

灌溉制度和氮肥对冬小麦粒重的影响

范仲学¹ 王璞¹ M. Boening-Zilkens² 梁振兴¹ W. Claupein²

(1 中国农业大学作物学院; 2 德国霍恩海姆大学)

摘要 为探讨传统栽培技术和优化栽培技术对小麦粒重的影响,于1999—2000年在中国农业大学中德合作项目北京试验基地进行了包括灌溉、氮肥和秸秆3因素共18个处理组合的田间试验。结果表明:秸秆处理对粒重无明显影响,优化灌溉有利于提高粒重,优化灌溉配合优化施氮肥提高小麦粒重;小麦不同粒位粒重的高低顺序为:第2位粒>第1位粒>第3位粒,而且栽培技术无法改变这种差异;施氮对籽粒胚乳细胞数目的影响取决于土壤水分状况,土壤水分不足时为负效应,否则为正效应。本文从粒重角度建议北京地区种植多穗型和灌浆速率快的小麦品种。

关键词 灌溉; 氮肥; 冬小麦; 粒重; 胚乳细胞

中图分类号 S311

Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Grain Weight of Winter Wheat

Fan Zhongxue¹ Wang Pu¹ Marion Boening-Zilkens² Liang Zhenxing¹ Wilhelm Claupein²

(1 College of Crop Science, CAU; 2 University of Hohenheim, Germany)

Abstract At Beijing experimental site of Sino-German cooperative project, a field trial that included 18 treatments with 3 factors was carried out in 1999—2000 for investigating the relationship between cultivation technique and grain weight of winter wheat. The results showed that: There was no effect of straw treatment on grain weight; Optimized irrigation and optimized nitrogen fertilization under optimized irrigation increased grain weight. The order of grain weight in different position on spike-let in one ear was as follow: 2nd grain > 1st grain > 3rd grain and the order was not changed by cultivation technique. Effect of nitrogen fertilizer application on the number of endosperm in grain depended on soil water condition: Negative effect resulted from inadequate soil water content and *vice versa*. Suitable variety wheat for Beijing region was suggested.

Key words irrigation; nitrogen fertilizer; winter wheat; grain weight; endosperm cell

粒重是小麦植株最后形成的一个产量构成因素,尽管小麦产量3因素的遗传力大小顺序为粒重>粒数>穗数,即粒重是产量3因素中最稳定、受环境作用力最小的因素。但在生产上,不同年际、不同栽培条件下,小麦粒重波动仍然很大。北京房山县1972—1989低于平均粒重3~8g的年份占30%^[1];江苏省1984—1996年间,全省小麦单产主要决定于粒重高低^[2]。在影响小麦粒重的因素中,土壤水分和土壤养分是农业栽培技术主攻领域,而温度和光照属自然气候条件,很难改变。前人从灌浆过程^[3]、源的大小^[4]、同化物的分配^[5]、种植密度^[6]和气象条件^[7-10]等与小麦粒重的关系进行了研究,得到了许多有价值的结果。本研究从生产实际出发,对农民传统灌溉

收稿日期: 2000-10-30

中德合作项目“华北平原作物高产及高生产力条件下环境可承受的持续农业研究”资助

范仲学,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

施肥和从作物需要为原则发展出的优化灌溉和优化施氮以及它们的组合对冬小麦粒重的影响进行了探讨, 为华北地区冬小麦的可持续生产以及冬小麦的粒重研究提供参考。

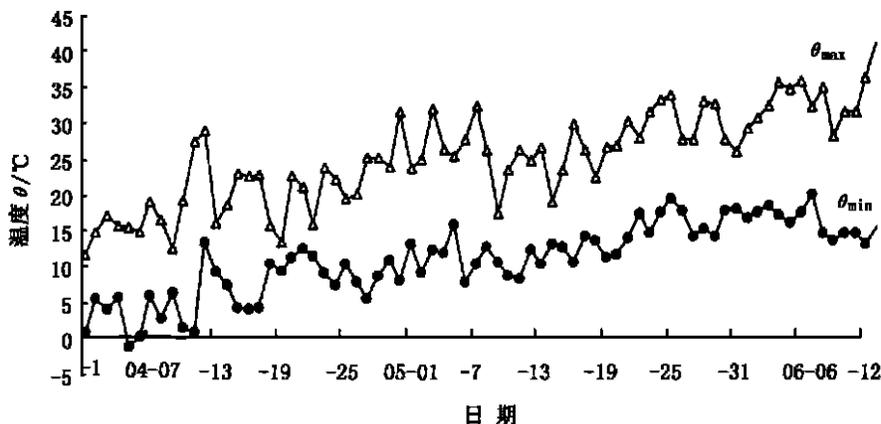
1 材料与方 法

1.1 基本条 件

试验于 1999—2000 年在中国农业大学中德合作项目北京试验基地进行。试验用冬小麦品种为京冬 8 号, 1999-10-13 播种, 行距 15 cm, 基本苗 420 株·m⁻², 2000-06-18 收获。土壤为潮土, 有机质为 2.05%; 全氮、全磷和全钾分别为 0.114%, 0.106% 和 1.809%, 速效磷钾分别为 53.67 mg·kg⁻¹和 162 mg·kg⁻¹; 0~30 cm, 30~60 cm 和 60~90 cm 土壤的 N_{min} 分别为 35 kg·hm⁻², 32 kg·hm⁻²和 33 kg·hm⁻²。

1.2 气候条 件

根据试验站内气象站的观测记录, 1999—2000 年冬小麦生长期间的温度及降雨量见图 1 和图 2。



(TDR 动态测定)和土壤养分(施肥前取土常规测定)的实测值为依据确定施用量。因此,表1中的优化施氮处理在不同灌溉条件和不同秸秆处理下的具体施氮量均是按实测结果而定,在氮肥施用量上虽有不同,但施氮后的土壤供氮水平却是相同的。因此,从供氮水平的角度考虑,它们之间是可比的。田间布局以灌溉为大区,其周围15m为水隔离区,大区中一侧秸秆还田,另一侧秸秆不还田,其中再设氮肥处理。小区面积15m×20m,5次重复,随机排列。

表1 试验处理具体运筹参数

| 灌溉处理 | 灌水量/mm | 秸秆处理 | 氮肥处理 | 施氮量/(kg·hm ⁻²) | |
|------------|--|--|------------|----------------------------|------------|
| 节水灌溉 | 1999-11-23 2000-04-07 -04-18 -05-10 | 不还田 | 不施氮 | 0 | |
| | | | 传统 | | |
| | | | 1999-10-09 | 100 | |
| | | | 2000-04-15 | 200 | |
| | | | 优化 | | |
| | | | 2000-04-15 | 15 | |
| | 传统灌溉 | 1999-11-23 2000-03-21 -04-20 -05-11 | 不还田 | 不施氮 | 0 |
| | | | | 传统 | |
| | | | | 1999-10-09 | 100 |
| | | | | 2000-04-15 | 200 |
| 优化 | | | | | |
| | | | 2000-04-15 | 32 | |
| 优化灌溉 | | 1999-11-23 2000-03-25 -04-12 -04-27 -05-04 -05-15 -05-28 | 不还田 | 不施氮 | 0 |
| | | | | 传统 | |
| | | | | 1999-10-09 | 100 |
| | | | | 2000-04-15 | 200 |
| | 优化 | | | | |
| | | | 2000-03-16 | 14 | |
| | | | -04-26 | 46 | |
| | 还田 | | 还田 | 不施氮 | 0 |
| | | | | 传统 | |
| | | | | 1999-10-09 | 100 |
| 2000-04-15 | | | | 200 | |
| 优化 | | | | | |
| | | | | | 2000-03-16 |
| | | -04-26 | 47 | | |

1.4 测定方法

选择同一天开花的麦穗挂牌, 从花后第 5 天起每隔 5 d 取样进行籽粒灌浆过程测定。开花后第 15 天, 每处理从挂牌的麦穗中取 10 穗, 按粒位分开, 分别取各粒位籽粒 10 粒, 用 FAA 固定液固定, 参照郭文善等^[11]的方法进行籽粒胚乳细胞计数, 每粒位计数 5 个籽粒的胚乳细胞数, 每粒镜检 10 个视野, 按下式计算胚乳细胞数:

籽粒胚乳细胞数 = 视野细胞数 × 滤膜有效面积 × 定容体积 ÷ 视野面积 ÷ 抽滤取样量。

收获时, 每小区任取 50 穗供考种用。考种时再从 50 穗中随机取 10 穗, 将所有小穗中的籽粒按照粒位分开, 数各粒位的籽粒数, 80 ℃ 下烘干并称重, 从而算得各粒位籽粒的平均重量。

1.5 数据处理

数据用最小显著差数法进行显著差异性统计分析。

2 结果与分析

本研究条件下, 不同的灌溉和氮肥处理对冬小麦的粒重、籽粒灌浆速率以及籽粒胚乳细胞数均产生明显影响。

2.1 冬小麦各粒位粒重差异

小麦不同粒位籽粒的平均粒重不同, 其高低规律十分明显: 第 2 位粒 > 第 1 位粒 > 第 3 位粒。比较而言, 第 1 和第 2 位籽粒的粒重差异较小, 但它们与第 3 位籽粒的粒重差异大。第 1、3 位籽粒粒重是第 2 位籽粒重的 91.97% ~ 98.10% 和 79.04% ~ 84.41%, 不同处理间变异系数分别为 1.67% 和 2.23%, 说明小麦各粒位粒重高低差异是个十分稳定也许是品种固有的性状, 栽培措施对这一差异的影响很小。

2.2 栽培技术对冬小麦粒重的影响

表 2 表明, 秸秆还田对小麦粒重没有明显影响。在不施氮肥和传统施氮肥的条件下, 灌溉对冬小麦的粒重无显著影响; 在优化施氮肥条件下, 优化灌溉的冬小麦粒重极显著高于传统灌溉, 但和节水灌溉相比, 差异未达显著水平。

施氮肥处理粒重明显低于不施氮肥处理, 传统和优化施氮肥间差异较小。在优化灌溉条件下, 施氮肥对粒重的负面效应特别明显, 不施氮肥处理的小麦粒重显著或极显著高于传统施氮肥处理, 但与优化施氮肥处理间的差异未达显著水平, 这可能与后期贪青晚熟有关; 在传统灌溉条件下, 优化施氮的小麦粒重在 3 种氮肥处理中最低, 显著或极显著低于不施氮肥处理, 而与传统施氮之间的差异未达显著水平; 在节水灌溉条件下, 3 种氮肥处理间差异较小, 只有在秸秆不还田时不施氮处理的粒重与优化施氮处理间差异达到了显著水平。

2.3 栽培技术对小麦籽粒灌浆速率的影响

从表 3 可见, 小麦籽粒的灌浆速率表现为慢—快—慢的变化规律, 开花后 16~20 d 达最大值。增施氮肥影响小麦籽粒的灌浆速率, 在开花后 0~25 d, 氮肥的使用降低了小麦籽粒的灌浆速率, 氮肥用量越多, 籽粒灌浆速率越小, 不施氮肥的小麦籽粒灌浆速率最大; 开花后 26~30 d 的情况与开花后 0~25 d 完全相反, 说明灌浆后期的高温(图 1)严重影响了小麦的正常灌浆过程, 而且, 施肥处理的影响程度大于不施肥处理。

表2 栽培技术与冬小麦粒重的关系

| 秸秆处理 | 灌溉处理 | 氮肥处理 | 第1位粒 | | 第2位粒 | 第3位粒 | | 平均 | |
|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|---------------------|---------------------|
| | | | m/mg | 占第2位粒% | m/mg | m/mg | 占第2位粒% | m/mg | |
| 不还田 | 节水 | 不施氮 | 42.94 | 95.76 | 44.84 | 36.93 | 82.35 | 42.87 | |
| | | 传统 | 41.84 | 96.32 | 43.44 | 36.41 | 83.81 | 41.80 | |
| | | 优化 | 40.51 | 92.49 | 43.80 | 35.31 | 80.63 | 41.03 | |
| | 传统 | 不施氮 | 42.65 | 92.37 | 46.17 | 36.91 | 79.93 | 43.24 | |
| | | 传统 | 40.09 | 93.17 | 43.03 | 34.92 | 81.16 | 40.38 | |
| | | 优化 | 39.60 | 93.83 | 42.20 | 33.71 | 79.87 | 39.85 | |
| | 优化 | 不施氮 | 43.08 | 93.21 | 46.22 | 37.88 | 81.96 | 43.38 | |
| | | 传统 | 41.02 | 91.96 | 44.60 | 35.60 | 79.82 | 41.50 | |
| | | 优化 | 42.48 | 93.96 | 45.21 | 37.89 | 83.80 | 42.76 | |
| | | | | | | | | | $LSD_{0.05} = 1.77$ |
| | | | | | | | | | $LSD_{0.01} = 2.38$ |
| | 还田 | 节水 | 不施氮 | 41.86 | 98.10 | 42.67 | 35.41 | 83.00 | 41.24 |
| 传统 | | | 40.36 | 96.48 | 41.84 | 34.16 | 81.66 | 40.27 | |
| 优化 | | | 41.63 | 94.39 | 44.11 | 34.91 | 79.15 | 41.65 | |
| 传统 | | 不施氮 | 42.58 | 94.12 | 45.24 | 37.20 | 82.24 | 42.88 | |
| | | 传统 | 40.73 | 93.58 | 43.52 | 34.87 | 80.12 | 40.90 | |
| | | 优化 | 40.34 | 94.68 | 42.61 | 33.36 | 78.31 | 40.28 | |
| 优化 | | 不施氮 | 42.68 | 94.13 | 45.34 | 38.27 | 84.40 | 43.26 | |
| | | 传统 | 40.42 | 93.28 | 43.33 | 34.25 | 79.06 | 40.58 | |
| | | 优化 | 42.89 | 94.37 | 45.45 | 37.52 | 82.56 | 43.02 | |
| | | | | | | | | $LSD_{0.05} = 2.04$ | |
| | | | | | | | | $LSD_{0.01} = 2.74$ | |

表3 栽培技术对籽粒灌浆速率的影响

| 灌溉处理 | 秸秆处理 | 氮肥处理 | 开花后天数 t/d | | | | | |
|------|------|------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0~5 | 6~10 | 11~15 | 16~20 | 21~25 | 26~30 |
| 优化 | 不还田 | 不施氮 | 0.41 | 0.97 | 1.59 | 2.48 | 2.41 | 1.87 |
| 优化 | 不还田 | 传统 | 0.36 | 0.90 | 1.47 | 2.45 | 2.09 | 2.18 |
| 优化 | 不还田 | 优化 | 0.40 | 1.05 | 1.46 | 2.40 | 2.24 | 2.10 |
| 传统 | 不还田 | 传统 | 0.36 | 0.95 | 1.19 | 2.38 | 2.17 | 2.33 |
| 传统 | 不还田 | 优化 | 0.37 | 0.99 | 1.77 | 2.30 | 2.18 | 2.02 |

2.4 栽培技术对小麦籽粒胚乳细胞数的影响

已有试验^[2]表明,小麦籽粒胚乳细胞数在花后14d左右基本决定。本试验于花后15d取样观察了籽粒细胞数,由表4可见,小麦不同粒位籽粒的胚乳细胞数的多少顺序为:第2位粒>第1位粒>第3位粒,与它们的重量顺序一致(表2)。栽培措施对小麦籽粒胚乳细胞数的影响总体上说比较小,其中秸秆还田与不还田各个处理籽粒胚乳细胞数平均分别为132.026个/

粒和 132 751 个/粒, 说明秸秆处理总体上对胚乳细胞数影响较小。氮肥对小麦胚乳细胞数的影响与灌溉有关, 在秸秆还田和节水灌溉条件下, 施氮肥降低胚乳细胞数, 特别是传统施肥与不施氮肥处理相比每粒减少 25 638 个, 达极显著差异水平; 而在传统和优化灌溉条件下, 施氮肥有增加胚乳细胞数的趋势, 与不施氮肥处理相比, 在秸秆还田和传统灌溉条件下优化施氮处理每粒胚乳细胞数增加 26 266 个, 2 者之间的差异也达到了极显著水平。

3 讨论与结论

小麦的粒重与土壤水分关系密切。在优化施氮肥条件下, 优化灌溉较传统灌溉和节水灌溉提高冬小麦的粒重。许多试验结果^[12]均表明土壤水分不足时小麦的粒重降低。这与本试验结果一致。

施氮量及施氮时期对小麦粒重影响的研究较多, 一般认为适当增加施氮量^[2]和在拔节或挑旗期^[13]施氮肥可以提高粒重。这与本试验结果不同, 在京郊土壤肥力较高土壤上, 施用氮肥小麦粒重反而下降, 在优化灌溉条件下, 施用氮肥对粒重的负面效应特别明显, 不施氮肥处理的小麦粒重显著或极显著高于传统施氮处理, 这可能与后期高温导致施氮肥处理小麦无法正常成熟及穗粒数(不施氮肥处理少 1~ 2 个粒)差异有关; 另外, 本试验条件下, 施氮肥处理小麦的灌浆速率(花后 0~ 25 d)低于不施氮肥处理, 也是其粒重较低的原因。

表 4 栽培技术对冬小麦胚乳细胞数的影响

| 处理 | 灌溉 | 施氮肥 | 籽粒胚乳细胞数 | | | 占总粒数的百分数/% | | | 平均 | |
|-----|----|-----|---------|---------|---------|------------|-------|------------------------|------------------------|---------|
| | | | 1 位粒 | 2 位粒 | 3 位粒 | 1 位粒 | 2 位粒 | 3 位粒 | | |
| 不还田 | 节水 | 不施氮 | 139 613 | 142 161 | 115 564 | 42.24 | 38.51 | 19.25 | 135 946 | |
| | | 传统 | 133 545 | 137 366 | 105 525 | 42.20 | 36.29 | 20.43 | 127 685 | |
| | | 优化 | 126 240 | 150 589 | 143 210 | 41.88 | 38.18 | 19.94 | 138 870 | |
| | | 传统 | 不施氮 | 118 111 | 132 721 | 94 399 | 46.59 | 37.39 | 16.02 | 119 785 |
| | | | 传统 | 130 361 | 140 363 | 101 142 | 43.85 | 37.43 | 18.72 | 128 631 |
| | | | 优化 | 151 226 | 147 105 | 122 494 | 45.19 | 38.19 | 16.62 | 144 867 |
| | 优化 | 不施氮 | 123 805 | 126 240 | 119 385 | 41.18 | 35.57 | 20.73 | 120 657 | |
| | | 传统 | 150 589 | 165 835 | 129 125 | 38.26 | 35.68 | 23.00 | 146 489 | |
| | | 优化 | 122 494 | 146 206 | 126 502 | 44.10 | 37.08 | 18.54 | 129 375 | |
| | | | | | | | | | $LSD_{0.05} = 25\ 509$ | |
| | | | | | | | | | $LSD_{0.01} = 34\ 942$ | |
| | 还田 | 节水 | 不施氮 | 150 402 | 162 314 | 137 965 | 41.89 | 36.87 | 20.94 | 151 675 |
| 传统 | | | 122 120 | 147 967 | 119 760 | 40.00 | 34.74 | 21.58 | 126 037 | |
| 优化 | | | 139 726 | 151 900 | 120 996 | 43.68 | 35.99 | 20.05 | 139 945 | |
| 传统 | | | 不施氮 | 114 365 | 125 304 | 105 450 | 45.15 | 39.63 | 15.24 | 117 332 |
| | | | 传统 | 127 626 | 135 343 | 122 382 | 42.44 | 38.20 | 19.36 | 129 555 |
| | | | 优化 | 148 454 | 144 596 | 134 594 | 45.38 | 38.38 | 15.41 | 143 598 |
| 优化 | | 不施氮 | 121 370 | 125 866 | 110 507 | 42.70 | 38.76 | 18.54 | 121 122 | |
| | | 传统 | 145 607 | 146 206 | 132 608 | 39.76 | 35.37 | 21.22 | 137 733 | |
| | | 优化 | 126 727 | 124 367 | 112 118 | 40.20 | 36.93 | 21.61 | 121 068 | |
| | | | | | | | | $LSD_{0.05} = 17\ 967$ | | |
| | | | | | | | | $LSD_{0.01} = 24\ 612$ | | |

胚乳细胞是小麦籽粒库的基本单元,其数量的多少对粒重有深刻影响。Donovan 报道氮素的供应对胚乳细胞数目无多大影响,而碳水化合物可能是最重要的^[14]。郭文善^[2]认为适当增加施氮量有利于胚乳细胞分裂增殖。本试验结果表明,氮肥对小麦胚乳细胞数目的影响取决于土壤水分状况,土壤水分不足时为负效应,否则为正效应。

北京地区冬小麦灌浆后期的突然高温气候,常常导致小麦不能充分完成灌浆过程,影响了优化栽培下小麦粒重潜力的发挥。据此,建议北京地区农业生产中选用多穗型、灌浆速率相对快、后期落黄好、生育期相对较短的品种。

致谢:感谢中德项目办公室、B1和B2子项目以及德国霍恩海姆大学Dr. Pekrun对本研究工作的支持与帮助;感谢江苏扬州大学郭文善博士以及本校周远波同学在胚乳细胞记数方面的热情帮助。

参 考 文 献

- 1 金善宝 小麦栽培学 北京:中国农业出版社,1996,90
- 2 郭文善 小麦籽粒胚乳细胞发育及其调控:[学位论文]. 山东:山东农业大学,1982
- 3 陆贵生 N, P, K 无机营养对小麦成熟落黄及粒重形成过程影响:[学位论文]. 北京:北京农业大学,1982
- 4 王世敬,杨汉森,华振基,等 春小麦籽粒灌浆生理与提高粒重措施的研究 宁夏农学院学报,1992,13(1):1~7
- 5 郝晓玲 小麦灌浆期同化产物的运转分配及高矮秆品种差异的研究 山西农业大学学报,1985,5(1):31~40
- 6 于振文,岳寿松,沈成国 不同密度对小麦开花后叶片衰老和粒重的影响 作物学报,1995,21(4):503~508
- 7 崔金梅,朱云集,郭天财,等 冬小麦粒重形成与中期气象条件关系的研究 麦类作物学报,2000,20(2):28~34
- 8 金善宝 中国小麦生态 北京:科学出版社,1991
- 9 河南农业科学院 河南小麦栽培学 郑州:河南科学技术出版社,1988
- 10 郭天财,彭文博,王向阳,等 小麦灌浆后期青枯骤死原因分析及控制 作物学报,1997,23(4):474~481
- 11 郭文善,施劲松,周振兴,等 小麦胚乳细胞简易计数方法 江苏农学院学报,1996,17(1):66,72
- 12 兰林旺,周殿玺 小麦节水高产研究 北京:北京农业大学出版社,1995,30~43
- 13 姜东,于振文,苏波,等 不同施氮时期对冬小麦根系衰老的影响 作物学报,1997,23(2):181~190
- 14 Donovan G R. Longitudinal transport of sucrose and amino acid in the wheat grain. Aust J Plant Physiol, 1983, 10(1): 31~42