

旱地冬小麦宽幅匀播光合作用研究

许德蓉¹, 刘广才¹, 高应平², 邓晓奋³, 于涛¹, 李博文⁴, 赵婧⁵

(1. 甘肃省秦王川农业高科技产业开发示范基地管理办公室, 甘肃 兰州 730000; 2. 庄浪县农业技术推广中心, 甘肃 庄浪 744600; 3. 平凉市崆峒区农业技术推广中心, 甘肃 平凉 744000; 4. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 5. 甘肃省农业信息中心, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 宽幅匀播技术优化了作物群体结构, 使小麦显著增产。为了给大面积推广宽幅匀播技术提供理论支撑, 以常规条播为对照, 采用田间试验研究了旱地冬小麦宽幅匀播的光合效应。结果表明, 从拔节期到灌浆期, 旱地宽幅匀播冬小麦旗叶叶绿素 SPAD 值较常规条播高 3.1~6.3; 盛花期较常规条播小麦旗叶净光合速率 (Pn) 提高 13.4%、气孔导度 (Gs) 增加 34.84%、胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 降低 16.05%、蒸腾速率 (Tr) 提高 8.47%。宽幅匀播能显著提高小麦叶片叶绿素含量, 改善冬小麦光合特性, 使小麦叶片能更有效利用胞间 CO₂, 提高光合和运输能力, 从而显著增加产量。

关键词: 宽幅匀播; 光合效应; 旱地冬小麦

中图分类号: S318; S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2023)05-0428-04

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.05.007

Study on Photosynthetic Effects of Wide-width Uniform Sowing of Winter Wheat in Dryland

XU Derong¹, LIU Guangcai¹, GAO Yingping², DENG Xiaofen³, YU Tao¹, Li Bowen⁴, ZHAO Jing⁵

(1. Management Office of Qinwangchuan Agricultural High-tech Industry Development and Demonstration Base of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730000, China; 2. Agro-technical Extension Centre of Zhuanglang County, Zhuanglang Gansu 744600, China; 3. Kongtong Agro-technical Extension Centre in Pingliang, Pingliang Gansu 744000, China; 4. Gansu General Station of Agro-technology Extension, Lanzhou Gansu 730020, China; 5. Gansu Agricultural Information Centre, Lanzhou Gansu 730030, China)

Abstract: The wide-width uniform sowing technology can significantly increase wheat yield by optimizing crop population structure. In order to provide theoretical support for its large-scale popularization and application, the photosynthetic effects of dryland winter wheat using wide-width uniform sowing technology was studied infield with conventional drill sowing as the control. Results showed that from the jointing stage to the filling stage, the chlorophyll-SPAD value of flag leaf of winter wheat in the dry land using wide-width uniform sowing was 3.1 to 6.3 higher than that in the conventional drill sowing, the net photosynthetic rate (Pn) of flag leaf was increased by 13.4%, the stomatal conductance (Gs) was increased by 34.84%, the intercellular CO₂ concentration (Ci) was decreased by 16.05%, and the transpiration rate (Tr) was increased by 8.47% when compared with conventional drill sowing wheat at full flowering stage. Wide-width uniform sowing could significantly increase the chlorophyll content of wheat leaves and improve the photosynthetic characteristics of winter wheat, which enabled wheat leaves to more effectively use intercellular CO₂ and to improve photosynthesis and transport capacity, thus significantly increase in yield could be achieved.

Key words: Wide-width uniform sowing; Photosynthetic effect; Winter wheat in dryland

宽幅精准匀播技术(简称宽幅匀播技术)是甘肃省农业技术推广总站结合甘肃气候特点和小麦生育特点, 在多年试验示范的基础上, 对宽幅精播技术(山东模式)进行改进提出的一项小麦栽培

新技术。该技术改传统的小行距密集条播为等行距宽幅播种, 使小麦种子分布更加均匀, 有效减少了缺苗断垄和疙瘩苗现象^[1-2]。近年来, 小麦宽幅匀播高产栽培技术在甘肃省得到大面积推广应

收稿日期: 2022-12-07

基金项目: 甘肃省农业农村厅科技项目(GNKJ-2018-8)。

作者简介: 许德蓉(1995—), 女, 甘肃环县人, 助理农艺师, 硕士, 主要从事农作物新技术新品种试验示范与推广工作。Email: 1830204585@qq.com。

通信作者: 刘广才(1966—), 男, 甘肃镇原人, 推广研究员, 博士, 主要从事小麦栽培及早作农业等方面研究与推广工作。Email: lgc633@163.com。

用^[3-6], 种植面积达 13.33 万 hm^2 , 增产 10% 以上。该技术被甘肃省确定为全省小麦生产主推技术, 也被确定为甘肃省粮食安全省长责任制考核的小麦主推技术内容。关于小麦宽幅匀播技术, 以往研究主要集中在配套技术上^[7-14]。甘肃省 2012 年首先在景泰、永昌、民乐 3 县开展灌溉地小麦宽幅匀播技术播量、行距以及增产效果试验, 结果表明, 宽幅匀播小麦较常规条播增产 8% ~ 13%。2013 年全省示范县区达到 20 个, 并开展了大量试验研究工作。光合作用作为籽粒产量形成的生理基础, 在小麦生长发育过程中至关重要, 不仅受遗传、光照、水分、养分等因素的影响, 还受耕作栽培方式的影响^[7]。合理的栽培技术和群体结构可以改善小麦群体光能利用率, 有效利用光能, 改善光合性能, 从而更有利于群体与个体的协调发展, 进而提高产量^[8]。但目前为止, 对小麦宽幅匀播技术增产光合机理的研究还鲜有报道。我们于 2020—2021 年开展了旱地冬小麦宽幅匀播技术光合效应机理研究, 以探讨宽幅匀播对冬小麦叶绿素含量、净光合速率以及光合特性等方面的影响, 为宽幅匀播技术应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验设在庄浪县通化镇韩湾村。试验区海拔 1 450 m, 无霜期 147 d, 年平均气温 7.8 $^{\circ}\text{C}$, 日照时数 3 150 ~ 3 874 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 3 070 ~ 3 981 $^{\circ}\text{C}$, 年太阳辐射总量 157 ~ 196 kJ/cm^2 , 年均降水量 480 mm。试验地前茬为小麦。

1.2 供试材料

指示冬小麦品种为兰天 26 号, 由甘肃省农业科学院小麦研究所提供。

1.3 试验方法

试验共设 2 个处理。处理 1 为宽幅匀播, 播深 3 ~ 5 cm, 播幅宽 10 cm, 幅间距 12 cm, 行距

22 cm, 播 15 行; 处理 2 为常规条播(CK), 播深 3 ~ 5 cm, 行距 15 cm, 播 22 行。试验随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 19.8 m^2 (3.3 m \times 6.0 m)。各处理均于 9 月 16 日播种, 播种量 375 kg/hm^2 。其他管理同大田。观察记载小麦物候期和主要性状。成熟期每小区随机选取 20 株考种, 按小区单收计产。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 叶绿素 SPAD 值 分别于拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期、灌浆期 9:00 ~ 11:00 时, 每小区选取 5 株长势均匀一致的植株主枝上的 10 片旗叶, 用叶绿素速测仪测定叶绿素 SPDA 值, 重复 9 次, 取平均值。

1.4.2 光合特性 盛花期(5 月 30 日) 9:00 ~ 11:00 时, 每小区在选取的 5 株植株主枝上摘取叶片 10~15 片, 用美国 LI-6400 型便携式光合仪测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)和细胞间 CO_2 浓度(C_i), 计算气孔限制值(L_s)。测定时样本室 CO_2 摩尔分数为 380 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 流速设为 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。气孔限制值为 $L_s = 1 - C_i/C_a$ 。重复 9 次, 取平均值。

2 结果与分析

2.1 宽幅匀播对冬小麦生育期的影响

由表 1 可以看出, 2 个处理的小麦物候期相同, 生育期均为 277 d, 说明不同处理对旱作区冬小麦生育期没有明显影响。

2.2 宽幅匀播对冬小麦主要性状的影响

由表 2 可以看出, 宽幅匀播的小麦主要性状明显优于常规条播(CK)。与常规条播(CK)相比, 基本苗增加 12.0 万株 $/\text{hm}^2$, 增幅 2.6%; 冬前苗增加 70.5 万株 $/\text{hm}^2$, 增幅 9.4%; 越冬率提高 2.4 个百分点; 拔节期总茎数增加 7.5 万个 $/\text{hm}^2$, 增幅 1.1%; 单株分蘖数增加 0.03 个, 增幅 3.2%; 株高增加 1.1 cm, 增幅 1.2%; 穗长增加 1.6 cm, 增幅 21.6%。有效穗数增加 39.0 万穗 $/\text{hm}^2$, 增幅 9.6%;

表 1 不同处理的冬小麦生育期

处理	物候期/(日/月)										生育期/d
	播种期	出苗期	分蘖期	返青期	拔节期	孕穗期	抽穗期	扬花期	灌浆期	成熟期	
宽幅匀播	28/9	6/10	26/10	16/3	14/4	13/5	26/5	5/6	13/6	10/7	277
常规条播(CK)	28/9	6/10	26/10	16/3	14/4	13/5	26/5	5/6	13/6	10/7	277

穗粒数增加 3.5 粒，增幅 11.3%；千粒重增加 1.6 g，增幅 3.0%。宽幅匀播栽培的小麦有效穗数、穗粒数明显高于常规条播 (CK)，这是由于宽幅匀播小麦苗匀、苗齐、苗壮，避免了个体争肥、争水、争光照，使冬小麦产量三要素明显或显著优于常规条播。

2.3 宽幅匀播对冬小麦旗叶绿素含量的影响

由表 3 可以看出，从拔节期开始，随生育进程的推进，宽幅匀播冬小麦不同生育时期的旗叶 SPAD 值明显高于常规条播，特别是孕穗期以后差异更大。与常规条播(CK)相比，宽幅匀播的旗叶 SPAD 值拔节期增加 3.1、孕穗期增加 4.1、抽穗期增加 5.0、开花期增加 6.3、灌浆期增加 6.0。表明宽幅匀播小麦叶片能保持较高的叶绿素含量，确保了光合作用的高效进行。宽幅匀播有利于优化小麦群体结构，在冬小麦生长关键时期对叶片 SPAD 值有显著的提高作用，减缓了叶绿素的分解，延缓了叶片衰老。

2.4 宽幅匀播栽培下的小麦光合特性

由表 4 可以看出，盛花期宽幅匀播小麦的旗叶净光合速率(Pn)为 19.55 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，较常规条播(CK)提高 13.40%；旗叶气孔导度(Gs)为 0.502 7 $\text{mol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，较常规条播(CK)增加 34.84%；旗叶胞间 CO_2 浓度(Ci)为 218.00 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$ ，较常规条播(CK)减少 16.05%；旗叶蒸腾

速率(Tr)为 5.38 $\text{mmol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，较常规条播(CK)提高 8.47%。表明宽幅匀播能显著提高小麦叶片净光合速率、气孔导度，小麦叶片更能有效利用胞间 CO_2 提高光合和运输能力，显著提高小麦叶片蒸腾速率，使小麦植株水分状况较好。

2.5 宽幅匀播对小麦产量的影响

由表 5 可以看出，宽幅匀播小麦平均籽粒产量 6 982.9 kg/hm^2 ，较常规条播(CK)增产 14.9%。

表 5 不同处理的冬小麦产量

处理	平均籽粒产量 /(kg/hm^2)	较对照增产 /(kg/hm^2)	增产率 /%
宽幅匀播	6 982.9±135.75	904.2	14.9
常规条播(CK)	6 078.7±227.75		

3 讨论与结论

关于小麦宽幅匀播技术的研究主要集中在密度、播量、施肥量、适应品种等配套技术以及肥料效应^[9-18]、增产效果等方面^[19]。宽幅匀播主要是通过优化和构建合理群体，避免小麦群体争肥、争水、争光照来实现苗齐苗匀苗全、分蘖粗壮、根系发达、培育壮苗。孔令英等^[20]的研究表明，宽幅播种条件下，基本苗为 1.8×10^6 株 / hm^2 时，小麦开花后 7~21 d 旗叶净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均显著高于基本苗 0.9×10^6 株 / hm^2 、 3.6×10^6 株 / hm^2 处理。表明合理的基本苗有利于提高小麦宽幅播种灌浆中后期旗叶光合能力，延

表 2 不同处理的冬小麦主要性状

处理	基本苗 /(万株/ hm^2)	冬前苗 /(万株/ hm^2)	越冬率 /%	拔节期 总茎数 /(万个/ hm^2)	单株 分蘖数 /个	株高 /cm	穗长 /cm	有效穗数 /(万穗/ hm^2)	穗粒数 /粒	千粒重 /g
宽幅匀播	475.5±12.33	823.5±16.55	92.9±3.11	696.0±15.24	0.97±0.04	89.9±2.46	9.0±0.45	444.0±11.24	34.6±0.81	54.7±0.87
常规条播(CK)	463.5±14.12	753.0±16.41	90.5±2.86	688.5±14.94	0.94±0.02	88.8±2.31	7.4±0.55	405.0±12.57	31.1±0.75	53.1±0.62

表 3 不同处理各生育期的冬小麦旗叶绿素 SPAD 值

处理	拔节期	孕穗期	抽穗期	开花期	灌浆期
宽幅匀播	43.5±0.61	45.3±0.74	48.7±0.92	49.4±1.04	47.9±1.12
常规条播(CK)	40.4±0.55	41.2±0.82	43.7±1.03	43.1±1.26	41.9±0.98

表 4 不同处理的冬小麦盛花期光合特性

处理	Pn /[$\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	Gs /[$\text{molH}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	Ci /[$\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	Tr /[$\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]
宽幅匀播	19.55±0.81	0.502 7±0.03	218.00±3.15	5.38±0.31
常规条播(CK)	17.24±0.77	0.372 8±0.02	259.67±4.26	4.96±0.26

长旗叶持绿期, 促进成熟期干物质积累量向籽粒的分配。刘冲^[21]研究表明, 立体匀播冬小麦开花后各生育时期叶片光合参数均高于条播, 其中旗叶净光合速率提高 6.3%~16.0%、蒸腾速率提高 1.0%~7.4%、气孔导度提高 1.1%~4.5%、胞间 CO₂ 浓度提高 1.3%~11%。并因此延长了叶片衰老时间, 增强了冬小麦生育后期的光合作用。

本研究表明, 宽幅匀播能显著提高冬小麦叶片叶绿素含量。从拔节到灌浆, 宽幅匀播冬小麦旗叶 SPAD 值高于常规条播 3.1~6.3, 特别是在宽幅匀播下, 冬小麦在开花、灌浆期等关键时期对旗叶 SPAD 值有显著提升作用, 有利于光合作用, 减缓叶绿素的分解, 延缓叶片衰老。宽幅匀播能显著改善冬小麦光合特性, 提高冬小麦旗叶光合效率, 降低胞间 CO₂ 浓度、提高蒸腾速率和气孔导度。盛花期宽幅匀播较常规条播小麦旗叶净光合速率提高 13.4%, 气孔导度增加 34.84%, 胞间 CO₂ 浓度降低 16.05%, 蒸腾速率提高 8.47%。宽幅匀播冬小麦的主要经济性状都明显优于常规条播, 特别是有效穗数、穗粒数、千粒重产量三要素。小麦宽幅匀播较常规条播增产 904.2 kg/hm², 增产率达到 14.9%。宽幅匀播能显著提高旱地冬小麦叶片叶绿素含量、改善冬小麦光合特性, 进而提高产量。

参考文献:

- [1] 刘广才. 小麦宽幅匀播高产栽培技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2020(7): 76-79.
- [2] 尤艳荣, 刘广才, 周德录, 等. 宽幅匀播对陇中引黄灌区春小麦主要性状及产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2016(1): 41-43.
- [3] 胡箭卫, 周德录, 尤艳荣, 等. 小麦宽幅匀播高产高效栽培技术的特点及关键技术[J]. 农业科技与信息, 2016(13): 52-53.
- [4] 胡箭卫, 周德录, 尤艳荣, 等. 小麦宽幅匀播高产高效栽培集成配套技术[J]. 中国农技推广, 2016(10): 22-23.
- [5] 刘广才, 胡箭卫, 邓晓奋. 推广宽幅精准匀播技术全面提升冬小麦生产水平[J]. 甘肃农业, 2015(23): 35-37.
- [6] 宋金凤, 张忠福. 山丹县小麦宽幅精准匀播高产栽培技术[J]. 农业开发与装备, 2015(12): 121.
- [7] 李义博, 陶福祿. 提高小麦光能利用效率机理的研究进展[J]. 中国农业气象, 2022, 43(2): 93-111.
- [8] 马鑫. 冬小麦高产高效群体的年际间稳产性能分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [9] 马敏. 徽县旱地冬小麦宽幅匀播密度试验初报[J]. 农业科技与信息, 2017(2): 53-54.
- [10] 田永吉. 徽县 2015 年旱地冬小麦宽幅匀播密度试验初报[J]. 农业科技与信息, 2016(11): 67-68.
- [11] 刘福中, 李永海. 灌溉地春小麦不同播种方式的播种量试验[J]. 现代农业科技, 2017(10): 14-15; 17.
- [12] 张昶林. 永登县小麦宽幅匀播技术不同播种量试验初报[J]. 农业科技与信息, 2016(25): 67-68.
- [13] 刘福中, 丁玉萍. 灌溉地春小麦宽幅匀播最佳施肥量试验初报[J]. 中国农技推广, 2017(6): 39-41.
- [14] 温健, 郭振斌, 张常文, 等. 小麦宽幅匀播技术氮、磷、钾施肥效果及推荐施肥量研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(18): 17-22.
- [15] 李雪瑛. 庄浪县宽幅匀播冬小麦新品种(系)引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 33-35.
- [16] 王建梅, 石伟. 山丹县春小麦宽幅匀播不同品种比较试验初报[J]. 农业科技与信息, 2016(29): 59; 63.
- [17] 高晓星, 吴晓琴, 王瑾. 春小麦宽幅匀播田间肥效试验初报[J]. 农业科技与信息, 2018(7): 16-18; 20.
- [18] 朱文英. 崆峒区冬小麦宽幅匀播肥料效应试验初报[J]. 农家参谋, 2020(22): 75.
- [19] 陈翠贤, 樊胜祖, 刘广才, 等. 宽幅匀播与常规条播春小麦产量和农艺性状比较[J]. 甘肃农业科技, 2016(1): 36-38.
- [20] 孔令英, 赵俊晔, 张振, 等. 宽幅播种下基本苗密度对小麦旗叶光合特性及叶片和根系衰老的影响[J]. 应用生态学报, 2023, 34(1): 107-113.
- [21] 刘冲. 种植方式和施磷量对冬小麦干物质积累分配和产量的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2019.