

高海拔地区旱地春小麦光合日变化特征

马兴祥^{1,2}, 王润元¹, 杨永龙^{1,2}, 姚涛峰¹

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省武威农业气象试验站, 甘肃 武威 733000)

摘要: 测定小麦旗叶光合特性, 比较乌鞘岭地区分期播种陇春8号小麦的光合生理日变化特征。结果表明: 净光合速率、水分利用效率随播种期推后有增大趋势。在日变化过程中, 上午蒸腾消耗少, 水分利用效率高, 光合能力比下午强, 且有光合“午休”现象。不同播期春小麦光合要素与温度高低有关, 在气温较高时段, 温度与净光合速率、水分利用效率呈负相关, 气温过高对净光合速率和水分利用效率有不利影响; 温度与蒸腾速率呈正相关, 反映出温度高叶片蒸腾大, 不利于光合积累。空气湿度对净光合速率的影响随播期后推相关性有增大的趋势; 空气湿度与气孔导度、胞间 CO_2 浓度、空气 CO_2 浓度呈正相关, 空气湿度大, 有利胞间 CO_2 浓度增加。有效辐射与光合要素呈弱的负相关, 说明乌鞘岭地区光照充足, 光合作用过程中温、湿度是影响较敏感要素。

关键词: 旱地小麦; 分期播种; 光合特性日变化

中图分类号: S512.1⁺2; Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0036-06

光合生理特性是人们描述光合机构功能和运转状况的基本指标, 研究植物的光合特性有助于阐明其光合产物积累与环境的关系。前人对小麦^[1~9]、玉米^[10,11]、水稻^[12~14]、大豆^[15,16]、牧草等^[17~19]作物的光合生理特性进行了较多研究, 对其所涉及的生理生化过程有了较深刻的认识。近年来, 许多学者在不同作物之间光合性能差异、同一作物不同品种之间光合性能等方面进行了大量的工作, 并从栽培和育种角度阐明了提高小麦产量的途径, 取得了许多进展^[7,8]。温度、 CO_2 浓度等环境因素对小麦光合作用的影响也作了一些探讨^[9]。对于不同播期, 不同生育期之间光合性能是否存在差异的系统报道尚不多见。用分期播种法研究处在不同发育条件下的春小麦光合作用, 并分析它们之间的差异, 比较不同播期光合作用的共性和特性, 对小麦生物产量累积能力具有重要的意义。通过净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、气孔导度及胞间 CO_2 浓度的日变化进程, 探索春小麦光合作用的规律, 有利于了解植物对光能的利用效率, 阐明光合生理特征, 以期为高海拔地区春小麦生产应对气候变化, 保障粮食生产安全提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在甘肃武威市天祝县安远镇柳树沟村进行, 地处乌鞘岭北坡, $102^{\circ}51'E$, $37^{\circ}14'N$, 海拔 2 747

m。年平均气温为 0.2°C , 降水量在 410 mm 左右, 光照充足, 是典型的雨养农业区。

1.2 试验设计

供试品种: 春小麦陇春8号, 从3月29日开始播种第1期, 每7 d播一次, 分4期播完, 每播期3个重复, 小区随机排列, 小区面积 120 m^2 。

1.3 测定项目与方法

从播种开始分别观测不同播期发育期进程; 不同发育期测定生长速度(生长量、生长高度、含水率、灌浆速度、产量结构要素、叶绿素相对含量)、每旬土壤水分。于2009年8月13~14日(晴天), 采用美国LI-COR生产LI-6400便携式光合仪测定不同播期活体旗叶叶片的光合特性, 每播期选择生长健壮、长势和光照基本一致的同部位小麦旗叶测定光合日进程, 从8:00~18:00每2 h测定1次, 每次取3个重复。主要测定叶片光合速率、蒸腾速率、田间 CO_2 浓度、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、光合有效辐射、温湿度等环境要素。数据采用 STATISTICA 6.0 统计软件, 对试验数据进行单因素方差分析(ANOVA), 利用最小显著性差异(LSD)多重比较方法, 对不同处理之间的差异性进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同播期春小麦光合生理特征

不同播期春小麦产量结构要素见表1。源叶片的光合作用为库组织的代谢活动和植物的生长发育

收稿日期: 2010-11-12

基金项目: 科技部公益研究项目“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征及其预警和应对技术研究”(GYHY200806021-01)

作者简介: 马兴祥(1955—), 男, 甘肃古浪人, 高级工程师, 主要从事应用气象与生态试验研究。E-mail: wwqxjmx@163.com。

提供了动力^[15]。由表 2 方差分析结果可知,分期播种期春小麦叶片的净光合速率(P_n)表现出极显著性差异($P<0.001$);蒸腾速率(Tr)、气孔导度(G_s)、细胞间隙 CO_2 浓度(Gi)差异显著($P<0.05$),说明播种时间不同春小麦旗叶光合作用的特征参数是有差异的。 P_n 在第 1、2 播期差别不大,以后随播期推迟差异明显,第 3 播期与第 4 播期相比增加 11.5%。

2.2 不同播期春小麦叶片光合要素的日变化

2.2.1 不同播期春小麦叶片净光合速率(P_n)日变化 光合速率是衡量作物生产力大小的重要指标。乌鞘岭地区 P_n 日平均在 3.24~4.16 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间变化(表 2),日变化呈单峰型(图 1),具有明显的“午休”现象,中午强光、高温条件提高了叶片的光呼吸强度,增加了呼吸消耗, P_n 出现低值(午休)现象。一天中大多数播期 8:00 最大,12:00 最小,只有第 4 播期 16:00 最大。可能与测定时所处发育期有关,1 期测定时小麦处在乳熟期后 5 d,叶绿素相对含量为 121.0,2 期小麦刚进入乳熟,叶绿素相对含量(137.2)比 1 期高 13%,说明乳熟期前后时间不长,叶片生长差异不大, P_n 日变化趋势大致相同。3 期处在乳熟前 5 d,叶绿素相对含量(148.3)比 1 期高 23%,4 期距乳熟期还有 12 d,小麦处在开花到乳熟过渡期,叶绿素相对含量为 185.2,比 1 期高

53%,叶片生长旺盛, P_n 日变化极值出现时间有所不同。4 个播期中第 4 播期日平均最大,为 4.16 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

表 1 不同播期春小麦产量及产量性状				
Table 1 The yield and yield component elements of spring wheat on different sowing dates				
产量性状 Yield component	第 1 期 1st sowing	第 2 期 2nd sowing	第 3 期 3rd sowing	第 4 期 4th sowing
小穗数(个) Number of spikelets	12.0	12.0	12.4	12.8
不孕小穗率(%) Rate of barren spikelets	4.58	7.09	8.07	10.09
穗粒数(粒) Particles per spike	33.4	30.2	29.0	27.95
千粒重(g) Thousand grain weight	50.46	54.05	54.41	59.09
株成穗数(个) Number of mature spikes	0.6	0.4	0.4	0.7
成穗率(%) Rate of mature spikes	47	38	38	47
茎秆重(g/m^2) Stem weight	71.87	75.64	69.76	91.17
籽粒与茎秆比 Ratio of grain and stem	1.77	1.54	1.75	1.45
小区实产(kg/hm^2) Yield	3421.5	3211.2	3290.7	3283.0

表 2 不同播期春小麦光合生理特征比较					
Table 2 Comparison of photosynthetic physical characteristics of spring wheat on different sowing dates					
光合参数 Physiological parameter	小麦播期 Sowing dates of spring wheat				F 值 F value
	1	2	3	4	
净光合速率 P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$] Net photosynthetic rate	3.25±0.57a	3.24±0.49a	3.73±0.42ab	4.16±0.30b	26.42***
气孔导度 G_s [$\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$] Stomata transmitting rates	0.059±0.007a	0.060±0.006b	0.060±0.0007bc	0.060±0.003bc	0.64*
蒸腾速率 Tr [$\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$] Transpiration rate	1.89±0.28a	2.07±0.10b	1.96±0.050c	1.98±0.02c	0.56*
胞间 CO_2 浓度 Gi ($\mu\text{L}/\text{L}$) Intercellular CO_2 concentration	277.61±15.82a	287.05±2.98ab	271.12±12.94ab	257.38±4.35b	0.47*

注:表中数据为 mean±S.D., $n=3$;同行中标注相同字母的值之间差异不显著($P<0.05$);***表明方差分析结果为极显著性的差异($P<0.001$);**表明方差分析结果为显著性差异($0.001<P<0.01$);*表明方差分析结果为一般显著性差异($0.01<P<0.05$)。

Note: All data in the table are mean ± S.D., $n=3$; Values followed by the same letter within a column mean insignificant difference ($P<0.001$); Mark *** shows very significant difference ($P<0.001$), Mark ** shows significant difference ($0.001<P<0.01$), Mark * shows common significant difference ($0.01<P<0.05$).

2.2.2 不同播期小麦叶片气孔导度(G_s)日变化 植物叶片气孔导度是决定光合作用强度和水分蒸腾强度的主要因素。气孔导度直接影响作物光合气 化、蒸腾过程,气孔张开度大,气孔阻力小,气体通过气孔量大,反之则小。测定乌鞘岭地区 G_s 呈先高后低再升高,成抛物线形状(图 2),4 个播期的叶片

气孔导度日平均在 0.059~0.060 $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间变化(表 2),日变化过程中最大值出现在 16:00~18:00,最小值出现在 12:00~14:00。上午 G_s 在 0.045~0.050 $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间,下午在 0.070~0.080 $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间,下午比上午高 40%~82%。

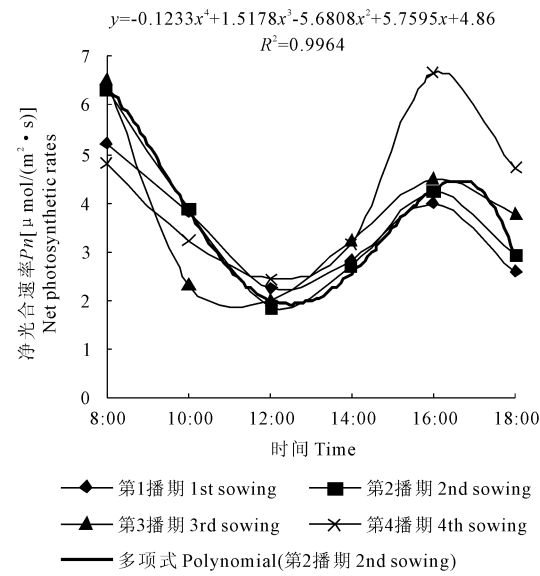


图 1 不同播期春小麦净光合速率日变化

Fig.1 The diurnal variation of net photosynthetic rates of spring wheat on different sowing dates

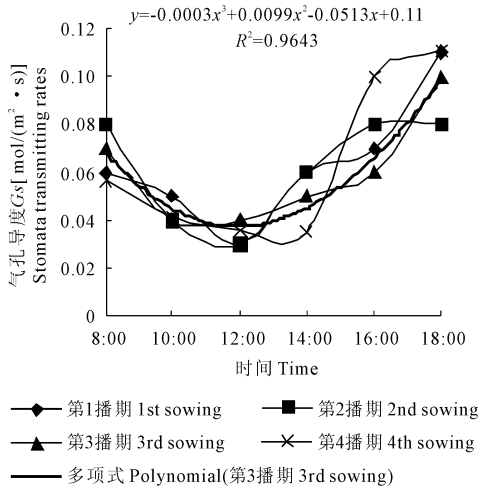


图 2 不同播期叶片气孔导度日变化

Fig.2 The diurnal variation of leaf stomata transmitting rates of spring wheat on different sowing dates

2.2.3 不同播期小麦蒸腾速率 (T_r) 日变化 蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积上蒸腾的水量。测定乌鞘岭地区不同播期小麦叶片 T_r 日变化趋势大致呈双峰型 (图 3), 早晨日出后逐渐增大, 10:00 前后出现第一次高峰, 之后略有下降, 14:00 出现第二次高峰, 此时段是一天中出现气温最高时段, 也是 T_r 最大时段, 之后又缓慢下降。 T_r 日平均变化范围在 $1.89 \sim 2.07 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 之间。上午 T_r 比下午小 $28\% \sim 76\%$, 下午小麦叶片蒸腾比上午大。不同播期中日平均蒸腾速率随播期推后有增大趋势 (表 2)。

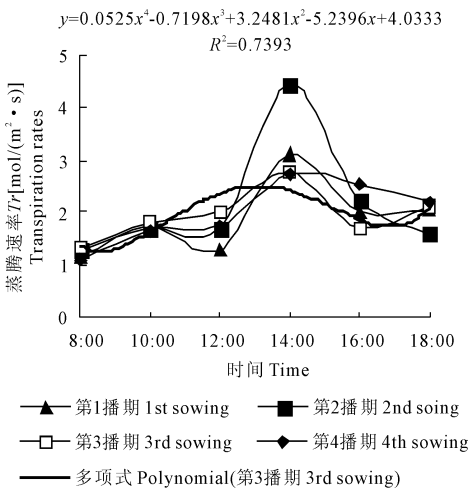


图 3 不同播期蒸腾速率日变化

Fig.3 The diurnal variation of transpiration rates of spring wheat on different sowing dates

2.2.4 不同播期胞间 CO_2 浓度 (G_i) 日变化 乌鞘岭地区 G_i 日平均在 $257.38 \sim 287.05 \text{ } \mu\text{L}/\text{L}$ 之间变化 (表 2), 从 8:00 开始缓慢升高, 12:00~14:00 出现低谷之后迅速升高 (图 4)。下午 G_i 明显高于上午, 4 个播期下午比上午高 $28\% \sim 76\%$, 播期间差异不明显。 4 个播期胞间 CO_2 浓度与空气中 CO_2 浓度比日平均小 $30\% \sim 35\%$, 说明春小麦乳熟前后空气中 CO_2 只有 70% 左右被用于光合作用。

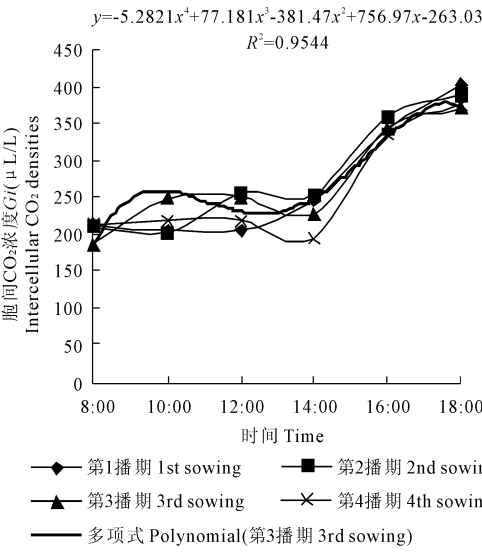


图 4 不同播期胞间 CO_2 浓度日变化

Fig.4 The diurnal variation of intercellular CO_2 densities of spring wheat on different sowing dates

2.2.5 不同播期春小麦叶片水分利用效率 (WUE) WUE 早晨 8:00 在一天中最高, 之后迅速下降, 12:00~14:00 出现低值后又开始回升, 16:00 出现次高 (图 5), 上午比下午高 $22\% \sim 50\%$ 。4 个播期中

第 4 期水分利用效率最大,达 $2.26\text{ }\mu\text{mol/mol}$,第 1 期最小只有 $2.09\text{ }\mu\text{mol/mol}$,4 个播期的水分利用效率排列顺序为,4 期>3 期>2 期>1 期。这种结果可能与叶片生长发育阶段有关,第 4 期播种时间比第 1 播期迟 28 d,距乳熟期差 12 d,进入乳熟期比 1 期迟,叶片衰老慢,叶绿素含量大,水分利用效率高。

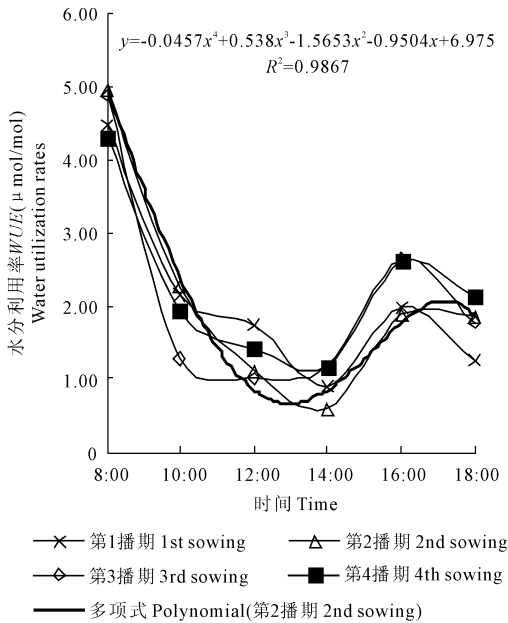


图 5 不同播期春小麦水分利用效率日变化
Fig. 5 The diurnal variation of water utilization rates of spring wheat on different sowing dates

2.3 不同播期春小麦光合要素测定时空气温、湿度日变化

2.3.1 不同播期春小麦光合要素测定时空气温度 (T_a)日变化 空气温度对小麦光合要素日变化有一定的影响,结果表明,早晨 8:00 后气温逐渐升高,14:00 达一天最高,之后又开始下降,呈单峰型(图 6),4 个播期日变化范围在 $16.3^{\circ}\text{C}\sim 34.8^{\circ}\text{C}$ 之间,播期间差异不大。

2.3.2 不同播期春小麦光合要素测定时空气湿度 (RH)日变化 空气湿度也是影响春小麦叶片光合要素的重要环境因素,结果表明,早晨 8:00 空气湿度较大,12:00 达一天最小,之后又开始逐渐增大,4 个播期的日变化范围在 $11\%\sim 55\%$ 之间(图 7),播期间差异不大。

2.3.3 不同播期春小麦光合要素与温度、湿度、光合有效辐射相关分析 分析乌鞘岭地区不同播期春小麦光合要素与温度相关性(表 3),温度与 P_n 、 WUE 呈负相关,大多数播期达显著或极显著水平,说明气温过高对净光合速率和水分利用效率有不利影响。相关分析发现温度与 T_r 呈正相关,反映出温

度高叶片蒸腾大,不利于光合积累。

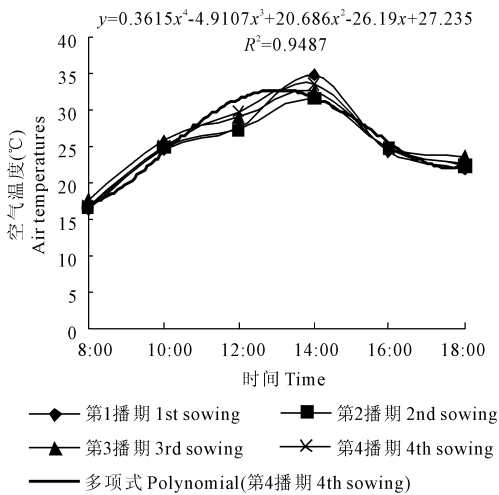


图 6 不同播期空气温度日变化
Fig. 6 The diurnal variation of air temperatures of spring wheat on different sowing dates

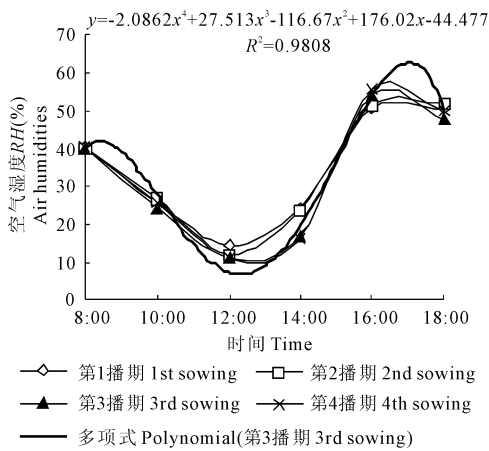


图 7 不同播期空气湿度日变化
Fig. 7 The diurnal variation of air humidities of spring wheat on different sowing dates

空气湿度对 P_n 的影响随播期后推相关性有增大的趋势(表 3),第 4 期达极显著正相关。空气湿度与 G_s 、胞间 CO_2 浓度、空气 CO_2 浓度呈正相关,空气湿度大,有利 CO_2 浓度增加。有效辐射对光合要素均呈弱的负相关。说明在光资源充足的地区光合作用过程中温、湿度的影响较敏感。

2.4 光合参数对不同播期春小麦干物质积累的影响

由表 4 可见, P_n 、 WUE 与干物质积累和籽粒积累变化趋势非常吻合,与其它光合参数变化趋势不太一致,说明在干旱地区 P_n 、 WUE 与小麦干物质积累和籽粒积累关系较直观也较一致,随播期推后影响量明显加大,播期间有一定差异。这种结果可能与叶片生长发育阶段有关,第 4 期播种时间比第 1 播期迟 28 d,距乳熟期差 12 d,进入乳熟期比 1 期

迟,叶片衰老慢,叶绿素含量大,表现出 Pn 、 WUE 对 干物质积累和籽粒积累贡献比 1 期大。

表 3 乌鞘岭不同播期春小麦光合要素与温度、湿度、光合有效辐射相关系数

Table 3 Correlation coefficients of photosynthetic elements between temperature , humidity , photosynthetic active radiation of spring wheat on different sowing dates in Wushaoling

环境要素 Environmental factors	净光合速率 Net photosynthetic rate				水分利用效率 Water utilization rate			
	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing
温度 Air temperature	−0.6592	−0.7964 *	−0.7828 *	−0.5443	−0.7914 *	−0.9340 * *	−0.8675 * *	−0.9185 * *
湿度 Air humidity	0.3940	0.4766	0.6482	0.9400 * *	0.1889	0.3673	0.5600	0.5873
有效辐射 Effective radiation	0.4721	−0.3738	−0.1806	0.1038	0.2914	−0.5485	0.0528	0.1806

环境要素 Environmental factors	蒸腾速率 Transpiration rate				气孔导度 Stomata transmitting rate			
	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing
温度 Air temperatures	0.7508	0.7889 *	0.8671 * *	0.6493	−0.2881	−0.5019	−0.5260	−0.4629
湿度 Air humidity	0.0268	−0.2628	−0.4310	0.1026	0.8266 * *	0.905 * *	0.7177 *	0.9168 * *
有效辐射 Effective radiation	−0.3298	−0.4109	−0.6828	−0.4257	−0.4613	−0.6257	−0.4401	−0.0645

环境要素 Environmental factors	胞间 CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ density				空气 CO ₂ 浓度 Atmospheric CO ₂ density			
	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing
温度 Air temperatures	−0.1313	0.0320	0.0305	−0.3018	−0.2179	−0.1371	−0.1897	−0.2219
湿度 Air humidity	0.7894 *	0.6870	0.6020	0.8032 *	0.8190 * *	0.8230 * *	0.8130 * *	0.8233 * *
有效辐射 Effective radiation	−0.3317	−0.2798	0.0042	−0.0362	−0.0581	−0.2762	−0.0365	−0.0527

注: * * 表示 0.01 水平显著; * 表示 0.05 水平显著。
Nate: * * indicated significance at the 0.01 level; * indicated significance at the 0.05 level .

表 4 春小麦干物质积累值与光合参数

Table 4 Dry matter's accumulation and photosynthetic parameters of spring wheat on different sowing dates

要 素 Factors	第 1 播期 1st sowing	第 2 播期 2nd sowing	第 3 播期 3rd sowing	第 4 播期 4th sowing
测定光参数次日千粒重(g) Thousand-grain weight in the next day of light parameter determination	21.47	23.88	28.14	29.68
测定光参数 5 日后千粒重(g) Thousand-grain weight 5 days after light parameter determination	27.93	29.01	36.08	40.97
考种千粒重 Thousand-grain weight of tested seeds (g)	50.455	54.05	54.41	59.09
测定参数次日干物质积累[g/(株·d)] Dry matter's accumulations in the next day of light parameter determination	2.45	3.19	3.40	2.915
日平均净光合速率 Pn Daily average net photosynthetic rate [μmol/(m ² ·s)]	20.84	22.46	24.80	26.93
日平均气孔导度 G_s Daily average leaf stomata transmitting rate[mol/(m ² ·s)]	0.06	0.06	0.06	0.06
日平均水分利用率 WUE (μmol/mol)	2.09	2.11	2.13	2.26
日平均胞间 CO ₂ 浓度 C_i Daily average intercellular CO ₂ concentration (μL/L)	268.06	278.12	270.67	258.61
日平均蒸腾速率 Tr Daily average transpiration rate [mmol/(m ² ·s)]	1.89	2.16	1.96	2.00

3 讨 论

植物干物质的 90%~95% 来自光合作用^[16],光合特性大小反映出干物质积累速度。本试验对不同播期乳熟前后春小麦光合特性比较结果表明,不同播期春小麦光合特性方面存在较大差异。不同播期春小麦的光合速率具有随播期推后增强的趋势,说明春小麦光合能力乳熟前比乳熟后强。在小麦发育过程中,叶片叶绿素含量乳熟前比乳熟后大,随着发

育期推后,叶片逐渐衰老,叶绿素含量下降可能是光合能力减少的原因之一。上午蒸腾消耗少,水分利用效率高,光合产物积累比下午大,且存在光合“午休”现象。 Pn 、 WUE 与籽粒积累、干物质积累变化趋势基本一致。

乌鞘岭地区不同播期春小麦水分利用效率随播期推后有增大趋势,反映出乳熟前小麦叶片生长旺盛,水分利用效率高,光合同化能力强。在光合特性测定时正是当地高温出现时段,温度与 Pn 、 WUE 呈

负相关,大多数播期达显著或极显著水平,说明气温过高对净光合速率和水分利用效率有不利影响。相关分析发现温度与 T_r 呈正相关,反映出温度高,叶片蒸腾大,不利于光合积累。

空气湿度对 P_n 的影响随播期后推相关性有增大的趋势,第4期达极显著正相关。空气湿度与 G_s 、胞间 CO_2 浓度、空气 CO_2 浓度也呈正相关,空气湿度大,有利 CO_2 浓度增加。有效辐射与光合特性均呈弱的负相关。说明本地区光合作用过程中温、湿度是影响较敏感因素。

参考文献:

[1] 杨巧凤,江 华,许大全.小麦旗叶发育过程中光合效率的变化[J].植物生理学报,1999,25(4):408—412.

[2] 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.

[3] 周续莲,康建宏,马文礼,等.宁夏灌区春小麦更替品种的光合作用日变化研究[J].宁夏农学院学报,2003,24(4):9—13.

[4] 郭天财,王之杰,王永华.不同穗型小麦品种旗叶光合作用日变化的研究[J].西北植物学报,2002,22(3):554—560.

[5] 王润佳,张绪成,高世铭,等.大气 CO_2 浓度增高和施氮量对抽穗期春小麦光合参数及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2010,29(5):32—37.

[6] 张绪成,于显枫,高世铭.高大气 CO_2 浓度下氮素对小麦叶片光能利用的影响[J].植物生态学报,2010,34(10):1196—1203.

[7] 隋 娜,李 萌,田纪春,等.超高产小麦品种(系)生育后期光

合特性的研究[J].作物学报,2005,31(6):808—814.

[8] 刘洪展,郑凤荣,赵世杰.不同衰老类型小麦品种在衰老过程中光合特性的变化[J].华北农学报,2006,21(3):13—15.

[9] 王润元,杨兴国,赵 鸿,等.半干旱雨养区小麦叶片光合生理生态特征及其对环境的响应[J].生态杂志,2006,25(10):1161—1166.

[10] 王 群,李潮海,栾丽敏,等.不同质地土壤夏玉米生育后期光合特性比较研究[J].作物学报,2005,31(5):628—633.

[11] 马国胜,薛吉全,路海东,等.不同品种青贮玉米光合作用与光合特性比较[J].西北植物学报,2005,25(3):536—540.

[12] 马文波,马 均,明东风,等.不同穗粒重水稻品种旗叶光合特性研究[J].作物学报,2003,29(2):236—240.

[13] 李 霞,焦德茂,刘友良.不同水稻品种各层叶片光合能力的比较[J].江苏农业学报,2004,20(4):213—219.

[14] 欧志英,彭长连,林 桂.田间条件下超高产水稻矮64S/E32及其亲本旗叶的光合特性[J].作物学报,2005,31(2):209—214.

[15] 徐 冉,陈存来,邵 历,等.夏大豆叶片光合作用与光强的关系[J].作物学报,2005,31(8):1080—1085.

[16] 苍 晶,王学东,崔 琳,等.大豆豆荚与叶片的光合特性比较[J].中国农学通报,2005,21(2):85—87.

[17] 张国芳,王北洪,孟 林,等.四种偃麦草光合特性日变化分析[J].草地学报,2005,13(4):344—348.

[18] 赵则海,曹建国,王文杰,等.不同生长年限栽培甘草与野生甘草光合特性对比研究[J].草业学报,2005,14(3):111—116.

[19] 胡守林,万素梅,贾志宽,等.黄土高原半湿润区不同生长年限苜蓿叶片光合性能研究[J].草业学报,2008,17(5):60—67.

Characteristics of diurnal variation about photosynthetic physiology of spring wheat in dryland at high altitude locality

MA Xing-xiang^{1,2}, WANG Run-yuan¹, YANG Yong-long^{1,2}, YAO Tao-feng¹

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Wuwei Agro-meteorological Experiment Station, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: An experiment was conducted to measure photosynthetic elements of flag leaves and compare the characteristics of diurnal variation about photosynthetic physiology on various sowing dates of wheat named Longchun 8 in Wushaoling. The results show that the net photosynthetic rate and water utilization have increasing trends after pushing their sowing dates. In process of diurnal variation, the transpiration rate is less, water utilization is higher, and photosynthetic rate is stronger in morning than in afternoon, which turns a phenomenon of photosynthetic siesta. On different sowing dates, air temperature has relationships with photosynthetic elements of spring wheat. In higher air temperature time, air temperature is negatively correlated with net photosynthetic rate and water utilization, but it has unfavorable impact if air temperature is too high. Temperature is positively correlated with transpiration rate, reflecting that the higher temperature is, the larger transpiration rate of leaves is, which has disadvantage of photosynthetic accumulation. Air humidity has positive impact on net photosynthetic rate, and the correlativity between air humidity and net photosynthetic rate has an increasing trend with pushing sowing dates. Air humidity also has positive correlations with leaf stomata transmitting rates, intercellular CO_2 concentration and CO_2 concentration. High humidity would be advantageous to increase the intercellular CO_2 concentration. The effective radiation is little negatively correlated with the photosynthetic elements, which shows that the area of Wushaoling has abundant sunlight supply, and the temperature and humidity are sensitive elements in the process of photosynthesis.

Keywords: wheat in dryland; sowing on different dates; diurnal variation of photosynthetic characteristics