

水肥条件对潮土区不同小麦品种光合特性的影响

郑惠玲¹, 杨永辉^{2,3}, 武继承^{2,3*}, 潘晓莹^{2,3}, 李学军⁴

(1. 河南省土壤肥料站, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002;
3. 农业部作物高效用水原阳科学观测站, 河南 原阳 453514; 4. 通许县农业科学研究所, 河南 通许 475600)

摘要: 为探明水肥条件对不同小麦品种光合特性的影响, 在通许县壤质潮土不同水分(不灌水、轻度干旱胁迫、充分灌溉)和氮肥追施次数(不追肥、返青—拔节期追肥、拔节期追肥+灌浆期追肥)条件下分析了不同小麦品种(矮抗 58 和周麦 18)在拔节期、扬花期和灌浆期的净光合速率、蒸腾速率、叶片瞬时水分利用效率。结果表明: 2 个小麦品种的净光合速率总体均随小麦生育期的推进而提高, 增加幅度均以轻度干旱胁迫拔节期追肥+灌浆期追肥处理最大, 尤其是矮抗 58。水肥处理对周麦 18 不同生育时期的蒸腾速率影响较大, 而对矮抗 58 影响较小。拔节期, 周麦 18 蒸腾速率以轻度干旱胁迫拔节期追肥+灌浆期追肥处理最低, 矮抗 58 蒸腾速率以该处理较低; 扬花期, 2 个小麦品种蒸腾速率均以不灌水返青—拔节期追肥处理最高, 周麦 18 以充分灌溉不追肥处理最低, 矮抗 58 以轻度干旱胁迫不追肥处理最低, 两品种均以轻度干旱胁迫拔节期追肥+灌浆期追肥处理次之; 灌浆期, 从 2 个小麦品种蒸腾速率平均值来看, 蒸腾速率以不灌水不追肥处理最高, 轻度干旱胁迫不追肥处理和轻度干旱胁迫返青—拔节期追肥处理最低。2 个小麦品种叶片瞬时水分利用效率均随生育期推进先降低后升高, 但升高幅度不同, 周麦 18 高于矮抗 58, 2 个品种总体以轻度干旱胁迫条件下更利于小麦叶片瞬时水分利用效率的提高, 尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥处理。总之, 轻度干旱胁迫有利于提高小麦蒸腾速率、降低蒸腾速率、提高叶片瞬时水分利用效率, 尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥处理, 且周麦 18 光合利用能力高于矮抗 58。

关键词: 潮土; 小麦; 水肥条件; 光合特性

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)01-0059-05

Effect of Water and Fertilizer on Photosynthetic Characteristics of Different Wheat Varieties in Alluvial Soil Area

ZHENG Hui-ling¹, YANG Yong-hui^{2,3}, WU Ji-cheng^{2,3*}, PAN Xiao-ying^{2,3}, LI Xue-jun⁴

(1. Station of Henan Soil and Fertilizer, Zhengzhou 450002, China; 2. Institute of Plant Nutrition & Resource Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 3. Yuanyang Experimental Station of Crop Water Use, Ministry of Agriculture, Yuanyang 453514, China; 4. Tongxu Institute of Agricultural Sciences, Tongxu 475600, China)

Abstract: In order to explore the effect of water and fertilizer on photosynthetic characteristics of different wheat varieties, the net photosynthetic rate, transpiration rate and instantaneous water use efficiency of Aikang 58 and Zhoumai 18 were measured at jointing stage, anthesis stage and grain-filling stage under different water and fertilizer conditions in loam alluvial soil in Tongxu county. The water conditions included no irrigation, mild drought stress and full irrigation, the

收稿日期: 2013-07-22

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203077); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2013BAD07B07-6); 河南省重大公益性科研项目(081100911600)

作者简介: 郑惠玲(1966-), 女, 河南永城人, 高级农艺师, 硕士, 主要从事节水栽培和土壤肥料的研究与推广工作。

E-mail: zzzhl03@126.com

* 通讯作者: 武继承(1965-), 男, 河南通许人, 研究员, 博士, 主要从事节水农业、农业生态和土壤养分资源利用等方面的工作。

E-mail: wujc2065@126.com

times of nitrogen fertilizer topdressing included zero, once (reviving to jointing stage) and twice (jointing and grain filling stage). The results showed that the photosynthetic rate of two wheat varieties increased with the growth of wheat, and the treatment with additional fertilizer at jointing and grain filling stage under mild drought stress was beneficial to improve photosynthetic rate compared with other treatments, especially Aikang 58. The effect of different water and fertilizer conditions on transpiration rate of Zhoumai 18 at different growth stage was greater than that on Aikang 58. At jointing stage, the transpiration rate of the treatment with additional fertilizer at jointing and grain filling stage under mild drought stress was the lowest for Zhoumai 18, while it was lower for Aikang 58. At flowering stage, the highest one of the transpiration rate for two wheat varieties was the treatment with additional fertilizer at reviving to jointing stage without irrigation, and the second was the treatment with additional fertilizer at jointing and grain filling stage under mild drought stress, the treatment without topdressing with full irrigation was lowest for Zhoumai 18, while the treatment without topdressing under mild drought stress was lowest for Aikang 58. At grain filling stage, the highest one of the transpiration rate for two wheat varieties was the treatment without topdressing and irrigation, the lowest one was the treatment without topdressing and the treatment with additional fertilizer at reviving to jointing stage under mild drought stress. The instantaneous water use efficiency of two wheat varieties first decreased and then increased with the growth of wheat, but the increase range was different, which of Zhoumai 18 was greater than Aikang 58. In a word, mild drought stress was conducive to improve the net photosynthetic rate and instantaneous water use efficiency, and decrease transpiration rate, especially the treatment with additional fertilizer at jointing and grain filling stage, and the photosynthetic capacity of Zhoumai 18 was higher than Aikang 58.

Key words: alluvial soil; wheat; water and fertilizer; photosynthetic characteristics

小麦生长发育受水、肥、气、热等多种环境因素的共同影响,水分和氮素是影响小麦光合作用和籽粒产量的重要因素。因此,水、肥配置一直是小麦栽培育种中研究的热点之一。

目前对小麦光合特性的研究多集中在氮、磷、钾及硫的配置效果^[1-9]、不同水分条件及其灌溉模式效应^[10-13]以及水氮耦合效应^[14-17]方面,而关于水肥互作对不同品种类型小麦光合特性影响的研究相对较少^[18-19]。合理运筹水、肥对小麦光合特性具有明显的调控效应,是实现小麦优质、高产、高效的重要措施。为此,探讨了不同水肥条件下小麦品种的光合特性,旨在为确定小麦高产高效的水、氮运筹方案提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在通许县冯庄乡前山村进行,该地区属暖温带大陆季风气候,全年太阳辐射总量 513.2 kJ/cm²,年均光照时数 2 428 h,日照率为 55%;年均气温 14.2℃,有效积温 4 660℃,无霜期 222 d,多年平均降水量 682.4 mm,其中 7、8、9 月 3 个月降水量占全年降水量的 60%,年蒸发量为 1 936 mm,是降水量的 3~4 倍,存在较严重的春旱和伏旱。土壤为壤质潮土,土壤母质为河流冲积物,地势平坦,海拔 60 m,耕层有机质 12.92 g/kg、全 N 0.87

g/kg、全 P 0.84 g/kg、水解 N 65.19 mg/kg、速效 P 16.84 mg/kg、速效 K 69.8 mg/kg;土壤容重 1.32 g/cm³;土壤机械组成为:砂粒(2~0.02 mm)占 69.5%,粉粒(0.02~0.002 mm)占 20.0%,黏粒(<0.002 mm)占 10.5%。

1.2 试验设计

设充分灌溉(占田间最大持水量的 80%)、轻度干旱胁迫(占田间最大持水量的 60%~70%)、不灌水 3 种水分处理,并在各水分处理条件下设不追肥、追肥 1 次、追肥 2 次 3 种氮肥追施处理。不灌水处理包括处理 1:CK1(不追肥,氮肥一次性底施,下同),处理 2:返青期—拔节期追肥(占氮肥用量的 50%),处理 3:拔节期追肥(占氮肥用量的 30%)+灌浆期追肥(占氮肥用量的 20%);轻度干旱胁迫处理包括处理 4:CK2(不追肥),处理 5:返青期—拔节期追肥(占氮肥用量的 50%),处理 6:拔节期追肥(占氮肥用量的 30%)+灌浆期追肥(占氮肥用量的 20%);充分灌溉处理包括处理 7:CK3(不追肥),处理 8:返青期—拔节期追肥(占氮肥用量的 50%),处理 9:拔节期追肥(占氮肥用量的 30%)+灌浆期追肥(占氮肥用量的 20%)。

试验小麦品种为周麦 18 和矮抗 58,重复 3 次,随机排列,氮肥总用量为 210 kg/hm²(折纯 N),底施磷肥 150 kg/hm²(折 P₂O₅),底施钾肥 90 kg/hm²(折 K₂O),统一田间管理。

1.3 光合特性的测定

采用英国 Li-COR 公司生产的 Li-6400 系列便携式光合作用测量系统测定小麦关键生育时期(拔节期、扬花期和灌浆期)旗叶的净光合速率、蒸腾速率和瞬时水分利用效率(WUE_L)。用叶片蒸腾消耗一定量的水所同化的 CO_2 量来表示单叶水平的水分利用效率,即 $WUE_L = P_n / T_r$ [20]。式中, WUE_L 为叶片水分利用效率($\mu\text{mol}/\text{mmol}$), P_n 和 T_r 分别代表净光合速率 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和蒸腾速率($\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)。

2 结果与分析

2.1 不同水肥条件对小麦品种净光合速率的影响

从图 1 可以看出,总体上随小麦生育期的推进,2 个小麦品种的净光合速率均提高,灌浆期最大。

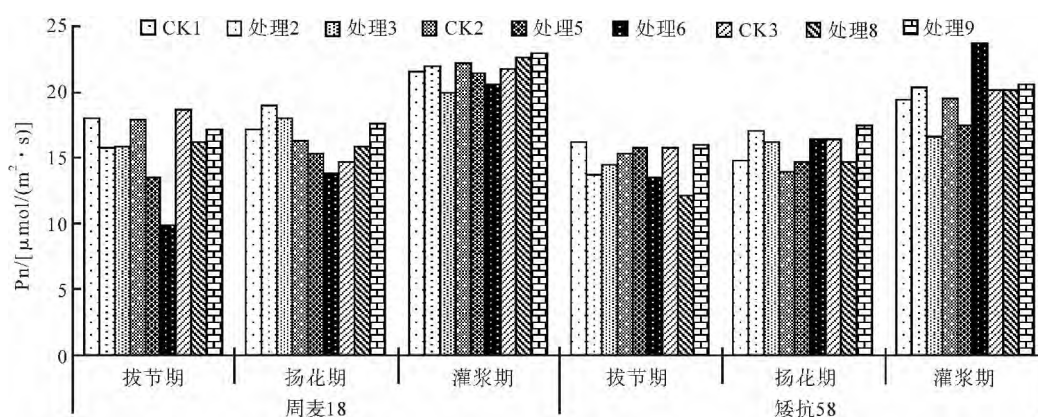


图 1 不同水肥条件下小麦品种的净光合速率

2.2 不同水肥条件对小麦品种蒸腾速率的影响

不同水肥条件对光合速率影响的同时,其对蒸腾速率也产生重要影响。从图 2 可以看出,不同水肥处理对周麦 18 不同生育时期的蒸腾速率影响较大,而对于矮抗 58 的影响较小。拔节期,周麦 18 的 CK1 和 CK3 蒸腾速率较其他处理高,处理 6 最低,处理 2、5 依次次之;而矮抗 58 各处理中,以 CK3 和处理 4 的蒸腾速率最高,处理 6、8、9 较小,且彼此之间差异不显著。说明轻度干旱胁迫下分期追肥(拔节期+灌浆期)有利于降低小麦拔节期蒸腾速率。扬花期,2 个品种中均以处理 2 蒸腾速率最高,而周麦 18 以 CK3 最低,处理 6 次之;矮抗 58 以 CK2 最低,处理 5、6 次之。说明,在小麦需水高峰期(扬花期),不灌水处理增加了小麦的蒸腾速率,加剧了水分消耗,降低了叶片水分利用效率,而轻度干旱有利于降低小麦的蒸腾速率。灌浆期,2 个品种相同处理间蒸腾速率差异较小,从 2 个小麦品种蒸腾速率平均值来看,以 CK1 蒸腾速率最高,CK2 和

轻度干旱胁迫条件下进行追肥降低了周麦 18 的净光合速率,但随生育期的推进,各处理中,2 个小麦品种均以处理 6 的净光合速率较前期增加幅度较大,尤其是拔节期之后。而从扬花期开始,周麦 18 在充分灌水条件下的光合速率以处理 9 较高,且到灌浆期以处理 9 的净光合速率最高。与矮抗 58 相比,除处理 6 外,各生育期周麦 18 的净光合速率均较高,这说明在同等条件下,周麦 18 的光合能力较矮抗 58 强,但轻度干旱胁迫下分期(拔节期+灌浆期)追肥对矮抗 58 的光合能力促进作用较大,尤其是在光合作用较强的灌浆期。

综上所述,轻度干旱胁迫下分期(拔节期+灌浆期)追肥更有利于小麦生长中后期净光合速率的提高,尤其是矮抗 58。

处理 5 最低,说明在小麦生育后期,不灌水处理增加了小麦的蒸腾速率,而适度干旱有利于降低叶片蒸腾速率,提高小麦抗旱能力。

综上所述,不同水肥条件对周麦 18 不同生育期的蒸腾速率影响较大。但整体来看,轻度干旱胁迫有利于降低小麦叶片蒸腾速率,尤其是拔节时追肥+灌浆期追肥处理。

2.3 不同水肥条件对小麦品种叶片瞬时水分利用效率的影响

从图 3 可以看出,不同水肥条件下,2 个小麦品种叶片瞬时水分利用效率均随生育期推进先降低后升高,但升高幅度不同,周麦 18 高于矮抗 58。

拔节期,除处理 2、CK2 外,其他处理的叶片瞬时水分利用效率表现为矮抗 58 略高于周麦 18;周麦 18 以处理 2 的叶片瞬时水分利用效率最高,处理 6 次之,处理 3 最低;矮抗 58 以处理 9 的叶片瞬时水分利用效率最高,CK1、处理 5、6 依次次之,处理 2 最低。扬花期,2 个品种的叶片瞬时水分利用效率相近,其中周麦 18

以不灌水条件下的叶片瞬时水分利用效率较低,而轻度干旱胁迫提高了叶片瞬时水分利用效率,尤其是处理 5 和处理 6,充分灌溉条件下叶片瞬时水分利用效率最高;矮抗 58 各处理间差异较小,但以处理 6、CK2 最高,处理 2 最低。灌浆期,除处理 6 和 CK3 外,其他处理叶片瞬时水分利用效率均以周麦 18 高于矮抗 58,尤

其是 CK2,说明周麦 18 生育后期的水分利用潜力较大,尤其是在轻度干旱胁迫条件下;矮抗 58 各处理中以处理 6 的叶片瞬时水分利用效率最高。

综上所述,在小麦生长的中后期,轻度干旱胁迫条更有利于提高小麦叶片瞬时水分利用效率,尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥处理。

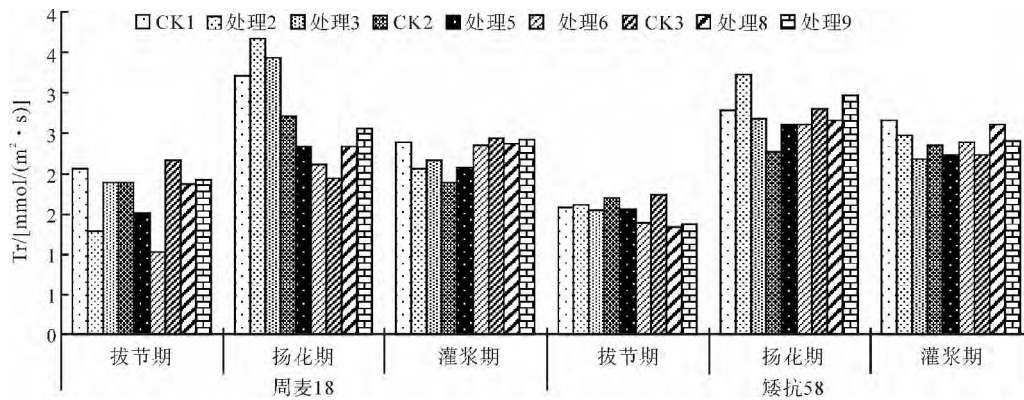


图 2 不同水肥条件下小麦品种的蒸腾速率

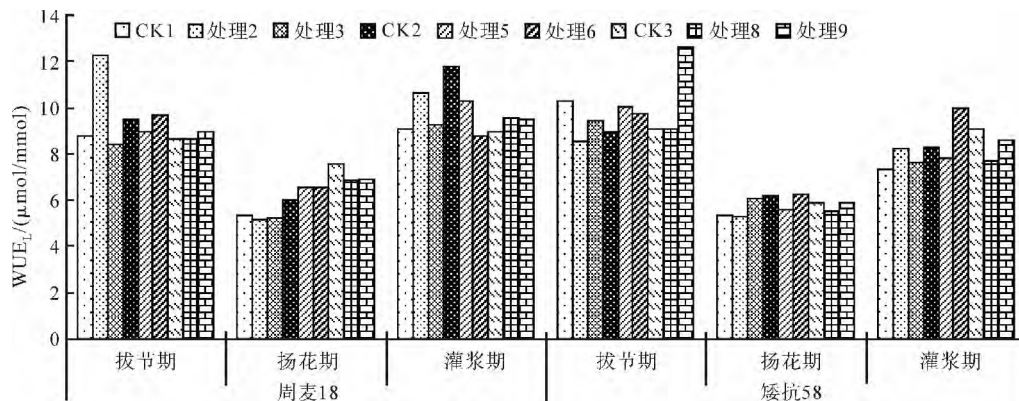


图 3 不同水肥条件下小麦品种的叶片瞬时水分利用效率

3 结论

作物品种不同,其光合作物特征存在一定的差异,而不同水肥条件会对作物光合速率、蒸腾速率及水分利用效率等产生重要影响。

1)随小麦生育期的推进,2 个小麦品种的净光合速率总体均提高,灌浆期最大。各处理中,净光合速率增幅以处理 6 较大,尤其是拔节期之后;除处理 6 外,各生育期周麦 18 的净光合速率均高于矮抗 58。

2)不同水肥处理对周麦 18 不同生育时期的蒸腾速率影响较净光合速率大。从 2 个小麦品种蒸腾速率平均值来看,除扬花期外,不追肥处理的蒸腾速率较高,而追肥可有效降低小麦的蒸腾速率,提高水

分利用潜力,尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥处理。

3)不同水肥条件下,2 个小麦品种叶片瞬时水分利用效率均随生育期推进先降低后升高,但升高幅度不同,周麦 18 高于矮抗 58。除拔节期周麦 18 处理 2 和矮抗 58 处理 9 外,轻度干旱胁迫更利于小麦叶片瞬时水分利用效率的提高,尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥处理。

综上所述,在小麦生长的中后期,轻度干旱胁迫条有利于提高小麦蒸腾速率、降低蒸腾速率、提高叶片瞬时水分利用效率,尤其是拔节期追肥+灌浆期追肥效果更为显著。

参考文献:

[1] 王志伟,张兆沛,牛立元,等. 不同施肥量对小麦百农矮

- 抗 58 光合特性的影响[J]. 广东农业科学, 2010, (5): 19-20.
- [2] 郭程瑾, 李宾兴, 王斌, 等. 不同磷效率小麦品种的光合特性及其生理机制[J]. 作物学报, 2006, 32(8): 1209-1217.
- [3] 邹铁祥, 戴廷波, 姜东, 等. 氮、钾水平对小麦花后旗叶光合特性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(10): 1667-1673.
- [4] 王宁, 刘义国, 张洪生, 等. 氮肥与精量秸秆还田对冬小麦花后光合特性及产量的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(6): 185-190.
- [5] 张娟, 张永丽, 武同华, 等. 氮肥底追比例对超高产栽培中小麦光合特性和干物质积累与分配的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(3): 508-513.
- [6] 孙旭生, 林琪, 李玲燕, 等. 氮素对超高产小麦生育后期光合特性及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 840-844.
- [7] 蔡瑞国, 王振林, 李文阳, 等. 氮素水平对不同基因型小麦旗叶光合特性和子粒灌浆进程的影响[J]. 华北农学报, 2004, 19(4): 36-41.
- [8] 田纪春, 陈建省, 王延训, 等. 氮素追肥后移对小麦籽粒产量和旗叶光合特性的影响[J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 101-103.
- [9] 吴进东, 李金才, 魏凤珍, 等. 喷施氮肥与外源物质对花后渍水胁迫冬小麦的调控效应[J]. 天津农业科学, 2011, 17(1): 63-67.
- [10] 王博欣, 刘钰, 蔡甲冰, 等. 不同供水条件对小麦光合特性及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(2): 69-72.
- [11] 李如意, 李巧云, 尹钧, 等. 不同水分处理对半冬性小麦光合特性和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2010(6): 9-12.
- [12] 王红光, 于振文, 张永丽, 等. 测墒补灌对小麦光合特性和干物质积累与分配的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2495-2503.
- [13] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 调亏灌溉对冬小麦光合特性及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(3): 59-62.
- [14] 徐璇, 周瑞, 谷艳芳, 等. 不同水氮耦合对小麦旗叶主要光合特性的影响[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2010, 40(1): 53-57.
- [15] 沈新磊, 付秋萍, 王全九. 施氮和灌水对冬小麦叶片光合特性和籽粒产量的影响[J]. 生态经济, 2009, (9): 26-29.
- [16] 王小燕, 王东, 于振文. 水氮互作对小麦旗叶光合特性、籽粒产量及氮素和水分利用率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007(6): 17-22.
- [17] 郭天财, 姚战军, 王晨阳, 等. 水肥运筹对小麦旗叶光合特性及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24(10): 1786-1791.
- [18] 牛立元, 王启亮, 王瑞芳. 黄淮平原冬小麦旗叶光合特性研究[J]. 河南农业科学, 2004(4): 3-6.
- [19] 张雅倩, 林琪, 刘家斌, 等. 干旱胁迫对不同肥水类型小麦旗叶光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(4): 724-730.
- [20] Fischer R A, Turner N C. Plant production in the arid and semiarid zones[J]. Annu Rev Plant Phys, 1978, 29: 277-317.