

水分胁迫对抗旱性不同小麦品种叶片光合及根呼吸等生理特性的影响

侯晓林^{1,2}, 吕金印^{1,2}, 山 仑²

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以两个抗旱性不同的小麦品种西农 1043、陕 253 为材料, 采用盆栽与水培试验相结合的方式, 研究水分亏缺对小麦不同生育期叶片光合及根呼吸速率等生理指标的影响。结果表明: 相同水分处理下, 抗旱品种西农 1043 与水分敏感品种陕 253 相比, 具有较高的光合和根呼吸速率、以及相对较高的保护酶活性; 水分胁迫下, 两个小麦品种叶片光合和根呼吸速率及苗期叶保护酶活性均降低; 两种水分处理下抗旱性强的西农 1043 根呼吸所占光合的比例相对高于陕 253。

关键词: 水分胁迫; 冬小麦; 根呼吸; 光合; 保护酶系统

中图分类号: S 143.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007) 06-0037-03

水分不足是影响黄土高原干旱半干旱地区小麦产量的主要因素。叶片光合是植物干物质生产的主要途径, 根系的主要功能是通过吸收为地上部分提供水分和矿物等营养物质, 同时依靠地上部分提供能量。对作物生产而言, 根系功能的高效性取决于其对地上部分水肥的供应能力和消耗地上部分同化物的量。作物生长期供水不足, 就会导致根系量的增加以增大吸水量, 但庞大的根系耗碳量过多又会影响地上部的生物学产量^[1]。McCree 认为, 组成庞大的根系需要光合产物, 维持发达的根系也需要更多的光合产物, 通过对不同种作物的研究表明, 根呼吸所耗碳量占日固定碳量的 $1/4 \sim 2/3$ ^[2]。植物体可通过各种途径产生 O_2^- 等活性氧自由基, 同时细胞内存在这些自由基的清除系统^[3~9]。正常生长条件下, 植物细胞内自由基的产生与清除处于动态平衡, 细胞内自由基的水平很低, 不会对植物造成伤害; 但在逆境胁迫条件下, 该平衡被打破。植物在受到逆境胁迫时可以使用自由基清除系统来有效地抵御活性氧自由基对其本身造成的伤害, 其中保护酶防御系统在这一过程中起着重要的作用。

本研究通过水培试验对冬小麦水分亏缺处理, 测定小麦幼苗期叶片保护酶活性, 探讨了冬小麦在苗期对水分亏缺的适应性生理机制。通过盆栽试验, 测定在水分亏缺下冬小麦根系呼吸和叶片光合

速率, 探讨小麦生育后期根呼吸耗碳与小麦干物质生产的关系。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用耐旱性不同的冬小麦品种西农 1043(抗旱品种) 和陕 253(水分敏感品种) 作为试验材料, 由西北农林科技大学农学院提供。西农 1043 品种株高 80~95 cm, 茎秆粗壮, 根系发达, 抗旱性较强。陕 253 品种株高 80 cm 左右, 适合于平原灌区种植。

1.2 方 法

水培试验: 精选籽粒, 0.5% $HgCl_2$ 浸泡消毒后在 25℃ 下吸水, 保温箱中催芽 2 d, 选取萌发一致的种子置尼龙网上培养。小麦长到三叶一心时, Hoagland 完全培养液培养, 每 3 d 换营养液一次, 一周后进行干旱处理。参照 Haiso 的渗透胁迫标准^[7], 用渗透势为 -1.0 MPa 的聚乙二醇(PEG-6000) 营养液模拟水分胁迫进行培养, 胁迫 72 h 后, 取样测定。

盆栽试验: 所用试验盆上口直径 24 cm, 下口直径 17 cm, 高 24 cm。试验用土为大田壤土与轻石(干重比为 5.2:1)。试验土壤风干过筛, 播种前每千克干土施尿素 0.324 g, 施磷肥 1.25 g, 硫酸钾 0.185 g。每盆定苗 10 株, 拔节期去除分蘖, 只保留主茎。采用两种水分处理, 即正常供水(CK) 和中度

收稿日期: 2006-11-06

基金项目: 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室项目(10501-179)

作者简介: 侯晓林(1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事植物水分与抗旱生理研究。

通讯作者: 吕金印 jinyinlu@163.com。

水分胁迫处理(MD)。土壤含水量分别保持在土壤最大毛管持水量的70%~75%和50%~55%,混合土壤最大毛管持水量为45.7%。拔节期开始控水,水分处理期间每天通过称重法按控水标准补充灌水。在开花期和灌浆期进行测定。

1.2.1 叶片光合、根呼吸速率的测定 在开花期和灌浆期分别使用Li—Cor公司LI—6400型光合仪测定叶片光合和根呼吸速率。

1.2.2 叶片保护酶活性测定 超氧化物歧化酶活性(SOD)按NBT光化还原法测定,单位为U/gFW。过氧化物酶活性(POD)按愈创木酚氧化法测定,单位为U/(gFW·min)。过氧化氢酶活性(CAT)用紫外吸收法测定,单位为U/(gFW·min)。测定方法参照《植物生理学实验技术》^[8],并稍作改

动,酶活性测定重复3次。

2 结果与分析

2.1 水分亏缺对冬小麦不同时期叶片光合与根呼吸速率的影响

光合作用是小麦固碳的主要途径。由表1可以看出,在相同条件下,抗旱性品种西农1043比水分敏感性品种陕253具有更高的光合和呼吸速率。在水分胁迫下,两个品种小麦光合和呼吸速率也大大降低,且根呼吸所占叶片光合的比例也有不同程度的降低,在开花期西农1043由29.2%降为25.0%,陕253由27.6%降到21.9%,在灌浆期西农1043由22.3%降到15.7%,陕253由18.4%降到15.1%。

表 1 水分亏缺对冬小麦不同时期叶片光合与根呼吸速率的影响
Table 1 Effect of water deficit on leaf photosynthetic and root respiration rate of winter wheat at different stage[μmol/(m²·h)]

品 种 Variety	处 理 Treat ment	开花期 Anthesis stage		灌浆期 Filling stage	
		叶片光合速率 Leaf photosynt hetic rate	根呼吸速率 Root respiration rate	叶片光合速率 Leaf photosynt hetic rate	根呼吸速率 Root respiration rate
西农 1043 Xinong 1043	CK	18.319±0.680	5.357±0.699	12.719±0.214	2.837±0.728
	MD	13.431±0.301	4.697±0.306	11.892±0.620	1.863±0.211
陕 253 Shaan 253	CK	17.367±0.115	4.792±0.732	11.968±0.960	2.208±0.439
	MD	12.166±0.216	2.662±0.307	10.980±0.112	1.661±0.453

2.2 水分亏缺对冬小麦不同时期根系干重的影响

由表2可以看出,在水分亏缺下小麦根系干重在生育后期随着水分的降低呈下降的趋势。且耐旱性西农1043较水分敏感陕253具有较大的根系。灌浆期与开花期相比,根系干重表现为不同程度的下降,西农1043正常供水(CK)下降了4.9%,中度水分胁迫处理(MD)下降了8.5%,灌浆期陕253CK下降了7.1%,MD处理时下降较大(13.5%),这与杨书运等^[9]的研究成果一致。一般认为根系干重在开花期达到最大,水分处理到灌浆期时根系逐渐衰老、死亡,根干重量下降。

2.3 水分亏缺对冬小麦苗期叶片保护酶活性的影响

在小麦幼苗期(三叶一心),-1.0 MPa胁迫下(表3),西农1043表现出比陕253更高的保护酶活性。小麦SOD、CAT活性呈现下降的趋势,而POD活性及H₂O₂含量则表现为上升。这可能是由于苗

期小麦正处于生长发育的关键时期,其保护酶系统还没有起到明显的作用,如果出现水分亏缺,则该系统受到破坏,导致其活性下降。而POD活性上升可能是由于干旱下小麦体内H₂O₂含量增长幅度较大,诱导POD活性上升。这与以前小麦生育后期的研究结果不太一致^[19],可能是生育期不同所致。

表 2 水分亏缺对小麦根系干重的影响(g/10株)

Table 2 Effect of water deficit on root dry weight of winter wheat at different stage

品 种 Variety	处 理 Treat ment	开花期 Anthesis stage	灌浆期 Filling stage
西农 1043 Xinong 1043	CK	2.700±0.162	2.567±0.212
	MD	2.315±0.179	2.119±0.101
陕 253 Shaan 253	CK	2.549±0.167	2.367±0.278
	MD	2.288±0.174	1.978±0.174

表 3 水分亏缺对冬小麦幼苗期叶片保护酶活性及 H₂O₂ 含量的影响

Table 3 Effect of water deficit on activities of leaf protective enzymes and H₂O₂ content of winter wheat at seedling stage

品 种 Variety	处 理 Treatment	SOD 活性 SOD activity (U /g F W)	POD 活性 POD activity (U /(g F W·min))	CAT 活性 CAT activity (U /(g F W·min))	H ₂ O ₂ 含量 H ₂ O ₂ Content (μmol /g F W)
西农 1043	CK	377.68±22.97	220.27±24.07	62.75±0.49	4.96±0.36
Xinong 1043	MD	249.28±17.36	406.40±23.57	57.00±0.85	8.70±0.48
陕 253	CK	165.19±8.53	210.67±7.21	40.80±1.13	5.45±0.72
Shaan 253	MD	159.93±11.37	230.40±10.23	34.40±1.13	9.84±0.23

3 讨 论

黄土高原干旱半干旱地区降雨和作物生育期之间较差的耦合性导致作物经常处于水分胁迫状态。而干旱是限制小麦生产的主要因素。因此,小麦抗旱性一直是研究的热点。在叶片保护酶系统方面,虽然其作用原理非常明确,但不同研究结果呈现很大的差异,其变化的形式和程度与品种的抗旱性相关。在小麦根方面,大量研究表明不同水分处理下根系干重随土壤水分的降低呈下降的趋势,说明水分亏缺限制了根系的生长发育,并且随着亏缺程度的增强,对根系生长发育的限制作用增加。

根呼吸是小麦生育后期消耗光合固碳量的主要途径,开花灌浆期根呼吸过高,则对小麦的产量会产生较大的影响。本研究表明,抗旱小麦西农 1043 较水分敏感小麦陕 253 具有较大的光合、根呼吸速率和根干重。随着水分亏缺的影响,各生理指标表现为不同程度的下降,表明水分胁迫限制了根系的生长,同时也对叶片的发育产生了影响。灌浆期与开花期相比,光合、根呼吸速率和根干重也表现为不同程度的降低,其中西农 1043 正常供水(CK)降幅最小,陕 253 中度水分胁迫处理(MD)下降幅度最大。说明陕 253 MD 处理下,小麦衰老速度加快。同时,各处理根呼吸占叶片光合的比例也以西农 1043 CK 降幅最小,而此时叶片光合速率明显下降,但根呼吸速率仍然保持较高的水平,对小麦的产量可能会造成一定的影响。小麦通过提高 SOD 活性来清除体内因水分亏缺产生的过多的活性氧,保护植物体免受活性氧的伤害。CAT、POD 是清除细胞内过氧化氢的酶类,但其作用机理不同。CAT 直接催化过氧化氢分解,而 POD 则通过催化分解其它物质间接消耗过氧化氢。它们在阻断自由基链式反应中起着关

键的作用。本研究表明,不同抗旱性品种在小麦幼苗期其 SOD、CAT 活性表现不同程度的降低,POD 活性上升。苗期是小麦发育的重要时期,此时受到水分亏缺,则保护酶系统不能清除体内产生的大量 H₂O₂ 和自由基,影响小麦植株的生长发育。

综上所述,根系是植物获取水分和营养物质的器官,根系发达有利于植物从土壤中获取更丰富的水分和营养,但干旱条件下过大的根系又会影响地上部同化物的分配。因此,适度限量供水所形成的合理根系,有利于提高水分利用效率和产量。这对黄土高原干旱半干旱地区小麦产量的提高尤其重要。

参 考 文 献:

[1] 山 仑,陈国良.黄土高原旱地农业的理论与实践[M].北京:科学出版社,1993.

[2] McCree K J . Measuring the whole -plant daily carbon balance [J] . Photosynt hetica , 1986 , 2 , 82—93.

[3] 曹锦清. 脂质过氧化对细胞与机件的作用[J] . 生物化学和生物物理进展, 1986, (2) : 7—21.

[4] Dhindsa A S , Mutoue W .Drought tolerance in two mosses : Cor - related with enzymatic defense against lipid peroxidation[J] . J . Exp . Bot , 1981, (32) : 79—91.

[5] 杨方云,魏朝富,刘 英. 干旱胁迫下甜橙叶片保护酶体系的变化研究[J] . 植物营养与肥科学报, 2006, 12(1) : 119—124.

[6] 李春喜,姜丽娜,代西梅,等. 小麦氮素营养与后期衰老关系的研究[J] . 麦类作物学报, 2000, 20(2) : 39—41.

[7] Hsiao T C . Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress :biophysical analysis and relation to water transport[J] . J . Exp . Bot , 2000, 51(350) : 1595—1616.

[8] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M] . 西安:世界图书出版公司, 2000. 192—196, 198—199.

[9] 杨书运,严 平. 土壤水分亏缺对冬小麦根系的影响[J] . 麦类作物学报, 2007, 27(2) : 309—313.

[10] 李成龙,吕金印,高俊凤. 水分亏缺对冬小麦主茎叶片保护酶活性的影响[J] . 麦类作物学报, 2007, 27(1) : 84—87.

(英文摘要下转第 44 页)

Effect of low temperature stress on some physiological index of winter rape(*brassicu napus* L.)

LI Shi cheng¹, NI U Jun yi², GAI Yue³

(¹.Agricultural and Technical Extension station , Lanzhou , Gansu 730020;

².Agronomy College , Gansu Agricultural University , Lanzhou , Gansu 730070;

³.Liupanshan High School , Yingchuan , Ningxia 750002, China)

Abstract : To indentify anti coldness of B . napus L . varieties , temperature controlling method by artificial climatic box is introduced to deal with 12 B . napus L . varieties from abroad under low temperature above zero for observance of different varieties ' anti coldness index variation . The results showed that total water content in leaves of all varieties decreased with the decrease of temperature , however , membrane relative penetrat , malondi - aldehyde (MDA)content , soluble sugar and free proline content increased with the decrease of temperature . The varieties of Alice ,Orkan ,Hopper and Parade⁻² were screened with high cold hardness , but Olsen and Emblem had lower cold hardness than the other varieties . Simple correlation analysis showed that membrane relative penetratio and soluble sugar content had the closest relations with the cold hardness of winter rape .

Key words : winter rape(*brassicu napus* L .) ; cold resistant index ; correlation

(上接第 39 页)

Effects of water deficit on the rate of leaf photosynthesis and root respiration in two winter wheat of different drought resistance

HOU Xiao lin^{1,2}, LU Jin yin^{1,2}, SHAN Lun²

(¹.College of Life Science , Northwest A & F University , Yangling , Shaanxi 712100, China ;

².State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau , Institute of Water and Soil Conservation , Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources , Yangling , Shaanxi 712100, China)

Abstract : Xinong 1043 and Shaan 253 of two winter wheat varieties were used pot and nutrient solution culture experiments to studied the effect of water deficit on the rate of leaf photosynthesis and root respiration during different growth stages under different water stress . The results showed that the drought resistance wheat Xinong 1043 rate of leaf photosynthesis , root respiration and activities of leaf protective enzyme in seedling stage are higher than that of the water sensitivity wheat Shaan 253 under same water condition . The rate of leaf photosynthesis and root respiration of the two wheat are lower under normal water condition than that of under water deficit ; and Xinong 1043 are higher ratio of root respiration and leaf photosynthesis rate compared with Shaan 253 under the two water condition .

Key words : water stress ; winter wheat ; root respiration ; leaf photosynthesis ; protective enzymes