

水分处理对油菜叶位光合速率、蒸腾速率及水分利用效率的影响*

毛明策

郭东伟 梁银丽

(西北农林科技大学 杨陵 712100) (中国科学院水土保持研究所 杨陵 712100)
水利部

摘要 通过对不同水分处理下油菜不同叶位叶片光合速率(P_n)、蒸腾速率(E)和水分利用效率(WUE)的测定表明,油菜主茎叶片的光合速率、蒸腾速率和水分利用效率随叶位的降低而降低,干旱胁迫下油菜水分利用效率显著提高,光合速率变化不明显,但上部、下部叶间光合速率差异大。充分供水时叶片的蒸腾速率提高,水分利用效率则降低,从上到下叶片水分利用效率、光合速率降低不剧烈,而蒸腾速率表现为上部和下部叶高,而中部叶低。据测定,干旱处理下油菜单株生物量为37.45g,充分供水时为38.76g,干旱导致油菜生物量降低,水分胁迫能提高作物水分利用效率,在充分供水条件下叶片蒸腾速率较高,这可能是气孔行为的结果。

关键词 水分胁迫 叶位 光合速率 蒸腾速率 水分利用效率

Effects of soil moisture on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency of rape in different leaf positions. MAO Ming-Ce (Northwest Science & Technology University of Agriculture and Forest, Yangling 712100), GUO Dong-Wei, LIANG Yin-Li (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *CJEA*, 2001, 9(1), 49~51

Abstract The difference of the net photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (E) and water use efficiency (WUE) of rape in different leaf positions on stem was observed under different soil moistures. It was found that net photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency decreased with the drop of leaf position. Under the water stress, net photosynthetic rate showed an increasing trend but not significant and transpiration rate decreased while water use efficiency increased significantly. The difference of net photosynthetic rate between the upper leaves and the lower ones was great and the difference of transpiration rate between the upper leaves and the lower ones was not significant. Under the condition of full irrigation, the transpiration rate increased, and net photosynthetic rate and water use efficiency decreased. Transpiration rate was higher in upper and lower leaf positions, lower in middle leaf position. According to determination, under the condition of drought and full irrigation the biomass of single plant rape was 37.45g and 38.76g respectively. Drought leads to drop of rape biomass. Water stress could increase the water use efficiency. Under the condition of full irrigation, the transpiration rate of leaf was higher, this may be the result of stomatic behaviour.

Key words Water stress, Leaf position, Photosynthetic rate, Transpiration rate, water use efficiency

光合作用是绿色植物生命活动的能量和物质基础,是作物产品器官形成的最终保障,对于植物自身种的延续和人类的生活需求都具有十分重要的现实意义。蒸腾作用是植物必不可少的重要代谢过程,它与植物的光合作用密切相关,是研究植物旱作生理的重要内容。近年来国内外对作物光合速率、蒸腾速率和水分利用效率的研究十分活跃,但主要集中在小麦、玉米等禾本科作物上^[2~3],而在油料作物上进行的类似试验少见报道。本试验通过对不同水分处理条件下油菜不同叶位叶片光合速率和蒸腾速率的研究,揭示油菜叶片光合速率、蒸腾速率及水分利用效率与水分条件的关系,为油菜的旱作栽培提供科学依据。

1 试验材料与方法

供试材料为甘蓝型油菜“甘杂1号”,采用盆(为10L塑料桶)栽种植,每盆装过筛干土11.5kg,土壤为长武旱塬黑垆土,田间持水量24%,基础养分状况为水解氮4.53mg/kg,全N0.028g/kg,有机质1.361g/kg,速效磷31.100mg/kg,全P0.095g/kg。试验设干旱胁迫(D,为土壤相对含水量50%)和充分供水(I,为土壤

* “九五”中国科学院重大项目(KZ951-A1-301)、特别支持项目(KZ95T-04-01)和中澳合作 ACIAR 项目(LWR1/95/07)及国家科技攻关项目(95-04-05-05)共同资助

收稿日期:2000-07-18 改回日期:2000-08-16

相对含水量 70%) 2 种处理, 重复 6 次。为保证油菜正常生长, 于播前 1 次性每盆施入 N 肥 5.5g。供试植株于 1999 年 11 月 20 日移栽入盆, 每盆 3 株, 水分控制采用称重法, 补水间隔期 1~3d, 视天气、植株、土壤水分状况而定。试验将油菜全生育期分为苗期、薹苔期、开花期、成熟期 4 个生育阶段, 每生育期选 12 盆分为 2 组分别接受 I 和 D 处理, 其余各盆给以 I 处理, 该生育期结束后, 另选 12 盆进入下 1 个生育期, 原处理恢复充分供水。

测定仪器为 CI-301 CO₂ 气体分析仪, 以开放式气流测定净光合速率、光合速率 (P_n) 和蒸腾速率 (E)。水分利用效率 (WUE) 按照 $WUE = \frac{P_n}{E}$ 计算。于开花期选晴天上午 8:30~10:30 进行测定, 每盆选 1 株, 将主茎叶片从上到下编为 1~9 号, 每叶测 2 次, 重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同叶位叶片光合速率的影响

干旱胁迫对油菜不同叶位叶片光合速率有不同影响 (见图 1), 2 种处理叶片的光合速率均随叶位降低而降低。干旱处理下 9 片叶平均光合速率 (CO₂) 为 10.66 mg/dm² · h, 比充分供水下 (10.00 mg/dm² · h) 高 0.66 mg/dm² · h, 但水分处理间差异不显著。如将主茎叶片由上到下划分为 3 组, 则干旱处理下油菜上部 (1~3 叶)、中部 (4~6 叶) 叶片光合速率分别为 12.44 mg/dm² · h、11.21 mg/dm² · h, 比充分供水时 (上部 11.50 mg/dm² · h, 中部 9.89 mg/dm² · h) 分别高 0.94 mg/dm² · h 和 1.32 mg/dm² · h; 而下部 (7~9 叶) 叶片光合速率 8.33 mg/dm² · h 较充分供水 (8.60 mg/dm² · h) 低 0.27 mg/dm² · h。同时干旱胁迫下上部、下部叶间光合速率相差 4.11 mg/dm² · h, 而充分供水时仅为 2.90 mg/dm² · h, 这说明 D 处理加速了油菜下部叶片的衰老, 使其光合速率降低, 但却促进了光合作用中心上移, 使上部叶保持较高的光合速率。相应地 I 处理则延缓了下部叶片的功能期, 使主茎从上到下叶片光合速率降低趋缓。干旱胁迫下主动减少对下部叶片的供水, 加速下部叶的衰老, 促进营养物质和水分再分配, 将有限的水分优先供给上部、中部的光合作用中心, 从而在水分胁迫条件下总体获得较高的光合速率, 实现逆境条件下不减产或少减产的目的, 这是植物为抵御干旱逆境而进行的一种自我调节方式。

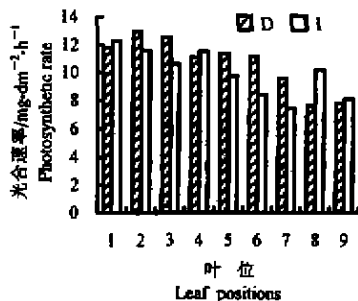


图 1 不同叶位叶片光合速率变化

Fig. 1 Photosynthetic rate in different leaf positions

2.2 干旱胁迫对蒸腾速率的影响

叶位与蒸腾速率之间也有随叶位降低而蒸腾速率下降的趋势 (见图 2)。干旱处理和供水处理得到完全

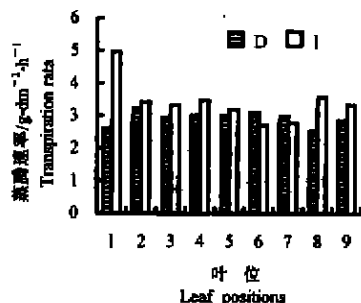


图 2 不同叶位叶片蒸腾速率变化

Fig. 2 Transpiration rate in different leaf positions

不同的叶位蒸腾速率变化。总体看 D 处理下蒸腾速率明显低于 I 处理, I 处理时上部叶片蒸腾速率 (H₂O) 为 11.72 g/dm² · h, 比 D 处理 (8.75 g/dm² · h) 高 34%, 下部叶片蒸腾速率 9.68 g/dm² · h, 比 D 处理 (8.37 g/dm² · h) 高 16%, 而中部叶片仅高 3%。供水处理 1 位叶片蒸腾速率远高于其他叶片, 这反映了其上部叶片有很强的代谢活性。下部叶片蒸腾速率有些回升, 这可能是下部叶片离根系近, 水分运输距离短, 在水分供应充足时保证上部、中部叶的需求后尚有富余水分再次提供给距离根系较近的叶片, 但随着生育期的推进下部叶衰老的趋势不能逆转, 叶片保水能力下降, 蒸腾作用加剧而表现出高的蒸腾速率值。比较 2 种处理的上部叶片发现充分供水处理较干旱处理的蒸腾速率高 34%, 其差异可能是由气孔行为引起的, I 处理下气孔保卫细胞得到的水分多, 从而保持高的膨压, 气孔开张度大, 蒸腾速率值高; 而 D 处理时则保卫细胞水势低, 气孔开张度小, 蒸腾速率值低。

2.3 干旱胁迫对不同叶位水分利用效率的影响

水分利用效率的变化与叶片位置紧密相连, 油菜进入开花期, 光合作用中心上移, 上部叶片水分利用效率最高, 向下依次降低 (见图 3), 水分处理对这种下降趋势无显著影响。但干旱处理和供水处理对水分利用效率绝对量有明显不同的影响, D 处理能显著提高植物叶片的水分利用效率, 在一定的水分胁迫作用下叶片

的渗透调节物质含量增加,特别是可溶性糖、脯氨酸等有机物质,进而提高了细胞汁液浓度,降低了细胞水势,使细胞能在较干旱环境中攫取尽可能多的水分;此外这些有机物多为亲水胶体,对水分子的束缚能力强,使吸收的水分不易通过蒸腾而散失,从而改变了细胞内束缚水与自由水的比例,提高了植物的水分利用效率。通过对2种处理的水分利用效率与叶位作线性拟合得方程:

$$Y_D = -0.1072X + 3.6225 \quad (1)$$

$$Y_I = -0.3201X + 5.4787 \quad (2)$$

由方程(1)~(2)可知,2种处理水分条件下水分利用效率与叶位均呈极显著负相关,其中斜率 $K_D(-0.1072) > K_I(-0.3201)$,表明干旱处理比充分供水处理时水分利用效率随叶位的变化更加密切,从而使水分利用效率随叶位降低的程度更加剧烈。

3 小 结

开花期是油菜的叶面积系数最高时期,叶片数量多,其叶位光合速率能较好的反映油菜各部位叶片的光合作用情况。本试验通过对开花期2种水分处理下油菜不同叶位光合速率、蒸腾速率和水分利用效率的测定分析发现,不论那种处理油菜不同叶位光合速率、蒸腾速率和水分利用效率均随叶位的降低而降低,干旱胁迫下光合速率、水分利用效率下降趋势更加明显。D处理加速下部叶片的衰老是造成这一现象的直接原因,相应地I处理则延缓了这一过程并使从上到下的下降趋势不甚剧烈,说明油菜在逆境条件下主动将水分优先供给生长中心以确保其有较高的光合速率和水分利用效率;D处理下油菜的光合速率高于I处理,光合速率和生物量之间非一一对应关系。据测定干旱处理下单株生物量为37.45g,充分供水时为38.76g,干旱仍导致油菜生物量的降低。D处理下水分利用效率显著增加,这可能是由于干旱增强了叶片的渗透调节能力,使叶片保持较低的蒸腾速率,这一行为随着干旱而延续,最终导致了水分利用效率的提高。干旱胁迫下叶位与水分利用效率表现为更密切的极显著负相关关系,说明在同样胁迫条件下上部叶片渗透调节能力更强,水分利用效率更高;充分供水条件下叶片蒸腾速率值明显高于干旱处理,这可能是气孔行为作用的结果,但由于油菜自身进行的气孔调节并不一定是最经济的水分调节活动,往往只是一种适应环境的反应行为。如何优化气孔调节,协调植物水分、CO₂的关系,以便最经济的利用水分尚需进一步深入研究。

参 考 文 献

- 1 山 仑,陈培元主编.旱地农业生理生态基础.北京:科学出版社,1998
- 2 廖建雄,王根轩.谷子叶片光合速率日变化及水分利用效率.植物生理学报,1999,25(4):362~368
- 3 黄占斌,山 仑.不同供水下作物水分利用效率和光合速率日变化的时段性及其机理研究.华北农学报,1999,14(1):47~52
- 4 郭东伟,梁银丽.水分和氮素对油菜渗透调物质含量阶段性变化的影响.干旱地区农业研究,1999(4):65~70
- 5 李素美,东先旺.不同土壤目标含水量对夏玉米光合性能及产量的影响.华北农学报,1999,14(3):55~59
- 6 唐道城.土壤干旱对白芥光合器官发育及光合速率的影响.中国油料作物学报,2000,12(1):49~52
- 7 郭文久.Microsoft excel 方差分析的使用.云南农业大学学报,2000,15(1):9~12
- 8 Liang Y. L., et al. Effect of irrigation-limited on physiological characters of wheat(*Triticum aestivum*. L.) on Loess Plateau in China. USA: publisher-CRC Press. 1999

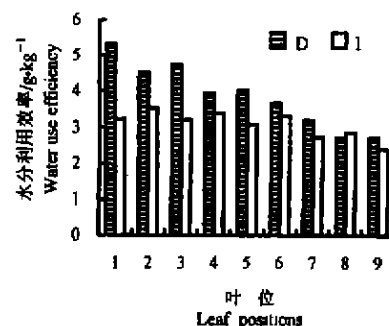


图3 不同叶位叶片水分利用效率变化

Fig. 3 Water use efficiency in different leaf positions