2019年黄淮海玉米品种与密度协同的光温高效利用试验

周新 王育红 沈东风
（洛阳农林科学院，河南洛阳 471000）

摘要 为了分析限制玉米生长的关键因素，揭示玉米生育进程与光、温等气候资源动态的协调机制，2019年在黄淮海地区开展了玉米品种与密度协同的光温高效利用试验。结果表明，在4.5万~10.5万株/hm²的种植密度下，先玉335的产量都是最高的，说明先玉335对密度的适应性强，具有高产性；郑单958和京农科728这2个玉米品种的最适宜密度为7.5万株/hm²，先玉335和迪卡517这2个玉米品种的最适宜密度为9.0万株/hm²。

关键词 玉米；品种；密度；光温；高效利用；黄淮海地区；2019年

通过调查黄淮海地区夏玉米生育进程、物质生产水平以及产量构成等指标，分析限制玉米生长的关键因素，揭示玉米生育进程与光、温等气候资源动态的协调机制，以期为玉米高产与资源高效利用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法
1.1 试验材料
供试玉米品种共4个，分别是郑单958，先玉335，京农科728，迪卡517。

1.2 试验设计
在当地的主要种植模式和栽培管理条件下，每个品种设置5个种植密度，分别为4.5万，6.0万，7.5万，9.0万，10.5万株/hm²。各小区以梯田形态分布，每小区10行，每行20m，每行50cm，45行，不设重复，取样在大区范围内选3个点作为重复，每个处理面积96m²。

1.3 调查内容与方法
1.3.1 生育进程与叶片数调查
记录播种期，出苗期，抽雄期，吐丝期，成熟期，收获期。抽雄期和吐丝期分别在抽雄前后10天，吐丝前后10天，每小区随机取样1个，分别固定叶片数。

表1 种植密度对不同玉米品种产量及其构成因素的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度</th>
<th>品种</th>
<th>穗秆比</th>
<th>穗长/cm</th>
<th>光合面积/cm²</th>
<th>穗行数</th>
<th>行粒数</th>
<th>千粒重/g</th>
<th>单粒重/g</th>
<th>出仁率/%</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>4.8</td>
<td>16.9</td>
<td>0.6</td>
<td>14.1</td>
<td>35.1</td>
<td>9948.0</td>
<td>32.20</td>
<td>80.75</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉335</td>
<td>4.8</td>
<td>20.0</td>
<td>1.8</td>
<td>15.7</td>
<td>35.0</td>
<td>10654.5</td>
<td>37.26</td>
<td>83.11</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科728</td>
<td>4.8</td>
<td>16.6</td>
<td>1.1</td>
<td>14.1</td>
<td>31.5</td>
<td>9594.0</td>
<td>37.26</td>
<td>83.72</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡517</td>
<td>4.5</td>
<td>17.7</td>
<td>1.3</td>
<td>17.6</td>
<td>31.6</td>
<td>9424.5</td>
<td>37.33</td>
<td>86.61</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>4.9</td>
<td>17.7</td>
<td>0.5</td>
<td>14.2</td>
<td>37.1</td>
<td>10321.5</td>
<td>33.81</td>
<td>83.12</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉335</td>
<td>4.9</td>
<td>20.1</td>
<td>1.6</td>
<td>16.0</td>
<td>36.8</td>
<td>12811.5</td>
<td>37.98</td>
<td>83.66</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科728</td>
<td>4.8</td>
<td>17.8</td>
<td>0.6</td>
<td>14.3</td>
<td>36.0</td>
<td>10737.0</td>
<td>36.62</td>
<td>84.37</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡517</td>
<td>4.5</td>
<td>18.4</td>
<td>1.3</td>
<td>17.4</td>
<td>33.4</td>
<td>10350.0</td>
<td>31.91</td>
<td>87.43</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>4.8</td>
<td>16.7</td>
<td>0.6</td>
<td>14.0</td>
<td>35.9</td>
<td>10557.0</td>
<td>31.94</td>
<td>81.63</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉335</td>
<td>4.8</td>
<td>17.9</td>
<td>1.9</td>
<td>15.8</td>
<td>31.1</td>
<td>12325.5</td>
<td>35.49</td>
<td>82.80</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科728</td>
<td>4.8</td>
<td>15.1</td>
<td>0.9</td>
<td>14.5</td>
<td>29.6</td>
<td>11497.5</td>
<td>37.09</td>
<td>83.78</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡517</td>
<td>4.5</td>
<td>16.4</td>
<td>1.0</td>
<td>17.5</td>
<td>30.8</td>
<td>10922.5</td>
<td>30.52</td>
<td>84.33</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>4.7</td>
<td>16.7</td>
<td>0.8</td>
<td>14.0</td>
<td>34.5</td>
<td>10324.5</td>
<td>30.39</td>
<td>82.13</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉335</td>
<td>4.7</td>
<td>18.0</td>
<td>1.6</td>
<td>15.7</td>
<td>30.5</td>
<td>12856.5</td>
<td>36.02</td>
<td>83.14</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科728</td>
<td>4.7</td>
<td>15.0</td>
<td>1.2</td>
<td>14.1</td>
<td>28.8</td>
<td>11053.5</td>
<td>36.35</td>
<td>83.81</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡517</td>
<td>4.4</td>
<td>15.4</td>
<td>1.0</td>
<td>17.5</td>
<td>27.7</td>
<td>10950.0</td>
<td>29.65</td>
<td>87.66</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>4.6</td>
<td>15.8</td>
<td>0.7</td>
<td>14.0</td>
<td>33.3</td>
<td>9414.0</td>
<td>31.15</td>
<td>81.11</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉335</td>
<td>4.7</td>
<td>17.5</td>
<td>1.9</td>
<td>15.4</td>
<td>30.3</td>
<td>11085.0</td>
<td>37.63</td>
<td>82.93</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科728</td>
<td>4.8</td>
<td>13.9</td>
<td>0.9</td>
<td>14.3</td>
<td>26.7</td>
<td>10542.0</td>
<td>37.44</td>
<td>83.19</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡517</td>
<td>4.4</td>
<td>15.6</td>
<td>1.0</td>
<td>17.3</td>
<td>27.6</td>
<td>10831.5</td>
<td>30.08</td>
<td>88.24</td>
</tr>
</tbody>
</table>

2 结果与分析
2.1 产量及其构成因素
不同种植密度对不同玉米品种的产量及产量构成因素的影响如表1所示。可以看出，在种植密度为4.5万株/hm²时，先玉335的产量最高，高达10654.5 kg/hm²；迪卡517的

作者简介 周新（1968-）,男,河南洛阳人,助理研究员,主要从事玉米新品种选育及栽培技术研究工作。

收稿日期 2020-04-20
表 2 种植密度对不同玉米品种生育期的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度/万株·hm⁻²</th>
<th>品种</th>
<th>播种期</th>
<th>出苗期</th>
<th>抽雄期</th>
<th>穗期</th>
<th>成熟期</th>
<th>收获期</th>
<th>生育期d</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>郑单 958</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉 335</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科 728</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-24</td>
<td>07-26</td>
<td>07-25</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡 517</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-25</td>
<td>07-26</td>
<td>07-26</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单 958</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉 335</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>07-28</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科 728</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-24</td>
<td>07-25</td>
<td>07-25</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡 517</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-25</td>
<td>07-26</td>
<td>07-26</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单 958</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉 335</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>07-28</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科 728</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-24</td>
<td>07-25</td>
<td>07-25</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡 517</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-25</td>
<td>07-26</td>
<td>07-26</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单 958</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-25</td>
<td>07-27</td>
<td>07-26</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉 335</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科 728</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>07-27</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡 517</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>07-28</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单 958</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>先玉 335</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-26</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>09-20</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>京农科 728</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-24</td>
<td>07-27</td>
<td>07-27</td>
<td>09-16</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>迪卡 517</td>
<td>06-07</td>
<td>06-12</td>
<td>07-03</td>
<td>07-25</td>
<td>07-27</td>
<td>07-28</td>
<td>09-16</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表 3 种植密度对不同玉米品种株高和叶数的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度</th>
<th>品种</th>
<th>叶片数</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>植株数</th>
<th>高度/cm</th>
<th>叶数/cm</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>先玉335</td>
<td>18.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.0</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>5.1</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.9</td>
<td>14.1</td>
<td>12.2</td>
<td>9.8</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.1</td>
<td>11.8</td>
<td>9.6</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.6</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表 4 种植密度对不同玉米品种干物质积累的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度</th>
<th>品种</th>
<th>叶片数</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>植株数</th>
<th>高度/cm</th>
<th>叶数/cm</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>先玉335</td>
<td>18.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.0</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>5.1</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.9</td>
<td>14.1</td>
<td>12.2</td>
<td>9.8</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.1</td>
<td>11.8</td>
<td>9.6</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.6</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表 5 种植密度对不同玉米品种株叶面积密度动态的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度</th>
<th>品种</th>
<th>叶片数</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>植株数</th>
<th>高度/cm</th>
<th>叶数/cm</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>先玉335</td>
<td>18.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.0</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>5.1</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.9</td>
<td>14.1</td>
<td>12.2</td>
<td>9.8</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.1</td>
<td>11.8</td>
<td>9.6</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.6</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表 6 种植密度对不同玉米品种农艺性状的影响

<table>
<thead>
<tr>
<th>种植密度</th>
<th>品种</th>
<th>株高/cm</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>叶面积比%</th>
<th>植株数</th>
<th>高度/cm</th>
<th>叶数/cm</th>
<th>叶面积/cm²</th>
<th>叶面积比%</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.5</td>
<td>先玉335</td>
<td>18.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.0</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>5.1</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>6.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.9</td>
<td>14.1</td>
<td>12.2</td>
<td>9.8</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>9.0</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.5</td>
<td>13.1</td>
<td>11.8</td>
<td>9.6</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>郑单958</td>
<td>19.6</td>
<td>13.4</td>
<td>11.9</td>
<td>9.7</td>
<td>7.5</td>
<td>6.0</td>
<td>12.4</td>
<td>10.63</td>
<td>6.35</td>
<td>5.12</td>
<td>0.90</td>
</tr>
</tbody>
</table>

(下转第 11 页)
能起到增产作用。其中，在2018年高温水涝的情况下，增产率为11.06%~30.35%；在2019年正常年景，增产率为2.74%~12.08%。高温水涝的条件下增产率明显高于正常年景，说明3种高效控释肥对耐硫酸钾复合肥更能提高玉米的抗逆性，起到增产的效果。通过2年的试验示范发现，水稻控释肥的增产效果较好，2018年，2019年增产率分别为30.35%~12.08%，明显优于其他控释肥和地大控释肥2种肥料，可大面积推广应用。

随着人们对生态环境和生活质量的重视，减少农业面源污染势在必行，采用高效控释肥替代普通肥料，可有效减少化肥施用量。另据赵斌等研究表明，施用控释肥可以增加玉米籽粒的粗蛋白和可溶性糖含量，改善玉米品质，因此，无论从化肥减量角度考虑，还是从提高玉米品质角度考虑，高效控释肥都将是我们未来推广的方向。

4 参考文献