峰值黏度过低时,酶活性过强,面团发黏,制作成的面包、面条、糕点品质也差<sup>[33]</sup>。随播期的推迟,国内冬小麦的籽粒粗蛋白含量与湿面筋含量呈下降趋势,国外春小麦的籽粒粗蛋白含量与湿面筋含量无显著变化;国内冬小麦的峰值粘度、稀懈值呈下降趋势,最终粘度呈上升趋势,哈萨克斯坦冬小麦峰值粘度、保持粘度先下降后上升,最终粘度、回升值呈上升趋势;国内外春小麦随着播期推迟峰值粘度、保持粘度、最终粘度均呈上升趋势,国内春小麦稀懈值随播期推迟整体呈下降趋势,哈萨克斯坦春小麦随播期推迟稀懈值呈上升趋势。本研究结果对于籽粒粗蛋白含量和湿面筋含量与前人<sup>[28-33]</sup>研究结果基本一致,关于糊化特性的研究研究结果存在差异,可能与试验生态区和播期的设置范围与间隔等因素有关。这也进一步表明,对于不同

习性小麦在不同地域采用相对应的种植措施有利于实现其产量和品质的同步提高。

#### 参考文献:

- [1]孙爽,杨晓光,赵锦,等.全球气候变暖对中国种植制度的可能影响Ⅱ.气候变化背景下中国冬小麦潜在光温适宜种植区变化特征[J].中国农业科学,2015,48(10):1926.  
SUN S, YANG X G, ZHAO J, *et al.* The possible effects of global warming on cropping systems in China Ⅱ. the variation of potential light-temperature suitable cultivation zone of winter wheat in China under climate change [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(10):1926.
- [2]吴乾慧,张勃,马彬,等.气候变暖对黄土高原冬小麦种植区的影响[J].生态环境学报,2017,26(3):429.  
WU Q H, ZHANG B, MA B, *et al.* Impact of climate warming on winter wheat planting in the loess plateau [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2017, 26(3):429.
- [3]张秀云,姚玉璧,杨金虎,等.中国西北气候变暖及其对农业的影响对策[J].生态环境学报,2017,26(9):1514.  
ZHANG X Y, YAO Y B, YANG J H, *et al.* Characteristic and countermeasures of climate warming and its impacts on agriculture in northwest China [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2017, 26(9):1514.
- [4]吴金芝,黄明,李友军,等.耕作方式和氮肥用量对旱地小麦产量、水分利用效率和种植效益的影响[J].水土保持学报,2021,35(5):264.  
WU J Z, HUANG M, LI Y J, *et al.* Effects of tillage practices and nitrogen rates on grain yield, water use efficiency and planting profit in winter wheat in dryland [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2021, 35(5):264.
- [5]张岩.氮肥水平对不同穗型小麦幼穗分化及产量的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2021.  
ZHANG Y. Effects of nitrogen level on young spike differentiation and yield of wheat with different panicle types [D]. Shandong, Taian: Shandong Agricultural University, 2021.
- [6]白露,李乐,连延浩,等.播期对不同基因型小麦生育期、产量和品质性状的影响[J].生态学杂志,2021,40(10):3136.  
BAI L, LI L, LIAN Y H, *et al.* Effects of sowing date on growth period yield and quality-related traits of different genotypic wheat varieties [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, 40(10):3136.
- [7]吕丽华,梁双波,张经廷,等.不同小麦品种的产量及光能利用对冬前积温的响应[J].麦类作物学报,2017,37(8):1047.  
LÜ L H, LIANG S B, ZHANG J T, *et al.* Yield and radiation utilization of different wheat varieties in response to accumulated temperature before winter [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2017, 37(8):1047.
- [8]王欣,王才.不同播期和播种量对冬小麦生长特征和产量的影响[J].作物杂志,2021(6):182.  
WANG X, WANG C. Effects of different sowing dates and seeding rates on the growth characteristics and yield of winter wheat [J]. *Crops*, 2021(6):182.
- [9]买春艳,李洪杰,刘宏伟,等.北方冬麦区小麦品种产量相关性状和幼穗分化特点研究[J].麦类作物学报,2018,38(7):773.  
MAI C Y, LI H J, LIU H W, *et al.* Characterization of yield related traits and inflorescence differentiation in representative wheat cultivars from the northern China winter wheat region [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2018, 38(7):773.
- [10]高芸,张玉雪,马泉,等.春季低温对小麦花粉育性及粒数形成的影响[J].作物学报,2021,47(1):104.  
GAO Y, ZHANG Y X, MA Q, *et al.* Effects of low temperature in spring on fertility of pollen and formation of grain number in wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2021, 47(1):104.
- [11]郑永胜,王丽媛,王晖,等.多粒小麦种质普冰10696的幼穗发育特性分析[J].植物遗传资源学报,2022,23(1):139.  
ZHENG Y S, WANG L Y, WANG H, *et al.* Analysis of developmental characteristics of immature spikes in elite multi grain wheat germplasm Pubing10696 [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(1):139.
- [12]韩金玲,杨晴,王文颇,等.播期对冬小麦茎蘖幼穗分化及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(2):303.  
HAN J L, YANG Q, WANG W P, *et al.* Effects of sowing date on the caulis and tillers differentiation of young spike and yield in winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2011, 31(2):303.
- [13]刘阿康,马瑞琦,王德梅,等.冬前积温对北部冬麦区小麦苗期生长的影响[J].应用生态学报,2023,34(3):679.  
LIU A K, MA R Q, WANG D M, *et al.* Effect of accumulated temperature before overwintering on wheat seedling growth status in north winter wheat area of China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2023, 34(3):679.
- [14]王慧,朱冬梅,陆成彬,等.不同小麦品种群体结构和产量形成对迟播的响应[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2019,40(6):35.  
WANG H, ZHU D M, LU C B, *et al.* Response of population structure and grain yield to late sowing in wheat [J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2019, 40(6):35.
- [15]易媛,张会云,刘东涛,等.不同播期下春季追肥方式对冬小麦产量及群体性状的影响[J].中国土壤与肥料,2022(8):158.  
YI Y, ZHANG H Y, LIU D T, *et al.* Effects of spring top-dressing on grain yield and population characteristics of winter wheat at different sowing dates [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2022(8):158.
- [16]杨永恒,曹永立,马宏亮,等.播期对小麦籽粒储藏蛋白及加工品质的影响[J].核农学报,2023,37(4):811.  
YANG Y H, CAO Y L, MA H L, *et al.* Effects of sowing date on storage protein in wheat grain and processing quality [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2023, 37(4):811.
- [17]谢婷婷.播期对小麦淀粉粒形态、粒径分布及理化特性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2022:1.  
XIE T T. Effects of sowing date on morphology grain size

- distribution and physicochemical properties of starch in wheat [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2022: 1.
- [18] DAI X, WANG Y, DONG X, *et al.* Delayed sowing can increase lodging resistance while maintaining grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat [J]. *The Crop Journal*, 2017, 5(6): 541.
- [19] 邵庆勤, 闫素辉, 张从宇, 等. 密度对沿淮晚播小麦产量形成及品质性状的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(9): 1366.
- SHAO Q Q, YAN S H, ZHANG C Y, *et al.* Effect of planting density on yield and quality of later-sown winter wheat along Huaihe River [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(9): 1366.
- [20] 王鑫悦, 尚丽, 林祥, 等. 播种期对不同小麦品种植株表型和籽粒产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2022, 42(9): 1099.
- WANG X Y, SHANG L, LIN X, *et al.* Effect of sowing date on phenotype and grain yield of different wheat cultivars [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2022, 42(9): 1099.
- [21] REN A X, SUN M, WANG P R, *et al.* Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(1): 33.
- [22] 崔金梅, 郭天财, 朱云集, 等. 小麦的穗[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 1.
- CUI J M, GUO T C, ZHU Y J, *et al.* Ear of Wheat [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 1.
- [23] 邵庆勤, 薛香, 吴玉娥, 等. 暖冬条件下播期对不同类型小麦幼穗分化的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1627.
- GAO Q L, XUE X, WU Y E, *et al.* Effects of sowing times on the spike differentiation of different wheat varieties under the climate of warm winter [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003(10): 1627.
- [24] 行翠平, 田静, 安林利, 等. 播期对山西省冬小麦茎蘖幼穗分化及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(3): 94.
- XING C P, TIAN J, AN L L, *et al.* Influence of sowing dates on stem tiller young ear differentiation and yield of winter wheat in Shanxi Province [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(3): 94.
- [25] 赵凯, 黄玲, 冯维营, 等. 播期和播量对冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2023, 39(32): 1.
- ZHAO K, HUANG L, FENG W Y, *et al.* Effects of different sowing dates and seeding rates on the growth and yield of winter wheat [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2023, 39(32): 1.
- [26] 刘芳亮, 任益锋, 王卫东, 等. 播期和密度对冬小麦普冰 151 籽粒灌浆特性及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(6): 41.
- LIU F L, REN Y F, WANG W D, *et al.* Effects of sowing date and planting density on grain-filling characteristics and yield of winter wheat cultivar Pubing 151 [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2017, 49(6): 41.
- [27] 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): 1375.
- 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): 1375.
- [28] 裴艳婷, 魏龙雪, 朱金英, 等. 播期与播量配置对济麦 44 产量性状及品质的影响[J]. 河北农业科学, 2022, 26(6): 43.
- PEI Y T, WEI L X, ZHU J Y, *et al.* Effects of sowing date and sowing rate on yield traits and quality of Jimai 44 [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2022, 26(6): 43.
- [29] 范金平, 陆成彬, 吴建中, 等. 不同晚播条件对‘扬麦 20’产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(8): 1.
- FAN J P, LU C B, WU J Z, *et al.* Effect of delayed sowing dates on yield and quality traits of wheat cultivar ‘Yangmai 20’ [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(8): 1.
- [30] ARATA G J, MARTINEZ M, ELGUEZABAL C, *et al.* Effects of sowing date, nitrogen fertilization, and fusarium graminearum in an argentinean bread wheat: Integrated analysis of disease parameters, mycotoxin contamination, grain quality, and seed deterioration [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2022, 107: 104364.
- [31] 王铜, 李磊, 汪晓东, 等. 播期对冬播春麦品种生育进程及产量品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(10): 28.
- WANG T, LI L, WANG X D, *et al.* Effect of sowing date on growth characteristics and yield and quality of spring wheat varieties sowing in winter [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(10): 28.
- [32] 刘莹, 唐清, 王立峰, 等. 播期和密度对襄麦 D31 籽粒产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2017, 37(3): 376.
- LIU Y, TANG Q, WANG L F, *et al.* Effect of sowing date and planting density on grain yield and quality of wheat variety Xiangmai D31 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2017, 37(3): 376.
- [33] 刘艳阳, 张洪程, 蒋达, 等. 播期对不同筋型小麦品种淀粉糊化特性的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(4): 169.
- LIU Y Y, ZHANG H C, JIANG D, *et al.* The influence of sowing date on different gluten wheat starch viscosity characteristics [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2009, 24(4): 169.