

DOI: 10.5846/stxb201306091497

冯伟, 李世莹, 王永华, 康国章, 段剑钊, 郭天财. 宽幅播种下带间距对冬小麦衰老进程及产量的影响. 生态学报, 2015, 35(8): 2686-2694.

Feng W, Li S Y, Wang Y H, Kang G Z, Duan J Z, Guo T C. Effects of spacing intervals on the ageing process and grain yield in winter wheat under wide bed planting methods. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(8): 2686-2694.

宽幅播种下带间距对冬小麦衰老进程及产量的影响

冯 伟, 李世莹, 王永华, 康国章, 段剑钊, 郭天财*

河南农业大学, 国家小麦工程技术研究中心, 郑州 450002

摘要:在大田试验条件下以多穗型品种‘百农矮抗 58’和大穗型品种‘兰考矮早 8’为供试材料,研究了宽幅播种(播幅 8 cm)种植方式下不同带间距 7 cm(KF7)、12 cm(KF12)和 17 cm(KF17)对冬小麦(*Triticum aestivum*)衰老进程及产量的影响。结果表明:与常规条播(行距 20 cm,播幅 1—2 cm)相比,宽幅带播种植方式的花后旗叶绿素降解缓慢,丙二醛(MDA)含量降低,抗氧化酶活性增强,成穗数和产量提高。宽幅带播下不同带间距处理间差异因品种类型而异,矮抗 58 品种叶绿素相对含量(SPAD)、过氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性整体呈现为 KF12>KF17>KF7,兰考矮早 8 品种表现为 KF7>KF12>KF17,而 MDA 变化规律则相反。试验条件下,多穗型品种矮抗 58 以 KF12 处理、大穗型品种兰考矮早 8 以 KF7 处理花后叶绿素含量高,MDA 含量低,抗氧化酶活性强,叶片衰老进程缓慢,产量结构协调,最终产量最高。

关键词: 冬小麦;宽幅播种;带间距;衰老;产量

Effects of spacing intervals on the ageing process and grain yield in winter wheat under wide bed planting methods

FENG Wei, LI Shiyang, WANG Yonghua, KANG Guozhang, DUAN Jianzhao, GUO Tiancai*

National Engineering Research Center for Wheat, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

Abstract: The grain yields of wheat plants are synthetically affected by geographical locations, ecological and environmental factors, various genotypes and production conditions. Different wheat genotypes are characterized with high yield through differential ways under the given areas and ecological conditions. In previous studies, high grain yields of wheat plants were usually acquired by using the conventionally drilling-planting methods. To our knowledge, however, the studies on influence of the wide bed planting method on ageing processes and grain yields have not been reported so far. The aim of this study was to provide theoretical basis and technical means for wide bed planting methods, in order to achieve higher grain yields of wheat plants and high-efficiency utilization of agricultural resources. Field experiments were conducted to measure ageing processes and grain yields under different planting patterns using wide bed planting method (8 cm of bed width) with three methods, including spacing interval 7 cm (KF7), 12 cm (KF12) and 17 cm (KF17). The conventional drilling planting methods (20 cm spacing interval (1—2 cm of bed width) was used as control (CK). Two wheat cultivars, Lankao Aizao 8 and Aikang 58, which are widely planted in Henan province and characterized with large- and multi-spike, respectively, were grown in the experiment farm of Hennan Agricultural University in the growing seasons of 2010—2012. Physiological parameters (e.g. chlorophyll relative content (SPAD, Soil and Plant Analysis Development), content of malondialdehyde (MDA) and activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxides (POD)) were measured in the flag leaves during the wheat grain filling period. The results indicated that, compared to conventional drilling planting methods,

基金项目:农业部公益性行业科研专项(201203096);农业部现代农业(小麦)产业技术体系(MATS)专项

收稿日期:2013-06-09; 网络出版日期:2014-05-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tcguo888@sina.com

chlorophyll degradation in leaves of wheat plants grown using three wide bed planting methods was delayed and contents of MDA were decreased, whereas activity of antioxidant enzymes, spikes numbers and grain yield per unit area were significantly increased. For Aikang 58 cultivar, the contents of chlorophyll pigments, the activities of antioxidant enzymes and grain yield was the highest in KF12, followed by KF17, and the worst being KF7. For Lankao Aizao 8 cultivar, however, the tendency was KF7>KF12>KF17. Under the given growth conditions in this study, the highest contents of chlorophyll pigments, the most activities of antioxidant enzymes, and the lowest contents of MDA appeared in both treatments KF12 with Aikang 58 and KF7 with Lankao Aizao 8. It can be concluded that the special spacing interval of 12 cm for Aikang 58 and 7 cm for Lankao Aizao 8 under wide bed planting conditions can be used as feasible and promising planting patterns with the enhanced physiological activities of grains and the delayed senescence processes, resulting in the reasonable yield components.

Key Words: winter wheat; wide bed planting; spacing intervals; senescence; yield

小麦高产和超高产受地理位置、生态环境、品种基因型和生产条件等因素的综合影响,在某一地区和特定生态条件下,不同类型品种的增产潜力及实现途径不同。目前,在超高产栽培管理条件下,多穗型品种适应性较强,产量相对比较稳定,但受饱和穗数限制,高产的关键是扩大库容,延缓衰老,增加粒重^[1],生产中多采用宽窄行精量播种等技术途径^[1]。大穗型小麦品种以其穗粒重高,根系活力强,光合速率高,增产潜力大,在生产中逐渐受到重视^[2-3],但该类品种分蘖成穗率低,生产上多采用缩小行距加大播量等栽培办法^[4]。行密配置是塑造群体结构最简单实用的栽培技术,合理的行距配置,不仅影响作物的冠层形态结构及其微环境,还具有显著的节水降耗功能^[2,5]。适当降低基本苗数,建立合理的群体结构,能有效地提高小麦开花后植株的生理活性,扩大籽粒库容并增强充实能力^[6-7]。前人相关研究通常在常规机械条播种植方式下进行,必然导致株距过小,株间竞争增强,单株营养面积降低,冠层结构不良,品种的遗传潜力和当地的光温水资源难以得到充分发挥,进而影响单产持续稳定增长^[8],而关于宽幅带播种植方式对小麦衰老进程及产量的影响尚未见报道。为此,本研究在大田生产条件下,选用河南省大面积推广的两种穗型冬小麦品种,重点研究宽幅带播下带间距对冬小麦衰老进程及产量构成的影响,旨在为两种穗型冬小麦品种宽幅带播高产栽培提供理论依据与配套技术措施。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2010—2012 年度在河南农业大学科教示范园区(郑州)进行。试验地为中壤土,前茬为玉米(*Zea mays*),秸秆全部掩底还田,0—20 cm 耕层土壤基础养分含量为:有机质 11.8—12.6 g/kg、全氮 0.96—1.04 g/kg、速效磷 43.5—45.9 mg/kg、速效钾 82.6—90.3 mg/kg,pH 值 7.54。按照试验地土壤基础养分含量和高产小麦的养分需求,耕地前施纯 N 150 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²,拔节期结合浇水追施纯 N 120 kg/hm²。全生育期浇拔节水 and 抽穗水,5 月份防治病虫害 2 次,其他栽培管理同一般高产麦田。

供试材料为生产上大面积推广的多穗型品种矮抗 58(Aikang 58)和大穗型品种兰考矮早八(Lankao Aizao 8),分别于 2010 年 10 月 14 日和 2011 年 10 月 15 日采用山东农业大学研制的 2BJK-6 型宽幅播种机播种,播幅 8 cm。试验采用随机区组设计,宽幅带播种植方式下带间距设 7 cm、12 cm 和 17 cm 共计 3 个水平,分别记作 KF7、KF12 和 KF17;以生产上常规条播种植方式(行距 20 cm,播幅 1—2 cm)为对照,记作 CK。按其品种分蘖成穗特点确定适宜基本苗,其中兰考矮早八为 375×10⁴株/hm²,矮抗 58 为 270×10⁴株/hm²。播种前根据设定密度、千粒重、种子发芽率和出苗率确定单位面积的播量。试验随机排列,小区长 25 m,宽 3.3 m,3 次重复,其他栽培管理措施同大田生产。

1.2 测试项目及方法

1.2.1 旗叶 SPAD 值的测定

在小麦开花期,选取生长一致的植株进行标记,从小麦开花后 5d 开始,每隔 5d 用日本产 SPAD-502 叶绿素仪测定旗叶 SPAD 值,每小区测 5 株,测定叶片中部位置。

1.2.2 旗叶衰老相关生理指标的测定

在小麦开花期,选择生长一致且同一天开花的无病害小麦主茎进行标记,其后第 5 天开始每隔 5d 于 8:00 取样,每小区选取标记主茎旗叶叶片各 5 片,立即置于液氮中,选取中间部位的旗叶,剪碎和混匀后进行有关指标的测定。丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法^[9]。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用核黄素法^[9]。过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚显色法^[9]。过氧化氢酶(CAT)活性参照王学奎^[9]书中的方法。

1.2.3 产量和产量构成因素的测定

产量和产量构成因素于成熟前每小区测定 0.667 m² 3 个样点折算出单位面积穗数,收获后取 20 株进行室内考种,得到每穗粒数、千粒重和穗粒重。每小区收获 5 m² 计产,换算出单位面积籽粒产量(kg/hm²)。

1.3 数据处理与统计分析

试验数据采用 SPSS16.0 进行方差分析,用 Excel2007 进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶 SPAD 值的影响

叶绿体是植物进行光合作用的主要器官之一,小麦生育后期旗叶叶绿素的降解速率可作为小麦衰老的标志。由图 1 可知,开花期之后,两种穗型冬小麦品种旗叶叶绿素含量随着灌浆进程呈先稳定升高后迅速下降的变化趋势,其中花后 30 d 下降较为迅速,且兰考矮早八下降幅度高于矮抗 58。处理间差异因品种而不同,矮抗 58 的 SPAD 表现为 CK<KF7<KF17<KF12,兰考矮早八为 CK<KF17<KF12<KF7,不同时期均如此。矮抗 58 的 KF17、KF7 和 CK 均在花后 15 d 达到峰值,而 KF12 达峰值的时间为花后 20 d,花后 30 d 为速降起点,此后时期较峰值的下降幅度 KF7、KF12、KF17 和 CK 分别为 82.6%、65.9%、76.1% 和 86.1%; KF12 较 CK 在花后 25 ($P<0.05$)、30 ($P<0.05$) 和 35 d ($P<0.01$) 差异显著。兰考矮早八的 KF17 和 CK 处理在花后 10 d 达到峰值,而 KF12 和 KF7 处理达峰值时期相对滞后,分别为花后 15 d 和花后 20 d,之后下降,尤其花后 30 d 迅速下降,此后时期较峰值下降幅度 KF7、KF12、KF17 和 CK 分别为 43.8%、48.7%、66.8% 和 74.5%; KF7 较 CK 在花后 20 ($P<0.05$)、30 ($P<0.05$) 和 35 d ($P<0.01$) 差异显著。可见,宽幅带播有利于降低小麦叶绿素降解速度,延缓

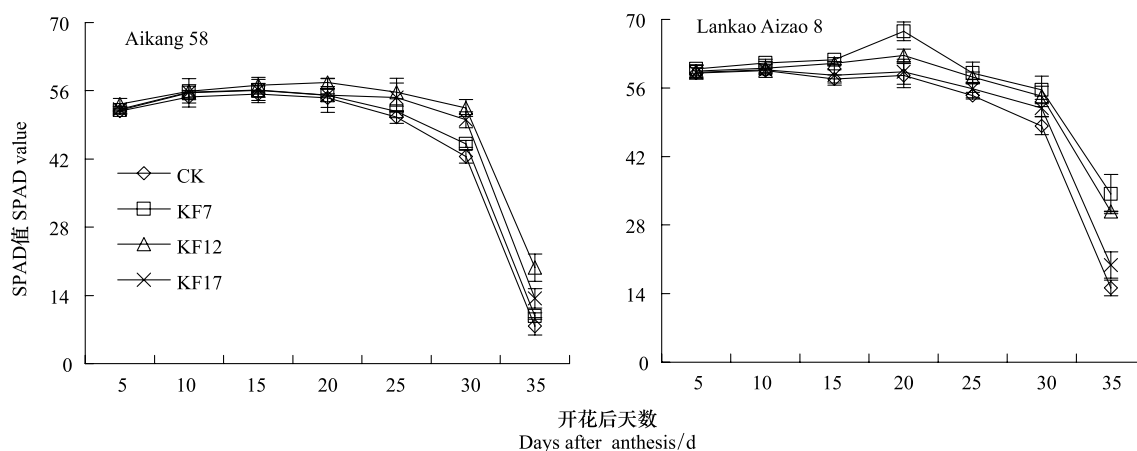


图 1 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶 SPAD 值的影响

Fig.1 Effects of spacing intervals on SPAD in flag leaves of winter wheat with wide bed planting methods

SPAD (Soil and plant analyzer development) 值表示叶绿素相对含量; CK: 常规条播; KF7、KF12 和 KF17: 宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

绿叶功能期,多穗型品种矮抗 58 以 KF12 处理、大穗型品种兰考矮早八以 KF7 处理叶绿素含量高且降解最慢。

2.2 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂氧化的主要产物,其含量高低反应细胞膜脂过氧化水平。从图 2 可以看出,两种穗型冬小麦品种旗叶 MDA 含量变化规律基本一致,均随着籽粒灌浆进程呈逐渐增加趋势,其中,花后 25d 以前增加较为缓慢,而花后 20—35 d 积累加快。不同种植方式对 MDA 含量具有明显调控效应,宽幅带播各处理旗叶 MDA 含量均低于常规对照,处理间差异因品种而异。矮抗 58 在花后各时期均表现为 $KF12 < KF17 < KF7 < CK$,兰考矮早八为 $KF7 < KF12 < KF17 < CK$ 。宽幅带播处理对 MDA 含量的缓解效应存在时期差异,花后 35 d 宽幅带播较 CK 的 MDA 含量降幅最大,矮抗 58 的 KF7、KF12 和 KF17 较 CK 的降幅分别为 8.33%、39.56% ($P < 0.01$) 和 22.45% ($P < 0.05$),兰考矮早八分别为 24.76% ($P < 0.05$)、11.07% 和 8.88%。可见,矮抗 58 以 KF12 处理,兰考矮早八以 KF7 处理花后旗叶 MDA 含量最低,膜脂过氧化程度低,细胞膜系统结构受损程度轻,有利于植株旺盛生长。

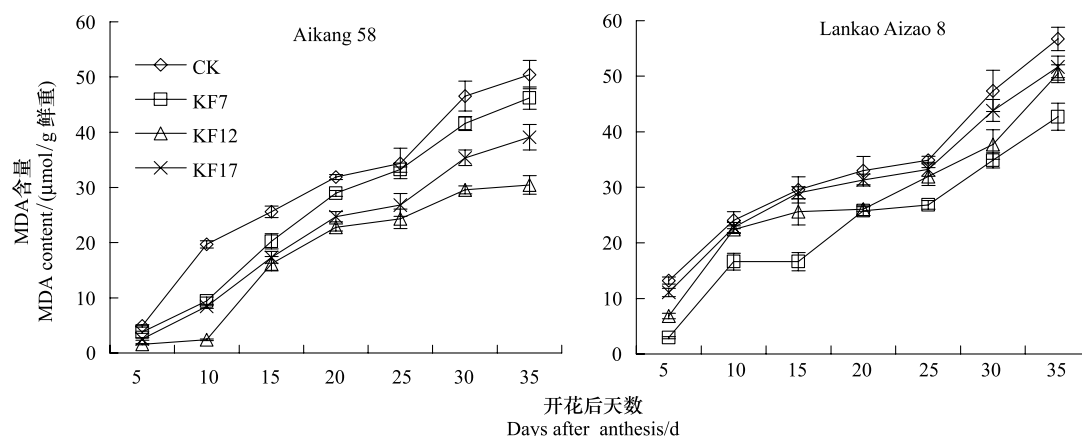


图 2 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中丙二醛(MDA)含量的影响

Fig.2 Effects of spacing intervals on content of malondialdehyde (MDA) in flag leaves of winter wheat with wide bed planting methods

MDA: 丙二醛 Malondialdehyde; CK, 常规条播; KF7、KF12 和 KF17, 宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

2.3 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中 SOD 活性的影响

SOD 是植物体内清除活性氧的主要保护酶系之一,有效延缓植株衰老。由图 3 可知,小麦旗叶 SOD 活性均随着籽粒灌浆进程呈“∩”型变化趋势。SOD 活性在花后 15 d 时降至低谷,而在花后 30 d 达到峰值,两品种表现一致。不同种植方式对 SOD 活性的影响在生育时期及品种间存在差异,矮抗 58 在花后各时期均表现为宽幅带播高于 CK,其中,花后 5—15 d 宽幅带播各处理表现为 $KF17 < KF12 < KF7$,而花后 20—35 d 为 $KF7 < KF17 < KF12$,KF12 较 CK 的差异在花后 5、20、30 和 35 d 均达显著水平。兰考矮早八的宽幅带播各处理 KF7 处理在花后各个测定时期 SOD 活性均最高,在花后 5—25 d KF12 和 CK 的 SOD 活性较低,KF17 最低,而在花后 30—35 d 表现为 $CK < KF17 < KF12$,KF7 较 CK 的差异在花后 5 及 25—35 d 均达显著水平。由此可见,多穗型品种矮抗 58 采用 12 cm 带间距、大穗型品种兰考矮早八 7 cm 带间距对保持 SOD 较高活性,延缓植株衰老具有积极作用。

2.4 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中 POD 活性的影响

POD 可有效清除植株体内的氧自由基,具有器官延缓和延长叶片功能期作用。图 4 表明,旗叶 POD 活性随籽粒灌浆进程呈单峰曲线变化,且在花后 15 d 达峰值,两品种表现一致。比较而言,矮抗 58 旗叶 POD 活性高于兰考矮早八,各时期均如此。不同种植方式对 POD 活性的影响在生育时期存在差异,花后 5—15 d 两品种均表现为 $KF7 < KF12 < KF17 < CK$,而花后 20—35 d,矮抗 58 的 POD 活性处理间差异为 $CK < KF7 < KF17 < KF12$,而兰考矮早八为 $CK < KF17 < KF12 < KF7$;矮抗 58 的 KF12 较 CK 在花后 25—35 d 差异显著,兰考矮早八

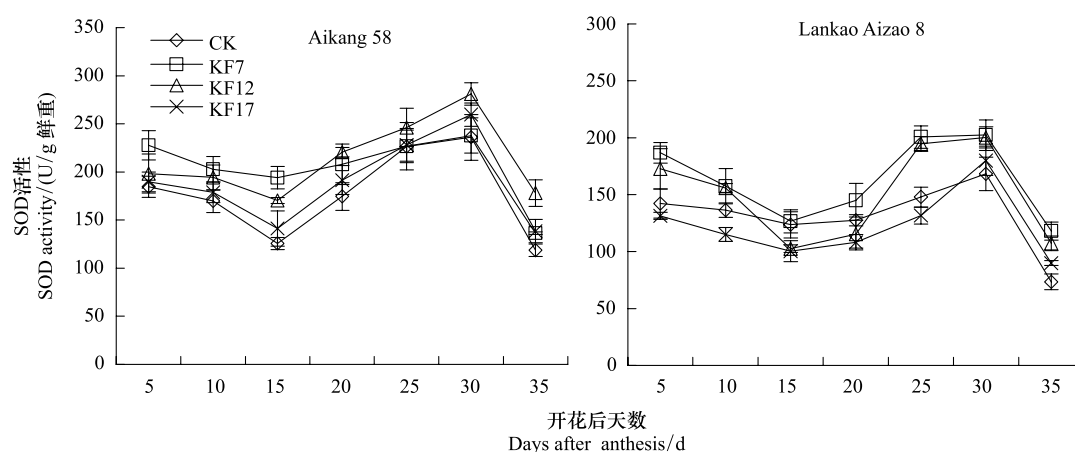


图3 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中过氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

Fig.3 Effects of spacing intervals on activities of superoxide dismutase (SOD) in flag leaves of winter wheat with wide bed planting methods

SOD: 过氧化物歧化酶 Superoxide dismutase; CK: 常规条播; KF7、KF12 和 KF17: 宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

的 KF7 较 CK 在花后 20、30 和 35 d 差异显著。花后 35 d 旗叶 POD 活性因衰老而迅速下降,此时期 POD 活性较峰值下降幅度矮抗 58 较小,而兰考矮早八较大,矮抗 58 的 KF7、KF12、KF17 和 CK 的降幅分别为 32.09%、30.28%、34.23%和 56.88%,兰考矮早八的降幅分别为 32.18%、43.19%、60.48%和 74.98%。由此可见,尽管两品种 CK 处理的 POD 活性在灌浆前期保持较高水平,但灌浆中后期衰减速度过快,而宽幅带播则相反,其中,矮抗 58 以 KF12 处理、兰考矮早八以 KF7 处理 POD 活性下降速度最为缓慢,这可能与宽幅带播条件下个体健壮、群体结构合理、冠层微环境适宜、植株机体生理活性较强有关。

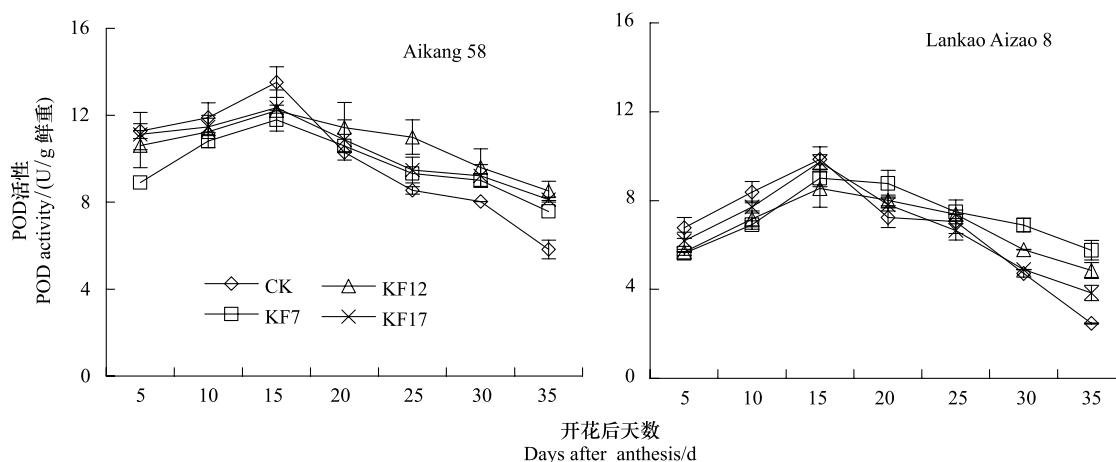


图4 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中过氧化物酶(POD)活性的影响

Fig.4 Effects of spacing intervals on activities of peroxides (POD) in flag leaves of winter wheat with wide bed planting methods

POD: 过氧化物酶 Peroxidase; CK: 常规条播; KF7、KF12 和 KF17: 宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

2.5 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中 CAT 活性的影响

CAT 可有效分解植株体内 H_2O_2 , 以消除活性氧毒害作用。由图 5 可知,小麦 CAT 活性随灌浆进程推进呈倒“V”型变化趋势,且于花后 15 d 达峰值,两品种变化一致。不同处理对 CAT 活性的调控效应在品种及生育时期间存在差异。花后 5—15 d 和花后 25—35 d,矮抗 58 的处理间差异表现为 $CK < KF7 < KF17 < KF12$,除花后 25 d 外,其它时期 KF12 较 CK 的差异均显著,而兰考矮早八处理间差异为 $CK < KF17 < KF12 < KF7$,除花后 30 d 外,其它时期 KF7 较 CK 差异均显著;在花后 20 d,矮抗 58 的 KF12、KF17 和 CK 处理间差异不显著,且均显著低于 KF7 处理,而兰考矮早八各处理间差异均不显著。灌浆盛期后植株因衰老加快 CAT 活性降低,两品种均以花后 35 d 降幅最大,矮抗 58 的 KF7、KF12、KF17 和 CK 的降幅分别为 80.73%、77.76%、79.39%和

85.37%,兰考矮早八分别为 61.76%、63.75%、63.50%和 67.10%。由此可见,宽幅带播各处理旗叶 CAT 活性高且下降速度慢,多穗型品种矮抗 58 以 KF12 处理,大穗型品种兰考矮早八以 KF7 处理 CAT 活性最高,可有效减缓膜脂过氧化作用和衰老进程,增强植株的抗逆能力。

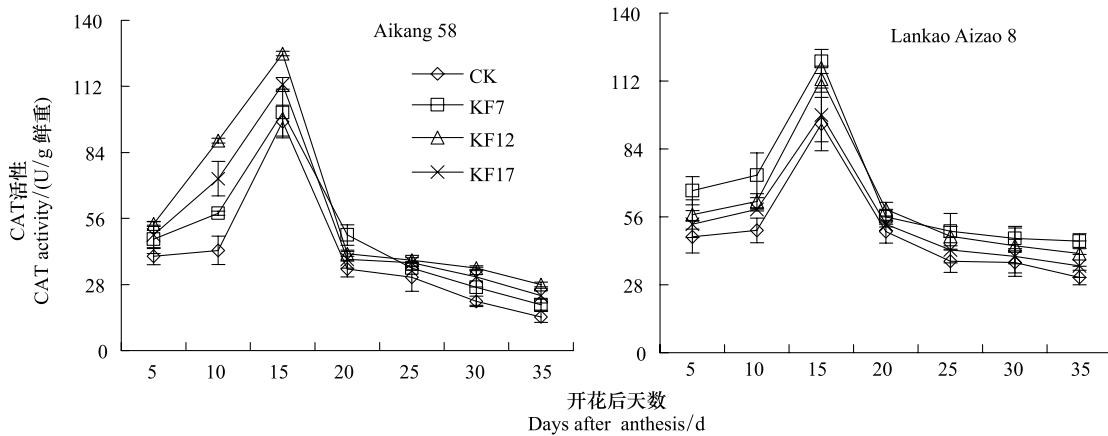


图 5 宽幅播种下带间距对冬小麦旗叶中过氧化氢酶(CAT)活性的影响

Fig.5 Effects of spacing intervals on activities of catalase (CAT) in flag leaves of winter wheat with wide bed planting methods

CAT: 过氧化氢酶 Catalase; CK,常规条播;KF7、KF12 和 KF17,宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

2.6 宽幅播种下带间距对冬小麦产量的影响

如表 1 所示,两年度的宽幅播种各处理产量均高于 CK,较 CK 的增幅矮抗 58 为 KF12(14.23%—15.94%)

表 1 宽幅播种下带间距对冬小麦产量及其构成的影响

Table 1 Effects of spacing intervals on yield and its components in winter wheat with wide bed planting methods

年份 Year	处理 Treatment	穗数 Spikes/($\times 10^4/\text{hm}^2$)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight/g	产量 Grain yield/(kg/hm^2)
2010—2011	矮抗 58 Aikang 58				
	CK	571.3c	35.7ab	43.4b	8046.9d
	KF7	665.2a	33.5b	42.0b	8285.0c
	KF12	626.8ab	39.2a	46.3a	9329.6a
	KF17	598.7bc	36.9ab	45.3a	8695.5b
	兰考矮早八 Lankao Aizao 8				
	CK	387.0b	46.8bc	44.3b	8169.1c
	KF7	426.6a	48.9a	45.0ab	9350.3a
2011—2012	矮抗 58 Aikang 58				
	CK	573.5c	35.2c	43.7c	8322.0d
	KF7	694.2a	33.3d	42.8d	8662.7c
	KF12	645.6b	37.9a	46.5a	9506.1a
	KF17	624.7b	36.4b	45.6b	9062.1b
	兰考矮早八 Lankao Aizao 8				
	CK	376.0c	48.6ab	45.7a	8276.0b
	KF7	434.5a	49.6a	46.1a	9409.4a
	KF12	406.8b	48.9ab	46.3a	8550.7b
	VKF17	384.0c	46.6c	47.0a	8315.2b

同一栏中不同字母表示差异显著($P < 0.05$); CK: 常规条播; KF7、KF12 和 KF17: 宽幅播种下 7、12 和 17 cm 的带间距

>KF17(8.06%—8.89%)>KF7(2.96%—4.09%),兰考矮早八为 KF7(13.70%—14.46%)>KF12(3.32%—4.94%)>KF17(0.47%—1.32%)。矮抗 58 各处理间产量差异均达显著水平,而兰考矮早八 KF17 和 CK 间产量差异不显著,其与 KF7 处理间差异达显著水平。除 2010—2011 年度兰考矮早八的 KF17 处理外,宽幅播种各处理成穗数均高于 CK,较 CK 矮抗 58 增幅为 8.93%—21.05%(2011—2012)和 4.80%—16.44%(2010—2011),兰考矮早八为 2.12%—15.56%(2011—2012)和 3.42%—10.23%(2010—2011),且宽幅播种下成穗数随带间距减小而增多。矮抗 58 的穗粒数和千粒重均表现为 KF12>KF17>CK>KF7,2011—2012 年 KF12 较其它处理差异均达显著水平,而 2010—2011 年 KF12 仅较 KF7 处理差异显著;兰考矮早八的穗粒数随带间距增大而减少,而千粒重则相反,穗粒数在 KF7 和 KF12 间差异不显著,且其均显著高于 KF17 处理,但千粒重在宽幅带播各处理间差异均不显著。以上表明,宽幅带播较常规条播增穗效果最为明显,而对穗粒数和千粒重的影响因品种和带间距而不同,其中矮抗 58 的 KF7 处理因带间距较窄,穗粒数和千粒重较 CK 分别降低 1.9—2.2 粒和 0.9—1.4 g;兰考矮早八的 KF17 处理因带间距过宽,穗粒数反较 CK 降低 1.3—2.0 粒。比较而言,矮抗 58 以 KF12 处理、兰考矮早八以 KF7 处理的产量结构最为协调,产量最高。

3 结论与讨论

旗叶是小麦生育后期冠层的重要构成者,其对冠层的贡献率可达 30%以上,对籽粒充实和产量形成具有重要影响^[10]。延缓叶片衰老进程,加快小麦生育后期营养物质的内部转移,对于稳定粒数、增加粒重和提高产量具有重要意义。据测算,小麦旗叶衰老推迟 1 d 能增产籽粒干物质 200 kg/hm²^[11],玉米苞叶变黄时植株营养器官积累的内源物质继续向籽粒转移,推迟 8—10 d 收获,可增产 10%以上^[12]。种植行距、密度和耕作方式是调整作物空间布局的重要措施,可有效优化作物器官生长环境。有研究表明,20 cm 行距和追氮 240 kg/hm²的组合能适当延缓旗叶中叶绿素的降解,保持较高水平的保护酶活性,降低细胞膜脂过氧化产物的 MDA 含量,较好地延缓旗叶早衰^[13]。小麦垄作研究显示,生育后期的旗叶衰老速度减缓,叶绿素降解速度缓慢,抗氧化酶类 SOD、CAT 活性较高,MDA 含量较低^[14]。董琦等^[15]研究认为,窄行稀条播(10 cm 行距)可延迟大穗型品种的衰老时间,促进籽粒灌浆,提高产量。郭天财等^[16]研究表明,大穗型品种兰考矮早八行距缩小至 15 cm 可提高花后旗叶抗氧化系统酶活性,减缓功能叶衰老,提高穗粒重。本试验研究表明,与常规条播相比,宽幅带播种植方式的花后旗叶叶绿素降解缓慢,MDA 含量降低幅度较大,抗氧化酶活性增强,功能叶衰老进程减缓,这将有效促进籽粒灌浆相关生理代谢,维持灌浆良好的微生态环境,植株光合性能增强,穗粒重和产量均较高。多穗型品种矮抗 58 以 KF12 处理、大穗型品种兰考矮早八以 KF7 处理花后叶绿素含量高,MDA 含量最低,抗氧化酶活性较高,产量构成因素协调,最终产量最高,矮抗 58 和兰考矮早八增产幅度分别达 15.9%和 13.7%。进一步分析植株衰老进程与籽粒产量间关系,宽幅播种方式下小麦成穗数足,籽粒库容扩大,反馈促进植株生育后期生理活性,植株抗氧化系统能力增强,衰老迅降期推迟,叶片功能期延长,光合物质生产能力持续时间增加,籽粒充实能力增强,穗粒重稳定提高,宽幅播种方式下两品种的穗粒重平均提高 5.0%左右,实现了中后期的穗粒重形成与前期成穗数之间的优化平衡,最终籽粒产量增加 8.0%以上。

我国小麦栽培技术经历了撒播、机播、浅耕、旋耕、深耕、平作、垄作、地膜覆盖、少免耕、穴播等多种方式,每一次栽培技术的革新都是基于特定生态和生产条件下最大限度利用光热水等资源,优化群体结构,显著提高小麦单产。麦田间套模式(20+40)能较好地协调穗数和穗重的关系,具有优良的生产性能^[17]。垄作种植方式能够扩“源”稳“库”,通过增加千粒重和穗粒数而显著的提高产量^[18]。少耕模式通过改变土壤的理化性状而延缓小麦旗叶的衰老^[19]。小麦全膜覆土穴播栽培技术具有集雨、抑制土壤蒸发、增强光热利用、降低昼夜温差等显著特点,尤其适用于西部旱作区^[20]。河南位于黄淮海平原中心腹地,是小麦生长最适宜区,播种方式也先后经历了从粗放撒播到精量半精量播种、等行距到宽窄行种植等技术变革,目前生产上采用的常规条播种植方式,容易造成缺苗断垄和垈堆苗现象,严重影响了小麦出苗均匀度,苗弱且潜势差,并导致冠层结构不合理,光合效率低,后期植株衰老迅速,难以达到穗、粒、重最优化的高产要求。如何在高产条件下进一步

优化作物配置方式,挖掘品种最大现实生产潜力,提高环境资源利用效率,将是我国粮食作物高产更超高产研究的永恒攻关课题。作物田间的最佳分布是指群体产量最大时的行距和株距的合理配置,本文采用宽幅播种方式以缩小带间距和增加株距来调节植株空间布局,提高群体均匀度,促苗早发健长,冬前优势分蘖多,成穗数随带间距扩大而降低,7 cm 带间距成穗数最多,与常规条播比较,矮抗 58 和兰考矮早八的增幅分别为 18.7%和 12.9%。从最适带间距处理较常规条播增加幅度看,增穗对增产作用最大,其次是穗粒数。因此,宽幅播种方式下适当缩小带间距,增加群体均匀度,改善个体质量,增穗效果显著,其对籽粒产量的贡献最大。同时,宽幅播种下单株营养面积扩大,器官的营养组分厚实,可实现穗数与粒数间协调。矮抗 58 和兰考矮早八的穗粒数分别以 KF12 和 KF7 处理最高,在较常规条播穗数提高 10%以上前提下,穗粒数依然增加 3.1 粒(8.7%)和 1.5 粒(3.3%),籽粒库容显著扩大。随库容增加,其对光合源的拉动能力增强,本试验中单位面积穗粒数与产量呈极显著正相关($r_{16}=0.69^{**}$),矮抗 58 的 KF12 处理和兰考矮早八的 KF7 处理较常规条播的单位面积穗粒数分别提高 20.8%和 16.6%,显示出宽幅播种下不同类型高产品种配置适宜的带间距,单位面积籽粒负荷量显著增加,扩库对增产的贡献进一步提高。此外,适宜的宽幅播种处理在扩库基础上,植株生理代谢旺盛,衰老进程缓慢,延长了籽粒灌浆持续期。本试验中,宽幅播种下千粒重整体呈增加趋势,但效应偏小(<6.0%),且随带间距扩大千粒重在品种间存在差异,带间距对千粒重的效应与库容并不一致,因此,需要协调单位面积穗粒数与千粒重的正向关系,发挥不同品种各自适宜带间距对穗、粒、重三者的正向最优化调控效应。根据本试验结果,宽幅播种方式下适当缩小带间距,增穗效果最显著,穗与粒协调,单位面积籽粒库容量极显著提高,通过矮抗 58 的 12 cm 和兰考矮早八的 7 cm 带间距配置,单位面积穗粒数大幅度增加,且稳定提高千粒重,实现了穗、粒、重协调的增产目标。

宽幅带播种植方式改传统的密集条播“籽粒一条线”为宽幅带播“种苗匀布带”,出苗均匀,个体健壮,群体结构合理,有效穗数多,穗数与粒数协调,籽粒库容大,将反馈促进茎叶等源器官生理活性,增强籽粒灌浆能力。生育后期旗叶中叶绿素含量高且降解缓慢,丙二醛(MDA)含量降低,抗氧化酶系活性增强,植株衰老缓慢,籽粒灌浆时间延长,同时植株生长旺盛,灌浆微生态环境良好,光能利用充分,干物质运输通畅,籽粒吸纳能力强,穗粒重高,增产达 13%以上,可作为一种新型栽培技术推广应用。

参考文献(References):

- [1] 王志芬,吴科,宋良增,王守瑰,范仲学,张风云,朱连先,张福锁. 山东省不同穗型超高产小麦产量构成因素分析与选择思路. 山东农业科学, 2001, (4): 6-8.
- [2] 杨文平,郭天财,刘胜波,王晨阳,王永华,马冬云. 行距配置对‘兰考矮早八’小麦后期群体冠层结构及其微环境的影响. 植物生态学报, 2008, 32(2): 485-490.
- [3] 黄祥辉,胡茂兴. 小麦栽培生理. 上海:上海科学技术出版社, 1984: 258-258.
- [4] 郭天财,朱云集,沈天民,马冬云,王晨阳. 重穗型小麦品种窄行密植公顷产量超 10t 配套栽培技术探讨. 河南农业科学, 2006, (3): 25-28.
- [5] 陈素英,张喜英,陈四龙,裴冬,张清涛. 种植行距对冬小麦田土壤蒸发与水分利用的影响. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 86-89.
- [6] Quirino B F, Noh Y S, Himelblau E, Amasino R M. Molecular aspects of leaf senescence. Trends in Plant Science, 2000, 5(7): 278-282.
- [7] 于振文,岳寿松,沈成国,余松烈, Egli D B, Van Sanford D V. 不同密度对冬小麦开花后叶片衰老和粒重的影响. 作物学报, 1995, 21(4): 412-418.
- [8] Wang F H, Wang X Q, Sayre K. Comparison of conventional flood irrigated flat planting with furrow irrigated raised bed planting for winter wheat in China. Field Crops Research, 2004, 87(1): 35-42.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术. 北京:高等教育出版社, 2008: 167-173, 280-281.
- [10] 徐恒永,赵君实. 高产冬小麦的冠层光合能力及不同器官的贡献. 作物学报, 1995, 21(2): 204-209.
- [11] De Vos N M. Cultivar difference in plant crop photosynthesis // Spiertz J, Kramer T H, eds. Crop Physiology and Breeding. Pudoe Wageningen, 1979: 71-74.
- [12] Rácz F, Kása S, Hadi G. Daily changes in the water content of early and late maturing grain maize varieties in the later stages of over-ripening.

Cereal Research Communications, 2008, 36(4): 583-589.

- [13] 祝小龙, 董召荣. 行距和追氮量对小麦旗叶衰老的调节效应. 安徽农学通报, 2008, 14(23): 116-117.
- [14] 刘义国, 刘永红, 刘洪军, 于淙超. 不同种植方式对小麦旗叶衰老的影响. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8424-8426.
- [15] 董琦, 黄磊, 梁素明, 宋长水, 王爱萍. 窄行稀条播对小麦衰老指标的影响. 安徽农业科学, 2009, 37(23): 10932-10933.
- [16] 郭天财, 刘胜波, 冯伟, 杨文平, 王永华, 韩巧霞. 不同种植行距的大穗型小麦品种‘兰考矮早八’中几种与旗叶衰老有关的生理指标变化. 植物生理学通讯, 2008, 44(1): 33-36.
- [17] 赵秉强, 余松烈, 李凤超, 于振文. 带状种植小麦带型-群体-产量相关规律的研究. 作物学报, 2000, 26(3): 278-284.
- [18] 李升东, 王法宏, 司纪升, 孔令安, 冯波, 秦晓胜, 孙志刚. 不同种植模式下小麦干物质积累及分配对源库关系的影响. 华北农学报, 2008, 23(1): 87-90.
- [19] 江晓东, 迟淑筠, 李增嘉, 宁堂原, 王芸, 邵国庆. 少免耕模式对冬小麦花后旗叶衰老和产量的影响. 农业工程学报, 2008, 24(4): 55-58.
- [20] 侯慧芝, 吕军峰, 郭天文, 张平良. 全膜覆土穴播小麦最佳播种密度的研究. 作物杂志, 2011, (3): 101-104.