

低密度条件下杂交小麦节水性能比较

张胜全 (北京杂交小麦工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要 [目的]研究较低种植密度条件下杂交小麦的节水特性,为杂交小麦节水高产栽培提供种植方案。[方法]采取春季不灌水(W_0)、灌1次水(W_1)和灌2次水(W_2)这3种限水灌溉方式及多点比较的试验方法,在低密度条件下比较了杂交小麦的比叶重、群体结构和产量构成。[结果]在春季不灌水条件下,低密度种植的杂交小麦抗旱丰产性突出,产量水平显著高于常规小麦;在春季仅浇灌1次拔节水的情况下, W_1 处理产量与 W_2 处理无明显差异;限水条件下,起身期和拔节期总茎数分别高于常规小麦10.7%和15.9%; W_2 、 W_1 和 W_0 这3种灌溉方式下,杂交小麦分蘖成穗率分别为52.3%、48.7%和39.7%,对杂交小麦产量形成的直接影响从大到小表现为穗数、穗粒数、千粒重。[结论]低密度种植条件下,杂交小麦具有突出的节水抗旱优势,较高的分蘖成穗率是杂交小麦实现节水高产的基础,穗数是实现杂交小麦稳产丰产的主要贡献要素。

关键词 杂交小麦;节水;低密度

中图分类号 S507.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)05-0028-03

Comparison of Water Saving Performance of Hybrid Wheat under Low Density Condition

ZHANG Sheng-quan (Beijing Engineering Research Center for Hybrid Wheat, Beijing 100097)

Abstract [Objective] To study the water saving characteristics of hybrid wheat under low planting density and provide planting plan for water saving and high-yield hybrid wheat cultivation. [Method] Three irrigation methods in spring which were no irrigation (W_0), irrigation one time (W_1) and irrigation two times (W_2), and multi-point comparison test methods were used to research specific leaf weight, population structure and yield components of hybrid wheat under low density conditions. [Result] The drought resistance and yield of hybrid wheat with low density were prominent under the condition of no irrigation in spring, the yield level was significantly higher than that of common wheat. When irrigation was occurred only once in spring, W_2 had no significant difference. Under water-limited conditions, the total numbers of population in raising and jointing stage were 10.7% and 15.9% higher than that of common wheat respectively. Under the three irrigation modes of W_2 , W_1 and W_0 , the percentage of earing-tillers of hybrid wheat was 52.3%, 48.7% and 39.7%, respectively. The direct effects on the yield formation of hybrid wheat were spikes > grains per spike > 1 000-grain weight. [Conclusion] Hybrid wheat had the advantage of water saving and drought resistance under the condition of low density planting. The higher the percentage of earing-tillers was the basis for high water saving and high yield of hybrid wheat. The spike number was the main contribution to the stable yield of hybrid wheat.

Key words Hybrid wheat; Water saving; Low density condition

小麦是我国主要粮食作物,水资源不足已经成为限制小麦产量水平提升的重要因素^[1]。近年来,作物科学家们为提高小麦水分利用效率开展了节水理论与技术研究^[1-4],提出了充分发挥群体优势实现小麦节水高产的可行途径,并形成了晚播密植等一系列配套技术^[3-4]。实践证明,杂交小麦在抗逆性、适应性等方面表现突出,尤其在节水抗逆方面优势突出^[5-7],丰产、稳产性能优于常规小麦。不同于常规小麦的是,杂交小麦具有较为突出的分蘖优势,而能否利用其分蘖成穗优势实现节水高产相统一目前还没有开展深入研究和相关报道。笔者研究低密度种植条件下杂交小麦对水分限制灌溉的响应,探析杂交小麦节水栽培可行途径,以期加快杂交小麦推广应用、缓解水资源紧张形势提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2011—2012年度在北京杂交小麦工程技术研究中心顺义试验站、新疆和田墨玉县种子管理站试验场和新疆伊犁农四师农科所试验场进行。供试田块均为小麦多年品种比较试验田,均实行冬小麦-夏玉米一年两熟种植制度。

1.2 供试材料 供试品种为二系杂交小麦品种京麦6号和京麦7号,对照为常规小麦品种京冬17号、京冬12号和轮选987。

1.3 试验设计 以京麦6号、京麦7号、京冬17号、京冬12号和轮选987为试材,参照常规小麦节水栽培模式^[1],设置春季不浇水(W_0)、春季浇1次水(拔节水, W_1)和春季浇2次水(拔节水+开花水, W_2)3种节水灌溉试验处理,4次重复,每小区面积7.2 m²(9行,行宽16 cm、行长5 m);播期为10月5—10日;基于常规小麦节水栽培技术要求^[2],设计播种密度为300×10⁴株/hm²,约为常规小麦节水栽培推荐密度的50%。

1.4 测定指标

1.4.1 比叶重考察。在北京杂交小麦工程技术研究中心顺义试验站,于开花期选取生长一致植株的旗叶、倒二叶、倒三叶各30片,混合在一起,在叶片中部避开主脉位置用打孔器打孔,之后将叶片样品置于105℃烘箱中杀青30 min,80℃烘箱中烘干至恒重称量,计算比叶重,比叶重(mg/cm²)=叶片重量/叶面积。

1.4.2 群体结构调查。在北京杂交小麦工程技术研究中心顺义试验站,从每处理中选取4个均匀样段进行固定,样段为2行,长1 m;于小麦返青、起身、拔节、成熟等重要生育时期,考察群体茎蘖动态变化,计算分蘖成穗率,分蘖成穗率=(成熟期穗数-基本苗)/(起身期总茎数-基本苗)×100%。

1.4.3 成熟期考种与实产测定。小麦成熟前,对各组合进行理论测产,考察单位面积穗数、穗粒数和千粒重。对各小区全部收获,实现单独收割、晾晒、称重,折算产量(kg/hm²),计算增减产百分率。

1.5 数据分析 试验数据采用SPSS 11.5和Excel 2003进

基金项目 北京市自然科学基金项目(6174039);北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20151403)。

作者简介 张胜全(1982—),男,山东菏泽人,副研究员,博士,从事小麦杂种优势利用与节水高效栽培研究。

收稿日期 2017-11-24

行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉处理对小麦比叶重的影响 对不同灌溉处理上三叶比叶重考察可知(表1),随灌水减少,上三叶叶片比叶重呈增加趋势,并以杂交小麦叶片质量较高;不同灌水处理均表现为杂交小麦比叶重高于常规小麦。由此说明,在低密度条件下,杂交小麦的叶片质量优于常规小麦,且通过春季控水灌溉措施,更加利于杂交小麦叶片质量的改善,提高叶片比叶重。

2.2 不同灌溉处理对小麦群体结构的影响 对群体结构调查显示(表2),杂交小麦与常规小麦返青期群体总茎数无明显差异,但起身期和拔节期总茎数分别高于常规小麦 10.7% 和 15.9%; W_2 、 W_1 和 W_0 这 3 种灌溉方式下,杂交小麦成穗数分别达 783×10^4 、 674×10^4 和 $584 \times 10^4/\text{hm}^2$,分别较常规小麦成穗数增加 15.0%、4.7% 和 3.0%;进一步比较,杂交小麦

分蘖成穗率分别为 52.3%、48.7% 和 39.7%,这也明显高于常规小麦。由此表明,突出的分蘖优势和较高的分蘖成穗率是低密度种植条件下杂交小麦实现节水高产的重要基础。

表 1 不同灌溉处理上三叶比叶重比较

Table 1 Specific leaf weight of top three leaf under different irrigation treatments mg/cm²

| 品种 Variety | 处理 Treatment | | | 平均 Average |
|---------------------------|--------------|-------|-------|---------------|
| | W_2 | W_1 | W_0 | |
| 京麦 6 号 Jingmai6 | 3.60 | 3.75 | 4.00 | 3.80 |
| 京麦 7 号 Jingmai7 | 3.60 | 3.85 | 4.20 | 3.90 |
| 京冬 12 号 Jingdong12 | 2.90 | 3.30 | 3.55 | 3.25 |
| 京冬 17 号 Jingdong17 | 3.35 | 3.60 | 4.25 | 3.75 |
| 轮选 987 Lunxuan987 | 3.50 | 3.15 | 3.85 | 3.50 |
| 平均 杂交小麦 Hybrid wheat | 3.60 | 3.80 | 4.10 | 3.83 |
| Average 常规小麦 Common wheat | 3.25 | 3.35 | 3.88 | 3.49 |

表 2 不同灌溉处理群体茎蘖动态变化

Table 2 Dynamics of population stem tillers under different irrigation treatments

| 品种 Variety | 处理 Treatment | 基本苗 Basic seedling $\times 10^4$ 株 / hm^2 | 生育期 Growth stages // $\times 10^4/\text{hm}^2$ | | | | 分蘖成穗率 Percentage of earing- tillers // % | |
|--------------------|----------------------|--|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---|------|
| | | | 返青期 Regreening stage | 起身期 Raising stage | 拔节期 Jointing stage | 成熟期 Maturity stage | | |
| 京麦 6 号 Jingmai6 | W_0 | 356 | 651 | 1 106 | 1 076 | 561 | 27.3 | |
| | W_1 | 330 | 521 | 1 106 | 1 065 | 671 | 43.9 | |
| | W_2 | 305 | 630 | 1 271 | 1 140 | 765 | 47.6 | |
| 京麦 7 号 Jingmai7 | W_0 | 206 | 450 | 981 | 900 | 606 | 51.6 | |
| | W_1 | 221 | 576 | 1 080 | 866 | 675 | 52.9 | |
| | W_2 | 225 | 761 | 1 236 | 1 050 | 801 | 57.0 | |
| 京冬 12 号 Jingdong12 | W_0 | 356 | 366 | 1 076 | 885 | 600 | 33.9 | |
| | W_1 | 266 | 606 | 1 140 | 1 005 | 666 | 45.8 | |
| | W_2 | 300 | 846 | 990 | 926 | 701 | 58.1 | |
| 京冬 17 号 Jingdong17 | W_0 | 251 | 591 | 1 056 | 810 | 510 | 32.2 | |
| | W_1 | 285 | 645 | 1 140 | 900 | 645 | 42.1 | |
| | W_2 | 356 | 681 | 1 155 | 996 | 666 | 38.8 | |
| 轮选 987 Lunxuan987 | W_0 | 351 | 600 | 861 | 716 | 591 | 47.1 | |
| | W_1 | 366 | 566 | 840 | 761 | 621 | 53.8 | |
| | W_2 | 356 | 795 | 930 | 896 | 675 | 55.6 | |
| 平均 Average | 杂交小麦 Hybrid wheat | W_0 | 281 | 551 | 1 044 | 989 | 584 | 39.7 |
| | | W_1 | 276 | 549 | 1 094 | 966 | 674 | 48.7 |
| | | W_2 | 266 | 696 | 1 254 | 1 095 | 783 | 52.3 |
| | 常规小麦 Common wheat | W_0 | 320 | 519 | 998 | 804 | 567 | 36.4 |
| | | W_1 | 306 | 606 | 1 040 | 888 | 644 | 46.0 |
| | | W_2 | 338 | 774 | 1 025 | 939 | 681 | 49.9 |

2.3 不同灌溉处理对小麦产量形成的影响 由表 3 可知, W_0 、 W_1 和 W_2 这 3 种灌溉方式下,杂交小麦产量水平为 5 469.0、6 918.0 和 7 212.0 kg/hm², W_1 与 W_2 产量差异不显著; 3 种灌溉方式杂交小麦平均产量为 6 533.0 kg/hm²,较常规小麦平均增产 8.3%;但随灌水减少,杂交小麦增产幅度呈增加趋势, W_2 、 W_1 、 W_0 分别较常规小麦增产 0.3%、4.1% 和 28.1%,尤其在春季不灌溉条件下,杂交小麦增产幅度显著,多生态区种植表现出了较为一致的试验结果。综合来看,春季控制灌溉条件下,杂交小麦丰产性要好于常规小麦,尤其

在低密度种植条件下,灌水对杂交小麦产量的影响小于常规小麦,这进一步揭示杂交小麦具有较好的节水丰产性,对环境条件的改变也具有较强的“抗风险”能力,说明杂交小麦较为适合在干旱半干旱区域推广应用。

相关分析表明(表 4),在春季限水灌溉条件下,低密度种植杂交小麦产量与穗数呈极显著正相关($r_1 = 0.883^{**}$),而与穗粒数、千粒重相关性未达到显著水平($r_2 = 0.190$, $r_3 = 0.105$);通径分析表明,对杂交小麦产量的直接影响从大到小表现为穗数(0.891)、穗粒数(0.214)、千粒重(0.010)。统

计分析表明,春季限水灌溉条件下,穗数是实现杂交小麦稳产丰产的最主要贡献因素,而穗粒数和粒重的增加将有助于春季控制灌溉条件下杂交小麦产量水平的进一步提升。

表3 不同灌溉处理产量水平比较

Table 3 Comparison of yield under different irrigation treatments

| 地点 Site | 品种 Variety | 籽粒产量 Grain yield kg/hm ² | | | |
|-----------------|---------------|--|----------------|----------------|---------------|
| | | W ₀ | W ₁ | W ₂ | 平均 Average |
| 新疆和田 Hetian, | 京麦6号 | 2 287.5 | 5 931.0 | 7 075.5 | 5 098.0 |
| | 京麦7号 | 4 783.5 | 5 997.0 | 6 496.5 | 5 759.0 |
| Xinjiang | 京冬12号 | 1 786.5 | 5 214.0 | 5 428.5 | 4 143.0 |
| | 京冬17号 | 2 998.5 | 5 355.0 | 5 926.5 | 4 760.0 |
| | 轮选987 | 3 355.5 | 4 284.0 | 5 782.5 | 4 474.0 |
| 新疆伊犁 Yili, | 京麦6号 | 7 575.0 | 8 290.5 | 8 862.0 | 8 242.5 |
| | 京麦7号 | 6 861.0 | 8 133.0 | 8 433.0 | 7 809.0 |
| Xinjiang | 京冬12号 | 6 432.0 | 9 579.0 | 10 062.0 | 8 691.0 |
| | 京冬17号 | 5 574.0 | 7 146.0 | 9 004.5 | 7 241.5 |
| | 轮选987 | 5 289.0 | 9 375.0 | 9 609.0 | 8 091.0 |
| 北京顺义 Shunyi, | 京麦6号 | 5 385.0 | 6 798.0 | 6 057.0 | 6 080.0 |
| | 京麦7号 | 5 920.5 | 6 355.5 | 6 348.0 | 6 208.0 |
| Beijing | 京冬12号 | 5 473.5 | 6 478.5 | 6 567.0 | 6 173.0 |
| | 京冬17号 | 4 567.5 | 6 061.5 | 6 112.5 | 5 580.5 |
| | 轮选987 | 4 689.0 | 6 645.0 | 6 682.5 | 6 005.5 |
| 平均 Average | 杂交小麦 | 5 469.0 | 6 918.0 | 7 212.0 | 6 533.0 |
| | 常规小麦 | 4 270.5 | 6 643.5 | 7 189.5 | 6 034.5 |

表4 限水灌溉条件下杂交小麦产量构成要素间相关分析

Table 4 The correlation analysis of yield components and yield of hybrid wheat under water saving condition

| 指标 Index | 籽粒产量 Grain yield | 穗数 Spike number | 穗粒数 Grain number per spike | 千粒重 1 000- grain weight |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 籽粒产量 Grain yield | | | | |
| 穗数 Spike number | 0.883 ** | | | |
| 穗粒数 Grain number per spike | 0.190 | -0.031 | | |
| 千粒重 1 000-grain weight | 0.105 | -0.272 | 0.167 | |

注: **表示在0.01水平上极显著相关

Note: ** indicates a significant correlation at 0.01 level

3 讨论与结论

关于常规小麦节水栽培已经有大量研究^[1-4],现普遍采用高密度、大群体的种植方式实现节水高产,播种密度往往超过 500×10^4 株/hm²,甚至达 750×10^4 株/hm²。常规小麦节水栽培强调春季以控为主,如果措施应用不当、时机把握

不准,高密度种植往往造成群体过大,带来群体质量恶化、后期倒伏等问题,产量各构成要素之间难以实现协调平衡。该试验表明,杂交小麦在较常规小麦种植密度减少近50%的情况下,通过个体分蘖成穗优势的充分发挥,仍然可以达到节水栽培适宜的群体指标,且个体质量进一步优化,群体结构更加合理,这可大大减少倒伏风险。对杂交小麦节水抗旱优势形成的机理进行研究将有助于进一步理解和挖掘小麦杂种优势,加速杂交小麦的生产应用。

该试验结果显示,在春季不灌水(W₀)、灌1次水(W₁)和灌2次水(W₂)这3种节水灌溉方式下,杂交小麦均较常规小麦表现出突出的节水抗旱优势,多点试验平均增产幅度达8.3%,整体稳产性、丰产性优于常规小麦,这与前人研究结果^[8-9]一致。从群体结构建成来看,京麦6号、京麦7号等杂交小麦品种具有典型的高分蘖力、高分蘖成穗率的特点,这使得其在较低的种植密度条件下仍然能够获得理想的群体结构,进而实现节水高产。从产量构成方面来看,京麦6号、京麦7号等类型的杂交小麦品种产量主要贡献来自于穗数,这也是其能够实现节水高产的核心和基础。因此,为充分发挥杂交小麦节水抗旱的优势,可适当降低播种密度^[9]。

该试验研究表明,春季限水灌溉条件下,对杂交小麦产量形成的贡献以穗数最为突出,而穗粒数和千粒重的贡献则相对较小,穗数是实现杂交小麦稳产丰产的主要贡献因素。由于降低了播种密度,杂交小麦群体结构趋于优化,穗分化条件有所改善,易形成大穗大粒。基于杂交小麦高分蘖力的突出优势,针对改善结实、提高粒重的关键技术研究将有助于杂交小麦节水栽培条件下产量水平的进一步提升。

参考文献

- [1] 李建民,周殿玺,王璞,等.冬小麦水肥高效利用栽培技术原理[M].北京:中国农业大学出版社,2001.
- [2] 王志敏,王璞,李绪厚,等.冬小麦节水省肥高产简化栽培理论与技术[J].中国农业科技导报,2006,8(5):38-44.
- [3] 陈素英,张喜英,胡春胜,等.河北平原高产粮田综合节水模式研究[J].中国生态农业学报,2004,12(1):148-151.
- [4] 张胜全,方保停,张英华,等.冬小麦节水栽培三种灌溉模式的水氮利用与产量形成[J].作物学报,2009,35(11):2045-2054.
- [5] 李振桥,王世来.杂交小麦“试杂4号”在海兴轻盐碱地试种成功[J].河北师范大学学报(自然科学版),1989(3):12-15.
- [6] 李慧敏,赵明辉,张玉兰,等.小麦杂交种衡杂102丰产性节水性鉴定及分析[J].种子,2012,31(12):59-61.
- [7] 张永丽,肖凯,李雁鸣.灌水次数对杂种小麦冀矮1/C6-38旗叶光合特性和产量的影响[J].作物学报,2006,32(3):410-414.
- [8] 张艳敏,李晋生,黄瑞恒,等.杂种小麦分蘖发生、成穗及农艺因子效应[J].华北农学报,1998,13(1):30-35.
- [9] 张艳敏,李晋生,黄瑞恒,等.杂种小麦的生长优势与超高产栽培研究[J].河北农业科学,1994(3):5-6,19.
- [26] 黄楠,张思,潘霞,等.miRNA靶向mTOR相关信号通路对肿瘤的影响[J].生命的化学,2016,36(1):88-96.
- [27] PATEL A, FONDRK M K, KAFTANOGLU O, et al. The making of a queen; TOR pathway is a key player in diphenic caste development[J]. PLoS One, 2007, 2(6):509.
- [28] MUTTI N S, DOLEZAL A G, WOLSCHIN F, et al. IRS and TOR nutrient-signaling pathways act via juvenile hormone to influence honey bee caste fate[J]. Journal of experimental biology, 2011, 214(23):3977-3984.
- [29] 陈璇,胡福良.雌性蜜蜂级型决定的分子机制[J].蜜蜂杂志,2011,31(4):1-7.

(上接第27页)

- [23] MLOTSHWA S, PRUSS G J, MACARTHUR J L, et al. A novel chemopreventive strategy based on therapeutic microRNAs produced in plants[J]. Cell research, 2015, 25(4):521-524.
- [24] YANG J, FARMER L M, AGYEKUM A A, et al. Detection of an abundant plant-based small RNA in healthy consumers[J]. PLoS One, 2015, 10(9):1-14.
- [25] ZHU K G, LIU M H, FU Z, et al. Plant microRNAs in larval food regulate honeybee caste development[J]. PLoS Genetics, 2017, 13(8):1006946.