

播期和密度对普冰 151 小麦籽粒产量与品质的影响

刘芳亮, 张保军, 张正茂, 陈魏涛, 张赵星, 李娜, 吕冰
(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为确定关中地区小麦适宜播期和密度, 以普冰 151 为试验材料, 于 2014 年 10 月—2015 年 6 月设置 10 月 3 日、10 月 8 日、10 月 13 日 3 个播期和基本苗 135、195、255、315 万·hm⁻² 4 个密度, 研究了播期和密度对普冰 151 产量及品质的影响。结果表明, 随着播期的推迟, 普冰 151 的籽粒产量降低, 通过增加密度可以提高小麦成穗数, 达到增加产量的目的。从播期和密度互作对产量的影响来看, 普冰 151 的适宜播期为 10 月 3 日至 10 月 8 日, 播量随着播期的推迟而增加, 基本苗由 10 月 3 日的 195 万·hm⁻² 增加到 10 月 8 日的 255 万·hm⁻²。随着播期的推迟, 蛋白质含量和湿面筋含量呈下降趋势, 面团稳定时间呈上升趋势; 当密度为 255 万·hm⁻² 时, 蛋白质含量、湿面筋含量和面团稳定时间最大, 分别为 14.25%、30.72% 和 10.22 min。因此, 可根据实际需要, 确定最适宜的播期和密度, 使产量和品质协调统一。

关键词: 普冰 151 小麦; 播期; 密度; 产量; 品质
中图分类号: S512.1; S504.2 **文献标志码:** A

Effect of sowing date and planting density on grain yield and quality of winter wheat Pubing 151

LIU Fang-liang, ZHANG Bao-jun, ZHANG Zheng-mao, CHEN Wei-tao, ZHANG Zhao-xing, LI Na, LV Bing
(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To determine the appropriate sowing density and planting date for wheat in Guanzhong area, wheat variety Pubing 151 was used as the test materials planted on October 3, October 8, and October 13, and also with plant densities of 1350, 1950, 2550 and 3150 thousand seedlings per hectare. The consequences of sowing date and density on grain yield and quality of Pubing 151 were investigated. The results showed that the yield of Pubing 151 was decreased with the delay of sowing date. Spike number of wheat was increased through the increase of planting density, resulting in the improvement of wheat yield. Based on the effect of the combination between sowing date and density, the appropriate sowing date was from October 3 to October 8. Seeding rate was increased along with the delay of sowing date from October 3, 1950 thousand seedlings per hectare to October 8, 2250 thousand seedlings per hectare. With the delay of sowing date, protein content and wet gluten content were decreased, whereas sable time was increased. When the planting density was 2550 thousand seedlings per hectare, protein content, wet gluten content and sable time reached the maximum values as 14.25%, 30.72% and 10.22 min, respectively. Therefore, based on production need, the proper sowing date and planting density would need to be determined to ensure the coordination of yield and quality of wheat.

Keywords: wheat Pubing 151; sowing date; planting density; yield; quality

播期和密度是影响小麦产量和品质的两个重要因素, 适宜的播期利于培育壮苗; 密度适宜有利于缓冲个体与群体的矛盾, 利于产量构成因素的协调发展^[1]。在小麦实际生产上, 存在播期偏早、播量过大的现象, 易造成冬季生长过旺或群体偏大形成弱苗, 使小麦减产, 甚至绝收^[2]。研究表明, 光合作用是产量形成的基础, 小麦籽粒产量 2/3 以上来源于花后光合产物积累^[3-4]。因此, 可通过调整播期、播量,

收稿日期: 2015-12-29
基金项目: 西北农林科技大学农业科技推广基金项目(Z222021211); 唐仲英基金“新品种栽培技术研究”(A212021302)
作者简介: 刘芳亮(1990—), 男, 山西省襄汾县人, 硕士研究生, 研究方向为作物高产高效栽培技术。E-mail: 652907957@qq.com。
通信作者: 张保军, 教授, 硕士生导师, 从事作物生产管理和栽培研究。E-mail: zhbjun2566@163.com。

提高小麦旗叶净光合速率,延长叶片光合功能期,促进同化物积累,最终实现小麦增产的目的^[5]。以前对于小麦光合作用的研究多集中于生态环境(光照、水分及养分供应、温度、病虫害等)^[6-8],而关于播期和密度组合对小麦光合特性的影响研究甚少。

关于小麦的适宜播期和密度前人^[9-25]已做了较多研究,其结果不尽相同。适期播种的小麦籽粒产量明显高于早播和晚播的籽粒产量^[9-11],在一定的范围内,随着播期的推迟,产量呈下降趋势^[11-13];李筠^[10]和温明星^[14]认为,小麦产量随着密度的增加先升高后降低;郭伟^[15]研究表明,适当降低播种密度可使个体生长充分,花期以前营养体中的光合产物积累较多,营养体中的物质可以较快地向籽粒中转运,使得在中、低密度下的个体形成较高的千粒重,实现优质高产;郑宝强^[16]认为适宜的种植密度因播期而异:早播和适播时,密度加大,产量增加;晚播时,密度加大,产量先增加后减少。刘万代等^[17]研究了播期密度及其互作对豫麦 49-198 的影响,认为 10 月中旬播种的(中、高密度)籽粒产量显著高于 10 月上旬播种的,维持最大叶面积指数和干物质积累量为 $9.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $21 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右、稳定成穗数 730 万 ~ 760 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 是豫麦 49-198 高产的基础。李兰真^[18]和李素真^[19]研究表明,不同小麦品种实现高产的适宜播期和密度有别;田文仲^[20]认为半冬性小麦品种在推迟播期的情况下,适当增大播量,可以提高小麦叶面积指数,且提高幅度明显;弱春性小麦品种在推迟播期的情况下,加大播量,对小麦叶面积指数的提高不明显。屈会娟^[21]和吴九林^[22]认为,适期早播和中、低密度处理以及晚播和中、高密度处理能够显著提高籽粒蛋白质含量与籽粒产量。赵广才^[23]认为,小麦籽粒蛋白质含量随着密度的增加而降低,徐月明^[24]认为小麦籽粒蛋白质含量和湿面筋含量与密度呈二次曲线关系;但也有学者^[25]认为密度对小麦籽粒品质的调控效应不明显。本文研究播期和密度对冬小麦普冰 151 产量和品质的影响,旨在确定陕西关中地区小麦适宜的播期和密度,为加快普冰 151 在陕西关中地区的推广及普冰 151 优质栽培技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验于 2014 年 10 月—2015 年 6 月在西北农林科技大学农作一站试验田进行,前茬作物为小麦。播前 0 ~ 20 cm 土壤含有机质 $17.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $1.147 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效氮 $76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $13.3 \text{ mg} \cdot$

kg^{-1} ,速效钾 $215.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

供试材料为旱地小麦新品种普冰 151。试验采用播期、密度二因素随机区组设计。播期设 3 个水平:10 月 3 日(早播),10 月 8 日(中播),10 月 13 日(晚播)。密度设 4 个水平:基本苗 135、195、255 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 和 315 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。共 12 个处理,3 次重复。小区面积 8 m^2 ($2 \text{ m} \times 4 \text{ m}$),行距 20 cm,等行距种植。播前每公顷底施尿素(氮素质量分数为 46%)375 kg 和陕富二胺(氮素质量分数为 21%)375 kg。人工播种,田间统一管理,6 月初统一收获。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 叶片 SPAD 值的测定 在小麦起身期、拔节期、孕穗期、抽穗期、灌浆中期、成熟期等时期,每个小区内随机选取 10 株小麦,用 SPAD-502 测定其顶叶 SPAD 值,每株重复 3 次。

1.2.2 旗叶光合特性的测定 分别在小麦孕穗期、灌浆前期和灌浆中期,于上午 9:00—11:00,在每个小区内随机选取 5 片旗叶用 Li-6400XT 便携式光合仪测定其净光合速率。

1.2.3 小麦籽粒产量的测定 小麦成熟后,对各小区全部收获、测产,并在各个小区选取均匀一致的 20 穗小麦进行考种,调查穗粒数和千粒重。

1.2.4 小麦籽粒品质的测定 在风干后的籽粒中用上海东方衡器厂产 HGT-1000 型容量器测定容重。其它品质性状用德国生产的 PMD500 近红外谷物品质分析仪测定,包括籽粒硬度、含水量、蛋白质含量,湿面筋含量、沉降值、稳定时间和吸水率等。

1.3 数据处理与分析

采用 Excel 工作表对试验数据进行整理,利用 SPSS 20.0 软件进行方差分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 播期密度对普冰 151 光合特性的影响

2.1.1 播期密度对普冰 151 叶片 SPAD 值的影响

由表 1 可以看出,早播时,随着密度的增加,小麦各生育时期叶片的 SPAD 值先升高后降低,当基本苗为 195 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最大值,并且在孕穗期、抽穗期、灌浆中期、成熟期与其它处理差异极显著;中播时,小麦各生育时期叶片的 SPAD 值随着密度的增加先升高后降低,当基本苗为 255 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最大值,并且在起身期和抽穗期与其它处理差异显著;晚播时,小麦叶片的 SPAD 值随着密度的增加而增加,当基本苗为 315 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最大值,除孕穗期与基本苗为 195 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 和 255 万 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 时的处理差异显著外,其它生育时期差异不显著。

表 1 不同播期、密度对小麦叶片 SPAD 值的影响

Table 1 Effects of different sowing dates and densities on SPAD of wheat leaves

播种期(月 - 日) Sowing date (m - d)	基本苗 Density /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	起身期 Setting stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	抽穗期 Heading stage	灌浆中期 Middle of grain- filling stage	成熟期 Maturity
10 - 03	135	57.53abAB	50.93abcB	49.47abcABC	53.07bcBC	51.70bcdBCDE	41.40aAB
	195	59.47aA	55.60aA	51.90aA	57.93aA	55.87aA	45.63aA
	255	55.7abcABC	54.93abA	50.87abAB	51.30bcdCDE	51.67bcdBCDE	40.90aAB
	315	56.77abABC	49.57bcdB	50.77abAB	51.47bcdCD	54.63abAB	41.73aAB
10 - 08	135	55.23abcABCD	46.90cdBC	46.77bcdCDE	51.10bcdCDE	50.17cdeDE	37.97aB
	195	52.30bcCDE	48.60cdBC	47.97abcdBCD	49.60cdDE	51.10bcdeCDE	41.23aAB
	255	57.23abAB	50.20abcdB	48.97abcABCD	54.70abB	53.83abcABC	41.63aAB
	315	51.67bcDE	47.70cdBC	48.57abcABCD	51.03bcdCDE	52.70abcdBCD	39.37aAB
10 - 13	135	57.00abABC	46.77cdBC	48.13abcdBCD	48.23dE	47.20eF	39.63aAB
	195	54.37abcBCDE	44.83dC	43.83dE	50.97bcdCDE	48.67deEF	38.90aB
	255	49.97cE	48.47cdBC	45.63cdDE	52.57bcBCD	50.23cdeDE	38.43aB
	315	56.87abABC	50.97abcB	49.77abcABC	51.60bcdCD	51.70bcdBCDE	42.33aAB

注:同列不同大、小写字母表示差异分别达到 0.01 和 0.05 显著水平。下同。

Note: The capital letters and lowercase letters within the same column mean difference significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively, and hereinafter.

2.1.2 播期密度对普冰 151 旗叶净光合速率的影响 从表 2 可以看出,早播情况下,随着密度的增加,小麦旗叶净光合速率先升高后降低,当基本苗为 195 万·hm⁻²时达到最大值,并且在灌浆中期和灌浆后期与其它处理差异极显著;中播情况下,小麦旗叶净光合速率随着密度的增加先升高后降低,当基本苗为 255 万·hm⁻²时达到最大值,并且在灌浆中期和灌浆后期与其它处理差异极显著;晚播时,小麦旗叶净光合速率随着密度的增加而增加,当基本苗为 315 万·hm⁻²时达到最大值,并且在灌浆中期和灌浆

后期与基本苗为 135 万·hm⁻²的处理差异极显著。
2.2 播期和密度对小麦产量及其构成因素的影响
2.2.1 播期 由表 3 可知,随着播期的推迟,有效穗数和千粒重有所下降,而穗粒数先升高后降低。产量从早播的 7 575.17 kg·hm⁻²下降到中播的 6 650.34 kg·hm⁻²,后又下降到晚播的 5 150.58 kg·hm⁻²,降幅 32%。有效穗数最高为早播的 703.00 万穗·hm⁻²,与中播和晚播的差异极显著。穗粒数最高为中播的 35.86 粒,与早播和晚播的差异极显著。早播的千粒重最高为 39.26 g,与中播和晚播的差异极显著。

表 2 不同播期、密度对小麦叶片净光合速率的影响

Table 2 Effects of different sowing dates and densities on photosynthetic rates of wheat flag leaf

播种期(月 - 日) Sowing date (m - d)	基本苗 Density /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	净光合速率 P_n (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)			
		孕穗期 Booting stage	灌浆前期 Early grain- filling stage	灌浆中期 Middle of grain -filling stage	灌浆后期 Late grain- filling stage
10 - 03	135	25.73 ± 1.02aA	26.33 ± 0.49aABC	21.93 ± 2.35bcBC	15.90 ± 1.00cC
	195	31.07 ± 1.56aA	27.13 ± 0.19aA	26.83 ± 1.18aA	20.81 ± 0.83aA
	255	27.97 ± 0.59aA	26.90 ± 1.29aA	21.73 ± 0.67bcBC	15.79 ± 0.67cC
	315	23.73 ± 1.35aA	26.53 ± 0.88aAB	19.83 ± 0.76bcCD	13.86 ± 0.67deDE
10 - 08	135	29.90 ± 1.59aA	24.87 ± 0.73aABC	20.77 ± 0.32bcCD	14.74 ± 0.32cdCD
	195	22.20 ± 0.57aA	22.97 ± 1.17aABC	21.60 ± 0.26bcBC	15.62 ± 0.62cC
	255	30.07 ± 1.89aA	25.77 ± 0.89aABC	24.30 ± 1.56abAB	18.31 ± 0.44bB
	315	23.00 ± 1.44aA	19.37 ± 0.36aBC	21.40 ± 0.62bcBCD	15.49 ± 0.26cC
10 - 13	135	24.10 ± 1.47aA	22.93 ± 1.19aABC	13.33 ± 2.25dE	10.67 ± 0.15gH
	195	26.00 ± 0.93aA	19.27 ± 0.51aC	17.97 ± 0.97cCD	11.96 ± 0.97fgG
	255	23.70 ± 1.95aA	21.60 ± 0.87aABC	18.43 ± 1.46cCD	12.39 ± 0.40effG
	315	27.40 ± 1.61aA	23.73 ± 1.11aABC	19.47 ± 3.04cD	13.51 ± 0.73defEF

表 3 不同播期小麦的产量及产量构成因素分析

Table 3 Changes in grain yield and yield formation due to different sowing dates

播种期 (月 - 日) Sowing date (m - d)	有效穗数 Spike number /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 1000-grain weight /g	理论产量 Theoretical yield /(kg·hm ⁻²)	实际产量 Active output /(kg·hm ⁻²)
10 - 03	703.00 ± 10.54aA	34.63 ± 0.31bB	39.26 ± 0.36aA	9538.47 ± 41.25aA	7575.17 ± 32.72aA
10 - 08	638.50 ± 8.10bB	35.86 ± 1.33aA	37.93 ± 0.68bB	8563.84 ± 63.61bB	6650.34 ± 41.64bB
10 - 13	541.75 ± 13.84cC	33.80 ± 0.98cC	35.24 ± 0.79cC	6422.02 ± 28.55cC	5150.58 ± 37.80cC

注:表中前面数据为表 5 中相关值的平均值。 Note: Data in the table are the means of correlation values in the Table 5.

2.2.2 密度 由表 4 可知,有效穗数随着密度的增加呈上升趋势,但基本苗 255 万·hm⁻²的处理与基本苗 315 万·hm⁻²的处理差异不显著。随着密度的增大,穗粒数、千粒重呈下降趋势,并且差异极显著,当基本苗为 135 万·hm⁻²时,穗粒数最高为 36.63 粒,千粒重最高为 40.21 g,这是由于密度增大,穗数增加,群体大,通风透光较差,养分供给不足,因此穗

变小,穗粒数和千粒重下降。密度对小麦产量的影响总体表现为,随基本苗的增加,产量先增后减,最高为基本苗 255 万·hm⁻²的处理,产量达到 6 783.78 kg·hm⁻²。经方差分析,该处理与基本苗 195 万·hm⁻²的处理差异不显著,与基本苗 135 万·hm⁻²和 315 万·hm⁻²处理的差异显著或极显著。说明普冰 151 的适宜密度为基本苗 195 ~ 255 万·hm⁻²。

表 4 不同种植密度小麦的产量及产量构成因素分析

Table 4 Changes in grain yield and yield formation due to different planting densities

基本苗 Density (10 ⁴ ·hm ⁻²)	有效穗数 Spike number /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 1000-grain weight /g	理论产量 Theoretical yield /(kg·hm ⁻²)	实际产量 Active output /(kg·hm ⁻²)
135	546.67 ± 15.92cC	36.63 ± 0.96aA	40.21 ± 0.41aA	8094.78 ± 122.92aB	6033.67 ± 48.39aB
195	614.67 ± 22.19bB	36.03 ± 0.47bB	37.26 ± 0.42bB	8294.15 ± 124.86aA	6583.56 ± 35.05aA
255	674.00 ± 21.38aA	33.54 ± 0.36cC	36.40 ± 0.47cC	8288.53 ± 127.31aA	6783.78 ± 66.79aA
315	675.67 ± 6.43aA	32.87 ± 0.54dD	36.03 ± 0.89cD	8021.65 ± 95.36aAB	6233.73 ± 62.51bB

注:表中数据为表 5 中相关值的平均值。 Note: Data in the table are the means of correlation values in the Table 5.

2.2.3 播期与密度互作对小麦产量及产量构成因素的影响 播期和密度的互作效应对产量的影响不同(表 5)。早播和中播的情况下,随着密度的增加,产量先升高后降低;晚播时,随着密度的增加,产量一直增加,这是由于晚播条件小麦分蘖力低,低密度处理下成穗数不足,高密度处理下主茎成穗弥补了分蘖成穗,从而增加了产量。密度相同时,播期对产量的影响表现为:基本苗在 135 万·hm⁻²和 195 万·hm⁻²时,随着播期推迟,产量先增加后降低;在 255 万·hm⁻²时,随着播期的推迟,产量一直降低;当基本苗为 315 万·hm⁻²时,随着播期的推迟产量先降低后增加。各处理理论产量与实际产量变化规律基本一致,但理论产量都高于实际产量,可能是由于收获、脱粒过程中有损失造成的。

播期与密度对小麦有效穗数、穗粒数、千粒重也有互作效应。在早播和中播时,随密度的增加,有效穗数先增加后减少;晚播时,有效穗数随着密度的增加一直增加。在同一播期内,随着密度的增加,穗粒数、千粒重一直降低;同一密度、不同播期的有效穗

数随着播期的推迟而减少。穗粒数和千粒重表现不尽一致,基本苗为 135 万·hm⁻²和 195 万·hm⁻²时,穗粒数随播期的推迟先升高后降低。基本苗为 255 万·hm⁻²和 315 万·hm⁻²时,穗粒数随播期的推迟而降低;基本苗为 135 万·hm⁻²时,千粒重随播期的推迟先升高后降低,基本苗为 195、255 万·hm⁻²和 315 万·hm⁻²时,随着播期的推迟千粒重一直下降。

2.3 播期密度对普冰 151 品质性状的影响

2.3.1 播期对品质的影响 由表 6 可知,播期对籽粒容重、蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间都有一定的影响。随着播期的推迟,籽粒容重、蛋白质含量、湿面筋含量呈下降趋势,从早播到晚播籽粒容重由 746.02 g 下降到 706.27 g,降幅为 5.63%;蛋白质含量和湿面筋含量分别由 14.72%、33.07% 下降到 13.67%、27.97%,降低了 1.05 和 5.1 个百分点;随着播期的推迟面团稳定时间明显增加,从早播到晚播,面团稳定时间由 8.94 min 增加到 10.25 min,增幅 14.35%。吸水率随播期的推迟而降低。播期对小麦籽粒硬度、水分含量、沉降值影响较小。

2.3.2 密度对品质的影响 由表 7 可知,密度对小麦籽粒容重、湿面筋含量、沉降值、面团稳定时间、吸水率有一定的影响,当密度为 255 万·hm⁻²时,蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值最大,分别为 14.25%、30.72%和 41.25 ml。密度过大或者过小都会影响小麦蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值,经方差分析,各处理间蛋白质含量差异不显著。湿面筋含量、

沉降值和面团稳定时间都随着密度的增加呈现出先升高后降低的趋势,并且与基本苗为 135 万·hm⁻²的处理差异极显著,与其它处理差异不显著。吸水率随密度的增加而降低,密度对小麦籽粒硬度、水分含量无显著影响,因此密度对小麦籽粒品质的总体影响较小。

表 5 播期、密度与产量及其构成因素的关系

Table 5 Changes in grain yield and yield formation due to different sowing dates and planting densities						
播种期(月-日) Sowing date (m-d)	基本苗 Density /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	有效穗数 Spike number (10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 1000-grain weight/g	理论产量 Theoretical yield /(kg·hm ⁻²)	实际产量 Active output /(kg·hm ⁻²)
10-03	135	628.00cC	35.57cC	41.43bB	9254.62bBC	7650.33aAB
	195	740.00abA	35.20cdCD	39.26cC	10226.44aA	8150.33aA
	255	748.00aA	34.31dE	37.98dD	9747.14abAB	7450.67aB
	315	696.00bB	33.44eF	38.35dD	8925.67bcC	7049.33bC
10-08	135	524.00deFG	39.50aA	42.42aA	8780.09cD	5900.67bcDE
	195	592.00cD	38.19bB	36.63eFE	8281.48cD	6250.67bCD
	255	742.00abA	33.38eF	36.39eFE	9013.06cC	8000.00aAB
	315	696.00bB	32.38fG	36.30eFE	8180.74cD	6450.67bCD
10-13	135	488.00eG	34.81cdDE	36.79eE	6249.62eF	4550.67dF
	195	512.67deEF	34.69cdDE	35.89fF	6374.52deF	4900.33cdE
	255	532.00dE	32.94effG	34.84gG	6105.38eF	4900.67cdE
	315	635.00cC	32.78effG	33.43hH	6958.55dE	6250.67bCD

表 6 不同播期对小麦籽粒品质性状的影响

Table 6 Effects of different sowing dates on quality traits of wheat								
播种期(月-日) Sowing date (m-d)	容重 Bulk density /(g·L ⁻¹)	籽粒硬度 Hardness /%	水分 Moisture /%	蛋白质 Protein /%	湿面筋 Wet gluten /%	沉降值 Zeleny /ml	稳定时间 Stability /min	吸水率 Absorption /%
10-03	746.02aA	77.97aA	9.95aA	14.72aA	33.07aA	39.34aA	8.94bB	59.98aA
10-08	724.30bB	78.73aA	9.78aA	14.2abB	30.18bB	39.90aA	9.25abB	59.88aA
10-13	706.27bC	78.02aA	9.85aA	13.67bC	27.97cC	40.78aA	10.25aA	58.92bB

注:表中数据为表 8 中相关值的平均值。 Note: Data in the table are the means of correlation values in the Table 8.

表 7 不同种植密度对小麦籽粒品质性状的影响

Table 7 Effects of different densities on quality traits of wheat								
基本苗 Density /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	容重 Bulk density /(g·L ⁻¹)	籽粒硬度 Hardness /%	水分 Moisture /%	蛋白质 Protein /%	湿面筋 Wet gluten /%	沉降值 Zeleny /ml	稳定时间 Stability /min	吸水率 Absorption /%
135	745.73aA	78.56aA	9.85aA	14.10aA	29.81aB	37.98bB	8.27bB	60.27aA
195	727.40abB	77.88aA	9.87aA	14.21aA	30.49aA	39.99abA	9.54abA	59.33aB
255	704.62bC	78.23aA	9.84aA	14.25aA	30.72aA	41.25aA	10.22aA	59.41aB
315	724.36abB	78.29aA	9.85aA	14.22aA	30.62aA	40.80aA	9.89aA	59.37aB

注:表中数据为表 8 中相关值的平均值。 Note: Data in the table are the means of correlation values in the Table 8.

2.3.3 播期与密度互作对小麦品质的影响 播期、密度互作对小麦品质有一定影响(表 8),播期一定时,小麦各品质性状随着密度的变化而变化,早播和

晚播时小麦籽粒容重随密度的增加先降低后升高,面团稳定时间随着密度的增加而增加;中播时,容重随密度的增加而降低;面团稳定时间随着密度的增

加先升高后降低,吸水率随着密度的增加而降低;在早播和中播的情况下,随着密度的增加,籽粒水分含量、蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、面团稳定时间先升高后降低,而在晚播时籽粒水分含量、蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、面团稳定时间随着密度的

增加呈升高趋势;各个播期籽粒硬度随密度的变化不明显。在早播、高密度的情况下,易形成弱苗,不利于小麦籽粒品质的改善,而晚播、高密度能显著提高小麦籽粒蛋白质和湿面筋含量,利于小麦品质的改善,这与屈会娟和吴九林^[21-22]研究结果一致。

表 8 不同播期、密度对小麦籽粒品质性状的影响
Table 8 Effects of different sowing dates and densities on quality traits of wheat

播种期(月-日) Sowing date (m-d)	基本苗 Density /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	容重 Bulk density /(g·L ⁻¹)	籽粒硬度 Hardness /%	水分 Moisture /%	蛋白质 Protein /%	湿面筋 Wet gluten /%	沉降值 Zeleny /ml	稳定时间 Stability /min	吸水率 Absorption /%
10-03	135	759.20aA	78.23aAB	9.86aAB	14.82aAB	33.40abAB	37.81bD	8.12bC	61.13aA
	195	740.83abAB	77.97aAB	9.92aAB	14.95aA	34.24aA	39.15abBCD	8.78abBC	59.69abABC
	255	736.10abAB	77.36aAB	10.11aA	14.73abAB	32.66abBC	40.39abABCD	9.36abABC	59.61abABC
	315	747.93aAB	78.33aAB	9.89aAB	14.36abcABC	31.97bC	39.99abABCD	9.49abABC	59.50abBC
10-08	135	753.67aAB	78.97aA	9.88aAB	14.12abcABCD	29.93cDE	38.43bCD	8.14bC	60.41abBC
	195	722.70abBC	78.79aA	9.84aAB	14.21abcABCD	30.21cDE	40.02abABCD	9.42abABC	59.59abB
	255	723.73abABC	78.96aA	9.59aB	14.25abcABCD	30.39cD	41.77abAB	10.33abAB	59.83abB
	315	697.10bC	78.17aAB	9.78aAB	14.23abcABCD	30.20cDE	39.37abBCD	9.11abABC	59.69aA
10-13	135	724.33abABC	78.48aAB	9.8aAB	13.37cD	26.09dF	37.68bD	8.54abBC	59.28abBC
	195	718.67abBC	76.87aB	9.86aAB	13.49bcCD	27.01dF	40.81abABCD	10.42abAB	58.70abBC
	255	654.03cD	78.36aAB	9.83aAB	13.76abcBCD	29.12cE	41.59abABC	10.95aA	58.79bBC
	315	728.03abABC	78.38aAB	9.89aAB	14.07abcABCD	29.68cDE	43.04aA	11.09aA	58.91bC

2.4 产量与品质性状间的相关性

普冰 151 产量及品质性状间的相关分析结果(表 9)表明:产量与叶片 SPAD 值、叶片净光合速率、有效穗数、千粒重、籽粒容重、蛋白质含量、湿面筋含量、吸水率呈显著或极显著正相关;籽粒容重与叶片 SPAD 值、叶片光合速率、穗粒数、千粒重、湿面筋含量呈显著或极显著正相关,与面团稳定时间和吸水率呈极显著负相关;籽粒硬度与水分含量呈显著负相关,与吸水率呈极显著正相关;籽粒蛋白质含量与叶片 SPAD 值、叶片净光合速率、湿面筋含量、吸水率呈显著或极显著正相关;湿面筋含量与叶片 SPAD 值、叶片净光合速率、千粒重、吸水率呈显著正相关;沉降值与穗粒数、千粒重、吸水率呈极显著负相关,与面团稳定时间呈极显著正相关;面团稳定时间与穗粒数、千粒重、吸水率呈极显著或显著负相关;吸水率与千粒重呈显著正相关。

3 结果与讨论

叶绿素是植物叶片进行光合作用的主要色素,其含量的多少是评价小麦旗叶光合性能的重要指标。本研究表明小麦叶片 SPAD 值、旗叶净光合速率随着播期的推迟而降低,密度对 SPAD 值、净光合速率影响不显著,这与前人^[26-28]研究结果不一致;

小麦籽粒产量与叶片 SPAD 值、旗叶净光合速率、有效穗数、千粒重存在显著或极显著正相关关系,随着播期的推迟叶片 SPAD 值、净光合速率、有效穗数、千粒重均减小,是造成产量下降的主要原因,这与陈素英^[29]研究结果相反。可能是由于不同品种对播期和密度引起的环境条件变化的适应性不同而导致的,但还需要进一步研究。

播期和密度的合理搭配是提高小麦产量、改善小麦品质的有效方法,徐恒永等^[30]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。刘萍等^[31]研究发现,同期播种的不同品种其适宜密度不同,扬麦 12 适宜种植密度为 150 万·hm⁻²左右。李素真等^[19]研究表明,不同穗型冬小麦品种,可以选择适合的播期和播量,以达到优质高产的目的。本试验结果表明,随着播期的推迟,小麦产量降低,通过增加密度可以提高产量,在一定范围内,随着密度的增加,小麦籽粒产量明显增加,当基本苗超过 255 万·hm⁻²时,产量反而下降,这与曹倩^[32]研究结论一致。有效穗数随密度的增加而增加,但穗粒数、千粒重随着密度的增加而降低,这与陈爱大^[33]研究结果一致。从不同播期的平均产量来看,产量最高为 10 月 3 日的 7 575.17 kg·hm⁻²,与其它处理差异显著,因此 10 月 3 日可作为普冰 151 的最适播期。

表 9 普冰 151 产量与品质性状间的相关系数

Table 9 The correlation indexes between grain yield and quality traits of Pubing151

项目 Item	SPAD	<i>Pn</i>	<i>Tr</i>	有效穗数 Spike number	穗粒数 Grain number	千粒重 1000-grain weight	产量 Yield	容重 Bulk density	硬度 Hardness	蛋白质 Protein	湿面筋 Wet gluten	沉降值 Zeleny	稳定时间 Stability
<i>Pn</i>	0.615 * *												
<i>Tr</i>	0.119	0.550 * *											
有效穗数 Spike number	0.670 * *	0.522 * *	0.109										
穗粒数 Grain number	-0.218	0.129	-0.052	—									
千粒重 1000-grain weight	0.144	0.350 *	—	—	—								
产量 Yield	0.786 * *	0.684 * *	0.104	0.683 * *	-0.041	0.337 *							
容重 Bulk density	0.387 *	0.396 *	-0.125	—	0.396 *	0.517 * *	0.540 * *						
硬度 Hardness	0.019	-0.034	—	0.074	0.129	0.059	0.093	0.076					
水分含量 Water content	0.149	0.278	—	—	—	0.076	-0.058	0.196	-0.352 *				
蛋白质 Protein	0.521 * *	0.393 *	—	—	—	0.283	0.569 * *	—	0.128				
湿面筋 Wet gluten	0.763 * *	0.595 *	—	—	—	0.343 *	0.719 * *	0.333 *	-0.018	0.718 * *			
沉降值 Zeleny	0.143	0.026	0.044	0.123	-0.483 * *	-0.646 * *	-0.032	-0.283	-0.010	-0.144	-0.100		
稳定时间 Stability	0.009	-0.139	—	-0.052	-0.505 * *	-0.683 * *	-0.146	-0.431 * *	-0.116	-0.274	-0.220	0.937 * *	
吸水率 Absorption	0.207	0.257	—	0.216	0.320	0.521 * *	0.330 *	-0.463 * *	0.433 * *	0.423 *	0.364 *-0.433 * *	-0.602 * *	

注: * 表示在 0.05 水平显著; * * 表示在 0.01 水平显著。 Note: * significant at 0.05 level; * * significant at 0.01 level.

从不同密度处理的平均产量高低顺序为 255 > 195 > 315 > 135 (万·hm⁻²), 其中 255 万·hm⁻²与 195 万·hm⁻²无显著差异, 所以, 可将基本苗 195—255 万·hm⁻²作为普冰 151 的最适播种密度。小麦籽粒容重、蛋白质含量和湿面筋含量随着播期的推迟呈下降趋势, 面团稳定时间随着播期的推迟而升高, 这与潘洁^[34]研究结果一致。湿面筋含量、面团稳定时间随着密度的增加而增加。籽粒容重随着密度的增大先降低后升高。

综合播期、密度对产量和品质的影响, 为了适应气候变化, 兼顾产量和品质的提高, 普冰 151 适宜播期为 10 月 3 日至 10 月 8 日, 播量应随播期的推迟而增加, 基本苗应由 10 月 3 日的 195 万·hm⁻²增加到 10 月 8 日的 255 万·hm⁻²。

参 考 文 献:

[1] 李 宁,段留生,李建民,等.播期与密度组合对不同穗型小麦品种花后旗叶光合特性、籽粒库容能力及产量的影响[J].麦类作物学报,2010,30(2):296-302.

[2] 董 静,李梅芳,许甫超,等.播期和密度对小麦新品种鄂麦 596 群体性状及产量的影响[J].湖北农业科学,2010,49(7):1562-1566.

[3] 黄振喜,王永军.产量 15000kg/hm² 以上夏玉米灌浆期间的光合特性[J].中国农业科学,2007,40(9):1898-1906.

[4] Colom M R, Vazzana C. Photosynthesis and PS II functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping loregrass plant[J]. Environmental Experimental Botany,2003,49:135-144.

[5] 惠红霞,许 兴,李树华,等.不同春小麦品种(系)光合生理特性差异研究[J].甘肃农业科技,2003,(1):19-21.

[6] 杨文钰,樊高琼,任万君,等.烯效唑拌种对小麦光合作用和 14C 同化物分配的影响[J].作物学报,2005,31(9):1173-1178.

[7] Oaks A. Aslam M, Boesel Z. Ammonium and amino acid as regulators of nitrate reeducate in corn roots[J]. Plant Physiology,1997,59:391-394.

[8] iniry J R. Effect of shading on use of non-structural carbohy-drate of wheat during grain filling stage[J]. Agronomy Journal,1993,85:844-848.

[9] 杨桂霞,赵广才,许 柯,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] 李 筠,王 龙,任立凯,等.播期、密度和氮肥运筹对冬小麦连麦 2 号产量与品质的调控[J].麦类作物学报,2010,30(2):303-308.

[11] 张耀辉,宋建荣,岳维云,等.陇南雨养旱区播期与密度对冬小麦产量与品质的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):74-78.

[12] 胡焕焕,刘丽萍,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.

[13] 姜小苓,李 淦,胡铁柱,等.播种期和种植密度对冬小麦百农 898 品质和产量的影响[J].河南科技学院学报,2012,40(3):1-4.

