

宁夏扬黄灌区水肥一体化条件下玉米品种比较

杨飞, 马文礼, 张战胜, 夏学智 (宁夏农垦农林牧技术推广服务中心, 宁夏银川 750021)

摘要 [目的]比较宁夏扬黄灌区水肥一体化条件下不同玉米品种。[方法]以先玉-335为对照,研究适应宁夏干旱地区水肥一体化条件下的17个玉米吨灌主栽品种的表现;通过对比各品种在水肥一体化条件下的出苗率、生育期、农艺性状和产量及其构成因素等,筛选适宜扬黄灌区水肥一体化条件下的玉米品种。[结果]先玉-1225、新饲玉-18、天赐-19在水肥一体化条件下有较好表现,出苗率分别达到88%、82%、84%,与对照没有显著差异;先玉-1225、新饲玉-18、天赐-19株高、穗位高、空秆率等农艺性状都与对照没有显著差异;3个品种的产量高于对照,分别达到15 090.0、13 618.5、15 555.0 kg/hm²,且与对照有显著差异。[结论]先玉-1225、新饲玉-18、天赐-19共3个品种适合在扬黄灌区水肥一体化条件下推广应用。

关键词 扬黄灌区;水肥一体化条件;玉米;品种比较

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)12-0041-04

Comparative Study on Corn Variety under Condition of Water and Fertilizer Integration in Ningxia Yanghuang Irrigation Area
YANG Fei, MA Wen-li, ZHANG Zhan-sheng et al (Ningxia Nongken Agriculture, Forestry and Animal Husbandry Technology Promotion Service Center, Yinchuan, Ningxia750021)

Abstract [Objective] To carry out the comparative study on corn variety under the condition of water and fertilizer integration in Ningxia Yanghuang Irrigation Area. [Method] With Xianyu-335 as the control, the performance of 17 corn varieties were researched under the condition of water and fertilizer integration suitable for Ningxia Arid Area. By comparing the emergence rate, growth period, agronomic characters, yield and its components, the corn varieties suitable for the water and fertilizer integration in Ningxia Arid Area were screened. [Result] Xianyu-1225, Xinsiyu-18, Tianci-19 showed good performance under the condition of water and fertilizer integration, and their emergence rates were 88%, 82% and 84%, showing no significant differences with the control. The plant height, ear height and empty bar rate and other agronomic characters of Xianyu-1225, Xinsiyu-18 and Tianci-19 showed no significant differences with the those of control. The yields of the three varieties were higher than that of the control, which were 15 090.0, 13 618.5, 15 555.0 kg/hm² and showing significant differences with the control. [Conclusion] Xianyu-1225, Xinsiyu-18 and Tianci-19 were suitable to be extended in Ningxia Yanghuang Irrigation Area under the condition of water and fertilizer integration.

Key words Ningxia Yanghuang Irrigation Area; Condition of water and fertilizer integration; Corn; Variety comparison

玉米是宁夏扬黄灌区第一大粮食作物,对粮食总产的贡献最大。截至2016年,宁夏玉米总生产面积32.2万hm²,约占粮食总播种面积的40%左右,玉米总产由2004年的117.7万t增加到了2016年的226.9万t,增长93%^[1]。玉米产量和效益的变化直接影响着宁夏扬黄灌区粮食生产,对确保国家粮食安全、增加农业产值、提高土地利用率有着重要意义。但宁夏引、扬黄灌区属干旱、半干旱气候过渡地带,多年平均降水量只有192mm,年蒸发量平均为1162mm,除黄河干流过境水之外,灌区基本没有可供利用的地表径流。由于灌区地下水主要由黄河水灌溉补充,地下水资源不重复计算在内的实际可利用水资源量仅为1.3亿m³,灌区可利用的实际水量为41.3亿m³^[2-3],自然资源严重不足,灌区灌溉水利用系数仅为0.35~0.44^[4],灌水利用率偏低,水资源浪费严重,不当灌溉导致的土壤盐渍化等问题已严重影响着宁夏农业的可持续发展^[5]。同时由于采取大水漫灌的生产方式,肥料利用率较低,N为20%~35%,P₂O₅为10%~20%,K₂O为35%~50%^[6-9],水资源短缺和化肥利用率低是目前制约宁夏灌区现代农业发展和玉米产量及效益提升的主要因素。为解决水资源短缺和化肥利用率低的问题,特采用水肥一体化,从而大幅度降低农业用水量,提高灌溉水利用率,增加肥料利用率。

宁夏玉米新品种的引进和推广将是玉米生产中提高产量、增加产值的主要途径之一^[10-13],但适合水肥一体化条件下的品种近年来研究较少。水肥一体化是通过低压管道系统将水按照作物需水规律,均匀而又缓慢地滴入作物根区土壤中的局部灌水方法,与大水漫灌在水、肥使用次数和用量上差异较大。水肥一体化灌水过程遵循“少量多次”原则,单次灌水量根据土壤容重、田间持水量、湿润土层厚度等土壤物理状况指标计算获得,使其既能满足维持玉米根系土壤内部水、肥、气、热适宜于作物生长的良好状况,又不产生地面径流和深层渗漏^[14]。张国桥等^[15]研究显示,玉米水肥一体化条件下磷利用效率可以提高到60%。鉴于此,笔者筛选了适合水肥一体化条件下的玉米品种,为宁夏大面积玉米水肥一体化生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于宁夏农垦长山头农场四队进行,属大陆性季风气候,具有光照充足,热量丰富,温差幅度大,干燥少雨蒸发强烈,春暖快,夏热短,秋凉早,冬寒长,灾害性天气多等特征。根据近10年气象资料统计,年平均气温8.3℃,昼夜温差13~16℃,年平均日照时数2974.4h,日照率为67.4%,年平均降水量220mm,相对湿度45%。年平均蒸发量1824.9mm,无霜期155d左右,试验地耕层土壤碱解氮平均为47mg/kg,有效磷平均为37mg/kg,速效钾平均为149mg/kg,全盐含量0.34g/kg,pH8.5,前茬作物为玉米。

1.2 试验材料 供试品种为近年来审定的适宜宁夏地区种植的17个玉米杂交种(表1),种子均来自育种单位或购自合

基金项目 国家科技支撑计划项目(2015BAD22B00)。

作者简介 杨飞(1986—),男,宁夏平罗人,助理农艺师,硕士,从事作物高效节水栽培研究。

收稿日期 2018-02-11

法种子经营公司。

表1 供试品种列表

Table 1 The list of tested corn varieties

| 编号 Code | 品种 Variety | 编号 Code | 品种 Variety | 编号 Code | 品种 Variety |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| CK | 先玉-335 | H6 | 天山6号 | H12 | 屯玉-556 |
| H1 | 宁单27号 | H7 | 陕单-2002 | H13 | 屯玉-4911 |
| H2 | 屯玉-168 | H8 | ZH966 | H14 | 屯玉-80 |
| H3 | 宁单-19 | H9 | 新饲玉-18 | H15 | 登海-618 |
| H4 | 正大-12 | H10 | 平玉8号 | H16 | 三农-201 |
| H5 | 先玉-1225 | H11 | 天赐-19 | | |

1.3 试验设计 试验设计采用大区对比,每品种种植8行,行长85 m,宽窄行种植(70 cm×40 cm),每处理小区面积为374 m²。两边各种4行保护行。

1.4 调查测定指标 指标测定选取小区中间4行。测定发芽率(在实验室进行)、出苗率、倒伏率、株高及穗位高,统计各品种生育期;测定成熟后玉米每穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、结实率、千粒重及籽粒产量。

1.5 田间管理

1.5.1 灌水量。灌造墒水130 m³。灌溉次数与灌水定额依据玉米生长耗水量需求和2014—2015年试验研究进行(表2)。

1.5.2 肥料。肥料产自宁夏农垦贺兰山肥料有限公司固体滴灌专用肥。施肥次数与施肥量依据玉米生长需肥量和2014—2015年试验研究进行(表3)。

表2 滴水时长与灌水量

Table 2 The irrigation quantity and irrigation times

| 序号 Code | 测定日期 Detection date | 滴水时长 Dripping duration//h | 灌水量 Irrigation quantity m ³ /hm ² |
|------------|------------------------|------------------------------|--|
| 1 | 06-09 | 8 | 16 |
| 2 | 06-20 | 9 | 19 |
| 3 | 06-28 | 9 | 18 |
| 4 | 07-03 | 4 | 8 |
| 5 | 07-09 | 10 | 20 |
| 6 | 07-17 | 10 | 20 |
| 7 | 07-28 | 10 | 20 |
| 8 | 08-05 | 10 | 20 |
| 9 | 08-16 | 10 | 20 |
| 10 | 08-24 | 10 | 20 |
| 11 | 08-30 | 10 | 20 |

表3 施肥次数与施肥量

Table 3 Experiment of frequency and amount of fertilizer

| 序号 Code | 日期 Date | 滴灌肥 Drip irrigation | | 尿素 Urea kg/hm ² | 分次养分量 Nutrient content//kg/hm ² | | |
|------------|------------|---|---|----------------------------------|--|-------------------------------|------------------|
| | | 使用量 Application amount kg/hm ² | 养分含量 Nutrient content (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 | 06-09 | 75 | 25-10-15 | 75 | 53.25 | 7.50 | 11.25 |
| 2 | 06-20 | 75 | 25-10-15 | 75 | 53.25 | 7.50 | 11.25 |
| 3 | 06-28 | 75 | 25-10-15 | | 18.75 | 7.50 | 11.25 |
| 4 | 07-09 | 120 | 25-10-15 | 75 | 69.00 | 12.00 | 18.00 |
| 5 | 07-17 | 75 | 25-10-15 | 75 | 53.25 | 7.50 | 11.25 |
| 6 | 07-28 | 60 | 30-21-5 | 75 | 52.50 | 12.60 | 3.00 |
| 7 | 08-05 | 45 | 30-21-5 | 60 | 41.10 | 9.45 | 2.25 |
| 8 | 08-24 | | | 45 | 20.70 | 0 | 0 |
| 合计 Total | | 525 | | 525 | 361.80 | 79.50 | 91.50 |

1.6 数据统计分析方法 采用Excel 2007和SPSS 20.0进行数据整理、图表制作和统计分析。

2 结果与分析

2.1 玉米发芽率和出苗率比较 从表4可以看出,各品种发芽率均达到了国家标准(85%),说明试验材料为正常的玉米材料。在春季造墒条件下玉米出苗率都达到了正常出苗率,其中H13最高,达到96%,最低是H1,为77%,其他均在85%左右。春季造墒利于玉米吸水发芽,提高出苗率。方差分析结果显示,H1与CK有显著性差异,低于CK的出苗率。其他品种和CK没有差异。

2.2 玉米生育期比较 从表5可以看出,H2、H3、H5、H11、H16的生育期分别比CK长1、0、4、3、4 d,H1、H4、H6、H7、H8、H9、H10、H12、H13、H14、H15生育期分别比CK短10、4、10、3、8、7、8、2、8、6、4 d。一定范围内生育期越长,增加的干物质越多,灌浆时间越长,相对产量越高,宁夏区属于一季晚熟性地区,理论上越晚干物质越多,但该地区后期灾害气候较多,经长期观察显示10月1日前正常成熟,都比较适宜,该试验17个试验材料都在10月前成熟。

2.3 玉米农艺性状分析比较 由表6可知,在株高上通过方差分析得出,H1、H11、H14、H16与CK没有差异,其他均有

表 4 不同玉米品种发芽率和出苗率比较

Table 4 Comparison of germination rate and emergence rate of different corn varieties

| 品种编号 Variety code | 发芽率 Germination rate//% | 出苗率 Emergence rate//% |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| CK | 97.0 | 87 bcd |
| H1 | 99.0 | 77 a |
| H2 | 87.5 | 86 ab |
| H3 | 98.0 | 82 abc |
| H4 | 98.0 | 87 abc |
| H5 | 97.0 | 88 abcd |
| H6 | 100 | 91 cd |
| H7 | 92.0 | 78 abcd |
| H8 | 98.0 | 80 abcd |
| H9 | 94.0 | 82 abcd |
| H10 | 95.0 | 83 abcd |
| H11 | 95.0 | 86 abcd |
| H12 | 96.0 | 87 abcd |
| H13 | 97.0 | 96 d |
| H14 | 100 | 87 abcd |
| H15 | 98.0 | 82 abcd |
| H16 | 99.0 | 83 abcd |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著

Note:Data in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表 5 不同玉米品种生育期比较

Table 5 Comparison of growth period of different corn varieties

| 品种编号 Variety code | 播种期 Sowing date | 出苗期 Emergence date | 成熟期 Mature date | 生育期 Growth period//d |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| CK | 04-21 | 05-04 | 09-21 | 153 |
| H1 | 04-21 | 05-03 | 09-11 | 143 |
| H2 | 04-21 | 05-03 | 09-22 | 154 |
| H3 | 04-21 | 05-04 | 09-21 | 153 |
| H4 | 04-21 | 05-03 | 09-17 | 149 |
| H5 | 04-21 | 05-04 | 09-25 | 157 |
| H6 | 04-21 | 05-04 | 09-21 | 143 |
| H7 | 04-21 | 05-05 | 09-18 | 150 |
| H8 | 04-21 | 05-05 | 09-19 | 145 |
| H9 | 04-21 | 05-03 | 09-14 | 146 |
| H10 | 04-21 | 05-02 | 09-13 | 145 |
| H11 | 04-21 | 05-02 | 09-24 | 156 |
| H12 | 04-21 | 05-02 | 09-19 | 151 |
| H13 | 04-21 | 05-03 | 09-13 | 145 |
| H14 | 04-21 | 05-03 | 09-15 | 147 |
| H15 | 04-21 | 05-03 | 09-17 | 149 |
| H16 | 04-21 | 05-03 | 09-25 | 157 |

显著差异,其中 H4、H6、H7、H10、H12、H13、H14、H15、H16 均与 CK 有显著性差异,比 CK 低。H2、H3、H5、H9 均与 CK 有显著性差异,比 CK 高。H2 最高,为 318.75 cm。由此可以看出,玉米株高是反映玉米长势旺盛的一个重要因素,植株高大说明玉米长势旺盛,但同时玉米长势太旺,营养生长过多影响生殖生长,一定程度上对籽粒玉米产量上有影响。玉米的主果穗穗位高与株高之间存在着一定的正相关关系,即穗位随着株高的增加而增加,H14、H16 与 CK 没有显著差异,其他均有差异,其中 H1、H2、H3、H4 均比 CK 穗位高,有显著性差异;H5、H6、H7、H8、H9、H10、H11、H12、H13、H14 均比 CK 穗位低,有显著性差异。空杆率方差分析显示,H16 空杆

率高,与对照有显著性差异,而其他没有差异。空杆率的形成与品种、密度、水肥有直接关系,密度越大,空杆越多,水肥不足也会引起空杆。综上所述,H16 的农艺性状差于 CK,其他品种农艺形状和 CK 没有差异。

表 6 不同玉米品种农艺性状比较

Table 6 Comparison of agronomic characters of different corn varieties

| 品种 Treatment- code | 株高 Plant height cm | 穗位 Ear height cm | 空杆率 Empty bar rate//% |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| CK | 277.25 fg | 121.2 f | 1.7 ab |
| H1 | 282.50 fg | 131.0 i | 1.3 a |
| H2 | 318.75 j | 148.2 j | 2.3 ab |
| H3 | 289.25 gh | 130.4 hi | 1.7 ab |
| H4 | 263.50 e | 125.2 gh | 2.3 ab |
| H5 | 298.00 hi | 113.8 e | 2.0 ab |
| H6 | 228.50 bc | 93.2 b | 2.7 ab |
| H7 | 237.50 cd | 110.2 de | 3.0 abc |
| H8 | 232.75 bcd | 101.8 c | 3.3 abc |
| H9 | 305.75 i | 118.2 e | 3.3 abc |
| H10 | 232.75 bcd | 101.4 b | 2.3 ab |
| H11 | 273.00 ef | 120.8 g | 1.7 ab |
| H12 | 220.00 b | 113.0 de | 2.0 ab |
| H13 | 245.75 d | 106.4 cd | 3.7 bc |
| H14 | 262.75 e | 117.2 ef | 3.0 abc |
| H15 | 206.50 a | 91.6 a | 2.3 ab |
| H16 | 237.00 cd | 120.8 fg | 4.3 c |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著

Note:Data in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.3 玉米产量构成因子比较 从表 7 可以看出,通过方差分析得出各玉米品种产量差异较大,均与对照有显著性差异。其中 H2、H3、H4、H5、H9、H10、H11 显著高于对照,其他低于 CK;H11 最高,达到 1 037 kg, H16 最低,为 575.6 kg。根据当地常年种植习惯,说明大水漫灌和滴灌在品种选择上有一定差异,滴灌在水肥上更加合理,在玉米需水需肥时滴灌更加及时地满足了玉米的水肥需求,使得对水肥敏感的品种产量表现较好,而一些品种在大水漫灌时不能很好地满足其生长发育条件。从构成产量的要素上分析可知,除 H13 收获穗数高于 CK 外,其他品种均低于 CK;H1、H5、H9、H11、H12、H13、H14、H15 千粒重高于 CK,其中 H11 最高,达到 313.69 g,其他都比 CK 低,最低的是 H2,为 193.77 g,两者相差 119.92 g。从综合产量及其构成因素千粒重来, H5、H9、H11 都好于 CK。

3 结论与讨论

3.1 结论 通过试验得出玉米在水肥一体化条件下,在其他条件都一样的情况下,各个品种表现不一致,品种间有一定差异。

(1)在出苗方面,方差分析显示,屯玉 168、宁单-19、正大 12、先玉 1225、天山 6 号、陕单 2002、ZH966、新词玉 18、平玉 8 号、天赐 19、屯玉-556、屯玉 4911、屯玉 80、登海 618、三农 201 分别达到 86%、82%、87%、88%、91%、78%、80%、

82%、83%、86%、87%、96%、87%、82%、83%、87%，均与先玉-335的出苗率(87%)没有差异；综合出苗率考虑，应选择宁单-19、正大12、先玉1225、天山6号、陕单2002、

ZH966、新饲玉18、平玉8号、天赐19、屯玉-556、屯玉4911、屯玉80、登海618、三农201。

表7 不同玉米品种产量构成因子比较

Table 7 Comparison of yield component factors of different corn varieties

| 品种编号 Variety code | 穗长 Ear length cm | 穗粗 Ear length cm | 秃尖 Bare tip cm | 穗行数 Ear rows 行 | 行粒数 Grains per row//粒 | 千粒重 1 000-grain weight//g | 出籽率 Seed rate % | 收获穗数 Harvested spikelets 穗/hm ² | 籽粒产量 Seed yield kg/hm ² |
|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|---|--|
| CK | 20.19 | 4.74 | 1.25 | 16 | 38 | 263.47 | 80.7 | 75 750 | 13 177.5 h |
| H1 | 18.63 | 4.92 | 0.55 | 18 | 35 | 266.51 | 77.8 | 64 350 | 12 846.0 e |
| H2 | 17.20 | 5.38 | 1.20 | 22 | 33 | 193.77 | 76.6 | 60 750 | 11 931.0 b |
| H3 | 21.73 | 4.92 | 0.72 | 18 | 45 | 202.42 | 82.3 | 62 400 | 14 050.5 k |
| H4 | 16.77 | 5.54 | 0.82 | 18 | 34 | 242.56 | 73.4 | 63 900 | 13 827.0 j |
| H5 | 18.23 | 4.30 | 1.33 | 16 | 37 | 309.71 | 82.6 | 67 200 | 15 090.0 l |
| H6 | 17.31 | 4.44 | 0.95 | 18 | 37 | 221.52 | 85.1 | 71 400 | 12 108.0 c |
| H7 | 16.28 | 4.85 | 1.00 | 18 | 32 | 217.00 | 76.4 | 69 000 | 12 235.5 d |
| H8 | 17.67 | 4.80 | 0.97 | 18 | 36 | 225.43 | 76.5 | 70 800 | 13 260.0 g |
| H9 | 17.07 | 4.29 | 1.10 | 16 | 33 | 272.34 | 83.3 | 69 750 | 13 618.5 i |
| H10 | 17.98 | 4.57 | 0.78 | 16 | 37 | 257.90 | 80.9 | 78 450 | 13 999.5 k |
| H11 | 18.33 | 4.85 | 0.51 | 14 | 37 | 313.69 | 82.9 | 73 950 | 15 555.0 m |
| H12 | 17.26 | 4.45 | 1.60 | 18 | 53 | 263.53 | 83.4 | 75 450 | 13 434.0 f |
| H13 | 16.65 | 4.12 | 0.40 | 14 | 34 | 301.37 | 80.9 | 78 600 | 12 090.0 c |
| H14 | 17.21 | 4.39 | 0.92 | 16 | 34 | 302.74 | 83.3 | 73 200 | 13 156.5 f |
| H15 | 18.25 | 4.17 | 0.82 | 14 | 35 | 333.28 | 83.1 | 70 800 | 12 775.5 e |
| H16 | 16.92 | 5.02 | 2.12 | 18 | 32 | 201.19 | 72.5 | 64 200 | 8 634.0 a |

注：同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著

Note: Data in the same column indicated significant differences at 0.05 level

(2)在农艺性状表现方面，株高和穗位高对于玉米生产没有太大的影响，空秆率是由于多方面因素造成的。在同一条件下，应该选择空秆率低的品种，除三农201和对对照有差异外，其他均没有差异。综合农艺性状分析得出，应选择宁单27号、屯玉-168、宁单-19、正大12、先玉1225、天山6号、陕单2002、ZH966、新饲玉18、平玉8号、天赐19、屯玉-556、屯玉4911、屯玉80、登海618。

(3)在产量构成方面，先玉1225、新饲玉18、天赐19产量分别15 090.0、13 618.5、15 555.0 kg/hm²高于对照品种13 177.5 kg/hm²；千粒重分别是309.71、272.34、313.69 g，均高于先玉-335的263.47 g。

综上所述，适宜扬黄灌区水肥一体化条件下的玉米品种为先玉1225、新饲玉18、天赐19。

3.2 讨论 玉米的产量由千粒重、穗粒数、穗数构成。千粒重和营养、品种、气候相关性较强，水肥一体化使营养更加合理，灌浆更加充分，有利于提高千粒重；穗粒数与营养、品种、气候相关性较强，水肥一体化使营养更加合理有效穗粒数较多，秃尖减少；穗数和发芽率、出苗率有关，玉米是独秆大穗型作物，有效穗数决定着产量，所以一定要选择出苗率高的品种，该试验中出苗率差异不大。

水肥一体化灌溉施肥的肥效快，养分利用率高。它可避免肥料施在较干的表土层易引起的挥发损失、溶解慢，最终肥效发挥慢的问题，尤其避免了铵态和尿素态氮肥施在地表挥发损失的问题，既节约氮肥又有利于环境保护。由此，水肥一体化技术使肥料的利用率大幅度提高，达到省肥节水、

省工省力、降低湿度、减轻病害、增产高效的效果。该技术加快了玉米生长发育进程，促进了玉米营养阶段的生长，使玉米的株高、叶面积、光合势、地上部生物量有效提高。前期良好的营养生长为后期生殖生长奠定了基础，使玉米穗长、穗粒数、百粒重、产量等增加。

宁夏地区多数都是造墒发芽出苗，而且2016年的墒情好于往年同期，墒情的好坏直接影响发芽率。试验得出种子的发芽率都符合国家标准，在一定情况下出苗率高代表着成穗株数多，株数是影响产量的因素之一。由于在宁夏播种时期往往墒情较差，应选择出苗率较高的品种。该试验应在墒情较差的土壤或年份继续做重复性试验，这也是试验的不足之处；从农艺性状来看，根据宁夏种植习惯，株高、穗位高、空秆率对品种筛选的影响不大，但一般在籽粒玉米和青贮玉米的选择上有一定习惯；曹玉军等^[16]研究证明，滴灌覆膜处理和常规滴灌显著提高了玉米水分利用效率，同时滴灌较大水漫灌也提高了玉米水分利用效率，加快了玉米生长发育进程，促进了玉米营养阶段的生长，使玉米的株高、叶面积、光合势、地上部生物量在开花期以前显著高于滴灌不覆盖处理。前期良好的营养生长为后期生殖生长奠定了基础，使覆盖处理玉米穗长、穗粒数、百粒重、产量等指标均显著高于不覆盖处理。尽管滴灌产量得到提高，但水分大部分作用于根部附近的土壤，在作物根区形成一个球形或椭球形湿润体，湿润深度较浅^[17]。前人对棉花膜下滴灌的研究认为，膜下滴灌可能会抑制玉米根系向深层土壤的生长，使玉米侧根数

(下转第51页)

表7 品种、播量水平间产量及其构成因素的比较(F值)

Table 7 Comparison of yield and its component factors in different varieties and sowing quantities

| 因素 Factor | 处理编号 Treatment code | 穗数 Number of spike $\times 10^6/\text{hm}^2$ | 穗粒数 Grains per spike | 千粒重 1 000-grain weight g | 产量 Yield t/hm^2 |
|--------------------------|---------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 品种 Variety | V ₁ | 11.05 aA | 32.51 cC | 34.94 cC | 6.65 abA |
| | V ₂ | 8.93 bB | 35.93 bB | 41.19 bB | 7.47 aA |
| | V ₃ | 7.52 cC | 41.27 aA | 43.66 aA | 6.06 bA |
| 播量 Sowing quantity | Q ₃ | 9.30 aA | 37.07 aA | 40.43 aA | 6.80 aA |
| | Q ₄ | 9.26 aA | 36.77 aA | 40.06 aA | 6.67 aA |
| | Q ₅ | 8.93 aA | 35.86 aA | 39.30 aA | 6.71 aA |
| F值 F value | V | 68.19** | 421.36** | 437.14** | 10.83* |
| | Q | 0.22 | 2.13 | 1.76 | 0.03 |
| | V × Q | 1.14 | 1.17 | 0.25 | 0.16 |

注:同列不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示处理间在0.01水平差异极显著;*表示方差分析在0.05水平差异显著,**表示在0.01水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; Different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.05 level; * indicated significant differences at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

是由于在小麦灌浆期到成熟期,随着播量的增加出现了不同程度的倒伏,进而影响产量的形成。撒播播量应控制在 Q_3 ($300.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$) $\leq Q \leq Q_5$ ($450.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$)。播量小于这个范围,小麦单株的个体优势显著、群体调节能力不能充分发挥;大于这个范围,使小麦群体密度加大,个体之间相互竞争,株间通风透光性差,营养生长过盛,茎秆细弱抗倒性差,小麦产量构成三要素都降低,最终导致减产。

冬小麦不同类型品种在一定的播量范围内同期撒播种植,穗粒数随播量的增加而减少;穗数随播量增加先增加后减少、适量播种的穗数最大;千粒重随播量增加而减少;撒播产量与小麦品种类型有关,不同类型品种同一播期下有不同的最适播量。该研究印证了刘萍等^[13]关于同期播种的不同

品种其适宜种植密度不同的观点。说明根据不同类型的小麦品种自身调节作用,进行播期、播量的选择可充分发挥品种特性和产量潜力。3种冬小麦品种撒播种植在相应播量下都可获得高产,该试验以中穗型品种产量为最高,其次是多穗型,这与陈化榜等^[14]研究的均衡型冬小麦品种结果相似。而重穗型品种大多是在高肥力条件下获得较高产量^[15-16],而该试验中重穗型品种并没有发挥出产量潜力,这可能与撒播种植方式有关。

参考文献

- [1] 于振文,田奇卓,潘庆民,等.黄淮海区冬小麦超高产栽培的理论与实践[J].作物学报,2002,28(5):577-585.
- [2] 凌启鸿,张洪程,程庚令,等.小麦“小群体、壮个体、高积累”高产栽培途径的研究[J].江苏农业学报,1983,4(2):13-21.
- [3] 欧阳西荣.小麦播种方式与耕作方式的研究[J].耕作与栽培,1989(1):1-4.
- [4] 翟云龙,魏燕华,张海林,等.耕种方式对华北地区冬小麦群体质量及产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(9):1174-1182.
- [5] 孙全德,白有善,韩俊杰.稻茬麦旋耕撒播生育特点、栽培指标和肥水技术研究[J].生态农业研究,1996,4(3):74-76.
- [6] 吴新胜,何景瑞,陈之政,等.冬小麦不同播种方式对比试验[J].江苏农业科学,2012,40(7):66-69.
- [7] 李素真,周爱莲,王霖,等.不同播期播量对不同类型超级小麦产量构成因子的影响[J].山东农业科学,2005(5):12-15.
- [8] 刘万代,陈现勇,尹钧,等.播期和密度对冬小麦豫麦49-198群体性状和产量的影响[J].麦类作物学报,2009,29(3):464-469.
- [9] 杨健,张保军,毛建昌,等.播期与密度对冬小麦西农9871籽粒产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(3):529-534.
- [10] 胡焕焕,刘丽平,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.
- [11] 阴卫军,刘霞,倪大鹏,等.播期对优质小麦籽粒灌浆特性及产量构成的影响[J].山东农业科学,2005(5):16-18,22.
- [12] 余泽高,覃章景,李力.小麦不同播期生长发育特性及若干性状的研究[J].湖北农业科学,2003(5):24-27.
- [13] 刘萍,郭文善,徐月明,等.种植密度对中、弱筋小麦籽粒产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2006,26(5):117-121.
- [14] 陈化榜,曾北燕,李晴祺.大穗型、中间型、多穗型高产小麦品种产量潜力和稳产性能的研究[J].华北农学报,1991,6(4):22-29.
- [15] 王法宏,王旭清,任德昌,等.小麦不同类型品种群体根系活性与成穗数的关系[J].山东农业科学,1999(2):12-14.
- [16] 乔蕊清,卫云宗,晋宏,等.小麦高产品种分蘖成穗类型及其配套技术体系的研究与应用[J].山西农业科学,1999,27(1):8-11.

(上接第44页)

量增加、主根退化、根系分布浅,不利于玉米根系吸收土壤深层的水分和养分,导致抗逆性减弱^[18],这一问题在玉米上尚需进一步研究。

参考文献

- [1] 李新,许志斌,余奎军,等.宁夏玉米产业的现状和发展[J].种子,2009,28(9):104-106.
- [2] 刘伟虹.宁夏引黄灌区水资源现状与合理利用[J].农业科学研究,2006,27(2):74-78.
- [3] 张鹏程,张建斌,张维江,等.宁夏农业灌溉用水有效利用系数测算[J].安徽农业科学,2010,38(34):19485-19487.
- [4] 战家男,张维江,马晓阳,等.宁夏农业灌溉用水有效利用系数预测研究[J].农业科学研究,2012,33(4):51-53.
- [5] 张洪银.宁夏农垦农业用水存在的问题及对策分析[J].中国新技术新产品,2015(2):162.
- [6] 王火焰,周健民.肥料养分真实利用率计算与施肥策略[J].土壤学报,2014,51(2):216-225.
- [7] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [8] 刘小虎,邢岩,赵斌,等.施肥量与肥料利用率关系研究与应用[J].土

壤通报,2012,43(1):131-135.

- [9] 闫湘,金继运,何萍,等.提高肥料利用率技术研究进展[J].中国农业科学,2008,41(2):450-459.
- [10] 英敏,余虎,李其义.玉米品种区域试验精确度和品种比较精确度分析[J].种子,2004,23(10):65-66.
- [11] 徐树人,张丽林,张存奎,等.玉米品种研究与分析[J].上海农业科技,2004(1):92.
- [12] 王君,张常在,吕丽俊,等.高产优质玉米新品种——科河11号的选育[J].华北农学报,2004,19(Z1):146-148.
- [13] 高玉琴,安静涛,崔渊.玉米新品种比较试验[J].种子世界,2004(10):25-26.
- [14] 王茜,杨建全.宁夏引黄灌区滴灌冬小麦、玉米灌溉施肥制度研究[J].安徽农业科学,2012,40(36):17585-17588.
- [15] 张国桥,王静,刘涛,等.水肥一体化施肥对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(5):1103-1109.
- [16] 曹玉军,魏雯雯,徐国安,等.半干旱区不同地膜覆盖滴灌对土壤水、温变化及玉米生长的影响[J].玉米科学,2013,21(1):107-113.
- [17] 李毅,王文焰,王全九.论膜下滴灌技术在干旱-半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J].灌溉排水,2001,20(2):42-46.
- [18] 买文选,田长彦.膜下滴灌棉花早衰发生的可能机制研究:从生长与养分的角度[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):132-138.