

# 不同滴灌量对南疆春小麦光合特征和产量的影响

王冀川,高山,徐雅丽,韩秀峰

(塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**通过设置不同滴灌量的田间试验,研究了南疆春小麦光合特性和产量对水分的响应。结果表明:限量滴灌(轻度亏缺和重度亏缺)造成麦田土壤水分亏缺,单叶光合速率( $P_n$ )和群体光合速率( $CAP$ )降低,在扬花期单叶蒸腾速率( $T_r$ )和群体呼吸速率( $CR$ )也均低于适量滴水处理,同时限量滴灌处理单叶光合速率日变化中的“午休”现象明显,影响了叶片同化功能;过量灌溉造成小麦营养体增长过快, $P_n$ 、 $CAP$ 、 $CR$ 、叶源量( $CLSC$ )虽然较高,但后期下降快,不利于有效产量形成,生产效率低;适宜滴灌处理( $3\ 750\ m^3/hm^2$ )的单叶、群体光合性能均处于优化状态,在生育后期(灌浆期)能较长时间保持高的 $P_n$ 、 $WUE$ 、 $CAP$ 、 $CR$ 和 $CLSC$ 等,保证了籽粒发育和灌浆的营养需求,产量最高。

**关键词:**春小麦;滴灌;光合特性;产量

**中图分类号:** S512.1\*2; S275.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7601(2012)04-0042-07

新疆是新疆乃至全国重要的粮食生产基地之一,然而由于经济的迅速发展,作为灌溉水源的地表水和地下水经多年开采,利用程度已接近极限,水资源短缺矛盾成为该地区制约农业发展的主要因素<sup>[1]</sup>,因此在南疆地区进行节水农业研究以提高农田有限水资源的利用效率显得尤其重要。麦田滴灌是一种与栽培技术相结合的节水、增产效果显著的局部灌溉方式,具有灌量小、地表蒸发量小、不向深层渗漏、能维持根际最佳含水量、较漫灌节水20%~30%等优点,是目前麦区节水灌溉技术研究的热点<sup>[2]</sup>。当前,膜下滴灌研究主要集中在棉花、加工番茄、玉米等中耕作物的生育规律、需水规律、滴灌灌溉制度等方面<sup>[3-5]</sup>,而小麦节水滴灌的高产生理机理研究较少,因此,开展滴灌条件下小麦节水高产的光合生理研究具有重要意义。

长期以来,对小麦不同生育期、不同品种、不同穗型、不同外界条件(光、温、水、气、肥)下光合势、光合效率等已进行了广泛研究,这些研究多侧重于生育后期的开花结实、光合作用及光合产物的积累、分配和运转等<sup>[6-10]</sup>,而在干旱区滴灌条件下春小麦光合作用生理生态特征的研究甚少,基于此,试验选取不同基因型的春小麦品种,通过对其光合特征的监测研究,分析了净光合速率、蒸腾速率、群体光合速率、呼吸速率以及叶源量等指标的变化特征,为充

分利用当地的光热水资源、选育高光效品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

试验于2010—2011年在塔里木大学农学实验站网室中进行,试验地土质为沙壤土,0~40 cm土层土壤容重为 $1.32\ g/cm^3$ ,田间持水量23.8%(重量含水量),地下水位8.0 m左右,土壤有机质含量 $10.25\ g/kg$ ,全氮 $0.685\ mg/g$ ,碱解氮 $49.27\ mg/g$ ,速效磷 $32\ mg/g$ ,速效钾 $214.1\ mg/g$ 。试验选用早熟矮秆品种新春22(新疆农垦科学院作物所提供)和中熟高秆品种新春19(石河子大学提供)为供试材料,播期为3月上旬。按15 cm等行距播种,滴灌小区每6行在第3~4行之间铺设1条滴灌带,1管6行模式,种植密度为570万株/ $hm^2$ 。

滴灌水量根据实际生产条件设置4个滴灌定额(表1):高水 $5\ 250\ m^3/hm^2$ (T1)、适水 $3\ 750\ m^3/hm^2$ (T2)、少水 $2\ 250\ m^3/hm^2$ (T3)和亏水 $750\ m^3/hm^2$ (T4);灌水次数与灌水定额根据小麦生育期需水特点、湿润层大小和地区气候特征设定,全期共滴灌7水。小区面积 $13.5\ m^2$ ,各重复3次,每区种植18行。小区用水表记录灌溉水量。每小区之间用防渗板(PVC聚酯板)隔开,隔离深度80 cm。

收稿日期:2011-11-07

基金项目:国家自然科学基金项目(30960188);新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室开放课题(200803);新疆兵团“科技人员服务南疆专项”(2010GG71)

作者简介:王冀川(1968—),男,新疆人,副教授,硕士生导师,主要从事作物水分生理生态研究。E-mail: wjcwzy@126.com。

表1 不同滴灌控水设置

Table 1 Design of watering amount in drip irrigation for spring wheat

生育阶段 Growth stage	日期 Date (M-d)		控水处理 Watering treatment ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )			
	2010	2011	T1(过量灌溉)	T2(适量灌溉)	T3(轻度亏缺)	T4(严重亏缺)
			(Excessive irrigating)	(Moderately irrigating)	(Limited irrigating)	(Serious deficiency)
三叶 Three-blade	04-13	04-11	403.5	288.0	172.5	57.0
分蘖盛期 Tillering	04-25	04-26	483.0	345.0	207.0	69.0
拔节初 Jointing	05-05	05-08	627.0	448.5	268.5	90.0
孕穗 Booting	05-15	05-20	834.0	595.5	357.0	118.5
扬花 Flowering	05-24	05-27	1026.0	732.0	439.5	147.0
灌浆 Filling	06-05	06-10	1026.0	732.0	439.5	147.0
乳熟 Milky maturity	06-17	06-21	850.5	607.5	364.5	121.5
总灌量 Total			5250.0	3750.0	2250.0	750.0

试验田播种前施基肥尿素 225  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、磷酸二铵 150  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，拔节期每公顷随水滴施尿素 90  $\text{kg}$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  60  $\text{kg}$ ，扬花灌浆期每公顷滴施尿素 75  $\text{kg}$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  60  $\text{kg}$ 。拔节前每  $\text{hm}^2$  喷施 2,4-D-丁酯 900 ~ 1 500 g 除草。

## 1.2 测定方法

每隔 7 ~ 10 d 观测各处理植株形态指标；各生育阶段用美国产 LI-6400 型便携式光合测定系统于晴朗少云的天气在 12:00 ~ 13:00 时段测定单叶光合指标，并于扬花期(5月25日)测定各处理的净光合率( $P_n$ )日变化。每个小区取 5 片叶测定，取其平均值。群体光合速率(CAP)参照马富裕等<sup>[11]</sup>方法采用同化箱法测定。用 GXH-305 型红外线  $\text{CO}_2$  分析仪(北京华云分析仪器研究所)在田间选择晴天光强稳定在 1 200 ~ 1 400  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (北京时间 11:00 ~ 14:00)时进行测定。同化箱宽 0.8 m，长 0.9 m，高度依不同生育期株高而定，箱内装两个风扇搅拌气体，框架外罩透明聚脂薄膜。采用闭路系统，每处理选 3 个点，每点测定 2 次，当同化箱内  $\text{CO}_2$  气体稳定下降后开始测定，测定时间为 60 s。不同处理采用轮回测定的方法。用红黑双层绒布罩遮光后测定群体呼吸速率(CR)。同法测定土壤呼吸以修正群体光合的测定值，在群体结构相近的田地，剪去与同化箱底大小相同面积地表上的植株后，测定土壤呼吸释放的  $\text{CO}_2$ ，以修正群体光合的测定值。计算群体呼吸速率占群体总光合速率的比例： $CAPP = CR/(CR + CAP)$ ；群体叶源量(CLSC)参照肖凯等<sup>[12]</sup>方法计算： $CLSC = \sum[(CAP_i + CAP_{i+1})/2] \times D_i$ ，式中， $CAP_i$ 、 $CAP_{i+1}$  指第  $i$ 、 $i+1$  次测定的 CAP， $D_i$  为第  $i$  至  $i+1$  次测定所间隔的时间(天数)。成熟时每区选择 3 个有代表性的样点割取 1  $\text{m}^2$  的植株，脱粒考

种计产。

## 1.3 数据处理与统计分析

采用 DPS 7.5 统计分析软件对数据进行差异显著性检验，用 Microsoft Excel 2003 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同滴灌量对春小麦单叶光合性状的影响

不同处理下春小麦单叶光合速率( $P_n$ )变化见图 1，随生育期推移，各处理的  $P_n$  均呈现单峰曲线变化，在孕穗 ~ 扬花期期间达最大值，此后逐渐下降。T4 由于持续缺水， $P_n$  最低，且在孕穗期后下降迅速；T1 由于水量充足，叶片宽大，虽然  $P_n$  较高，但后期(扬花以后)下降过快；T2 植株长势稳健， $P_n$  上升时间较早，且峰值后推到扬花期，此后下降较缓，表现出较强的叶片光合能力。品种间  $P_n$  动态变化趋势基本一致，由于新春 19 为高秆品种，适宜水分条件下长势较强，但水分过多易引起后期郁闭倒伏， $P_n$  受到较大影响，而水分严重亏缺，将大大降低开花灌浆期的  $P_n$ 。

对不同处理春小麦单叶蒸腾速率( $Tr$ )(图 2)分析表明，随生育进程变化， $Tr$  逐渐上升，孕穗 ~ 扬花期达高峰，随后又下降。滴灌水量增加， $Tr$  有增加趋势，如 T1 中新春 19 和新春 22 在扬花期  $Tr$  分别为 4.01  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  和 3.75  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，较 T4 高出 48% 和 44%，这是因为充分水分保证了叶片细胞液溶质，促进细胞旺盛活性，加快叶片  $Tr$ ，植株生长旺盛，而土壤水分亏缺引起叶片细胞气孔的应激性反应，气孔开度不够，影响  $Tr$ 。T2 的  $Tr$  虽不及 T1，但其在生长关键期的孕穗 ~ 扬花期保持平稳，在良好  $Tr$  的基础上所形成的同化物较多，因而单叶水分利用效率(WUE)在 4 个处理中表现最高

(表 2),尤其在扬花以后,其  $WUE$  均超过其他处理,这为籽粒形成和灌浆的物质积累提供保证。供试的 2 个品种  $Tr$  变化略有不同,从单叶  $WUE$  处理间差异的变异系数 ( $CV\%$ ) 大小上看,水分处理对  $WUE$

的影响主要在灌浆期,新春 19 的  $Tr$  差异较新春 22 大,说明新春 19 光合生理对水分反应更敏感,而新春 22 平均  $WUE$  较新春 19 高,说明新春 22 是一个较节水品种。

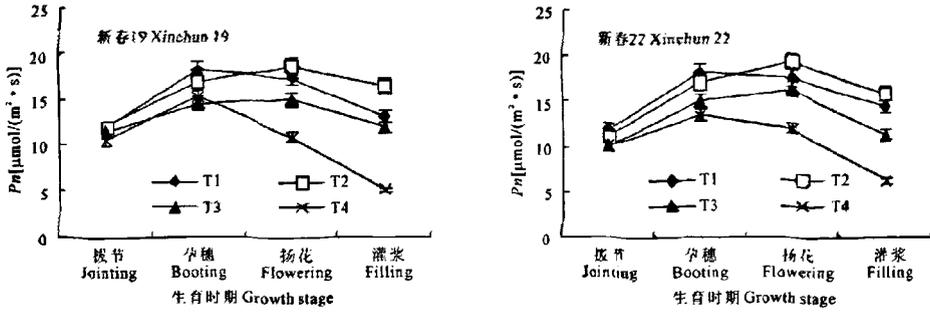


图 1 各处理在不同生育期的  $P_n$  变化

Fig.1 Variations of  $P_n$  at different growth stages in different treatments

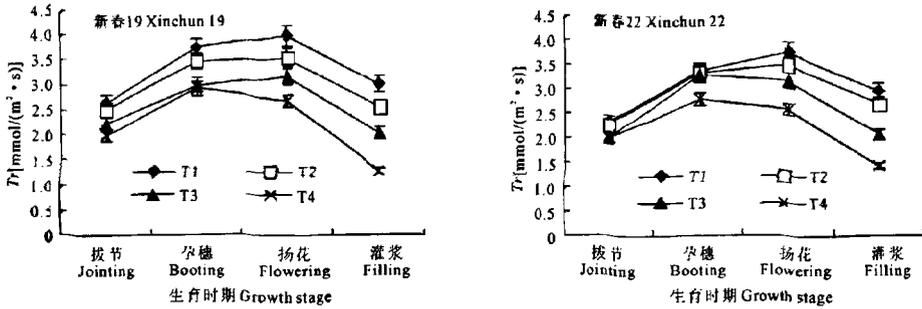


图 2 各处理在不同生育期的  $T_r$  变化

Fig.2 Variations of  $T_r$  at different growth stages in different treatments

表 2 各处理不同生育时期单叶  $WUE$  ( $CO_2 \mu mol / mmol H_2O$ ) 及其  $CV$  变化

Table 2 Variations of  $WUE$  and  $CV$  at different stages in different treatments

处理 Treatments	拔节 Jointing		孕穗 Booting		扬花 Flowering		灌浆 Filling		CV(%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
T1	4.46b	5.13a	4.85a	5.38a	4.38bc	4.71b	4.36c	4.83b	5.16	6.08
T2	4.83ab	4.90a	4.89a	5.12ab	5.27a	5.54a	6.40a	5.85a	13.59	7.94
T3	5.16ab	5.02a	4.87a	4.58c	4.72b	5.14a	5.78b	5.43a	9.13	7.06
T4	5.31a	5.06a	5.20a	4.79bc	4.07c	4.62b	4.00c	4.31b	15.20	6.75
平均 Mean	4.94	5.03	4.95	4.97	4.61	5.00	5.13	5.21	10.77	6.96
CV(%)	7.65	1.92	3.40	7.20	11.10	8.55	22.20	13.28	72.61	60.39

注:A、B 分别代表新春 19 和新春 22; 同列有相同字母表示无显著差异 ( $P < 0.05$ ), 下表同。

Note: A and B stand for Xinchun 19 and Xinchun 22 respectively; Values within a column with the same small letter indicate no significant difference ( $P < 0.05$ ). They are the same in the following tables.

滴灌春小麦的  $P_n$  在扬花期(5月 25 日)的日变化表现为从上午 10:00 起,随光合有效辐射(PAR)强度的增加而不断升高,14:00 达一天中的高峰,16:00 前后有不同程度的光合“午休”现象(图 3),灌水量越少,光合“午休”越严重,充分灌溉和适量灌溉

“午休”不明显。对于有“午休”的处理  $P_n$  在 18:00 有所回升,随后  $P_n$  开始快速下降,但 T4 下降更快。就其单叶的一天平均  $P_n$  值而言,非水分亏缺处理明显高于限量滴灌处理 ( $P < 0.01$ ),说明保证滴灌水量可以充分提高春小麦叶片的光合能力。干旱条

件下,新春 19 的叶片光合“午休”现象更明显,且“午休”后恢复程度也较新春 22 差。从处理间  $P_n$  变化 CV 的平均值来看,新春 19 为 25.79%,新春 22 为

19.98%,进一步说明新春 22 单叶  $P_n$  日变化的水分适应性高于新春 19。

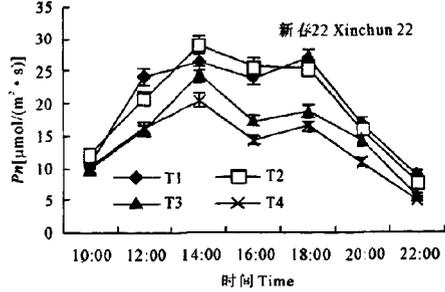
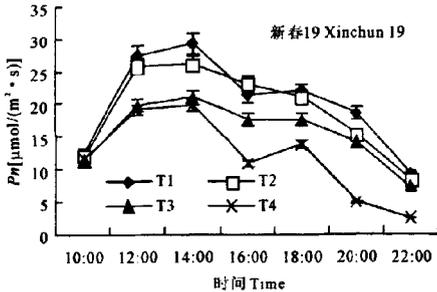


图 3 各处理单叶  $P_n$  日变化

Fig.3 Diurnal variation of  $P_n$  in different treatments

### 2.2 不同滴灌量对春小麦群体光合速率(CAP)与呼吸速率(CR)的影响

春小麦在不同滴灌量条件下,群体光合速率(CAP)随生育期均呈先增加后减小的单峰型曲线变化(图 4),在孕穗(5月上旬)前增长缓慢,孕穗后增长加快,扬花期(5月下旬)达到最大值,随后迅速下降。不同处理间表现为,苗期未滴灌水前土壤水分

相同,CAP 无差别;滴灌水后至拔节期处理间的 CAP 差异开始显现,表现为滴灌量越大 CAP 增速越快,在扬花~灌浆(5月下旬~6月上旬)各处理差异最大,以 T1 最高,T4 最低,滴灌量越小的 CAP 变化越平稳。T2 的 CAP 虽低于 T1,但扬花以后下降缓慢。T3、T4 由于受土壤水分亏缺的影响,其 CAP 显著低于非水分亏缺处理。

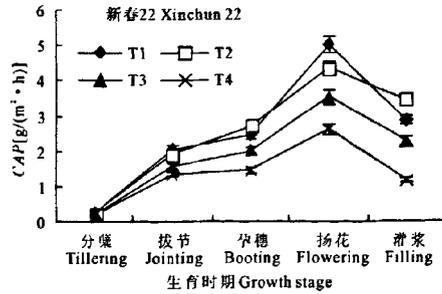
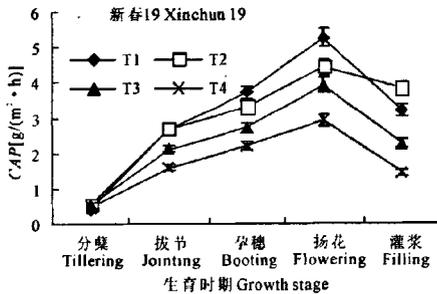


图 4 各处理在不同生育时期的 CAP 变化

Fig.4 Variations of CAP at different growth stages in different treatments

春小麦群体呼吸速率(CR)随生育期也呈先增后减的单峰型曲线变化(图 5),在扬花期为高数值,其大小为 T1 > T2 > T3 > T4,说明滴灌量越少,CR 峰值越低,这可能是水分亏缺造成个体生长量明显不足、器官活力衰退所致。处理间 CR 差异主要表现在扬花期以后,T1 的 CR 在灌浆前始终保持最高,在扬花期以后迅速下降,说明充足灌溉加快了个体生理生长的活性,由于前期生长过旺,造成后期群体郁闭,光合能力受阻,加速了后期 CR 下降,对产量物质积累不利;T2 的 CR 虽不及 T1 大,但扬花期上升快,利于开花与籽粒形成的物质能量消耗,扬花以后仍能保持较高水平,这为籽粒灌浆的物质积累与

运输和转化提供充足能量保证,利于产量潜力的发挥。

各处理的 CR 占群体总光合速率(CAP)的比例(CAPP)随生育期推进而不断增加,其中以 T4 在扬花前始终高于其他处理,扬花后快速下降,说明严重水分亏缺造成小麦群体光合能力和呼吸消耗比例失调,个体通过加大呼吸消耗来满足体内养分运输与转化,从而大大减低了干物质积累,在灌浆期由于水分胁迫造成营养体过早衰亡,其生理机能迅速下降,对产量形成造成较大影响。T2、T1 和 T3 的 CAPP 在扬花期之前差异不大,但此后表现为 T2 较快上升,明显高于其他处理,说明此期群体呼吸机能旺

盛,为籽粒形成与灌浆提供充足的同化物运转能量,保证了籽粒的灌浆速度,为获得较高粒重打下生理基础。对供试的2个品种的CAPP进行差异比较分析表明(表3),不同水分处理的CAPP差异的变异

系数(CV)均以新春19大,说明在光合生理活动中新春19的水分敏感性高于新春22,即高秆品种在干旱区光合生理的水分适应性较差,不利于抵御干旱胁迫的影响。

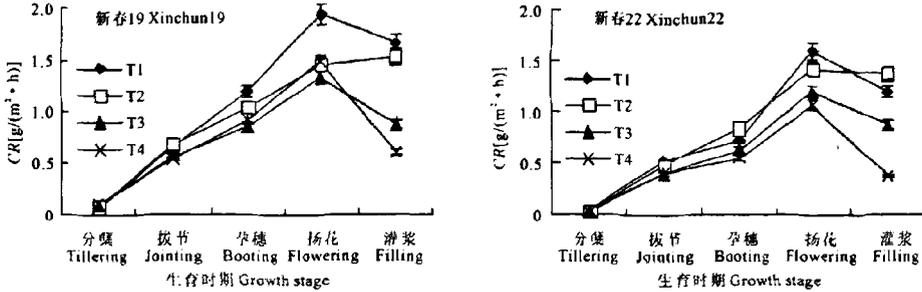


图5 各处理在不同生育时期的CR变化

Fig.5 Variations of CR at different growth stages in different treatments

表3 各处理不同生育时期CR/CAP及其CV变化

Table 3 Variations of CR/CAP and CV at different growth stages in different treatments

处理 Treatments	分蘖 Tillering		拔节 Jointing		孕穗 Booting		扬花 Flowering		灌浆 Filling		CV (%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
T1	0.14e	0.14bc	0.25b	0.25b	0.32b	0.30b	0.37b	0.32b	0.52a	0.42a	44.52	36.23
T2	0.13c	0.13c	0.25b	0.25b	0.31b	0.31b	0.33c	0.33b	0.40b	0.40a	34.81	34.81
T3	0.17b	0.17a	0.26b	0.26b	0.31b	0.31b	0.34bc	0.34b	0.39b	0.39a	28.24	28.24
T4	0.22a	0.15ab	0.34a	0.30a	0.42a	0.38a	0.51a	0.41a	0.42b	0.32b	28.21	31.88
平均 Mean	0.17	0.15	0.28	0.27	0.34	0.33	0.39	0.35	0.43	0.38	33.95	32.79
CV (%)	24.85	10.89	14.93	8.12	15.49	11.19	21.53	11.66	14.00	11.19	22.70	10.78

### 2.3 不同滴灌量对春小麦扬花期群体叶源量(CLSC)的影响

作物群体叶源量(CLSC)是指作物某一生育阶段单位生长时间内的平均CAP变化,表达了群体光合能力的强度,CLSC越高,说明作物CAP的强度越高,同化物积累强度越大<sup>[13]</sup>。不同滴灌量对春小麦CLSC的影响见图6,春小麦CLSC随生育进程逐渐增加,至扬花~灌浆期间达到高峰期。拔节前植株个体较小,生长势缓慢,CAP较低,CLSC不高;拔节~孕穗期是小麦营养生长最快速的时期,以“N代谢”为主,要求较强的群体同化力;孕穗~开花期是小麦一生中生理活性最强的时期,对同化物需求量增加的目的是增强个体呼吸与物质转换,保证开花需求,故拔节~扬花期群体保持较高的CLSC是保证群体正常发育的基础。灌浆期是小麦产量积累的关键期,此期是“C代谢”高峰期,需要大量的光合同化物作为籽粒养分“源”<sup>[14]</sup>,此期保持较高的CLSC既能提高群体同化物在单位时间内的积累量,又能保证籽粒充足养分的吸收,是产量形成基础。不同

处理间随水分胁迫加剧,CLSC降低,T2和T1之间差异并不大,说明过量滴灌并不能显著提高群体光合强度,这可能是过量灌溉造成灌浆期营养器官生长旺盛,生殖生长转化不畅,群体叶片肥大下披,基部通风透光性差,下部叶片光合性能下降,整体的群体CAP并不高<sup>[15]</sup>所致。故在生产中需要采用适宜的滴灌水量(本试验中为3750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),进行群体生长的合理调控,才能达到高产高效的目的。

### 2.4 不同滴灌量对春小麦产量及产量构成因素的影响

不同滴灌量条件下,T2的籽粒产量显著高于T3、T4( $P < 0.05$ )(表4),新春19和新春22分别达到6606.83 kg/hm<sup>2</sup>和6625.94 kg/hm<sup>2</sup>,T1虽然低于T2,但未达到显著水平,T4产量最低,新春19和新春22分别为T2的28.3%和38.8%。从产量构成因子上看,非亏缺灌溉处理(T1、T2)的穗粒数和粒重均高于亏缺灌溉处理(T3、T4),说明灌溉量对春小麦产量的影响体现在产量构成的各因子上,T1产量低于T2主要体现在粒重和穗粒数少于T2处理,这是因

为灌水过多(尤其是后期),易造成群体贪青倒伏,影响粒重。

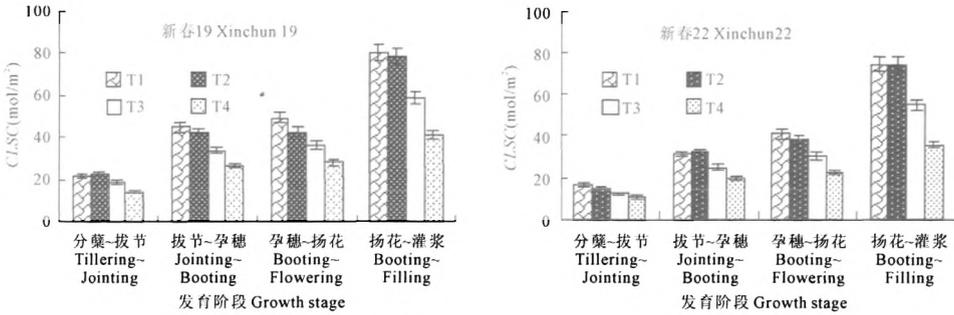


图6 各处理在不同生育时期的 CLSC 变化

Fig.6 Variations of CLSC at different growth stages in different treatments

表4 各处理产量构成因素

Table 4 Yield and yield components at different drip irrigation

处理 Treatments	滴灌定额 Irrigation quota (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	千粒重(g) 1000-grain weight		收获穗数(×10 <sup>4</sup> /hm <sup>2</sup> ) Spike number		穗粒数 Grains number per spike		单产(kg/hm <sup>2</sup> ) Grain yield	
		A	B	A	B	A	B	A	B
T1	5250	42.30a	43.01a	613.20a	645.15a	24.17a	22.74ab	6269.30a	6309.87a
T2	3750	43.74a	44.63a	600.11a	636.01a	25.17a	23.34a	6606.83a	6625.94a
T3	2250	42.83a	40.83a	522.21b	611.97a	21.52b	20.96b	4813.22b	5237.47b
T4	750	34.33b	35.77b	362.94c	402.02b	15.01c	17.88c	1870.21c	2571.76c
CV(%)	64.55	10.67	9.39	21.93	20.11	21.30	11.54	44.14	35.51

### 3 讨论

土壤水分含量对作物光合作用有明显的影 响,土壤水分过少,将抑制小麦地上部分器官生长,制约光合性能的发挥,对干物质合成与积累不利。本研究 表明,亏缺滴灌处理无论是单叶光合速率还是群体光合速率均明显低于非亏缺滴灌处理,叶源量也有明显下降,且光合日变化有明显的“午休”,说明干旱区滴灌条件下限量供水将显著影响小麦光合能力,不利于产量潜力的发挥。试验还表明,干旱影响小麦光合能力具有累加效应,即随生育进程推进,处理间差异增加,这与吕金印<sup>[9]</sup>、山仑<sup>[16]</sup>等研究结果有所不同,可能是限量滴灌处理造成土壤水分持续干旱加剧引起光合、呼吸功能不协调和生理功能衰退所致。

一般认为<sup>[17]</sup>,过量灌溉将造成土壤通透性下降,作物根系生长不良,进而影响地上部生长。本试验中,过量滴灌处理(T1)生长旺盛,扬花~灌浆期间群体郁闭,其光合生理功能反而较强,这主要是由于滴灌属于表层高频微灌技术,能稳定保持土壤表层湿润和通透性,促进小麦根层上移,表层土壤中根量发生量大<sup>[18]</sup>,促进地上部分生长。但由于生育前期

的旺盛生长和后期的倒伏现象加重,过量滴灌将造成小麦灌浆期光合能力下降过快,对灌浆不利。适量滴灌在扬花前的单叶光合和群体光合能力略低于过量滴灌,但差异并不明显,而扬花后则明显高于过量滴灌,这可能是由于适量滴灌处理促进茎、叶生长,花后群体总叶面积较大且保持时间长<sup>[15]</sup>,能有效调控个体与群体生长及营养生长与生殖生长之间的协调关系,保证了小麦花后较高光合生产质量,因而产量最高。

### 4 结论

麦田滴灌技术是新疆自治区及兵团“十二五”农业技术重点推广的节水灌溉项目<sup>[19]</sup>,在新疆干旱区研究春小麦高产水分生理,对制定适应干旱绿洲区春小麦滴灌制度具有重大意义。本研究表明:1)滴灌春小麦的 P<sub>n</sub>、Tr、CAP 和 CR 随生育期均呈单峰曲线变化,峰值均在扬花期前后出现;CAPP 和 CLSC 呈逐渐增减趋势,以扬花~灌浆达最大值,表明扬花~灌浆期是滴灌春小麦生长的关键时期,保证此期的肥水供应和合理调控、保持个体与群体良好生长是滴灌小麦高产的关键;2)不同滴灌量处理对春小麦的光合指标有较大的影响。限量滴灌条件下麦田

土壤水分亏缺,  $P_n$ 、 $CAP$  和  $CLSC$  明显降低,  $CAPP$  在扬花前上升, 其后又迅速下降; 适量滴灌条件下土壤水分充足, 群体光合速率增强, 后期能保持较高  $P_n$ 、 $CAP$  和  $CLSC$  水平, 保证最终较高产量的形成; 过量灌溉, 促进小麦营养体长势, 造成植株营养生长过旺, 生育中后期群体呼吸上升快, 光合产物累积量虽较高, 但大量用于营养器官生长, 相对用于籽粒的少, 因而产量下降; 3) 不同类型小麦光合对滴灌供水反应不同, 新春 19 较新春 22 对水分更敏感, 只有较高的滴灌供水才能很好发挥其增产潜力, 故在生产中注意较早水肥运筹, 并配合良好的化学调控, 延缓生育后期  $CAP$  过快衰退, 提高同化物向籽粒中的分配比例。就干旱区水分适应性而言, 新春 22(矮秆品种) 更适合于南疆滴灌种植。

#### 参 考 文 献:

- [1] 唐数红. 对新疆水问题的基本认识[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5): 567-662.
- [2] 王振华, 王克全, 葛宇, 等. 新疆滴灌春小麦需水规律初步研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(2): 61-64.
- [3] Aynur O, Ali F T. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97: 1405-1410.
- [4] 何在菊, 罗宏海, 韩春丽, 等. 膜下滴灌棉花源库比调节对产量和品质影响及对土壤水分的响应[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(1): 7-14.
- [5] 刘一龙, 张忠学, 郭亚芬, 等. 膜下滴灌条件下不同灌溉制度的玉米产量与水分利用效应[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(10): 53-56.
- [6] 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.
- [7] Armen R, Kemanian, Claudio O. Stickle and David R. Huggins. Variability of Barley Radiation - Use Efficiency[J]. Crop Sci, 2004, 44: 1662-1672.
- [8] 李秧秧, 刘文兆. 灌溉对小麦旗叶光合功能衰退的影响[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 75-80.
- [9] 吕金印, 山仑, 高俊凤, 等. 干旱对小麦灌浆期旗叶光合等生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 77-81.
- [10] 马新明, 熊淑萍, 李琳. 土壤水分对不同专用小麦后期光合特性及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 83-87.
- [11] 马富裕, 张旺峰, 李锦辉, 等. 棉花群体光合作用测定方法探讨[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1998, (S): 46-50.
- [12] 肖凯, 谷俊涛, 张荣统, 等. 杂种小麦碳同化特性及籽粒产量性状的研究[J]. 中国农业科学, 1997, 30(5): 34-41.
- [13] 赵会杰, 李有, 邹琦. 两个不同穗型小麦品种的冠层辐射和光合特征的比较研究[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 654-659.
- [14] 郭文善, 封超年, 严六零, 等. 小麦开花后源库关系分析[J]. 作物学报, 1995, 21(3): 334-340.
- [15] 张永平, 王志敏, 王璞, 等. 冬小麦节水高产栽培群体光合特征[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1143-1149.
- [16] 山仑. 植物水分利用效率和半干旱地区农业用水[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(1): 61-66.
- [17] Kaul R. Effect of water stress on respiration of heat[J]. Can J Bot, 1996, 44: 623-632.
- [18] 王冀川, 徐雅丽, 高山, 等. 滴灌条件下根区水分对春小麦根系分布特征及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 21-26.
- [19] 王冀川, 高山, 徐雅丽, 等. 新疆小麦滴灌技术的应用与存在问题[J]. 节水灌溉, 2011, (9): 25-29.

## Effect of drip irrigation on photosynthetic characteristics and yield of spring wheat in south Xinjiang

WANG Ji-chuan, GAO Shan, XU Ya-li, HAN Xiu-feng

(College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** The response of photosynthetic characteristics and yield of spring wheat to different drip irrigation amount was studied and the results showed that, limited drip irrigation (mild deficiency and serious deficiency) caused soil moisture deficit in wheat field, the single leaf photosynthetic speed ( $P_n$ ) and the canopy apparent photosynthesis ( $CAP$ ) reduced, and at flowering stage, the single leaf transpiration rate ( $Tr$ ) and the canopy respiration rate ( $CR$ ) were also lower than those in moderate drip irrigation. The diurnal variation of  $P_n$  in limited drip irrigation treatment had a distinct "nap" that significantly influenced assimilation function of leaves. The excessive irrigating accelerated vegetative growth,  $P_n$ ,  $CAP$ ,  $CR$  and canopy leaf source capacity ( $CLSC$ ) were higher, but soon dropped quickly in later period, which did not favor yield forming efficiently. In suitable drip irrigation treatment ( $3\ 750\ m^3/hm^2$ ), because the photosynthetic functions of single leaf and canopy were at optimized condition,  $P_n$ ,  $WUE$ ,  $CAP$ ,  $CR$  and  $CLSC$  maintained higher level in later period (filling stage) that guaranteed nutrient demand of grain growing and grouting, so the yield was the highest.

**Keywords:** spring wheat; drip irrigation; photosynthetic characteristics; yield