

节水灌溉条件下旺长期烤烟叶片细胞液质量分数的影响因素分析

刘文俊¹, 邵孝侯², 刘玉青², 李继新³, 袁有波³, 苏贤坤³

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学农业工程学院, 江苏 南京 210098;
3. 贵州省烟草科学研究所, 贵州 贵阳 550003)

摘要 在蒸渗仪控制条件下就旺长期烤烟叶片细胞液质量分数的影响因子进行相关研究。结果表明 施氮量的增加对旺长期烤烟叶片蒸腾作用和光合作用的促进作用远大于对烤烟吸收水分的促进作用, 在一定程度上提高了烤烟叶片细胞液质量分数 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数随施氮量增加而增加, 总施氮量超过 67.5 kg/hm^2 时旺长期烤烟叶片细胞液质量分数减小 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 以及 $20 \sim 40 \text{ cm}$ 土层土壤含水率呈现负相关关系, 与烟株水分蒸腾速率及烟株光合速率的负相关达到显著水平。

关键词 烤烟 旺长期 细胞液质量分数 水氮耦合 土壤水分 光合指标

中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 1006-7647(2008)05-0036-03

Factors influencing cell liquid concentration of flue-cured tobacco leaves during the vigorous growing stage under water-saving irrigation conditions/LIU Wen-jun¹, SHAO Xiao-hou², LIU Yu-qing², LI Ji-xin³, YUAN You-bo³, SU Xian-kun³
(1. Business School of Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Tobacco Institute of Science of Guizhou Province, Guiyang 550003, China)

Abstract: The effects of soil water content and the amount of applied nitrogen on cell liquid concentration and photosynthesis characteristics of flue-cured tobacco leaves are studied using a lysimeter. Research results show that the effect of an increase in applied nitrogen on transpiration and photosynthesis of flue-cured tobacco leaves exceeds its effect on the leaves' water absorption. Hence, the cell liquid concentration increases with the amount of applied nitrogen. However, when the total amount of applied nitrogen exceeds 67.5 kg/hm^2 , the cell liquid concentration will decrease. On the whole, there is a negative correction relationship between the cell liquid concentration of flue-cured tobacco leaves during the vigorous growing stage and the soil water content of the $0\text{-}20 \text{ cm}$ -depth and $20\text{-}40 \text{ cm}$ -depth soil layers. The correlation coefficient between the cell liquid concentration and transpiration rate is -0.793 , and the correlation coefficient between cell liquid concentration and the photosynthesis rate is -0.864 .

Key words: flue-cured tobacco; vigorous growing stage; cell liquid concentration; coupling effect of water and nitrogen; soil water content; photosynthesis index

烟株体内的水分状况受大气湿度、土壤含水量和土壤肥料等因素的制约, 其中土壤水分状况起主导作用^[1-2]。细胞液质量分数反映了作物体内的水分状况。一般地, 细胞液质量分数越小, 作物的代谢越旺盛。研究表明, 干旱胁迫对烟株生长发育影响的生理原因在于烟株体内发生了一系列的生理生化变化, 干旱胁迫下烟株的水分代谢减弱, 烟叶组织相对含水量和自由含水量下降, 束缚水含量上升, 叶水

势降低, 气孔扩散阻力增大, 蒸腾强度减小^[3-4]。影响细胞液质量分数的主要因素有土壤含水率、叶片蒸腾速率、光合速率等。研究细胞液质量分数和土壤含水率、蒸腾速率以及光合速率之间的关系, 有利于从其影响因素入手分析细胞液质量分数的变化动态, 进而研究烟草的干旱胁迫状况和灌溉生理指标^[4-6]。关于影响烟叶细胞液质量分数因子的定量研究尚不多见^[5-7], 笔者在蒸渗仪控制条件下就土壤水分控制下限和施氮量对烤烟各生育期烟叶细胞液

基金项目 国家烟草专卖局重大科技项目(110200302009) 贵州省烟草专卖局重大科研项目(2007-5)

作者简介 刘文俊(1968—), 男, 江苏宿迁人, 博士研究生, 高级工程师, 从事农业综合开发与管理研究。E-mail: lwjjspecad@sina.com

通讯作者 邵孝侯(1963—), 男, 浙江余姚人, 教授, 博士, 从事作物节水灌溉研究。E-mail: shxshao@hhu.edu.cn

• 36 • 水利水电科技进展, 2008, 28(5) Tel: 025-83786335 E-mail: jz@hhu.edu.cn http://hkb.hhu.edu.cn

质量分数及光合特性影响进行了相关试验研究,旨在探讨不同水氮条件下烤烟生理代谢活动的影响程度及各指标间的相关关系,为建立烤烟干旱和灌溉水分生理指标体系、合理施肥及指导烤烟生产提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验场地

试验于 2006 年在南京市江宁区横溪镇南京市蔬菜花卉科学研究所内修建的蒸渗仪内进行,蒸渗仪用水泥、砖块砌成,无底,深 1.2 m,填土 1.0 m,采用塑料大棚进行遮雨。当地烤烟生长期(5-8 月)平均降雨量 706.5 mm,6 月下旬到 7 月中旬为梅雨季节,平均气温达 28.7℃,最大平均湿度为 81%,最大风速 19.8 m/s。供试土壤为黄棕壤,质地黏重,有机质含量为 14.209 g/kg,pH 值为 5.87,0~60 cm 土壤密度 1.35 g/cm³,0~60 cm 土壤田间持水量 28.0%(质量分数),地下水埋深 10 m。试验烤烟品种为 K326,采用漂浮育苗,移栽日期 5 月 3 日,于 8 月 25 日收获。

1.2 试验方案

将烤烟的生育期分为伸根期(还苗—团棵)、旺长期(团棵—现蕾)和成熟期(现蕾—采毕)3 个生育阶段。试验以水分控制下限和施氮量作为控制指标,其中水分控制下限为 2 个水平,模拟生育期土壤水分无胁迫以及伸根期和成熟期受土壤水分胁迫 2 种状态。施氮量为 4 个水平,共设 6 个处理,3 次重复,具体试验处理如表 1 所示。

表 1 试验处理

处理 序号	土壤相对含水量/%			追氮量/ (kg·hm ⁻²)	施氮总量/ (kg·hm ⁻²)
	伸根期	旺长期	成熟期		
1	60	80	70	7.5	52.5
2	60	80	70	15.0	60.0
3	60	80	70	22.5	67.5
4	60	80	70	30.0	75.0
5	50	80	65	7.5	52.5
6	50	80	65	15.0	60.0

移栽前每公顷土地施纯氮 45 kg,N:P₂O₅:K₂O = 1:2:3(质量比),作为基肥一次性施入,在移栽后 20~25 d 按处理进行氮肥追施。其中,氮肥使用硝酸铵,磷肥使用钙镁磷肥,钾肥使用硝酸钾。伸根期、旺长期、成熟期灌溉的计划湿润层深度分别为 20 cm,50 cm,30 cm。

1.3 测定项目及方法

a. 土壤含水量 0~20 cm,20~40 cm,40~60 cm 土壤含水量采用烘干法测定。

b. 细胞液质量分数 烤烟移栽后用糖量计测定

细胞液质量分数,每 7 d 测 1 次,测定部位为中部叶,测定时间为 9 00。同时进行细胞液质量分数日变化的测定,分别于 8 00,10 00,12 00,14 00,16 00 各测 1 次,每个生育阶段测定 2~3 次,每次间隔 10 d。

c. 光合特性 烤烟生长的伸根期、旺长期、成熟期用 LCI—6400 型光合测定仪测定光合速率、蒸腾速率等指标,同时进行光合指标日变化的测定,分别于 8 00,10 00,12 00,14 00,16 00 各测 1 次。

d. 数据分析 应用 SPSS 软件进行统计分析。

2 试验结果和讨论

2.1 烟叶细胞液质量分数的变化情况

表 2 为旺长期烤烟叶片细胞液质量分数的日变化数据。从表 2 可以看出,在同一水分控制条件下,施氮量大的处理,细胞液质量分数较大。从细胞液质量分数日变化情况来看,处理 1 和处理 2 在 10 00 左右达到最高点,处理 3 和处理 4 的最高点则出现在 12 00 和 14 00,处理 5 和处理 6 细胞液质量分数的最大值比处理 1 和处理 2 的出现时间延后。这主要是因为伸根期水分控制下限比较低的处理,一方面由于根系较其他处理发达,另一方面旺长期灌水量较大,因此吸收土壤水分的能力较强,细胞液质量分数最大值出现时间也较晚。

表 2 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数变化 %

处理 序号	8 00	10 00	12 00	14 00	16 00
1	9.0	10.8	9.3	9.0	8.5
2	10.0	11.0	11.0	9.5	10.5
3	8.3	10.8	11.5	10.2	10.5
4	8.2	8.8	9.4	10.0	9.3
5	7.6	9.3	10.3	10.3	8.5
6	9.2	11.0	10.8	11.0	9.8

2.2 烟叶细胞液质量分数的影响因素分析

2.2.1 旺长期各处理细胞液质量分数的统计分析

该试验在旺长期对烤烟叶片细胞液质量分数进行了 4 次测定,各处理旺长期烤烟叶片细胞液质量分数的统计分析结果如表 3 所示。总体上随施氮量的增加,细胞液质量分数逐渐增大,如处理 1~3 细胞液质量分数均值呈递增趋势,处理 5~6 细胞液质量分数也逐渐递增。从表 3 还可以看出,当施氮总

表 3 不同水氮条件下旺长期烤烟叶片细胞液质量分数

处理 序号	施氮总量/ (kg·hm ²)	样本数/ 个	细胞液质量 分数均值/%	标准差
1	52.2	4	9.825	0.7228
2	60.0	4	10.150	0.6807
3	67.5	4	10.600	0.4899
4	75.0	4	9.675	0.6994
5	52.5	4	9.500	0.9018
6	60.0	4	10.325	0.5377

量超过 67.5 kg/hm² 时,细胞液质量分数陡然减小。标准差反映了细胞液质量分数的离散程度,随施氮量的增加,细胞液质量分数的变化幅度减小,细胞液质量分数保持在较为稳定的水平。但是施氮量超过 67.5 kg/hm² 时,细胞液质量分数变化幅度又突然增大。所以水肥耦合对旺长期烤烟叶片细胞液质量分数的影响较为复杂,还有待于进一步研究。

2.2.2 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与土壤含水率的关系

图 1 和图 2 分别为测定的旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与 0~20 cm 土层和 20~40 cm 土层土壤

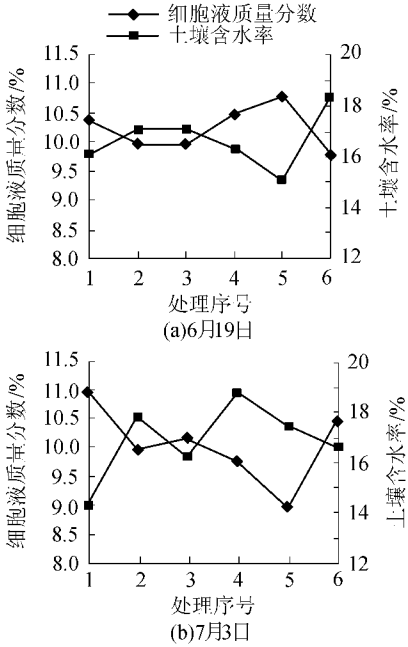


图 1 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与 0~20 cm 土层土壤含水率关系

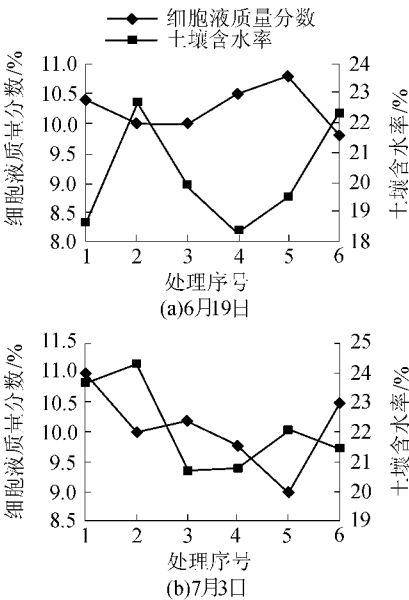


图 2 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与 20~40 cm 土层土壤含水率关系

含水率(质量分数,下同)的关系曲线。从图 1 和图 2 可以看出,细胞液质量分数的变化与 0~20 cm, 20~40 cm 土层土壤含水率基本呈现相反的变化趋势,即土壤含水率增大时细胞液质量分数减小,土壤含水率减小时细胞液质量分数增大,尤以与 20~40 cm 土层土壤含水率的关系明显。在图 1 中,6 月 19 日的处理 2 与处理 5 细胞液质量分数有较大差距,这可能与施氮量不同有关。处理 2 的施氮量大于处理 5,可能在一定程度上促进了烤烟的生理生命活动,使细胞液质量分数降低。但总的说来,在水肥因素中,水分因素对细胞液质量分数的影响占主导地位。以上结果说明旺长期烟叶细胞液质量分数可作为指导烤烟灌溉的一个重要的水分生理指标。

2.2.3 旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与蒸腾速率和光合速率的关系

旺长期是烤烟生长最迅速的时期,其光合指标能够直观反映烤烟的生化水平。通过对 6 个处理蒸腾速率和光合速率比较可以发现(表 4),氮肥的施用对烟株的光合作用影响十分明显。

表 4 旺长期各处理的水分蒸腾速率及光合速率 mmol·m⁻²·s⁻¹

处理序号	蒸腾速率	光合速率
1	2.66	12.31
2	2.92	13.82
3	3.39	14.23
4	3.08	12.85
5	2.81	13.91
6	3.09	14.01

在相同土壤水分情况下随着施氮量的增加,烤烟水分蒸腾速率和光合速率呈现出明显增加的趋势,但过高的施氮量反而会降低烤烟的光合水平。如处理 3 的蒸腾速率为 3.39 mmol·m⁻²·s⁻¹,比处理 1 的蒸腾速率高 27%,处理 3 的光合速率为 14.23 mmol·m⁻²·s⁻¹,比处理 1 的光合速率高 16%。从表 4 还可以看出,处理 5 和 6 的光合指标均高于处理 1 和处理 2,如处理 5 的光合速率为 13.91 mmol·m⁻²·s⁻¹,比处理 1 高 13%。表明烤烟伸根期一定的水分胁迫可以促进烤烟中后期的生长,产生明显的补偿效应。此外,表 4 结果也表明烤烟光合作用和蒸腾作用皆呈现出施氮的阈值效应,即在一定施氮量范围内,光合作用随施氮量的增加而增加,超过阈值,光合速率和蒸腾速率都受到一定程度的抑制。该结果与其他研究者的结果吻合^[7-9]。

统计分析表明,旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与蒸腾速率的相关系数达到 -0.793,呈现较为显著的负相关性。烤烟叶片细胞液质量分数与光合速率相关系数达到 -0.864,呈现显著的负相关关系,并且使相关系数为零的假设检验成立(下转第 57 页)

的消能要求。

由图 6 可以看出,系统消能率随 H/R 的升高有减小的趋势;在 H/R 较小时系统消能率随消能井直径的增加基本不变; H/R 较大时消能率随消能井直径的增加而增大,但在 $D/D_0 = 1.40$ 前后关系曲线的斜率是不同的,当 $D/D_0 > 1.40$ 以后,随着消能井直径的增加,消能率变化的趋势并不明显。

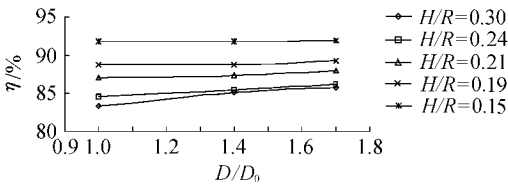


图 6 消能井直径变化对系统消能率的影响

5 结 语

对竖井溢洪道消能井直径发生系列变化时各水力参数的变化情况进行研究,通过分析消能井内水流流态、消能井底板时均压强分布、底板上压强脉动强度、压强分布的不均匀程度以及系统消能率等水力参数的变化情况,得出如下主要结论: $D/D_0 = 1.4$

时消能井内水垫深度接近最大,水垫消能效果较好;随着消能井直径的增加,底板上的时均压强有所减小,轴线分布更趋于均匀;在 $D/D_0 > 1.4$ 以后,随着消能井直径的增加,压强不均匀系数基本不再变化,底板上的时均压强分布稳定; $D/D_0 > 1.4$ 以后,随着消能井直径的增加,脉动强度减小的程度减缓,消能率增加的趋势亦变缓。笔者认为该竖井消能井内消能工合理直径应为 $D = 1.40 D_0$ 。

参考文献:

[1] 董兴林,郭军,杨开林,等.高水头大流量泄洪洞内消能工研究进展[J].中国水利水电科学研究院学报,2003,1(3):185-189.
[2] 赵灿华,孙双科,刘之平.漩流式竖井消力井井深优化研究[J].水力发电,2001(5):30-33.
[3] 郭雷,张宗孝,马斌,等.竖井溢洪道水力特性试验研究[J].人民长江,2007(6):110-112.
[4] 廖常德,周力.具有消能井的竖井溢洪道及其消能率计算[J].西北水电,1996(3):45-51.

(收稿日期:2007-11-02 编辑:高建群)

(上接第 38 页)

的概率为 0.027。以上结果说明烤烟叶片细胞液质量分数的变化受蒸腾速率和光合速率的影响较大。此外,烤烟叶片细胞液质量分数与光合速率的相关系数略大于与蒸腾速率的相关系数,说明在水氮耦合条件下烤烟叶片的细胞液质量分数反映了烟株体内的水分状况,对烤烟光合作用的影响大于对蒸腾速率的影响。

3 小 结

烤烟叶片细胞液质量分数在不同水氮耦合条件下与烟株体内的水分状况有着显著的关系。施氮量的增加对烤烟叶片蒸腾作用和光合作用的促进作用远大于对烤烟吸收水分的促进作用,在一定程度上提高了烤烟叶片细胞液质量分数。旺长期烤烟叶片细胞液质量分数随施氮量增加而增加,总施氮量超过 67.5 kg/hm^2 时烤烟叶片细胞液质量分数减小。旺长期烤烟叶片细胞液质量分数与 0~20 cm 及 20~40 cm 土层土壤含水率呈现负相关关系,与蒸腾速率、光合速率的负相关性达到显著水平。旺长期烤烟叶片细胞液质量分数日变化最大值在 10:00~14:00 之间出现,且随施氮量的增加最大值出现时间延后。

参考文献:

[1] 蒋春月.农作物节水增效种植制度研究[J].水利经济,2007,25(3):42-43.
[2] 阿吉·艾克拜尔,邵孝侯,钟华,等.调亏灌溉及其对烟草生长发育的影响研究[J].河海大学学报:自然科学版,2006,34(2):171-174.
[3] 高华军,汪耀富,邵孝侯.烤烟节水灌溉的研究进展[J].节水灌溉,2005(5):33-35.
[4] 钟华,邵孝侯,阿吉·艾克拜尔,等.我国烟草节水优化灌溉和水肥耦合技术综述[J].水利水电科技进展,2005,25(3):68-70.
[5] 王海艺,韩烈保,黄明勇.干旱条件下水肥耦合作用机理和效应[J].中国农学通报,2006,22(6):124-128.
[6] 汪耀富,张福锁.干旱和氮用量对烤烟干物质和矿质养分积累的影响[J].中国烟草学报,2003,9(1):19-23.
[7] 王军,王益奎,李鸿莉,等.水分胁迫对烟草生长发育的影响研究进展[J].广西农业科学,2004,35(6):440-442.
[8] MAW B W, STANSELL J R, MULLINIX B G. The most detrimental time for flue-cured tobacco to experience soil-water stress [J]. Tobacco Science, 1998,42(4):89-96.
[9] 汪耀富,高华军,邵孝侯.蒸渗仪控制下烤烟土壤水分的时空动态研究[J].水土保持学报,2005,19(3):152-155.

(收稿日期:2008-04-24 编辑:高建群)