

西藏半野生小麦光合特征及农艺性状研究

林之焱¹, 曲吉^{2*}

(1. 西藏农牧学院植物科学学院, 西藏 林芝 860000; 2. 西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032)

摘要: 选取50份西藏半野生小麦和2份本地育成小麦对照品种, 通过光合测定仪测定西藏半野生小麦花后0~28 d旗叶的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)及蒸腾速率(T_r)等光合参数, 并对这个时期的叶绿素, 株高, 叶面积, 地上干物质质量等农艺性状进行了测定和对比分析。实验结果表明, 西藏半野生小麦的净光合速率在灌浆期内先上升后下降, 在花后14 d达到最大值。相比之下, 本地育成小麦的净光合速率变化幅度较小, 但整体保持较高水平。在气孔导度方面, 西藏半野生小麦的变化较为平稳, 而本地育成小麦在灌浆期前14天内气孔导度迅速增大, 随后略有下降。胞间二氧化碳浓度的变化趋势在两类小麦中相似, 均表现为先升后降, 但本地育成小麦的整体数值略高于西藏半野生小麦。蒸腾速率的测定结果显示, 本地育成小麦在灌浆期内的水分利用效率较高, 有利于维持较高的光合作用速率。此外, 还发现西藏半野生小麦的叶面积明显大于本地育成小麦, 较大的叶面积有助于更高效地进行光合作用, 从而积累更多的有机物质, 说明西藏半野生小麦在光合作用能力和营养物质积累方面具有优势。通过对西藏半野生小麦和本地育成小麦在灌浆期内光合速率及相关生理参数的系统比较, 为小麦高产育种提供重要的参考依据。研究结果也为进一步探索小麦光合效率调控机制, 提高小麦产量奠定了科学基础。

关键词: 西藏半野生小麦; 农艺性状; 灌浆期; 光合性能

中图分类号: S512.1

文献标志码: A

Study and Analysis on Photosynthetic Characteristics and Agronomic Characters of Semi wild Wheat in Tibet

LIN Zhiqin¹, Quji^{2*}

(1. College of Plant Sciences, Xizang Agriculture and Animal Husbandry University, Tibet Linzhi 860000, China; 2. Institute of Agriculture, College of Agriculture and Animal Husbandry, Xizang Autonomous Region, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: In this study, 50 Xizang semi wild wheat and 3 local bred wheat control varieties were selected. Photosynthetic parameters such as net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s), intercellular carbon dioxide concentration (C_i) and transpiration rate (T_r) of flag leaves of Xizang semi wild wheat were measured from 0 to 28 days after anthesis by photosynthetic meter, and the agronomic traits such as chlorophyll, plant height, leaf area and dry matter weight on the ground were determined and compared. The results showed that the net photosynthetic rate of Xizang semi wild wheat first increased and then decreased during the filling period, and reached the maximum value 14 days after flowering. In contrast, the net photosynthetic rate of local bred wheat showed a smaller variation, but remained at a relatively high level overall. In terms of stomatal conductance, the changes of Xizang semi wild wheat were relatively stable, while the stomatal conductance of local bred wheat increased rapidly in the first 14 days of the filling period, and then decreased slightly. The change trend of intercellular carbon dioxide concentration is similar in the two types of wheat, both showing a rise first and then a decline, but the overall value of local bred wheat is slightly higher than that of semi wild wheat in Xizang. The measurement results of transpiration rate show that local bred wheat has a higher water use efficiency during the grain filling period, which is conducive to maintaining a higher photosynthesis rate. In addition, the study also found that the leaf area of Xizang semi wild wheat is significantly larger than that of local bred wheat. A larger leaf area is conducive to more efficient photosynthesis, thus accumulating more organic matter, indicating that Xizang semi wild wheat has advantages in photosynthesis and nutrient accumulation. In this study, the photosynthetic rate and related physiological parameters of Xizang semi wild wheat and local bred wheat during the filling period were systematically compared, which provided an important reference for high-yield breeding of wheat. At the same time, the research results also provide a scientific basis for further exploring the regulatory mechanism of wheat photosynthetic efficiency and improving wheat yield.

Key Words: Xizang semi wild wheat; agronomic traits; grouting period; photosynthetic performance;

收稿日期: 2024-06-03

基金项目: 2022年西藏自治区重点研发计划项目:《西藏半野生小麦资源鉴定评价与遗传利用研究》(XZ202201ZY0004G)。

作者简介: 林之焱(1997-), 男, 硕士研究生, 主要从事农作物育种与栽培研究, E-mail: 782599584@qq.com; *为通信作者: 曲吉(1975-), 女, 研究员, 主要从事农作物育种与栽培研究, E-mail: xzlsqj@163.com

1962年,有学者在西藏隆子县三村区采集到一种新类型的小麦材料,1974年有学者在西藏多个地方也采到了这种类型,并于1980年将之定名为西藏半野生小麦^[1]。西藏半野生小麦是中国西藏特有的一种小麦资源材料,是具有原始染色体结构的普通小麦,遗传研究表明它比原始栽培类型中国春更原始、更接近野生种^[2]。胡元培等^[3]利用RAPD标记研究了普通小麦、斯卑尔脱小麦和西藏半野生小麦的遗传多样性,发现斯卑尔脱小麦和西藏半野生小麦相对普通小麦而言,有较大的遗传变异,并且西藏半野生小麦群体内存在丰富的遗传变异性状。作为原始半野生六倍体小麦资源,西藏半野生小麦具有耐土地贫瘠和种子强休眠等特性,在小麦育种中具有较大的潜力^[4]。

小麦产量的90%~95%来自光合作用^[5],其中30%~50%来自旗叶的光合作用,因此旗叶光合能力的强弱与小麦产量密切相关^[6]。小麦灌浆前中期是旗叶捕获光能进行光合作用以及积累光合产物最高效、最快速的时期^[7]。探索调控小麦灌浆前中期旗叶光合效率的机制,对揭示小麦产量相关性状的形成以及选育高产品种至关重要^[7],通过对西藏半野生小麦与本地育成小麦在灌浆期内的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)及蒸腾速率(T_r)的对比研究,可以为小麦高产栽培提供重要的科学依据。其贡献率的大小与光合能力密切相关。净光合速率(P_n)作为直接体现作物光合能力的重要指标^[8],与小麦籽粒产量呈显著正相关,且受一系列生理过程调控^[9]。因此,研究小麦光合生理对保持高 P_n ,提高小麦产量具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以西藏自治区农牧科学院农业研究所提供的50份西藏半野生小麦为主要研究对象,同时选取西藏自治区已经大面积种植的两个本地育成小麦品种藏冬25号和藏冬26号为对照,两个对照品种成熟期相当,具备产量高、抗逆性强等特点^[8],通过对比不同小麦品种光合作用过程中光合产物含量等差异,探究西藏半野生小麦灌浆期旗叶光合速率及产物含量之间的相关性,以期对西藏半野生小麦品种筛选和培育提供理论基础。

1.2 试验方法

试验于2023–2024年在西藏自治区农业研究

所三号地进行。选取50份西藏半野生小麦品种和对照品种藏冬25号、藏冬26号,每个品种种植5行,行长2 m,行距20 cm,小区面积为400 m²。试验设为随机区组排列。于2023年10月8日播种,土壤为壤土,播种前0~20 cm土层pH值为8.1、有机质19.31 g/kg、全氮1.032 g/kg、速效磷51.94 mg/kg和速效钾95.27 mg/kg。

1.3 项目测定

1.3.1 光合参数的测定

光合生理指标测定时间为:从旗叶全展期至腊熟期,每隔7 d左右连续测定,开花后0 d、7 d、14 d、21 d和28 d的当天10:00–18:00,在无风晴朗天气条件下,每个小区选取小麦生育期长势一致的5株西藏半野生小麦,以测定5片叶的平均值。采用LI-6400型光合作用测定仪器(美国Li-Cor公司)测定旗叶净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间CO₂浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r),将CO₂注入系统,设置CO₂浓度为400 μL/L,流速为500 μmol/s,固定光照强度设置为1 500 μmol/m²·s。

1.3.2 考察农艺性状

小麦灌浆期后,将每份西藏半野生小麦随机选取5株样本,把土清除干净后带回实验室内进行农艺性状考察。株高:每个品种随机选取5株测定小麦株高。叶绿素与叶面积考察:使用手持叶绿素测定仪(托普云农502plus)测定5株旗叶叶绿素含量,测定完后使用叶面积测定仪(托普云农YMJ-B)测定5株旗叶叶面积。地上干物质质量:将每个品种小麦根剪掉,自然风干后,采用 $p<0.01$ 水平的分析天平测量每株地上部分干物质重量。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2021进行数据处理,SPSS 21.0软件进行数据分析,数值以3个生物学重复的平均值±标准误表示,用DPS通过Duncan新复极差法检验差异显著性($p<0.05$)。

2 结果与分析

测定结果表明(表1),净光合速率呈现出先上升再降低趋势,在花后14 d时达到最大值。西藏半野生小在花后0~14 d的旗叶净光合速率(P_n)稳步提升,在14 d达到最大值,随后逐渐下降,旗叶净光合速率(P_n)稳定性差,西藏半野生小麦净光合速率最大值比本地育成小麦大26%,最小值比本地育成小麦少15%,这可能是原有西藏半野生小麦的适

应性强,有待进一步筛选净光合速率更好、更稳定的品种;气孔导度(G_s)是反映植物叶片气孔开放程度的重要指标。测试结果表明,西藏半野生小麦的 G_s 在灌浆期内变化较为平缓,从0 d的 $0.08\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 增加到14 d的 $0.20\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,随后略有下降,28 d时为 $0.11\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。而本地育成小麦的 G_s 在0 d到14 d内迅速上升,从 $0.12\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 增加到 $0.40\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,然后迅速下降到28 d时的 $0.13\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。整体来看,本地育成小麦的 G_s 变化幅度较大,尤其在灌浆期前14 d气孔导度迅速增大,可能是为了满足高光合作用速率的需要。胞间二氧化碳浓度(C_i)反映了植物叶片内部二氧化碳的供应情况。西藏半野生小麦的 C_i 在灌浆期内先升高后略有下降,从0 d的 $230.13\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 增加到14 d的 $278.66\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,然后下降到28 d时的 $242.81\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。本地育成小麦的 C_i 在灌浆期内的变化趋势与西藏半野生小麦类似,但整体数值稍高,14 d时达到 $288.05\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,28 d时为 $258.00\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,表明本地育成小麦在灌浆期内的二氧化碳利用效率可能略高于西藏半野生小麦。蒸腾速率(Tr)是植物通过蒸腾作用失水的速率,也是影响植物水分利用效率的重要因素。西藏半野生小麦的 Tr 在灌浆期内波动较大,从0 d的 $1.87\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 降至14 d的 $1.061\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,然后在21 d时回升至 $2.12\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,最后在28 d时为 $1.511\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。而本地育成小麦的 Tr 整体上保持较高水平,尤其在0 d到14 d内变化不大,14 d时为 $2.66\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,28 d时略降至 $1.65\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。

显然,本地育成小麦在灌浆期内的水分利用效率较高,可能有利于维持较高的光合作用速率。总体来讲,西藏半野生小麦和本地育成小麦在灌浆期内的净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度及蒸腾速率均呈现出一定的变化规律。西藏半野生小麦的净光合速率在灌浆期14 d时达到最高值,随后逐渐下降;而本地育成小麦的净光合速率变化趋势与之相似,但气孔导度和胞间二氧化碳浓度变化幅度更大,蒸腾速率也整体较高。这些差异可能与两者的遗传背景、生态适应性及生理特性有关,为进一步研究提供了重要的线索。探究西藏半野生小麦灌浆期旗叶光合速率及产物含量之间的相关性,以期西藏半野生小麦品种的筛选和培育提供理论基础。

测定结果表明(表2),西藏半野生小麦的叶绿素含量为 $(58.66\pm7.62)\text{mg/kg}$,明显高于本地育成小麦的 $(52.63\pm6.47)\text{mg/kg}$ 。叶绿素含量高低直接影响到光合作用的效率,叶绿素含量越高,植物的光合作用能力越强,进而有助于更多的有机物质积累,表明西藏半野生小麦在叶绿素含量方面具有一定优势,可能更适应高光强或其他特殊环境条件下的生长。在株高方面,西藏半野生小麦的株高为 $(118.07\pm10.83)\text{cm}$,高于本地育成小麦的 $(102.23\pm4.07)\text{cm}$ 。在观察性状中西藏半野生小麦要比本地育成小麦高2~18 cm,并且存在断穗的情况,这使西藏半野生小麦能更好地生存和繁衍,花后15~21 d较高的株高通常意味着植物生长势较强,但也可能带来一些负面影响,如倒伏风险增加等。叶面积是

表1 灌浆期西藏半野生小麦与本地育成小麦的净光合速率变化

指标	处理	花后天数/d				
		0	7	14	21	28
$P_n/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	西藏半野生小麦	20.13±4.3	21.43±7.4	28.61±5.4	20.12±5.2	15.11±4.8
	本地育成小麦	18.36±1.4	20.78±2.7	26.46±1.1	21.53±2.3	15.21±2.6
$G_s/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	西藏半野生小麦	0.08±0.05	0.13±0.08	0.20±0.12	0.16±0.06	0.11±0.08
	本地育成小麦	0.12±0.01	0.15±0.02	0.40±0.03	0.19±0.03	0.13±0.03
$C_i/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	西藏半野生小麦	230.13±20.13	233.19±32.41	278.66±16.24	261.22±20.21	242.81±27.18
	本地育成小麦	254.46±6.24	242±7.72	288.05±6.56	260.13±8.32	258.00±7.94
$Tr/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	西藏半野生小麦	1.87±0.43	1.43±0.74	1.061±0.54	2.12±0.52	1.511±0.48
	本地育成小麦	2.63±0.14	2.54±0.07	2.66.00±0.06	2.31±0.23	1.65±0.26

衡量植物光合作用潜力的重要参数,数据表明西藏半野生小麦的叶面积为 $(1033\pm70.64)\text{mm}^2$,明显大于本地育成小麦的 $(934\pm30.12)\text{mm}^2$ 。较大的叶面积意味着植物能够进行更高效的光合作用,从而积累更多的有机物质。这一点与叶绿素含量的结果一致,进一步证明了西藏半野生小麦在光合作用能力方面的优势。地上干物质量是衡量植物生长过程中营养物质积累的重要指标。西藏半野生小麦的地上干物质量为 $(7.13\pm1.57)\text{g}$,高于本地育成小麦的 $(6.54\pm1.23)\text{g}$ 。较高的地上干物质量意味着植物在生长过程中积累了更多的有机物质,可能带来更高的产量。这一结果与前面提到的叶绿素含量和叶面积的结果一致,表明西藏半野生小麦在生长过程中能够更高效地进行光合作用和营养物质的积累。

表2 小麦品种参数

处理	叶绿素 SPAD /($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	株高 /cm	叶面积 / mm^2	地上干 物质量 /g
西藏半野生小麦	58.66 ± 7.62	118.07 ± 10.83	1033 ± 70.64	7.13 ± 1.57
本地育成小麦	52.63 ± 6.47	102.23 ± 4.07	934 ± 30.12	6.54 ± 1.23

3 讨论

通过对上述4个参数的分析,可以看出西藏半野生小麦有些品种在多个生理指标上都优于本地育成小麦,表现出更强的生长势和光合作用能力,这应该与西藏半野生小麦的遗传背景和生态适应性有关^[10],西藏半野生小麦可能在长期的自然选择过程中形成了适应高光强、高海拔等特殊环境的生理特性^[11],使得它在光合作用、营养物质积累等方面表现出色,这为它在小麦育种中的利用提供了重要参考。西藏半野生小麦在叶绿素含量、株高、叶面积和地上干物质量等考种参数上均表现出一定的优势,但也存在断穗的情况,表明其具有较强的生长势和光合作用能力,并且生存能力强^[12]。但较高的株高也带来了倒伏风险,需要在实际生产中采

取适当的管理措施^[13]。未来的研究应继续深入探索西藏半野生小麦的光合生理机制及其在不同环境条件下的适应性^[14-15],为它在小麦育种和高产栽培中的应用提供更加全面的科学依据。通过进一步的筛选和培育工作,可以将西藏半野生小麦的优良性状引入到现代小麦品种中,提升小麦的产量和品质。

参考文献:

[1]邵启全,李长森,巴桑次仁.西藏半野生小麦[J].遗传学报,1980(2):149-156,206.

[2]王志清,郑有良.西藏半野生小麦研究进展[J].麦类作物学报,2004(4):133-135.

[3]胡元培.几种特殊小麦和中国四倍体小麦地方品种的细胞学研究[D].雅安:四川农业大学,1994.

[4]刘胜利.西藏半野生小麦遗传多样性研究[D].杨陵:西北农林科技大学,2010.

[5]PENGZ K,WANG L L,XIE J H,et al. Conservation tillage Increases the Land and Precipitation Use Efficiency of Wheat on the Semi-arid Loess Plateau of China [J]. Agricultural Water Management, 2020,231:106024.

[6]黄亨履,翁跃进,张贤珍,等.西藏半野生小麦遗传多样性研究进展以及原位保存[J].植物遗传资源科学,2002,3(2):28-33.

[7]张永鹏.西藏不同区域小麦新品种“藏冬25号”产量及其品质的变化分析[J].西藏农业科技,2018,40(1):11-12.

[8]宋宇航,张孟寒,周瑞祥,等.灌浆期郑麦1860旗叶的光合速率及叶绿体超微结构分析[J].麦类作物学报,2023(6):744-752.

[9]张伟杨,钱希阳.土壤干旱对小麦生理性状和产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(4):491-500.

[10]董玉琛,郑殿升.中国小麦遗传资源[M].北京:中国农业出版社,2000.

[11]陆平.西藏半野生小麦染色体组型分析和断穗基因定位[J].西藏农业科技,2000,22(2):23-27.

[12]黄亨履,翁跃进,张贤珍,等.西藏半野生小麦遗传多样性研究进展以及原位保存[J].植物遗传资源科学,2002,3(2):28-33.

[13]陈庆富,周永红,彭正松,等.中国特有小麦杂种黄化基因ch1和提型胞质育性恢复基因的分研究[J].广西植物,1998,18(4):325-330.

[14]周强.几个小麦品种(系)主要农艺性状配合力与遗传力分析.小麦研究[J].2007,28(3):19-25.

[15]王宪泽.小麦品质育种研究进展[J].中国农学通报,1992(8):18-20.