

再生水灌溉对冬小麦形态及光合特性的影响

李 康¹, 居 辉¹, 赵 颖², 周 军², 甘一萍²

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100061)

摘 要: 为给再生水在农业上的利用提供依据, 采用盆栽试验的方法, 通过对冬小麦主要生育期形态和生理指标的测定以及产量构成因素的分析, 研究了再生水(二级水、三级水)灌溉对冬小麦形态及光合特性的影响。结果表明, 再生水灌溉下冬小麦的株高及叶面积要高于清水灌溉处理, 且三级水灌溉的促进作用更明显; 在产量构成因素中, 三级水灌溉处理各项指标较清水灌溉处理略高, 二级水灌溉处理在千粒重指标上要高于清水灌溉处理, 其余指标较清水灌溉处理低; 在光合和蒸腾速率方面, 三级水灌溉处理冬小麦较其他处理表现较高。由此可见, 再生水对冬小麦的生长有一定的促进作用, 且三级水灌溉对冬小麦有一定的增产作用, 但二级水灌溉增产效果并不显著。

关键词: 小麦; 再生水; 灌溉; 产量

中图分类号: S512.1; S11

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2006)06-0145-04

Effects of Reclaimed Water Irrigation on Morphologic and Photosynthetic Characteristics of Winter Wheat

LI Kang¹, JU Hui¹, ZHAO Ying², ZHOU Jun², GAN Yi-ping²

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing, 100081, China;

2. Beijing Drainage Group Co., Ltd, Beijing, 100081, China)

Abstract: The effect of reclaimed water (secondary effluent, tertiary effluent) irrigation on winter wheat was studied through pot experiments. The morphologic and photosynthesis indicators at key growth period and yield components were analyzed. The result show that the stem height and leaf area of wheat irrigated by reclaimed water are higher than those by fresh water, and the performance treated by tertiary effluent is better than that of secondary effluent. For the yield composition of wheat, each yield components of the wheat irrigated by tertiary effluent are higher than that by fresh water. For secondary effluent, only 1000-grain weight of wheat irrigated by secondary effluent is heavier than fresh water while others are lower. Wheat irrigated by tertiary effluent has highest photosynthetic rate and transpiration rate after elongation stage among the treatments. In conclusion, the reclaimed water produced by current process in Beijing can benefit winter wheat growth in some extent, the tertiary effluent could promote the yield of winter wheat while the effect of the Secondary effluent is not remarkable.

Key words: Wheat; Reclaimed water; Irrigation; Yield

水资源短缺是我国农业生产面临的一个重大问题, 采取污水回用农田, 一定程度上能够缓解农业用水压力, 然而污水中的有毒有害物质对作物生长和土壤环境具有较大的影响^[1~3]。随着我国污水处理能力的提高和处理成本的降低, 再生水已成为一种重要水资源, 目前再生水主要用于工

业、园林绿化、环卫等方面^[4], 在农业上应用较少, 如果能够实现农业上的安全利用, 将为农业开辟新的用水途径。因此, 再生水灌溉对土壤、作物及环境的影响研究成为目前普遍关注的问题。

目前, 有关再生水对作物生长的光合特性影响的研究很少。由于再生水中含有一定数量的有

收稿日期: 2006-04-18

修回日期: 2006-07-20

基金项目: 北京市排水集团项目; 农业部农业结构调整重大技术研究专项。

作者简介: 李 康(1981—), 男, 硕士, 主要从事农业生态环境与农业节水方面的研究。

通讯作者: 居 辉(1970—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事节水农业以及气候变化对农业的影响研究。

机物、重金属和其它元素,用其灌溉对农田土壤和作物生长产生的影响可能有别于常用水,因此,本试验以冬小麦为对象,研究了再生水灌溉后冬小麦形态和光合特性的变化,分析再生水灌溉对冬小麦影响的生理机制。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所试验站(116°19',39°57')内进行,冬小麦品种为中麦 9508。试验采用盆栽种植方式,随机区组设计,按不同灌溉水质分为清水处理(F)、三级水处理(T)、二级水处理(S),每组处理设 10 个重复。供试土壤经 1 cm 孔径过筛,施加复合肥

(含全氮 20%、P₅O₂ 10%、K₂O 20%)和有机肥,混匀后装盆。采用聚乙烯塑料桶,规格 35 cm×30 cm(Φ×h)。每盆装土 13 kg,供试土壤为褐土,容重为 1.32 g/cm³,田间持水量为 26.35%,基本肥力碱解 N79.8 mg/kg,速效 K 115.4 mg/kg,速效 P 40.5 mg/kg,有机质 32.8 mg/g。

播种时间为 2004 年 10 月 8 日,每盆 7 穴,每穴播种两粒,出苗后每盆定苗 7 株。用称重法控制浇水量,保持田间最大持水量的 70%以上。试验灌溉用的再生水取自北京市高碑店污水处理厂处理后的二级水和三级水,对照所用清水为自来水。试验用水水质达到国家农田灌溉用水标准,基本情况如表 1。

表 1 试验灌溉用水的基本状况

Table 1 Quality of irrigation water used in the experiment														
化学成分 (mg·L ⁻¹)	BOD ₅	COD	SS	NO ₂ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TN	TP	磷酸盐	pH	Cl ⁻	铅	铜	镉	锌
清水 (F) Fresh water	—	2	—	—	—	—	—	—	6.0~8.5	100	—	—	—	—
三级水 (T) Tertiary effluent	5.85	23.8	5.55	—	20	—	—	0.11	7.5~8.4	143	—	—	—	—
二级水 (S) Secondary effluent	9.25	38.1	12.2	9.42	35.1	41.8	1.95	1.83	7.8~8.2	133	0.01	0.01	0.01	0.13

1.2 测定项目与方 法

1.2.1 冬小麦形态指标的测定

每个处理随机抽取 10 株,测量植株的株高、叶面积。采用公式计算叶面积,叶面积=0.78×叶长×叶宽,其中叶长是测定叶枕到叶尖的距离,叶宽是指叶片最宽处的宽度。到成熟期测量的是有效绿色叶片的叶面积。收获后考察小麦的穗长、穗重、有效穗粒数、千粒重等产量构成因素。

1.2.2 冬小麦光合日变化的测定

利用 Li-6400 便携式光合系统分析仪进行测定,选择冬小麦的拔节期和抽穗期的典型晴天测定,从早上八点至傍晚六点,每间隔两个小时测定一次。选择各处理有代表性的植株,测定顶部第一片全展叶的净光合速率[Pn,μmol CO₂/(m²·s)],蒸腾速率[Tr,μmolH₂O/(m²·s)]。各处理随机选择 6~8 个叶片测定。

2 结果与分 析

2.1 再生水灌溉对冬小麦株高、叶面积的影响

利用不同质量的水灌溉的冬小麦,其株高和叶面积在处理间表现不同。在拔节期,F 处理植株最高,S 处理最低;而抽穗期、灌浆期、成熟期时,T 处理的植株最高,F 处理最低。这表明再生

水灌溉能够促进作物的生长,且三级水灌溉对小麦株高的影响要好于二级水灌溉(图 1)。

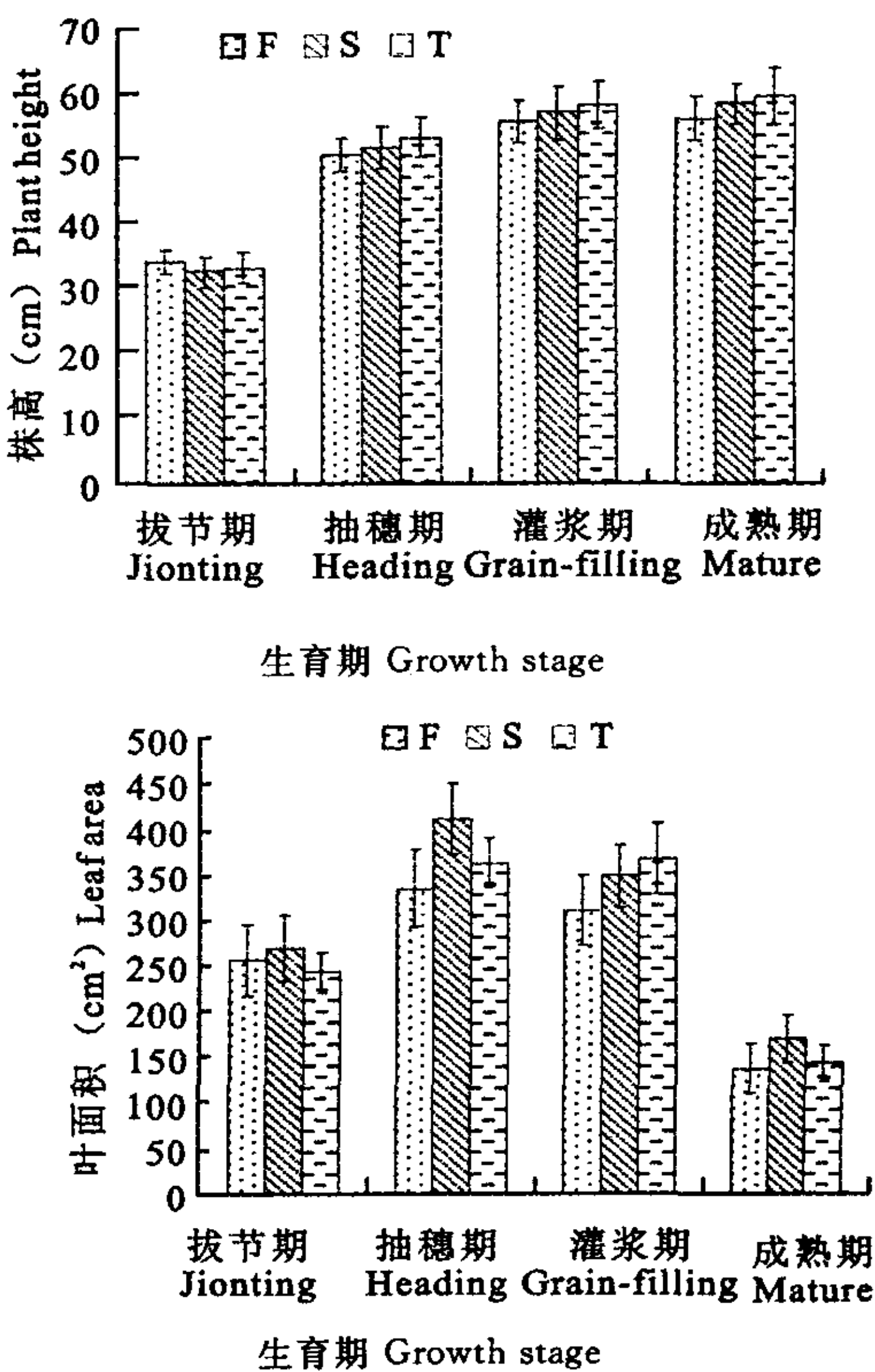


图 1 再生水灌溉对冬小麦株高和叶面积的影响
Fig. 1 Effect of reclaimed water irrigation on plant height and leaf area of winter wheat

从图 1 可见,在小麦的拔节期,S 处理的单株叶面积要大于 F 处理,而 T 处理的叶面积小于 F 处理,随后的几个生育时期,S 处理和 T 处里的叶面积均大于 F 处理。由此表明,再生水灌溉对小麦叶面积的增长有促进作用或延缓了叶片的衰老进程。

由上述结果可见,再生水灌溉对株高和叶面积的影响要好于清水灌溉,其主要原因在于再生水中含有部分有机物及营养物质,对植物的生长有促进作用,这与冯绍元^[9]的试验结论是一致的。尽管二级水中含有的有机物及营养离子要高于三级水,但二级水中含有的重金属离子也要高于三级水,可能重金属影响了植株部分代谢功能,使二

级水处理的小麦没有表现出生长优势。

2.2 再生水灌溉对冬小麦产量构成因素的影响

由表 2 可见,F 处理的平均穗长为 7.93 cm,分别高出 S 和 T 处理 0.42 和 0.17 cm。穗重以 T 处理最高,平均 2.54 g,分别高出 F 和 S 处理 0.28 和 0.39 g。T 处理有效穗粒数最高,平均 39.73 粒/穗,分别高出 S 和 F 处理 3.26 和 0.53 粒/穗。千粒重方面 S 处理和 T 处理分别高出 F 处理 1.64 和 1.99 g。从产量构成来看,三级水处理在多项指标比较中占优势,二级水处理只在千粒重方面要好于清水处理,其他指标差异要低于清水处理。

表 2 再生水灌溉对冬小麦产量构成因素的影响

Table 2 Effect of irrigation by reclaimed water on yield components of winter wheat								
处理 Treatment	穗长(cm) Ear length	百分比(%) Percent	单穗重(g) Ear weight	百分比(%) Percent	有效穗粒数 Gain number	百分比(%) Percent	千粒重(g) 1000-grain weight	百分比(%) Percent
F	7.93±0.38a	100	2.26±0.46ab	100	39.20±5.87a	100	43.61±0.38b	100
S	7.51±0.64b	94.70	2.15±0.40b	95.13	36.47±6.02b	93.04	45.25±0.22a	103.76
T	7.76±0.36ab	97.86	2.54±0.36a	112.38	39.73±4.38a	101.35	45.6±0.52a	104.56

注:表中数据为 10 次测定的平均值,数据后字母不同表示 0.05 水平上差异显著。
Note: The values are avarages of ten measurements. The letters after values refer to the significance of difference at the 0.05 level.

2.3 再生水灌溉对冬小麦光合日变化的影响

不同灌溉处理下冬小麦的光合日变化在拔节期和抽穗期都呈双峰曲线(图 2),而且出现峰值

的时间基本相同,只是各处理间峰值大小有所差异。

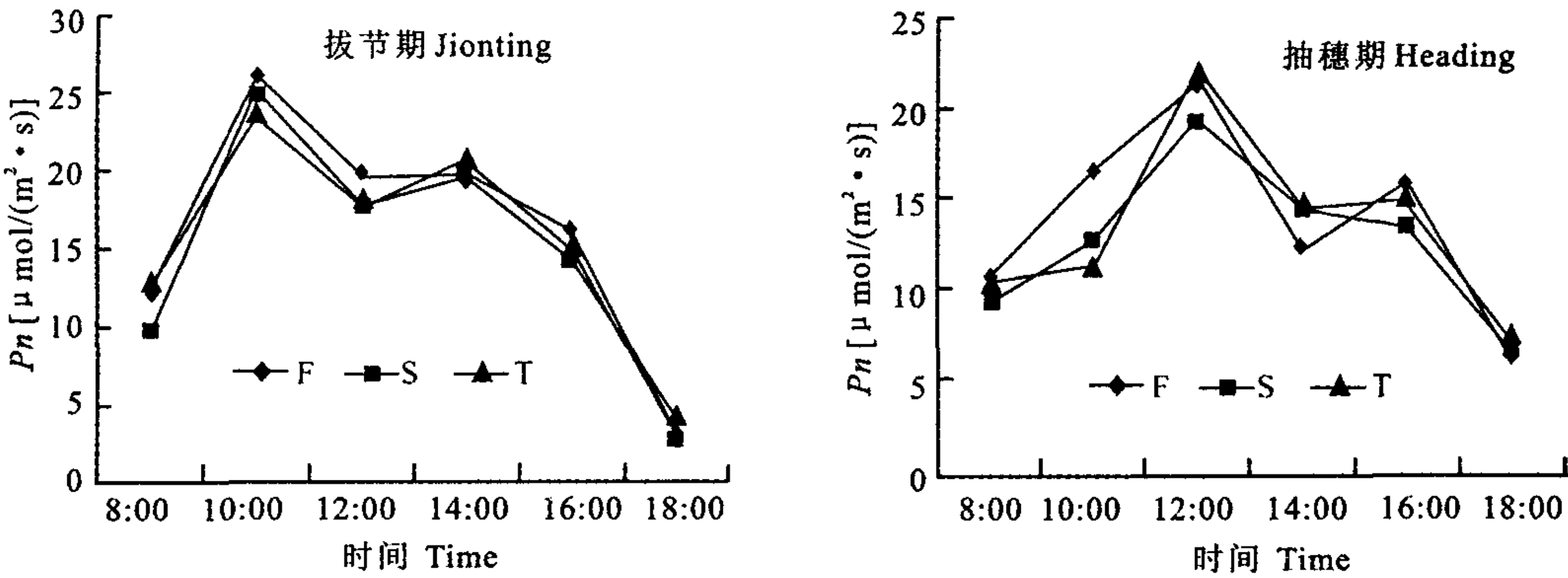


图 2 再生水灌溉下冬小麦的光合速率日变化

Fig. 2 Daily change of photosynthesis rate of winter wheat irrigated by reclaimed water

拔节期光合作用的第一个波峰处,F 处理的光合速率最高,为 26.07 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别比 S 和 T 处理高出 1.24 和 2.3 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,三者之间差异显著。随后光合降低,出现的“午休”现象。在第二个波峰处,T 处理的光合速率最高,为 20.75 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比 S 和 T 处理高出 1.15 和 1.37 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,但三者之间无显著差异。此后随着光照强度的减弱,光合速率开始逐步下降,至傍晚 6 点接近微弱。

抽穗期光合作用的第一个波峰处,T 处理的光合速率最高,为 21.82 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别比 F 和 T 处理高出 0.55 和 2.62 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其中,T 处理与 F 处理之间无显著差异,但均与 S 处理间有显著差异。在第二个波峰处 F 处理最高,为 15.85 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别比 T 和 S 处理高出 0.92 和 2.38 $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,三者之间的有显著差异。

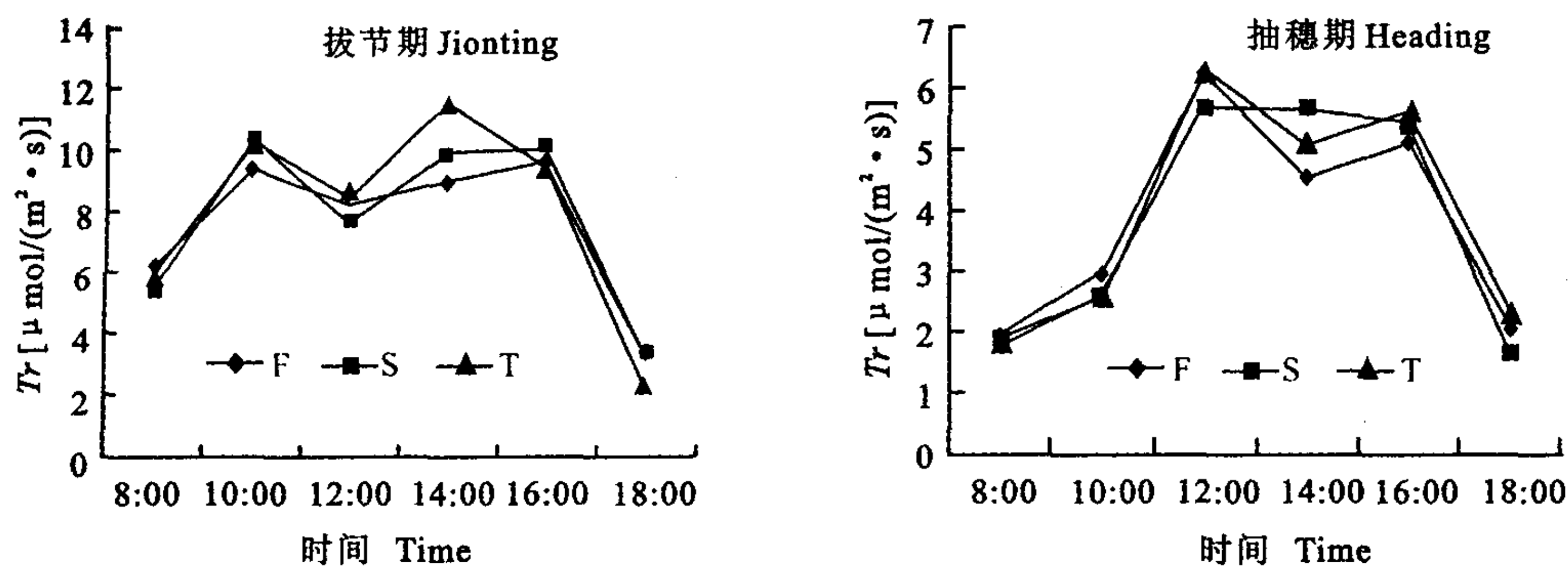


图3 再生水灌溉下冬小麦的蒸腾速率日变化

Fig. 3 Daily change of transpiration rate of winter wheat irrigated by reclaimed water

2.4 再生水灌溉对冬小麦蒸腾日变化的影响

由图4可见,拔节期蒸腾速率的最大值出现在午后2点,此时正是出现第二个光合速率峰值时期,T处理的蒸腾值为 $11.45 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别比S和F处理高 1.67 和 $2.56 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,且三者之间有显著差异。

抽穗期蒸腾速率的最大值出现在12点左右,T处理与F处理间无显著差异,均与S处理有显著差异。但在午后2点时刻,小麦出现“午休”,蒸腾速率以S处理最高,为 $5.59 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别比T和F处理高 0.5 和 $1.08 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间有显著差异。

3 讨论

与污水相比,再生水水质相对较好,经处理后的二级水就能达到农田灌溉用水标准。以往研究表明,污水灌溉对作物生长的不利影响主要是污水中的重金属及有机污染物,重金属能够造成幼苗叶片萎缩、枯黄、生长点坏死的现象^[10]。本试验中的三级水灌溉促进冬小麦生长的效果要好于二级水灌溉处理,原因可能是二级水中所含的少量重金属对冬小麦苗期的生长产生了影响,但这种影响随着小麦的生长会逐渐减弱,而再生水中含有氮磷等营养物质,在生育期间都能被小麦所吸收,促进了冬小麦的生长。

在本试验中,再生水处理的小麦旗叶净光合速率要低于清水处理,特别是二级水处理,与清水

处理间有显著差异。可能存在以下原因,再生水灌溉下小麦的生育期天数有些延缓,推迟了两至三天时间,致使光合速率差异;也可能是冬小麦体内的光合器官中光化学物质遭到不同程度的损坏所致,但具体原因有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 袁伟,郭宗楼,袁华. 污水灌溉的研究现状及利用前景分析[J]. 中国农村水利水电, 2005, (6): 19-21.
- [2] 杨飞,蒋丽娟. 浅议污水灌溉带来的问题及对策[J]. 节水灌溉, 2000, (2): 23-25.
- [3] 胡焱. 污水灌溉对土壤环境的污染及对策[J]. 山西水利科技, 2005, (2): 59-61.
- [4] 钱茜,王玉秋. 我国中水回用现状及对策[J]. 再生资源研究, 2003, (1): 27-30.
- [5] 彭正萍,李春俭,门明新. 缺磷对不同穗型小麦光合生理特性和产量的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(8): 739-744.
- [6] 张永丽,李雁鸣,肖凯,等. 不同氮、磷用量对杂种小麦旗叶光合特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 231-236.
- [7] 李朝霞,赵世杰,孟庆伟,等. 不同粒叶比小麦品种非叶片光合器官光合特性的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(5): 419-426.
- [8] 张秋英,李发东,高克昌,等. 水分胁迫对冬小麦光合特性及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(6): 1184-1190.
- [9] 冯绍元,齐志明,黄冠华,等. 清、污水灌溉对冬小麦生长发育影响的田间试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(3): 11-14.
- [10] 姜勇,梁文举. 污灌对土壤重金属环境容量及水稻生长的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(7): 124-127.