

冬小麦-夏玉米复种连作中定位水氮组合 对籽粒灌浆特性及产量的影响

郭 丽^{1,2}, 张凤路¹, 贾秀领², 任会芳³, 董志强², 张丽华², 邢素丽⁴

(1. 河北农业大学 农学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农林科学院 粮油作物所, 河北 石家庄 050031;
3. 石家庄农业学校, 河北 石家庄 050041; 4. 河北省农林科学院 农业资源环境研究所, 河北 石家庄 050051)

摘要: 为提高水氮高效利用, 在 2~3 年定位水氮处理基础上于 2008-2009 年对玉米-小麦灌浆过程及产量形成进行了研究。结果表明, 籽粒灌浆过程可较好的用 Logistic 函数描述。玉米粒重随施氮量增加呈抛物线变化, 灌开花水高施氮量处理条件下粒重下降。小麦粒重随施氮量增加呈下降趋势, 灌开花水显著提高粒重。灌浆持续时间和平均灌浆速率与粒重呈正相关, 但灌浆持续时间和平均灌浆速率呈极显著负相关($R = -0.9667$)。玉米产量以 1 水条件下施氮 480 kg/hm² 最高, 小麦产量以 3 水条件下施氮 480 kg/hm² 最高。

关键词: 定位水氮; 夏玉米; 冬小麦; 灌浆特性; 产量

中图分类号: S512.01; S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)03-0159-06

Effects of Water and Nitrogen Location Study on Grain Filling Characteristics and Yield of Crop Rotation and Multiple Cropping

GUO Li^{1,2}, ZHANG Feng-lu¹, JIA Xiu-ling², REN Hui-fang³,
DONG Zhi-qiang², ZHANG Li-hua², XING Su-li⁴

(1. College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; 2. Institute of Cereal
and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China;
3. Shijiazhuang Agricultural School, Shijiazhuang 050041, China; 4. Agricultural Resources and
Environment Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: Field experiment was conducted during 2008-2009, the effects of water and nitrogen on the kernel filling process of summer maize and winter wheat were observed and analyzed, in order to provide the framework for reasonable irrigation and fertilization based on a 2-3 years location study. The result indicated that the kernel filling process could be described with Logistic equations. Maize grain weight was showed a parabola type with nitrogen amount, the anthesis irrigation of summer maize decreased grain weight under high nitrogen amount. Winter wheat grain weight decreased as nitrogen amount increased, the anthesis irrigation of winter wheat improved grain weight remarkably. The mean grain filling rate and the grain filling time were positive correlation for grain weight, but was negative correlation remarkably between the mean grain filling rate and the grain filling time ($R = -0.9667$). Summer maize had the highest yield when it irrigated one time and fertilized 480 kg/ha. Winter wheat had the highest yield when it irrigated three times and fertilized 480 kg/ha.

Key words: Water and nitrogen location study; Summer maize; Winter wheat; Grain filling characteristics; Yield

冬小麦-夏玉米复种连作是华北地区主要种植方式, 且灌浆期是决定粒重的关键期, 这个时期除作

收稿日期: 2009-12-29

基金项目: “十一五”国家粮食丰产科技工程河北省项目(2006BAD02A08); 河北省自然科学基金项目(C2008000257); 国家科技支撑计划(2008BADA4B07-2)

作者简介: 郭丽(1979-), 女, 河北饶阳人, 在读硕士, 主要从事作物栽培生理研究。

通讯作者: 张凤路(1965-), 男, 河北临城人, 教授, 博士, 主要从事作物栽培研究。

贾秀领(1964-), 女, 河北正定人, 研究员, 博士, 主要从事作物节水高产栽培及生理基础研究。

物品种本身生物学特性和外界自然环境影响外,田间的水肥管理是最大可控因素。关于水分和氮素营养对小麦或玉米灌浆的研究迄今已有不少报道^[1-7],已有的水肥因子对灌浆及产量影响的研究多集中于单季作物和水肥单因子效应研究,将上下茬作物统筹考虑进行水肥耦合对小麦-玉米上下两茬作物综合影响研究相对较少,因此,加强小麦-玉米一体化水肥定位调控技术的研究,可为农业生产提供有效、可靠的水肥技术指导。本试验在连续2年水氮定位的基础上研究水氮运筹对夏玉米-冬小麦籽粒灌浆特性、单季产量及全年产量的影响,探讨在保证全年产量的前提下,如何进一步提高氮素及水分利用效率。

1 材料和方法

1.1 供试材料与试验设计

试验于河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站进行,该区属华北平原太行山山前平原区,东经116°85',北纬38°41'。种植制度为冬小麦-夏玉米一年两熟复种连作。试验为冬小麦-夏玉米5年大田定位试验,2006年10月冬小麦播种试验开始,基础地力水平为0~20 cm土壤含有机质15.5 mg/g,全氮0.97 mg/g,全磷2.2 mg/g,碱解氮72.7 mg/kg,有效磷19.5 mg/kg,有效钾91.0 mg/kg。本试验于2008年6月至2009年7月进行,夏玉米与冬小麦分别为大田定位试验第2年和第3年。

试验为灌水与施氮量2因子裂区试验设计。灌水处理为主区,设全年1水(2009年3月26日小麦起身水)、3水(2008年8月4日玉米开花水,2009年4月10日小麦拔节水,5月4日开花水)两个水平,每次灌水600 m³/hm²。N肥处理为副区,全年施N量设0(N₀)、240(N₂₄₀)、480(N₄₈₀)、600(N₆₀₀) kg/hm²共4水平,上下茬平均分配,即Y₀M₀、Y₁₂₀M₁₂₀、Y₂₄₀M₂₄₀、Y₃₀₀M₃₀₀(字母Y表示玉米施肥,字母M表示小麦季施肥),3次重复。玉米季试验氮素40%苗期追施,60%抽雄至开花期追施,2008年6月14日播种,10月1日收获,降雨量为416 mm,属多雨年型,基本苗67 500株/hm²,玉米品种为浚单20。小麦季试验氮素50%基施,50%随春季第一次灌水施入,2008年10月10日播种,次年6月8日收获,降水量为90.6 mm,且有21.9 mm属无效降雨,属少雨年型,基本苗375万/hm²,小麦品种为冀5265,所有处理播前施基肥P₂O₅ 165 kg/hm²,K₂O

105 kg/hm²。小区长7 m宽5.6 m。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 籽粒灌浆速率 夏玉米:玉米吐丝期标记同日吐丝果穗,每7 d取样一次,每处理取4个果穗,3次重复。每个果穗取中部籽粒100粒,籽粒于105℃烘0.5 h杀青后,于80℃下烘干至恒重后,称重并折算成百粒重测定灌浆速率。

冬小麦:小麦于盛花期选择长势一致且同一天开花的穗进行标记。每7 d取样一次,每个重复取样穗15个,3次重复。烘干方法同上,称重并折算成千粒重测定灌浆速率。

产量:夏玉米每小区收获3行测产;小麦成熟后采用小区联合收割机收获全部小区产量。

1.2.2 籽粒灌浆过程拟合 用Logistic方程拟合花后籽粒粒重变化规律,以粒重为依变量,花后天数为自变量。Logistic方程表达式为:

$$W = A / (1 + Be^{-Kt}) \quad (1)$$

式中 t 为花后天数(开花日以 $t=0$ 计), W 为籽粒粒重, A 为理论籽粒最大干质量, B 、 K 为待定参数。令方程(1)中 $t=0$,得初始粒重 C_0 (g/粒) = $A / (1 + B)$ 。

对Logistic方程求一阶导数,得灌浆速率方程

$$R = AB e^{-Kt} / (1 + Be^{-Kt})^2 \quad (2)$$

令 $R'=0$,得灌浆速率最大的日期 T_{\max} (d) = $(\ln A) / B$,代入方程(2)得最大灌浆速率 R_{\max} (g/(粒·d))。同时对方程进行推导,得其他灌浆参数:灌浆过程平均灌浆速率 R_{mean} (g/(粒·d)),最大灌浆速率时粒重 W_{\max} (g/粒),灌浆持续时间 T (d)。Y₁和Y₂分别表示玉米实际百粒重和小麦实际千粒重。

1.2.3 数据分析 采用Excel和DPS数据处理系统进行分析。

2 结果和分析

2.1 不同灌水和全年施氮量条件下玉米籽粒灌浆进程的Logistic曲线拟合

玉米拟合结果(表1图1) 相关系数均在0.996 7以上,表明拟合效果很好,得出的理论千粒重和实际测定千粒重变化趋势和差异基本一致,可以用来说明各个处理的差异情况。在全年灌1水条件下,在N₀-N₄₈₀范围内随施氮量增加实际百粒重提高,进一步增施氮肥呈下降趋势,做相关分析差异未达显著水平。3水条件下,随施氮量的增加实际百粒重呈单峰曲线变化,最高峰出现在施氮240 kg/hm²,进一步增施氮素粒重显著降低。

表 1 不同灌水和施氮量条件下玉米籽粒灌浆 Logistic 曲线参数和决定系数

Tab.1 The parameters of Logistic equation and determination coefficient of maize grain under different nitrogen and water treatments

| 处理 Treatments | R ² | A | Se | B | Se | K | Se | Y _l |
|---------------------------------|----------------|-------|------|-------|-------|------|------|----------------|
| W ₁ N ₀ | 0.998 7 | 35.79 | 2.03 | 65.58 | 11.24 | 0.13 | 0.01 | 30.13 |
| W ₁ N ₂₄₀ | 0.997 2 | 40.48 | 3.52 | 54.12 | 17.65 | 0.12 | 0.02 | 31.55 |
| W ₁ N ₄₈₀ | 0.998 1 | 40.60 | 1.89 | 53.03 | 15.11 | 0.12 | 0.01 | 31.92 |
| W ₁ N ₆₀₀ | 0.996 7 | 40.31 | 0.96 | 47.81 | 10.98 | 0.11 | 0.01 | 31.49 |
| W ₃ N ₀ | 0.996 9 | 36.43 | 1.56 | 50.12 | 14.66 | 0.12 | 0.01 | 30.43 |
| W ₃ N ₂₄₀ | 0.997 6 | 40.72 | 1.65 | 45.35 | 15.21 | 0.11 | 0.01 | 31.96 |
| W ₃ N ₄₈₀ | 0.998 0 | 38.89 | 2.34 | 43.13 | 16.86 | 0.11 | 0.01 | 30.86 |
| W ₃ N ₆₀₀ | 0.997 3 | 35.56 | 1.28 | 55.78 | 10.44 | 0.12 | 0.01 | 29.43 |

注: A. 表示理论最高百粒重; Y_l. 表示实际百粒重。
Note; A. Means theoretical maximum dry weight of 100 grain; Y. Means actual 100-grain weight.

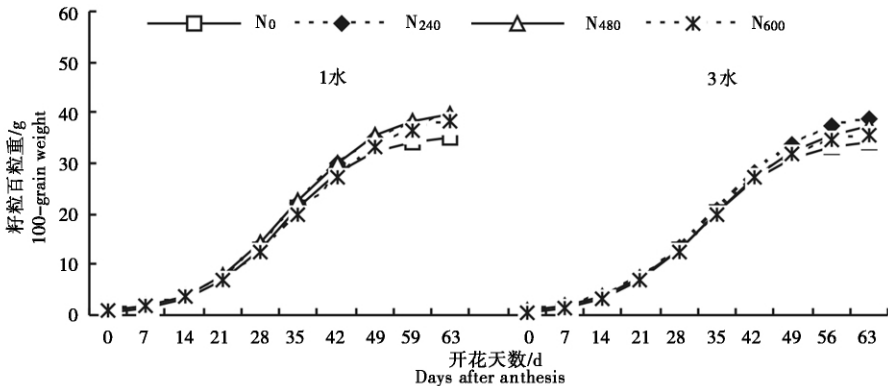


图 1 不同灌水和施氮量处理夏玉米籽粒灌浆拟合曲线

Fig.1 Curve of grain filling of summer maize under different irrigation and nitrogen

不同灌水相同施氮量下,施氮量高于 N₂₄₀ 时表现出全年 1 水处理高于 3 水。在 N₄₈₀ 和 N₆₀₀ 施氮处理下,3 水比 1 水处理实际百粒重分别降低 3.32%、6.5%,说明在施氮量高于 240 kg/hm² 时,玉米灌开花水不利于粒重的增加。从水氮耦合角度分析,表明在灌水较少条件下适当增加施氮量可以部分弥补土壤水分不足对粒重的影响。但在土壤水分较充足时,适量减少施氮量有利于增加粒重。全年 1 水施氮 480 kg/hm² 和全年 3 水施氮 240 kg/hm² 时水氮配合有利于促进玉米灌浆进程。

2.2 不同灌水和全年施氮量对玉米籽粒灌浆特性参数的影响

通过 Logistic 曲线计算描述籽粒灌浆特性的次级参数(表 2)得出,在全年灌 1 水条件下,初始粒重(CO)、最大灌浆时间(T_{max})、最大灌浆时粒重(T_{max})及灌浆持续期(T)均随施氮量的提高而增加,最大灌浆

速率(R_{max})和平均灌浆速率(R_{mean})在施氮量 480 kg/hm² 出现最大,进一步增施氮素反而降低。灌 3 水条件下,C0、T_{max}、W_{max} 及 T 均出现在施氮量 240 kg/hm² 时最大,施氮量高于 N₂₄₀ 时呈下降趋势,R_{max} 和 R_{mean} 在施氮量 600 kg/hm² 出现最大。以上说明施氮量对各参数的影响因土壤水分不同而呈现不同趋势。R_{max}、R_{mean} 在相同施氮量条件下 1 水处理高于 3 水,C0、T_{max}、T、W_{max} 在 2 个灌水条件下因施氮量不同而异。以上说明灌开花水减小 R_{max} 和 R_{mean} 对其他参数影响因施氮量呈不同变化趋势。对 R_{mean}、T 和 Y_l 做通径分析,R_{mean}(直接通径系数=0.597 2)和 T(直接通径系数=0.803 8)对玉米百粒重(Y_l)的直接作用均是正效应,R_{mean} 通过 T 对 Y_l 的影响是负效应(间接通径系数=-0.250 0),T 通过对 R_{mean} 对 Y_l 的影响也是负效应(间接通径系数=-0.185 7)。

表 2 不同灌水和施氮量处理玉米籽粒灌浆特性参数

Tab.2 Parameters of characters of maize grain filling to different nitrogen and water treatments

| 参数 Parameters | W ₁ N ₀ | W ₁ N ₂₄₀ | W ₁ N ₄₈₀ | W ₁ N ₆₀₀ | W ₃ N ₀ | W ₃ N ₂₄₀ | W ₃ N ₄₈₀ | W ₃ N ₆₀₀ |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| CO | 0.54 | 0.73 | 0.75 | 0.85 | 0.69 | 0.88 | 0.88 | 0.65 |
| T _{max} | 32.11 | 32.98 | 33.98 | 34.38 | 32.39 | 34.74 | 34.54 | 32.56 |
| W _{max} | 17.89 | 20.15 | 20.3 | 20.74 | 17.62 | 20.36 | 19.44 | 18.38 |
| R _{max} | 1.17 | 1.19 | 1.22 | 1.17 | 1.06 | 1.12 | 1.06 | 1.13 |
| R _{mean} | 0.78 | 0.79 | 0.81 | 0.78 | 0.71 | 0.75 | 0.71 | 0.76 |
| T | 46.06 | 49.57 | 51.34 | 53.34 | 49.65 | 55.04 | 54.78 | 48.58 |
| Y _l | 30.13 | 31.55 | 31.92 | 31.49 | 30.43 | 31.96 | 30.86 | 29.43 |

2.3 不同灌水和全年施氮量对玉米籽粒产量的影响

同一施氮量除 N_{240} 外均表现出 1 水处理产量显著高于 3 水(表 3),且 N_0 和 N_{600} 两灌水处理间达极显著,在 N_0 、 N_{240} 、 N_{480} 和 N_{600} 施氮处理下的产量 3 水比 1 水分别降低 9.68%、4.55%、9.48% 和 12.2%。说明在多雨型年份灌开花水降低籽粒产量,降低幅度因施氮量不同而异,高施氮量降低幅度大。全年灌 1 水条件下,在 $N_0 - N_{480}$ 范围内随施氮量增加籽粒产量提高,进一步增施氮素呈降低趋势,但在 0 ~ 600 kg/hm² 内产量差异不显著。全年灌 3 水条件下,施氮 240 kg/hm² 处理产量最高,继续增加施氮量,出现随氮素增加产量降低, N_{240} 与 N_0 和 N_{480} 差异不显著,但显著高于 N_{600} 处理。从水氮互作角度分析,在连续 2 年全年灌 1 水施氮量 240 ~ 480 kg/hm² 经济产量高,在连续 2 年全年灌 3 水条件下,玉米季多雨年型不易过多施氮。

表 3 不同水氮互作条件下玉米的产量

Tab.3 Effect of water and nitrogen

| amount on maize grain yield | | kg/hm ² | | | |
|-----------------------------|-----------|--------------------|------------|------------|--|
| 处理 Treatments | N_0 | N_{240} | N_{480} | N_{600} | |
| 1 水 One irrigation | 10 106 Aa | 10 207 ABa | 10 319 ABa | 10 222 ABa | |
| 3 水 Three irrigation | 9 127 Cbc | 9 743 ABCab | 9 341 BCbc | 8 970 Cc | |

注:小写字母表示 5% 显著水平,大写字母表示 1% 显著水平。
Note: Small letters mean significant at 5% level and big letters mean significant at 1%.

2.4 灌水和全年施氮量条件下小麦籽粒灌浆进程的 Logistic 曲线拟合

小麦籽粒灌浆 Logistic 曲线拟合决定系数均在 0.995 0 以上(表 4,图 2),且理论千粒重和实际粒重变化趋势基本一致,可以用此方程说明各处理间

表 4 不同灌水和施氮量条件下小麦籽粒灌浆 Logistic 曲线参数和决定系数

Tab.4 The parameters of Logistic equation and determination coefficient of wheat under different nitrogen and water treatments

| 处理 Treatments | R_2 | A | Se | B | Se | K | Se | Y_2 |
|---------------|---------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|
| $W_1 N_0$ | 0.998 6 | 44.04 | 1.46 | 33.00 | 10.96 | 0.20 | 0.02 | 42.82 |
| $W_1 N_{240}$ | 0.996 4 | 42.72 | 1.51 | 32.59 | 11.14 | 0.21 | 0.02 | 40.34 |
| $W_1 N_{480}$ | 0.996 5 | 41.62 | 3.07 | 32.57 | 13.03 | 0.21 | 0.02 | 40.00 |
| $W_1 N_{600}$ | 0.995 5 | 41.53 | 2.86 | 35.95 | 12.11 | 0.21 | 0.02 | 39.75 |
| $W_3 N_0$ | 0.996 1 | 46.49 | 1.84 | 29.26 | 11.68 | 0.19 | 0.02 | 44.83 |
| $W_3 N_{240}$ | 0.996 2 | 43.86 | 3.13 | 30.82 | 13.13 | 0.19 | 0.02 | 41.45 |
| $W_3 N_{480}$ | 0.995 1 | 43.37 | 1.65 | 30.45 | 11.43 | 0.18 | 0.02 | 41.26 |
| $W_3 N_{600}$ | 0.995 8 | 42.78 | 2.06 | 33.18 | 12.01 | 0.19 | 0.02 | 40.76 |

注:A.表示理论最高千粒重, Y_2 .表示实际千粒重。
Note: A. Means theoretical maximun dry weight of 1000 grain, Y_2 . Mean actual 1000-grain weight.

表 5 不同灌水和施氮量处理小麦籽粒灌浆特性参数

Tab.5 Parameters of characters of the wheat grain filling to different nitrogen and water treatments

| 参数 Parameters | $W_1 N_0$ | $W_1 N_{240}$ | $W_1 N_{480}$ | $W_1 N_{600}$ | $W_3 N_0$ | $W_3 N_{240}$ | $W_3 N_{480}$ | $W_3 N_{600}$ |
|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| C0 | 1.30 | 1.27 | 1.24 | 1.13 | 1.54 | 1.36 | 1.39 | 1.25 |
| Tmax | 17.24 | 16.69 | 16.83 | 16.84 | 18.08 | 18.11 | 19.11 | 18.52 |
| Wmax | 22.02 | 21.36 | 20.76 | 20.82 | 23.24 | 21.63 | 21.94 | 21.39 |
| Rmax | 2.23 | 2.23 | 2.15 | 2.21 | 2.17 | 2.05 | 1.96 | 2.02 |
| Rmean | 1.49 | 1.49 | 1.43 | 1.48 | 1.45 | 1.37 | 1.31 | 1.35 |
| T | 34.37 | 33.34 | 33.62 | 33.18 | 36.69 | 36.47 | 38.55 | 36.90 |
| Y2 | 42.82 | 40.34 | 40.00 | 39.75 | 44.83 | 41.45 | 41.26 | 40.76 |

差异。不论全年灌 1 水或 3 水条件下,均出现随施氮量增加千粒重降低趋势,1 水条件下随氮素增加实际千粒重从 42.83 g 降到 39.75 g,3 水条件下随氮素增加实际千粒重从 44.83 g 降到 40.76 g,说明随氮素增加小麦实际千粒重逐渐降低。相同施氮量下全年 3 水均高于 1 水,相关分析表明,除施氮处理 N_0 表现显著外,其余施氮处理均差异不显著,在 N_0 、 N_{240} 、 N_{480} 和 N_{600} 施氮处理下 3 水比 1 水分别高 4.7%、2.8%、3.2% 和 2.5%,说明全年灌 3 水条件对提高实际千粒重的效应随施氮量的增加而降低。

2.5 不同灌水和全年施氮量对小麦籽粒灌浆特性参数的影响

在灌 1 水条件下,各参数最大值均出现在 N_0 处理,其余施氮处理各参数因施氮量不同呈现不同变化趋势。灌 3 水条件下,各参数变化因施氮量不同而异,除 Tmax 和 T 外,其余参数均表现 N_0 最大。(表 5)。在相同施氮量下,除 Rmax 和 Rmean 两个参数外,其余的均表现 3 水处理比 1 水高,说明灌开花水降低 Rmax 和 Rmean,但提高其他灌浆参数。Rmean、T 和小麦千粒重(Y_2)做通径分析,Rmean 对 Y_2 的直接通径系数为 0.732 3,T 对 Y_2 直接通径系数为 0.983 2,且值较大,以上说明两参数对 Y_2 直接影响均是正效应,Rmean 通过 T 对 Y_2 的影响是负效应(间接通径系数为 -0.842 7),T 通过 Rmean 对 Y_2 的影响也是负效应(间接通径系数为 -0.609 2),Rmean 对 Y_2 的直接通径系数绝对值小于 Rmean 通过 T 对 Y_2 的间接通径系数绝对值,表明 Rmean 对 Y_2 的影响是通过 T 间接实现的。

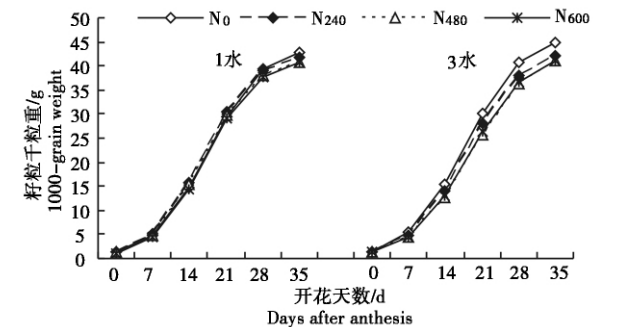


图2 不同灌水和施氮量处理下冬小麦籽粒灌浆拟合曲线

Fig.2 Curve of grain filling of winter wheat under different irrigation and nitrogen

2.6 不同灌水和氮肥对小麦产量的影响

同一施氮量均表现3水产量显著高于1水(表6),两个灌水条件下 N_0 处理差异显著,其余各施氮处理差异均达极显著,在 N_0 、 N_{240} 、 N_{480} 和 N_{600} 施氮处理下的产量3水比1水分别提高17%、27.7%、26.4%、26%,说明开花水对小麦产量的增产效应与施氮水平有关,增施氮素有利于开花水增产效应的发挥。

灌1水条件下,施氮处理产量均显著高于不施氮处理, N_{240} 处理比 N_0 增产18.2%,差异达极显著水平。继续增加施氮量,产量呈缓慢增加趋势, N_{600} 产量最高,但与其他施氮处理差异不显著。灌3水条件下,施氮量处理产量显著高于不施氮处理, N_{240} 处理比 N_0 增产29.8%,差异达极显著。继续增加施氮量,产量呈缓慢增加趋势, N_{480} 处理产量达到最高,随后出现下降趋势,但施氮处理差异不显著,说明增加灌水有利于氮素增产效应的发挥。

表6 水氮互作条件下小麦的产量

Tab.6 Effect of water and nitrogen amount on wheat grain yield

| 处理 Treatments | N_0 | N_{240} | N_{480} | N_{600} |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1水 One irrigation | 6 044 Cc | 7 146 CBb | 7 202 CBb | 7 353Bb |
| 3水 Three irrigation | 7 074 CBb | 9 180 Aa | 9 304Aa | 9 269 Aa |

注:小写字母表示5%显著水平,大写字母表示1%显著水平。
Note: Small letters mean significant at 5% level and big letters mean significant at 1% level.

3 结论与讨论

本研究表明,玉米百粒重随施氮量增加呈抛物线趋势,1水条件下施氮 480 kg/hm^2 百粒重最高,3水条件下施氮 240 kg/hm^2 百粒重最高,且两者未达显著,以上说明玉米生长季多雨年型灌开花水导致高施氮量处理条件下百粒重下降,如果灌开花水应减少施氮量。小麦千粒重随施氮量增加呈降低趋势,这可能主要与施氮的增穗作用有关,灌开花水提高小麦千粒重,因为在小麦生长季属少雨年型,连

续3年在小麦生长季仅灌1水条件下,遇到少雨年,导致干旱,使小麦早衰,可能是造成小麦收获粒重差异的主要原因。本研究结果与李科江等^[1]研究结果一致。但籽粒灌浆特性主要决定千粒重的高低,而产量由穗数、穗粒数和千粒重三者共同决定,不能仅以粒重高低确定产量,所以灌浆特性应该和群体穗数和穗粒数综合起来考虑。

关于灌浆参数与粒重的关系,因研究者使用的材料以及栽培的地域生态条件不同,因而得出的结论不一致。刘丰明等^[5]认为籽粒灌浆速率和灌浆持续期天数是影响河南省高产小麦粒重的两个主要因素,灌浆速率的作用更大。蔡庆生等^[7]研究认为灌浆速率与粒重呈显著正相关,但灌浆持续期天数与粒重关系不大。本试验通过分析籽粒灌浆速率和灌浆持续天数对粒重的影响,得出灌浆速率和灌浆持续天数均与粒重呈正相关,但灌浆持续天数作用大些,且灌浆速率和灌浆持续天数均对粒重的影响是通过彼此间接的负效应实现的,与以上结论不一致。

本试验结果表明,玉米在连续2年全年灌1水(玉米季不灌水)条件下施氮 480 kg/hm^2 时产量最高,说明在多雨年型玉米灌开花水水氮耦合不显著,甚至高氮处理下出现拮抗效应,此时水不是限制发挥肥效的因素,但水分和肥料过多,会对产量产生负面作用。小麦产量以连续3年全年灌3水(玉米季1水小麦季2水)条件下施氮 480 kg/hm^2 时最高,表明水氮耦合效果明显,小麦在少雨年灌开花水能极显著提高籽粒产量。在干旱年型小麦连续3年灌1水条件下,施氮量 N_{240} 产量较高,继续增加施氮量,增产效应不明显,表明土壤干旱限制了氮素效应的发挥,因此生产中宜适当减少施氮量。从全年产量考虑,以全年灌3水施氮 240 kg/hm^2 产量最高,进一步施氮有下降趋势,但不显著。在连续2~3年水氮定位的基础上研究结果表明,在玉米生长季遇到多雨年型时最好不要灌水,而在小麦生长季遇到少雨年时加灌开花水全年施氮在 $24\text{--}480\text{ kg/hm}^2$ 时可进一步提高全年产量。以上结果对夏玉米-冬小麦生产有一定参考价值。

玉米开花期是玉米需水临界期,大量研究表明在较干旱条件下灌开花水可提高粒重和产量^[10,11]。本试验在全年3水条件下灌玉米开花水导致玉米季高氮量处理粒重降低,产量下降可能与2008年降雨和连续2年高施氮肥有关,在2008年8月4日灌开花水时,玉米季降雨量为 166 mm ,土壤水分能够保障玉米正常生长,但8月至9月上旬降雨达 196.2

mm ,而过多的水肥可能导致植株徒长 ,向籽粒输入
营养减少 ,因而出现粒重降低 ,产量下降。

参考文献:

[1] 李科江 ,张西科. 不同栽培措施下冬小麦灌浆模拟研究 [J]. 华北农学报 ,2001 ,16(2) : 70 – 74.
[2] 赵洪亮 ,马瑞昆 ,刘恩财 ,等. 不同冬小麦品种籽粒灌浆特性参数对供水的反应 [J]. 华北农学报 ,2008 ,23(1) : 75 – 80.
[3] 李世清 ,邵明安 ,李紫燕 ,等. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展 [J]. 西北植物学报 ,2003 ,23(11) : 2031 – 2039.
[4] 李科江 ,李保国 ,胡克林 ,等. 不同水肥管理对冬小麦灌浆影响的模拟研究 [J]. 植物营养与肥料学报 ,2004 ,10(5) : 449 – 454.
[5] 刘丰明 ,陈明灿. 高产小麦粒重形成的灌浆特性分析 [J]. 麦类作物学报 ,1997 ,17(6) : 39 – 41.
[6] Yang Jian-Chang ,Zhang Jian-Hua ,Wang Zhi-Qing *et al* .

Activities of key enzymes in sucrose2to starch conversion–wheat grains subjects to water deficit during grain filling [J]. Plant Physiology 2004 ,135: 1621 – 1629.
[7] 蔡庆生 ,吴兆苏. 小麦籽粒生长各阶段干物质积累量与粒重的关系 [J]. 南京农业大学学报 ,1993 ,16(1) : 27 – 32.
[8] 刘 萍 ,王从亮 ,王凤格 ,等. 糯玉米不同品种的果穗增重与籽粒灌浆特性 [J]. 作物学报 ,2006 ,32(10) : 1589 – 1591.
[9] 张海艳 ,董树亭 ,高荣岐. 不同类型玉米子粒灌浆特性分析 [J]. 玉米科学 ,2007 ,15(3) : 67 – 70.
[10] 高亚军 ,李生秀. 不同供肥条件下水分分配对旱地玉米产量的影响 [J]. 作物学报 ,2006 ,32(3) : 415 – 422.
[11] 邵立威 ,张喜英 ,陈素英 ,等. 降水、灌溉和品种对玉米产量和水分利用效率的影响 [J]. 灌溉排水学报 ,2000(2) : 50 – 53.