

在水分调控下剪叶和灌水量对加工番茄果实生长特性的影响

冯胜利^{1,2}, 马富裕^{1*}, 王冀川¹, 孙绘健¹

(1. 石河子大学/新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆鄯善县农业局, 新疆 鄯善 838200)

摘 要: 以里格尔 87-5 为试验材料, 研究在水分调控下剪叶和灌水量对加工番茄果实生长特性的影响。结果表明, 干旱胁迫下, 加工番茄鲜果增重特征参数: 最大增重速率时间、最大增重速率、平均增重速率、活跃生长期、增重持续天数, 以及渐增期、快增期和缓增期的持续天数, 表现为适水>轻度干旱>干旱, 对照>剪叶, 对照(30 mm)>小灌量(10 mm), 单果鲜重与其特征参数呈极显著正相关($P<0.01$), 推迟最大增重速率出现时间, 延长单果增重过程持续天数、活跃生长期、快增期、缓增期和提高平均增重速率有利于单果鲜重增加。通径分析表明, 单果增重持续天数和活跃生长期与单果鲜重相关性最强, 呈直接的正效应, 对单果增重的贡献较大, 是表征加工番茄鲜果增重特征的最重要参数。总之, 干旱胁迫和剪叶抑制加工番茄单果生长, 降低了单果重。

关键词: 加工番茄; 干旱胁迫; 剪叶; 果实生长特性
中图分类号: S641.2; S274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0193-05

水分是植物生长发育的必要条件之一。水分亏缺引起的植物生长和作物产量的减少超过了所有其它非生物胁迫的影响总和^[1], 同时水分亏缺也影响作物产量形成过程中源库特性。以往研究多集中在品种特性和栽培技术对源库关系的影响方面, 而就生态因子(如温、光、水等)对源、库关系影响的研究相对较少^[2]。金善宝^[3]指出影响小麦灌浆进程的因素有基因型(如不同基因型品种间“源、库、流、耗”与粒重存在着不同的复杂关系)和外界环境条件(如温度、光照、土壤水分和土壤养分等), 而干旱胁迫对源与库的影响是改变物质运转的主要原因^[4]。研究表明, 水分胁迫下, 鸭梨果实生长速度和单果重下降^[5], 水分对小麦灌浆进程和粒重及相关参数有显著影响^[6], 干旱条件下, 冬小麦的平均灌浆时间相对缩短, 平均灌浆速率相应增加^[7]; 粒重与灌浆速率呈正相关关系, 与灌浆持续时间无显著相关关系^[8]; 也有人认为灌浆持续天数与粒重呈正相关^[9]。关于水分胁迫下源库关系对番茄生长和产量的研究却鲜见报道, 对番茄果实生长过程中鲜重的描述用数学模型的进行动态拟合也较少。本试验以在水分调控下剪叶和灌水量对加工番茄果实生长特性的影响进行研究, 用 Logistic 方程拟合不同水分调控下加工番茄果实生长过程, 着重分析一系列次级参数, 探讨加工番茄果实生长特性, 为加工番茄高产栽培和水分管

理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在石河子大学试验站(45°3'N, 86°E)进行, 试验站地处天山北麓中段, 古尔班通古特沙漠南缘, 玛纳斯河西岸冲洪积扇中上部, 海拔 360~600 m, 水位埋深 15~150 m, 属典型大陆性干旱气候, 年平均气温 6℃~6.6℃, 无霜期 160~170 d, 年降水量 110~200 mm, 日照 2 798~2 839 h, 年蒸发量 1 000~1 500 mm。土质重壤, 供试土壤性质(0~30 cm): 含有机质 6.27 g/kg, 全氮 0.8804 g/kg, 速效磷 24.017 mg/kg, 速效钾 104.963 mg/kg, 土壤容重 1.44 g/cm³, 田间持水量 24.1%, 试验地前茬棉花。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计, 主区为土壤水分处理: 适水(灌前土壤相对含水量 75%±2%)设为对照 CK, 轻度干旱(灌前土壤相对含水量 60%±2%)和干旱(土壤相对含水量 45%±2%)处理; 两种灌水量: 每次灌水量为 10 mm 和 30 mm, 副区为源处理: 对灌水量为 30 mm 的处理进行剪叶, 对照 CK 不做叶片修剪处理; 当群体 LAI 达到 2.0~2.5 时开始, 每 7 d 一次剪去冠层下部复叶, 去叶片量为现存全部叶片面积的 15%~20%, 主要为主茎和分枝下部的复叶

收稿日期: 2008-12-02
基金项目: 国家自然科学基金(30560068); 新疆生产建设兵团科技公关项目(04GG03); 石河子大学高层次人才科研启动资金专项(RCZX200522)
作者简介: 冯胜利(1978—), 男, 新疆和静人, 硕士研究生, 从事作物生理生态研究。E-mail: fsl30@126.com, fsl30@163.com。
* 通讯作者: 马富裕(1967—), 男, 教授, 博士生导师, 从事作物生理生态研究。E-mail: mafuyu403@163.com。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(表 1)。各处理在靠近滴灌带 5 cm 处安装 TDR 进行监测 0~60 cm 土层的土壤水分。供试品种为新疆主栽品种里格尔 87—5,采用膜下滴灌栽培技术,一膜二行,一膜一管,毛管放置在行距中间,滴头间

距为 30 cm,株距 30 cm,平均行距 45 cm,每小区种植 6 行番茄,小区两边设 2 行保护行。4 月 10 日人工膜上点播,4 月 23 日出苗,在开花坐果期防治病虫二次,其它农艺措施按大田管理。

表 1 试验处理组合
Table 1 Treatment combination of trial

处理编号 Treatment number	处理 Treatment	灌溉量(mm) Irrigation	源处理 Source treatment
A	适水(75%±2%) Control	30	不修剪叶片(CK) No leaf removal
B		30	修剪现存叶片 15%~20% 15%~20% leaf removal
C		10	不修剪叶片 No leaf removal
D	轻度干旱(60%±2%) Mild drought	30	不修剪叶片(CK) No leaf removal
E		30	修剪现存叶片 15%~20% 15%~20% leaf removal
F		10	不修剪叶片 No leaf removal
G	干旱(45%±2%) Drought	30	不修剪叶片(CK) No leaf removal
H		30	修剪现存叶片 15%~20% 15%~20% leaf removal
I		10	不修剪叶片 No leaf removal

1.3 测定项目与方法

1.3.1 加工番茄鲜重测定 从开花后,每隔 7 d 至成熟,每处理取 5 株第一果穗大小相近的 2 个单果测定鲜重。

1.3.2 单果鲜重模拟模型 单果鲜重用 Logistic 方程进行拟合, $W=A/(1+Be^{-Kt})$, t 为花后天数(开花日以 $t=0$ 计), W 为单果鲜重, A 为理论最大单果鲜重, B 、 K 为参数。由 Logistic 方程特征参数导出增重速率在内的各次级参数,最大增重速率出现日期 $T_{max}=\ln A/K$,增重过程平均增重速率 $R_{mean}=AK/6$,活跃生长期 $D=A/R_{mean}$,生长盛期的起始时间 $t_1=\{-\ln[(2+\sqrt{3})/B]\}/K$,生长盛期的终止时间 $t_2=\{-\ln[(2-\sqrt{3})/B]\}/K$,假定 W 达到 $W=95\%$ 时为实际增重期 t_3 , $t_3=[-\ln(100/95-1)/B]/K$ 。由此,确定 3 个增重阶段为渐增期 $T_1(t_0\sim t_1)$ 、快增期 $T_2(t_1\sim t_2)$ 、缓增期 $T_3(t_2\sim t_3)$ 、 $t_0\sim t_3$ 为整个增重持续天数 T , R_{max} 为最大增重速率。

1.4 数据分析

采用 Excel、SPSS 和 CurveExpert 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 加工番茄鲜果增重特性的曲线拟合

根据戴宏芬^[10]的研究结果,加工番茄开花后天数与鲜果增重关系可以用 Logistic 方程拟合,其方程参数见表 2。各模拟方程的相关系数均达到极显著水平($P<0.01$),说明不同处理下加工番茄鲜果增重符合 Logistic 生长规律。

2.2 在水分调控下剪叶和灌水量对加工番茄鲜果增重特性的影响

2.2.1 对达到最大增重速率时间和最大增重速率的影响 随干旱胁迫加剧,对照(A,D,G)、剪叶处理(B,E,H)和不同灌水量(C,F,I)的最大增重速率时间提前,最大增重速率下降,而且差异极显著($P<0.01$),其值均表现为适水>轻度干旱>干旱。在同一水分胁迫水平下,剪叶处理的最大增重速率时间推迟,最大增重速率下降,表现为剪叶<对照。在适水条件下最大增重速率时间、最大增重速率差异显著($P<0.05$)。剪叶处理与对照比较,最大增重速率时间推迟 2.17、0.84 和 1.87 d,最大增重速率下降 2.63、1.82 和 2.50 g/d。在同一水分胁迫下,随灌水量减少,最大增重速率时间提前,最大增重速率下降,最大增重速率时间差异极显著($P<0.01$),适水和干旱处理的最大增重速率差异极显著($P<0.01$)。

从表 2 结果可以看出,随干旱胁迫加剧,对照(A,D,G)、剪叶处理(B,E,H)和不同灌水量(C,F,I)的平均增重速率、活跃生长期和增重持续天数都下降,差异显著($P<0.05$),其值表现为适水>轻度干旱>干旱。在同一水分胁迫下,剪叶处理的平均增重速率、活跃生长期和增重持续天数都低于对照,平均增重速率差异不显著,活跃生长期和增重持续天数在适水条件下差异显著($P<0.05$)。在同一水分胁迫下,随灌水量减少,平均增重速率、活跃生长期和增重持续天数都下降,活跃生长期和增重持续天数差异显著($P<0.05$),平均增重速率仅在干旱条件下差异显著($P<0.05$)。

表 2 不同处理鲜果增重的特征参数

Table 2 The characteristic parameters in logistic equation of single fresh fruit growth of different treatments

特征参数 Characteristic parameter	A	B	C	D	E	F	G	H	I
R	0.9909	0.9885	0.9909	0.9906	0.9895	0.9851	0.9826	0.9611	0.9821
a	104.7754	98.9383	83.1597	79.6071	69.5585	63.3443	62.2728	51.4331	55.1501
b	33.8929	27.1502	37.1536	39.1178	36.9969	37.6349	45.6955	42.4936	40.9813
k	0.0870	0.0896	0.0963	0.1067	0.1056	0.1142	0.1190	0.1200	0.1255
C_0	3.00	3.51	2.18	1.98	1.83	1.64	1.33	1.18	1.31
$T_{\max}$	53.47	51.30	45.92	41.01	40.17	36.33	34.72	32.85	31.96
$R_{\max}$	19.35	16.72	17.75	17.59	15.77	14.81	15.20	12.74	13.49
R_{mean}	1.52	1.48	1.33	1.42	1.22	1.21	1.24	1.03	1.15
D	68.97	66.99	62.32	56.22	56.82	52.54	50.42	50.02	47.82
t_1	25.36	22.16	23.87	22.02	21.72	20.24	21.05	20.28	19.10
t_2	55.63	51.56	51.23	46.70	46.66	43.30	43.18	42.23	40.09
t_3	74.34	69.73	68.13	61.95	62.08	57.55	56.86	55.80	53.06
T_1	25.36	22.16	23.87	22.02	21.72	20.24	21.05	20.28	19.10
T_2	30.28	29.41	27.36	24.68	24.94	23.06	22.13	21.96	20.99
T_3	18.71	18.17	16.90	15.25	15.41	14.25	13.68	13.57	12.97
T	74.34	69.73	68.13	61.95	62.08	57.55	56.86	55.80	53.06

2.2.2 对增重不同时段特征参数的影响 随干旱胁迫加剧,对照(A,D,G)、剪叶处理(B,E,H)和不同灌量(C,F,I)的渐增期、快增期和缓增期都下降,渐增期差异不显著,快增期和缓增期差异显著($P<0.05$),其值表现为适水>轻度干旱>干旱。在同一水分胁迫水平下,对照和剪叶处理的渐增期、快增期和缓增期,表现为快增期>渐增期>缓增期,对照和剪叶处理相比,除在轻度干旱下剪叶处理的快增期和缓增期都多于对照外,其余表现为剪叶<对照,但差异不显著。在同一水分胁迫下,随灌水量减少,不同灌水量处理的渐增期、快增期和缓增期均缩短,在适水条件下渐增期、快增期和缓增期差异显著($P<$

0.05),在轻度干旱下快增期和缓增期差异显著($P<0.05$)。

2.2.3 加工番茄鲜果增重特性的相关和通径分析

相关分析表明(表 3),单果鲜重与 $T_{\max}$ 、 $R_{\max}$ 、 R_{mean} 、 D 、 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T 均呈极显著正相关关系($P<0.01$),单果鲜重与 $T_{\max}$ 、 T 、 D 、 T_2 、 T_3 和 R_{mean} 相关性最强,其相关系数分别为 0.9762、0.9673、0.9645、0.9645和 0.9476,说明推迟最大增重速率出现时间,延长单果增重过程持续天数、活跃生长期、快增期、缓增期和提高平均增重速率有利于单果鲜重增加。

表 3 加工番茄鲜果增重的特征参数相关性分析

Table 3 Correlation coefficients among the characteristic parameters of fresh fruit growth

特征参数 Characteristic parameter	$T_{\max}$	$R_{\max}$	R_{mean}	D	T_1	T_2	T_3	T	Y
$T_{\max}$	1.0000	0.8776	0.9003	0.9972	0.8823	0.9972	0.9973	0.9895	0.9762
$R_{\max}$	—	1.0000	0.9206	0.8566	0.9233	0.8565	0.8567	0.8944	0.9410
R_{mean}	—	—	1.0000	0.8665	0.7790	0.8664	0.8666	0.8631	0.9476
D	—	—	—	1.0000	0.8844	1.0000	1.0000	0.9921	0.9645
T_1	—	—	—	—	1.0000	0.8844	0.8845	0.9359	0.8915
T_2	—	—	—	—	—	1.0000	1.0000	0.9921	0.9645
T_3	—	—	—	—	—	—	1.0000	0.9921	0.9645
T	—	—	—	—	—	—	—	1.0000	0.9673
Y	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0000

对以上参数再进行通径分析(表 4),结果表明,活跃生长期对单果增重呈直接的正效应,对单果增重的贡献最大($x_4-Y=5.7325$),其次平均增重速率

($x_3-Y=1.3007$),但最大增重速率出现时间对单果增重呈直接的负效应($x_1-Y=-6.1984$)。

表 4 加工番茄鲜果增重的特征参数通径分析

Table 4 Path efficient among the characteristic parameters of fresh fruit growth						
特征参数 Characteristic parameter	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient				
		x_1-Y	x_2-Y	x_3-Y	x_4-Y	x_5-Y
$T_{\max}(x_1)$	-6.1984	—	-0.0139	0.2015	0.8661	0.0709
$R_{\max}(x_2)$	0.0626	0	—	0.3456	-2.4135	2.2609
$R_{\text{mean}}(x_3)$	1.3007	4.7956	0.0941	—	-4.0841	-0.4245
$D(x_4)$	5.7325	1.1198	0.0051	-0.2219	—	-0.0511
$T(x_5)$	0.2345	0.0000	0.3433	-0.1609	0.9896	—

3 讨 论

自 Masson 和 Maskell 提出作物产量的源库理论以来,许多学者对作物的源库关系进行了深入研究,但就生态因子(如温、光、水等)对源、库关系影响的研究相对较少。Wardlaw^[4]认为干旱胁迫影响源库,金善宝^[3]认为土壤水分对小麦灌浆过程及相关参数有显著影响。干旱条件下,鸭梨^[5]、葡萄^[11]和澳洲坚果^[12]果实生长速率降低,冬小麦的平均灌浆时间相对缩短,平均灌浆速率相应增加^[7];刘永红^[13]等研究表明,花期干旱导致玉米最大灌浆速度出现时间推迟、籽粒平均增长速率和最大灌浆速度降低,最终使玉米显著减产。蒋军民^[14]、袁继超^[15]等认为剪叶使灌浆速率降低,达到最大灌浆速度的时间推迟,活跃灌浆期延长,千粒重小而减产。

试验结果表明,干旱胁迫和灌水量的多少,对加工番茄鲜果的最大增重速率时间、最大增重速率、平均增重速率、活跃生长期和增重持续天数,以及渐增期、快增期和缓增期的持续天数影响显著,干旱胁迫和减少灌水量导致加工番茄鲜果的最大增重速率时间提前,最大增重速率和平均增重速率下降,活跃生长期缩短,增重持续天数减少,渐增期、快增期和缓增期的持续天数都下降,说明水分在加工番茄鲜果增重过程中占重要地位,干旱对加工番茄发育不利,致使活跃生长期缩短,渐增期主要是鲜果形成和胚乳细胞分裂阶段,此阶段对果重形成尤为重要,而胚乳失水干燥提早成熟并限制了胚的体积^[5,16~18]。

在干旱条件下剪叶,加工番茄鲜果的最大增重速率时间提前、最大增重速率和平均增重速率下降、活跃生长期缩短、增重持续天数减少、渐增期、快增期和缓增期的持续天数都下降,说明在源物质供应相对减少时,加工番茄鲜果增重的特征参数会受到

不同程度的影响。

研究表明,小麦的灌浆速率和灌浆过程持续天数均与粒重呈显著正相关^[7,19~20],与灌浆持续时间无显著相关关系^[8,9]。本试验表明,单果鲜重与最大增重速率出现时间、单果增重过程持续天数、活跃生长期、快增期、缓增期和平均增重速率呈极显著正相关($P<0.01$),张凯^[20]认为缓增期持续天数和灌浆速率对粒重起决定性作用,而水分调控时缓增期更重要。因此,在生产中应从栽培措施上适当延长单果增重持续天数尤其缓增期时间,提高平均增重速率以便有效地增加单果重,从而达到高产。通径分析表明,单果鲜重与单果增重过程持续天数和活跃生长期相关性最强,呈直接的正效应,对单果增重的贡献较大,说明单果增重过程持续天数和活跃生长期是表征加工番茄鲜果增重特征的最重要参数。因此,在生产中应提倡早播,有效延长单果增重过程持续天数和活跃生长期,提高单果重。

干旱胁迫和剪叶抑制加工番茄单果生长,降低了单果重。加工番茄鲜果增重特征参数不仅受生态因子影响,而且还受品种基因型遗传特性的影响,所以干旱和剪叶对不同基因型的加工番茄鲜果增重特征参数的影响需进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 山 仑. 植物水分亏缺和半干旱地区农业生产中的植物水分问题[J]. 植物生理生化进展, 1981, (3): 114—119.
[2] 霍中洋, 叶全宝, 李 华, 等. 水稻源库关系研究进展[J]. 中国农学通报, 2002, 18(6): 72—77.
[3] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 58—151.
[4] Wardlaw I F. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth [J]. Australian Journal Biology Science, 1969, 22: 1—6.

[5] 程福厚,霍朝忠,张纪英,等.调亏灌溉对鸭梨果实的生长、产量及品质的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):72—76.

[6] Mary J Guttieri, Jeffrey C Stark. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture defect [J]. Crop Science, 2001, 41:327—335.

[7] 吴少辉,高海涛,王书子,等.干旱对冬小麦籽粒形成的影响及灌浆特性分析[J].干旱地区农业研究,2002,20(2):49—51.

[8] 张晓龙.小麦品种籽粒灌浆的研究[J].作物学报,1982,8(2):87—92.

[9] 刘丰明,陈明灿,郭香凤.高产小麦粒重形成的灌浆特性分析[J].麦类作物,1997,17(6):38—41.

[10] 戴宏芬,邱燕萍,李 荣,等.储良龙眼果实发育的 Logistic 生长曲线方程[J].广东农业科学,2006,(3):15—17.

[11] 张大鹏,罗国光.不同时期水分胁迫对葡萄果实生长发育的影响[J].园艺学报,1992,19(4):296—300.

[12] 刘建福,陈李林,汤青林,等.不同土壤水分胁迫对澳洲坚果花期生长的影响[J].西南农业大学学报,2004,26(6):735—739.

[13] 刘永红,文 铸,杨 勤.花期干旱对玉米籽粒发育的影响[J].核农学报,2007,21(2):181—185.

[14] 蒋军民,华国怀,徐和钧.不同剪叶处理对杨麦 158 灌浆期物质生产及籽粒产量的影响[J].上海农业学报,1999,15(1):83—86.

[15] 袁继超,丁志勇,俄胜哲.源库关系对水稻籽粒灌浆特性的影响[J].西南农业学报,2005,18(1):15—18.

[16] 张大鹏,邓文生,贾文锁.葡萄果实生长与水势及其分量和细胞壁展延性之间的关系[J].中国农业大学学报,1997,2(5):100—108.

[17] Mark E. Westgate. Water status and development of the maize dospel and embryo during drought [J]. Crop Sci, 1994, 34:76—83.

[18] 姚 军,秦 勇.加工番茄果实发育动态研究初报[J].中国农学通报,2006,22(5):338—340.

[19] 熊淑萍,谷秋荣,何建国.水分处理对不同专用型小麦籽粒灌浆特征和产量的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):113—117.

[20] 张 凯,任 健,全胜利,等.土壤水分调控对冬小麦籽粒灌浆特性的影响[J].麦类作物学报,2006,26(5):122—125.

Effects of leaf-removal and irrigation on growth of tomato fruit under water controlling

FENG Sheng-li^{1,2}, MA Fu-yu¹, WANG Ji-chuan¹, SUN Hui-jian¹

(1. Shihezi University, Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Bingtuan, Shihezi, Xingjiang 832000, China; 2. Agricultural Bureau of Shanshan County, Shanshan, Xingjiang 838200, China)

Abstract: Liger 87—5 was used as test material to study leaf-removal and irrigation on the growth of tomato fruit under water controlling. The results showed that water controlling brought different effect on tomato fruit growth parameters. The parameters of fresh fruit growth in different treatments, such as fresh fruit growth rate, period of maximum fresh fruit growth, maximum fresh fruit rate, active growth period, slow-increase period, fast-increase period, slight-increase period and the growth period, showed as Control>Mild drought>Drough, Control>Leaf Removal, Control(30 mm)>Treatment(10 mm). There was a positive correlation between the parameters and fresh fruit weight. Fresh fruit weight had significantly positive correlation with active growth period and the growth period, suggesting that the two parameters were the main factors affecting fresh fruit weight. All results indicated that drought stress and leaf-removal inhibited tomato fruit growth and decreased fruit weight.

Keywords: tomato; drought stress; leaf removal; growth characteristic parameter of fruit