

不同基质配比对温室番茄幼苗生长及叶绿素荧光参数的影响

线国兰¹, 贾 靓¹, 张伟伟¹, 关博文¹, 陈修斌^{1,2*}, 杨 彬¹

(1.河西学院农业与生态工程学院, 甘肃 张掖 734000; 2.河西走廊精准设施园艺工程技术研究中心, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 以番茄品种“福美十号”为材料, 采用随机区组试验设计, 研究不同基质配比对番茄幼苗生长与叶片叶绿素荧光参数的影响。结果表明: 采用A3[V(草炭):V(玉米秸秆):V(牛粪):V(食用菌下脚料):V(蛭石)]=1:2:0.5:0.5:1的基质配比, 幼苗在出苗率、株高、茎粗、叶片数和根冠比等性状上表现最优, 分别为98.25%、44.60 cm、0.50 cm、9.12片与7.95; 叶片光系统II(PSII)原初光能转化效率(F_v/F_m)与PSII潜在活性(F_v/F_o)的值在幼苗生长前期、中期和末期也均为最高, F_v/F_m 值分别为0.82、0.74和0.79, F_v/F_o 值分别为3.92、2.97和3.23; 其叶片内丙二醛(MDA)含量最低为6.02 $\mu\text{mol/g}$, 其根系活力最强、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)与可溶性蛋白含量等指标最高, 分别为158.26 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 、386.23 U/g、6.26 U/($\text{g}\cdot\text{min}$)和0.203 mg/g, 显著高于其他处理。说明采用处理A3的基质配比更适宜于番茄幼苗的生长。

关键词: 基质配比; 番茄幼苗; 生长; 荧光参数

Effects of Different Substrate Proportion on Growth and Chlorophyll Fluorescence Parameters of Tomato Seedlings in Greenhouse

XIAN Guolan¹, JIA Liang¹, ZHANG Weiwei¹, GUAN Bowen¹, CHEN Xiubin^{1,2*}, YANG Bin¹

(1. College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye 734000, China; 2. Hexi Corridor Research Center for Precision Facilities in Horticultural Engineering Technology, Zhangye 734000, China)

Abstract: The effects of different substrate proportions on the growth of tomato seedlings and the changes of chlorophyll fluorescence parameters of leaves were studied by randomized block arrangement design and taking tomato cultivar 'Fumei No.10' as material. The results showed that the seedling emergence rate, plant height, stem diameter, number of leaves and root-shoot ratio were the best under the A3 treatment [V(peat):V(corn straw):V(cow dung):V(edible fungus residue):V(vermiculite)]=1:2:0.5:0.5:1], which were 98.25%, 44.60 cm, 0.50 cm, 9.12 pieces and 7.95, respectively. The values of PSII primary light

收稿日期: 2019-11-14

基金项目: 河西学院大学生科技创新项目(120); 甘肃省高校协同创新科技团队支持计划(2017C-18)。

*通讯作者: 陈修斌

energy conversion efficiency (F_v/F_m) and PSII potential activity (F_v/F_o) were the highest in the early, middle and late stages of seedling growth, and F_v/F_m were 0.82, 0.74 and 0.79, respectively, and the values of F_v/F_o were 3.92, 2.97 and 3.23, respectively. The malondialdehyde (MDA) content in leaves was the lowest (6.02 $\mu\text{mol/g}$), but the root activity, superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and soluble protein content were the highest, they were 158.26 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 386.23 U/g, 6.26 U/(g·min) and 0.203 mg/g, respectively, significantly higher than other treatments. The above all indicated that the substrate proportion of treatment A3 was more suitable for tomato seedling growth.

Keywords: substrate proportion; tomato seedling; growth; fluorescence parameter

张掖市地处河西走廊中部, 属温带大陆性气候, 境内地势平坦, 光热资源充足, 年日照总时长3 000 h以上。近年来, 随着农业种植结构的调整, 以日光温室为主体的设施园艺产业有了较大的发展。番茄 (*Solanum lycopersicum*) 是日光温室栽培的主要蔬菜种类之一, 番茄种植已成为农业增效和农民增收的重要途径。育苗是番茄生产中的重要环节, 但常规番茄育苗大多采用通用的商品基质, 一方面不利于番茄壮苗培育, 另一方面增加了育苗生产成本, 制约了番茄育苗的工厂化生产。

目前, 关于不同基质配比在蔬菜上的应用研究, 国内学者李元文等^[1]筛选了适宜于彩色辣椒无土栽培的基质配方; 程立巧等^[2]研究了不同基质对番茄幼苗生长的影响, 得到了草炭、炉渣、蛭石按1:1:1的体积比配成基质, 最适宜于番茄幼苗生长的结论; 崔广禄^[3]通过研究基质与椰糠不同配比, 筛选出基质:椰糠按7:3体积配比, 有利于西瓜无土栽培生产。而采用有机基质与无机基质混配应用于番茄育苗生产中的研究报道较少。

张掖市是我国较大的玉米制种基地, 生产中产生大量的玉米秸秆, 同时该地区食用菌产业发展过程中又产生大量的下脚料, 因而农业废弃物资源比较丰富。本研究立足于本地的生产实际, 以玉米秸秆、食用菌下脚料、牛粪、蛭石、珍珠岩等基质为原料, 组成不同配比的混合基质, 从番茄幼苗生长、叶片的叶绿素荧光参数等变化上, 研究不同基质比对番茄幼苗生长的影响, 以期筛选出适合于张掖市番茄壮苗培育的育苗基质, 为提高农业资源利用率、实现番茄壮苗培育与集约化生产提供理论和技术参考。

1 材料和方法

1.1 试验地点与材料

试验于2019年4—8月在张掖市绿之源农业发展有限公司大棚内进行。供试的基质种类为草炭、玉米秸秆、珍珠岩、牛粪、食用菌下脚料、蛭石, 以“福美十号”番茄为指示品种。

1.2 试验设计

试验共设6个处理, 分别为对照CK (草炭:珍珠岩:蛭石=5:1:1), A1 (草炭:玉米秸秆:食用菌下脚料:珍珠岩=2:1:1:1)、A2 (草炭:牛粪:蛭石:玉米秸秆:食用菌下脚料=2:0.5:0.5:1:1)、A3 (草炭:玉米秸秆:牛粪:食用菌下脚料:蛭石=1:2:0.5:0.5:1)、A4 (草炭:玉米秸秆:珍珠岩:牛粪:食用菌下脚料:蛭石=1:1:1:0.5:0.5:1)、A5 (草炭:玉米秸秆:食用菌下脚料:牛粪:珍珠岩:蛭石=0.5:1:0.5:0.5:1:1)。采用72孔穴盘, 每个处理装1盘, 随机区组排列, 重复3次。将以上基质按照不同处理确定的体积比混合均匀后装入穴盘。将番茄种子播种于穴盘内, 每孔播种1粒, 深度0.5 cm, 然后覆盖相应基质, 出苗前保持白天25~28℃, 晚上15~18℃, 出苗后白天22~25℃, 晚上12~15℃。

1.3 测定项目

1.3.1 出苗统计与形态指标测定

播种后第10天, 统计各处理的出苗率; 幼苗生长后期, 各处理随机选取4株, 统计其叶片数, 用游标卡尺测定株高、茎粗, 测定地上部分鲜质量、地下部分鲜质量等指标。

1.3.2 叶片荧光参数测定

分别在番茄幼苗生长前期（2019年5月31日）、中期（6月19日）、末期（7月8日），于10:00—12:00，选择每个处理同一部位的叶片，用英国Hansatech公司的Handy PEA植物效率分析仪测定经过暗适应20 min以上的叶片初始荧光（ F_o ）、最大荧光（ F_m ）、最大初始荧光（ F_o ）及稳态荧光（ F_s ）、光照条件下最大荧光（ F_m ），每处理3次重复，并计算PS II原初光能转换效率（ F_v/F_m ），叶片PS II潜在活性（ F_v/F_o ）^[4]；其中， $F_v = (F_m - F_o)$ ， $F_v/F_o = (F_m - F_o) / F_o$ ， $F_v/F_m = (F_m - F_o) / F_m$ ，每个处理随机测定4株，取其平均值。

1.3.3 幼苗生化指标测定

在幼苗生长末期（7月10日），每处理随机选4株，参照李合生^[5]的方法测定生化指标，根系活力采用氯化三苯基四氮唑（TTC）法，超氧化物歧化酶（SOD）活性采用氮蓝四唑（NBT）法，过氧化物酶（POD）活性采用愈创木酚氧化法，丙二醛（MDA）含量采用硫代巴比妥酸法，可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝G-250染色法。

1.4 数据分析

采用DPS 9.50和Excel 2003软件进行数据统计与分析，采用Duncan's法进行差异显著性分析，显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄出苗率及幼苗生长的影响

从表1可以看出，A1、A2、A3、A4与A5处

理的番茄出苗率均高于对照（CK），以处理A3的番茄出苗率最高，其值可达98.25%，显著高于CK、A1、A2、A4、A5处理，分别高出9.58、5.83、4.57、7.40、6.92个百分点，不同处理间呈现一定差异。幼苗株高、茎粗、叶片数也以处理A3为最高，分别为44.60 cm、0.50 cm与9.12片，均显著高于其他处理，分别比CK多出14.72 cm、0.07 cm与1.45片；根冠比是反映幼苗地上与地下生长量大小的重要衡量指标，本试验中，以处理A3的番茄幼苗根冠比最高，达到7.95，较CK高出68.43%。说明采用处理A3（草炭：玉米秸秆：牛粪：食用菌下脚料：蛭石=1:2:0.5:0.5:1）的基质配比，更利于番茄出苗与幼苗生长。

2.2 不同处理对番茄幼苗叶片 F_v/F_m 和 F_v/F_o 的影响

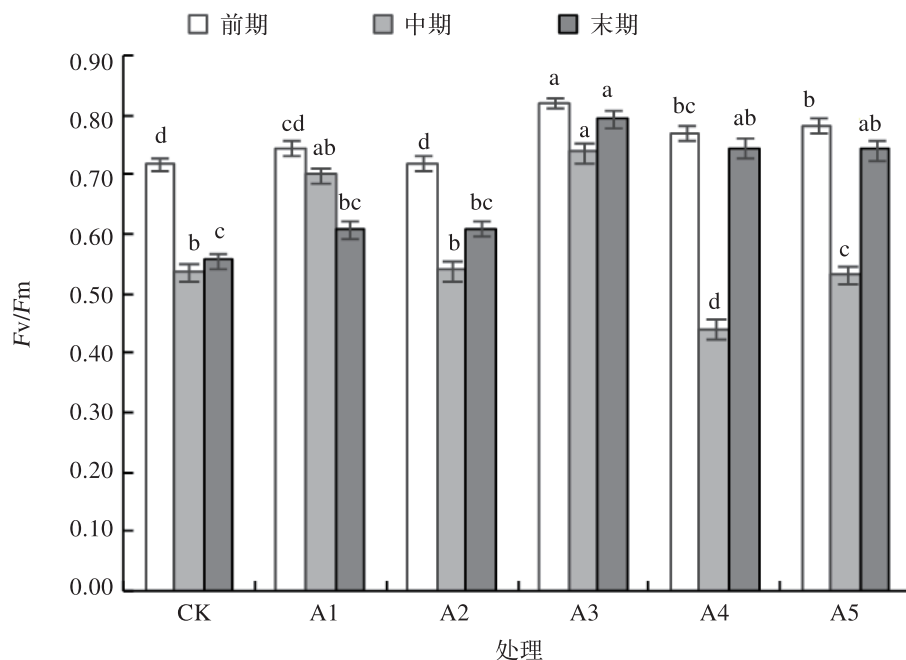
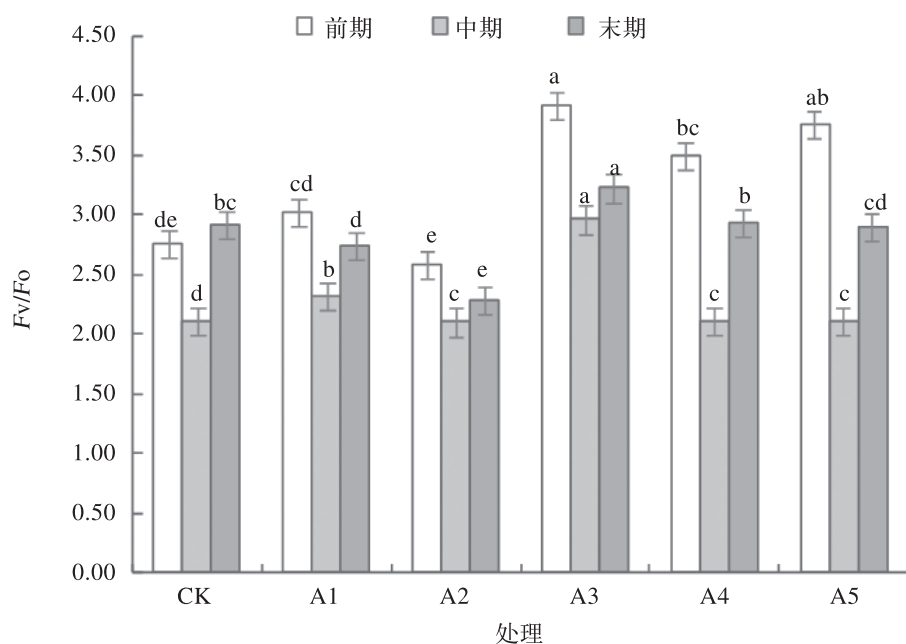
F_v/F_m 为PS II的光化学效率，它反映了暗适应下光系统II的最大光化学效率， F_v/F_o 反映PS II潜在活性^[6]。从图1可以看出，在番茄幼苗生长前期和末期，不同配比处理的叶片 F_v/F_m 值均高于CK；幼苗生长中期只有A1、A3处理的 F_v/F_m 值高于CK，且存在显著差异；不同生长时期均以A3处理的 F_v/F_m 值最高，在幼苗生长前期、中期和末期分别为0.82、0.74和0.79，与CK相比分别提高了14.35%、37.43%和42.63%，差异显著。

从图2可以看出，在番茄幼苗生长前期，A1、A3、A4、A5处理的叶片 F_v/F_o 值均高于CK，且差异显著（除A1外）；幼苗生长中期不同配比处理的 F_v/F_o 值均显著高于CK，以A3处理

表1 不同处理对番茄出苗率及幼苗生长的影响

处理	出苗率/%	株高/cm	茎粗/cm	叶片数/片	根冠比
CK	88.67 ± 1.86e	29.88 ± 0.78e	0.43 ± 0.07de	7.67 ± 0.76e	4.72 ± 0.51cd
A1	92.42 ± 2.05cd	35.05 ± 0.98b	0.44 ± 0.01cd	9.01 ± 0.84bc	4.97 ± 0.67c
A2	93.68 ± 2.14b	33.48 ± 1.52c	0.42 ± 0.03e	8.78 ± 0.06b	6.24 ± 0.24b
A3	98.25 ± 3.42a	44.60 ± 1.64a	0.50 ± 0.02a	9.12 ± 0.35a	7.95 ± 0.15a
A4	90.85 ± 1.54de	31.10 ± 0.96cd	0.48 ± 0.06b	8.16 ± 0.87cd	4.98 ± 0.37c
A5	91.33 ± 1.36bc	30.78 ± 1.04de	0.47 ± 0.04bc	8.54 ± 0.65de	4.36 ± 0.46d

注：以上为4株的平均值；同列不同小写字母表示达显著差异水平， $\alpha = 0.05$ 。图1—2、表2同。

图1 不同处理 F_v/F_m 值比较图2 不同处理 F_v/F_o 值比较

最高；幼苗生长后期只有A3、A4处理的 F_v/F_o 值高于CK，其中A3处理显著高于CK；不同生长时期均以A3处理的 F_v/F_o 值最高，幼苗生长前期、中期和末期分别为3.92、2.97和3.23，与CK相比分别提高了42.01%、40.59%和10.55%。由此可

见，A3基质配比处理的番茄幼苗叶片保持了较强的光化学效率，叶片潜在活性也较强，其他处理可能由于营养配比不均，导致育苗基质环境产生逆境胁迫；因此，其他处理的幼苗生理活性较弱， F_v/F_m 和 F_v/F_o 值低于或显著低于CK，这与

前人的研究结果相一致^[7]。

2.3 不同处理对番茄幼苗生化指标的影响

不同处理对番茄幼苗根系活力影响见表2,从表2可以看出,不同基质配比处理的番茄幼苗根系活力均高于CK,其中以A3处理最高,分别较CK、A1、A2、A4、A5处理高出70.30、21.84、36.79、48.03、60.40 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,且差异显著。说明A3处理不同基质配比的营养耦合呈协同效应,可保持幼苗较强的养分与水分吸收能力,其他处理基质配比营养失调,导致根系活力降低^[8]。

SOD活性的大小可以反映叶片细胞对盐害逆境的适应能力^[9]。由表2可以看出,各处理中以A3番茄幼苗叶片SOD的活性最强,显著高于其他处理,其值可达386.23 U/g,与CK相比高出81.80 U/g;A5处理最低,其值为138.42 U/g;说明A3处理番茄幼苗叶片SOD的活性最强,而处理A5叶片的SOD活性最弱。究其原因可能是以A3处理的基质配比合理,番茄幼苗叶片中SOD活性最高,清除体内大量活性氧自由基的能力最强,因此叶片保持了较高代谢水平。

POD是细胞膜系统的保护酶,对保持体内代谢平衡起着重要的作用^[10]。从表2可以看出,A3处理番茄幼苗叶片POD活性显著高于其他处理(除A2外),其值为6.26 U/ $(\text{g}\cdot\text{min})$,较CK高出4.25 U/ $(\text{g}\cdot\text{min})$;处理A5的番茄叶片POD活性最低,其值为1.68 U/ $(\text{g}\cdot\text{min})$,各处理POD活性大小顺序为A3>A2>A1>A4>CK>A5,这表明各处理由于不同种类基质用量不同,

导致其营养供应水平存在差异,使基质产生了胁迫环境,从而反映在番茄幼苗叶片上,出现POD活性强弱不同。

叶片MDA含量越高,表明受伤害程度越大^[11]。从表2可以看出,A5处理的MDA含量最高,为9.24 $\mu\text{mol}/\text{g}$,A3处理的MDA含量最低,为6.02 $\mu\text{mol}/\text{g}$,A3处理比CK降低2.93 $\mu\text{mol}/\text{g}$ 。这说明A3处理番茄幼苗叶片的细胞膜脂过氧化程度低,而A5处理的幼苗叶片细胞受伤害最大。这可能是不同种类基质配比处理的养分组成存在差异,导致不同基质间营养耦合作用呈现拮抗作用^[12]。

可溶性蛋白质含量的高低可反映植株体内氮代谢水平或侧面反映植株的生长能力^[13]。从表2可以看出,A3处理的番茄幼苗叶片可溶性蛋白含量最高,可达0.203 mg/g,显著高于其他处理,较CK高出0.16 mg/g;不同处理中以A5的番茄叶片中可溶性蛋白的含量最低,较CK降低了37.21%,这说明采用处理A3的基质配比有利于幼苗叶片可溶性蛋白的含量的提高,而A5处理的基质配比不利于可溶性蛋白的含量增加;究其原因不同基质配比中的氮素营养水平不同,从而影响了叶片内可溶性蛋白的形成。

3 结论与讨论

本试验研究了不同种类基质及其配比对番茄幼苗生长与叶片叶绿素荧光参数的变化,结果表明:以采用A3处理番茄幼苗出苗率最高,幼苗株高、茎粗、叶片数、根冠比等农艺性状也显著优于其他处理,究其原因A3处理的PS II光化学效

表2 不同处理对番茄幼苗生化指标的影响

处理	根系活力/ $(\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h}))$	SOD/ (U/g)	POD/ $(\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min}))$	MDA/ $(\mu\text{mol}/\text{g})$	可溶性蛋白/ (mg/g)
CK	87.96 $\pm$ 3.78e	304.43 $\pm$ 10.25cd	2.01 $\pm$ 0.16cd	8.95 $\pm$ 0.68bc	0.043 $\pm$ 0.002cd
A1	136.42 $\pm$ 5.21b	378.33 $\pm$ 9.38ab	4.70 $\pm$ 0.13bc	9.23 $\pm$ 0.71ab	0.059 $\pm$ 0.003c
A2	121.47 $\pm$ 7.45c	286.80 $\pm$ 11.25de	5.02 $\pm$ 0.15ab	8.46 $\pm$ 0.14cd	0.102 $\pm$ 0.007b
A3	158.26 $\pm$ 4.52a	386.23 $\pm$ 8.76a	6.26 $\pm$ 0.14a	6.02 $\pm$ 0.42e	0.203 $\pm$ 0.003a
A4	110.23 $\pm$ 6.53cd	359.29 $\pm$ 12.65bc	2.50 $\pm$ 0.16c	7.67 $\pm$ 0.65de	0.031 $\pm$ 0.002de
A5	97.86 $\pm$ 4.18de	138.42 $\pm$ 5.56e	1.68 $\pm$ 0.08d	9.24 $\pm$ 0.51a	0.027 $\pm$ 0.004e

率与PS II潜在活性最强；这表明采用A3处理（草炭：玉米秸秆：牛粪：食用菌下脚料：蛭石=1：2：0.5：0.5：1）的基质配比，可激发叶片在暗适应下PS II的最大量子产额及叶片PS II潜在活性，这与Shangguan等^[14-15]的研究相一致；而其他处理的基质配比，由于营养元素不平衡，基质营养浓度过高或过低，使幼苗生长的基质环境产生胁迫条件，叶片的光合机构受到伤害^[16-17]，从而使Fv/Fm、Fv/Fo的值处于较低水平。

植株的生理活性高低与生长的环境有关^[18-19]。本试验中以A3处理的番茄幼苗根系活力最强，SOD与POD活性最高，可溶性蛋白含量也高于其他处理，而MDA的含量最低，说明采用A3的基质配比所构成的根系营养环境，更有利于植株生长与代谢能力的提高，其他处理由于基质成分的营养水平失衡，从而造成幼苗根系活力、叶片SOD与POD活性、可溶性蛋白与MDA含量等指标的差异。关于不同种类基质及其配比处理的基质理化性状及其对植株根系活力等影响方面将进一步进行试验研究。

参考文献

- [1] 李元文,夏志兰,缪武,等.彩色辣椒有机生态型无土栽培基质配方筛选[J].辣椒杂志,2005(4):15-16.
- [2] 程立巧,傅庆林,金怡,等.不同基质对番茄根际微生物、酶活性及幼苗生长的影响[J].浙江农业学报,2016,28(6):973-978.
- [3] 崔广禄.不同基质配比对小果型西瓜生长、产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2018,31(5):33-36.
- [4] KRAUSE GH, WEIS E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics [J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,1991,42:313-349.
- [5] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:145-186.
- [6] 朱新广,张其德,匡延云.NaCl胁迫对PS II光能利用和耗散的影响[J].生物物理学报,1999,15(4):787-791.
- [7] 赵会杰,邹琦,于振文.叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J].河南农业大学学报,2000,34(3):248-251.
- [8] CABELLO M J, CASTELLANOS M T, ROMOJARO F, et al. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates[J]. Agriculture Water Management,2009,96(5):866-874.
- [9] 顾华杰,叶亚新,金璁,等.La³⁺对低温胁迫冬小麦幼苗抗氧化酶活性的影响[J].安徽农业科学,2009,37(21):9914-9916,9960.
- [10] 郑飞雪,魏民,牟同水.NaCl胁迫对羽衣甘蓝生理生化指标的影响[J].北方园艺,2010(17):42-44.
- [11] 王耀晶,王厚鑫,刘鸣达.盐胁迫下硅对草地早熟禾生理特性的影响[J].中国草地学报,2012,34(6):13-17.
- [12] BENNETT J M, MUTTI L S M, RAO P S C. Interactive effects of nitrogen and water stresses on biomass accumulation, nitrogen uptake, and seed yield of maize[J]. Field Crops Research,1989,19(4):297-311.
- [13] 李向东,万勇善,于振文.花生叶片衰老过程中氮素代谢指标变化[J].植物生态学报,2001,25(5):549-552.
- [14] SHANGGUAN Z P, SHAO M A, DYCKMANS J. Effect of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat[J]. Journal of Plant Physiology,2000,156(1):46-51.
- [15] 李鹏民,高辉远, STRASSER R J.快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用[J].植物生理与分子生物学报,2005,31(6):559-566.
- [16] BJÖRKMAN O, DEMMING B. Photo yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins[J]. Planta,1987,170(4):489-504.
- [17] 王伟香,张锐敏,孙艳,等.外源褪黑素对硝酸盐胁迫条件下黄瓜幼苗抗氧化系统的影响[J].园艺学报,2016,43(4):695-703.
- [18] 王晓娟,贾志宽,梁连友,等.不同有机肥量对旱地玉米光合特性和产量的影响[J].应用生态学报,2012,23(2):419-425.
- [19] 樊卫国,龚芳芳.外源草酸对钙质黄壤营养环境和刺梨苗生长及生理特性的影响[J].贵州大学学报(自然科学版),2019,36(3):1-8. 图