

李浩然,曹君迈,陈彦云.不同覆膜栽培方式对雨养区马铃薯光合日变化及产量的影响[J].江苏农业科学,2018,46(15):51-54.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.014

# 不同覆膜栽培方式对雨养区马铃薯 光合日变化及产量的影响

李浩然<sup>1</sup>,曹君迈<sup>1</sup>,陈彦云<sup>2</sup>

(1.北方民族大学生物科学与工程学院,宁夏银川 750021;2.宁夏大学生命科学学院,宁夏银川 750021)

**摘要:**利用 Li-6400 便携式光合仪,采用大田试验方法,研究露地平种(CK)、单垄单行垄上种植( $T_1$ )、单垄双行垄上种植( $T_2$ )、单垄双行半覆膜垄上种植( $T_3$ )、单垄双行全覆膜垄上种植( $T_4$ )、单垄双行半覆膜垄侧种植( $T_5$ )6 种不同覆膜栽培方式对青薯 9 号马铃薯光合日变化及产量的影响。结果表明,各处理马铃薯叶片净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、气孔导度( $G_s$ )在整个生育期的变化趋势为先增加后降低,在块茎形成期达到最高值,而胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )在块茎形成期达最低值;起垄和覆膜能有效地提高马铃薯叶片  $P_n$ 、 $T_r$ 、 $G_s$ ,并且单垄双行全覆膜垄上种植( $T_4$ )的马铃薯叶片  $P_n$ 、 $T_r$ 、 $G_s$  较 CK 分别增加  $3.64 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $3.68 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $0.415 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;各处理  $C_i$  均低于 CK;不同覆膜栽培模式产量均高于 CK,且以  $T_4$  处理为最优,较 CK 高 105.0%,增产效果明显。综合分析各项指标认为,单垄双行全覆膜栽培( $T_4$ )方式最有利于提升雨养农业区马铃薯光合效益及马铃薯的产量,可以作为宁夏南部山区雨养区马铃薯增产种植的首选模式。

**关键词:**雨养区;马铃薯;覆膜栽培方式;光合日变化;产量

**中图分类号:** S532.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0051-03

光合作用作为生物界最基本、最重要的物质代谢和能量代谢,是有机物合成以及碳循环的重要环节。在农业生产中,光合作用能否顺利进行,将直接影响产品的产量和质量<sup>[1]</sup>,因此改善光合性能是增加产量的重要途径<sup>[2]</sup>。而光合速率、蒸腾速率和气孔导度作为衡量光合性能的指标,都直接或间接的受到光合作用的原料——水的影响<sup>[3-5]</sup>,因此,水分是影响光合作用的重要因子之一。起垄覆膜技术凭借良好的抗旱保墒效果,在我国北方地区得到广泛的应用。通过覆盖地膜,可以有效地减少土壤微环境的热量散失、水气蒸发,增加太阳光的反射和空气阻力,提高光合速率、蒸腾速率、气孔导度,进而提高作物的光合作用强度<sup>[6-8]</sup>。

随着主粮化战略的推进,马铃薯成为重要的粮菜兼用型作物,在宁夏南部山区广泛种植,是当地农民经济收入的主要来源。但是,由于当地水资源极其匮乏,是典型的干旱半干旱地区,靠天吃饭一直是当地农业发展的瓶颈。鉴于此,本研究结合了以往研究的成果,进行露地平种、单垄单行垄上种植、单垄双行半覆膜垄上种植、单垄双行全覆膜垄上种植等 6 种覆膜栽培模式对马铃薯光合日变化及产量影响的研究,旨在进一步探寻不同覆膜栽培模式在旱作雨养区农业生产中的增产机制,为当地马铃薯覆膜栽培模式提供一定的理论依据。

收稿日期:2017-02-21

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0401300)。

作者简介:李浩然(1990—),男,内蒙古赤峰人,硕士,研究方向为植物资源开发与应用。E-mail:lhmmzz@163.com。

通信作者:曹君迈,教授,研究方向为植物资源开发与应用,E-mail:junmaicao@163.com;陈彦云,研究员,研究方向为马铃薯贮藏保鲜、植物资源开发利用,E-mail:nxchenyy@163.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

研究区位于宁夏回族自治区中南部、黄土高原西北部中卫市海原县树台乡(地理位置  $105^{\circ}09' \sim 106^{\circ}10' \text{E}$ 、 $36^{\circ}06' \sim 37^{\circ}04' \text{N}$ ),属黄河中游黄土丘陵沟壑区,境内丘陵起伏,沟壑纵横,海拔  $1366 \sim 2955 \text{ m}$ ,南北长  $95 \text{ km}$ ,东西宽  $80 \text{ km}$ ,总面积  $6899 \text{ km}^2$ 。东与原州区相连,南与西吉县接壤,西邻甘肃靖远县、会宁县,北濒同心县。大陆性季风气候明显,特点是春暖迟、夏热短、秋凉早、冬寒长。年均气温  $7^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $2398^{\circ}\text{C}$ ,年日照时数  $2710 \text{ h}$ ,无霜期  $149 \sim 171 \text{ d}$ 。年均降水量为  $389.0 \text{ mm}$ ,年最大降水量为  $706.0 \text{ mm}$ ,年最小降水量为  $194.5 \text{ mm}$ 。年均蒸发量为  $2099.6 \text{ mm}$ ,年干燥度为  $2.17$ ,属于干旱半干旱带。土壤类型为黑垆土。

### 1.2 试验材料

以宁南山区普遍种植的马铃薯品种青薯 9 号为供试材料。供试地膜有 2 种,宽度分别为  $90$ 、 $120 \text{ cm}$ ,均为白色地膜。

### 1.3 试验设计

本试验于 2016 年 5 月 1 日播种,设置露地平种种植(CK)、单垄单行垄上种植( $T_1$ )、单垄双行垄上种植( $T_2$ )、单垄双行半覆膜垄上种植( $T_3$ )、单垄双行全覆膜垄上种植( $T_4$ )、单垄双行半覆膜垄侧种植( $T_5$ )6 种不同覆膜栽培方式。各处理株距均为  $40 \text{ cm}$ ,CK、 $T_2$  行距为  $50 \text{ cm}$ , $T_1$  行距为  $100 \text{ cm}$ , $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  为宽窄行行距  $60 \sim 40 \text{ cm}$ ,各处理种植深度为  $20 \sim 25 \text{ cm}$ 。 $T_1$  种植密度为  $25000 \text{ 株}/\text{hm}^2$ ,其余处理种植密度为  $50000 \text{ 株}/\text{hm}^2$ ,每个处理小区面积为  $10.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$ ,小区间距  $70 \text{ cm}$ ,周边设  $200 \text{ cm}$  的保护行,起垄高度为

20 cm。4 次重复,随机排列。

#### 1.4 测定项目与方法

从苗期开始每个生育期选择晴朗天气,在田间自然空气条件下使用 LI-6400 光合仪对待测植株由上往下数第 4、5、6 张完全展开叶的固定位置进行测定,每个处理随机选取 3 株待测植株,测定时间为 07:00—18:00,每小时测定 1 次。所测得的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )取各测量值的平均值作为最终结果,以减小误差,马铃薯产量以收获的实际块茎产量为准。

#### 1.5 数据处理

用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 处理软件进行统计分析

## 2 结果与分析

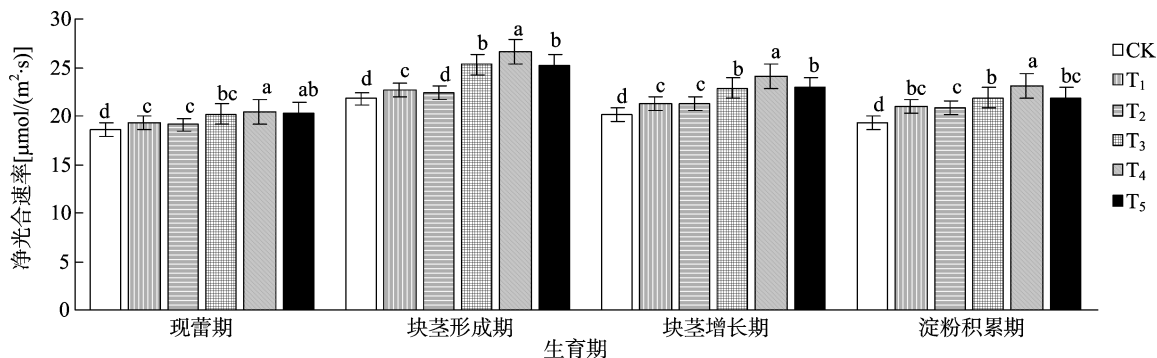
### 2.1 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片净光合速率的影响

由图 1 可知,随着马铃薯生育期的推进,各处理马铃薯叶片净光合速率均呈先增加后降低的变化趋势,并且均在块茎形成期达到最大值,在淀粉积累期降到最低值。采用起垄和覆膜的处理在马铃薯各个生育期的净光合速率均显著高于对照。其中,采用起垄种植的  $T_1$ 、 $T_2$  栽培方式马铃薯叶片净光

合速率在马铃薯全生育期的平均值较 CK 分别增加 1.100、0.965  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,采用起垄覆膜种植的  $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  栽培方式的马铃薯叶片净光合速率在全生育期的平均值较 CK 分别高 2.615、3.638、2.630  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。起垄覆膜的种植方式( $T_3$ )较起垄种植方式( $T_2$ )的净光合速率增加 7.88%,全覆膜种植( $T_4$ )较半覆膜种植( $T_5$ )增加 4.42%。

### 2.2 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片蒸腾速率的影响

从图 2 可以看出,无论是起垄种植还是起垄覆膜种植的马铃薯叶片蒸腾速率都随着马铃薯的生长呈现出先增加后降低的变化规律,与马铃薯叶片净光合速率类似,马铃薯叶片蒸腾速率也是在块茎形成期达到最大值,在淀粉积累期降到最低值。各处理的蒸腾速率在各个生育期均明显高于对照,由高到低排列依次为  $T_4 > T_3 > T_5 > T_2 > T_1 > \text{CK}$ ,采用起垄种植的  $T_1$ 、 $T_2$  栽培方式马铃薯叶片蒸腾速率在马铃薯全生育期的平均值较 CK 分别增加 1.13、1.18  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,采用起垄覆膜种植的  $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  的马铃薯叶片蒸腾速率在全生育期的平均值较 CK 分别高 3.02、3.68、3.01  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在马铃薯生长的关键期块茎形成期,3 个起垄覆膜处理的蒸腾速率较对照分别增加 83.05%、109.11%、81.78%。



不同小写字母表示不同覆膜栽培方式间在同一生育期差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同

图1 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片净光合速率的影响

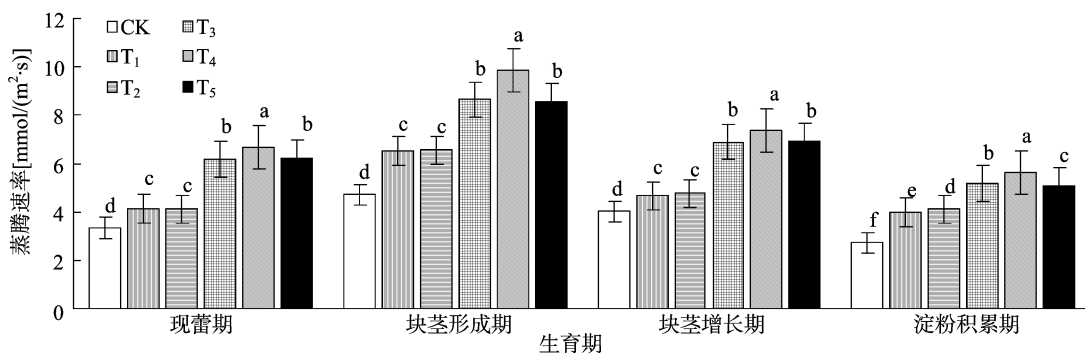


图2 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片蒸腾速率的影响

### 2.3 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片气孔导度的影响

由图 3 可知,不同覆膜栽培模式下的马铃薯叶片气孔导度在马铃薯全部生育期内的变化趋势与马铃薯净光合速率、蒸腾速率变化趋势一致,也是呈先升高后降低的趋势,同样是在马铃薯块茎形成期达到最大值,在淀粉积累期降到最低值。各处理在马铃薯全部生育期的气孔导度均显著高于对照,3 种覆膜栽培处理除在淀粉积累期差异不明显外,在其余生育期  $T_4$  均显著高于  $T_3$ 、 $T_5$ ,且  $T_4$  在全生育期的气孔导度平均值分别比 CK、 $T_1$ 、 $T_2$  高 218.42%、116.07%、95.16%。

### 2.4 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片胞间 $CO_2$ 浓度的影响

由图 4 可以看出,各处理马铃薯叶片胞间  $CO_2$  浓度在现蕾期达到最大值,然后伴随马铃薯生育期的推进,呈先降低后升高的趋势。各处理在马铃薯全部生育期内叶片胞间  $CO_2$  浓度均明显低于 CK,差异均达到显著水平。起垄种植模式下的  $T_1$ 、 $T_2$  全生育期叶片胞间  $CO_2$  浓度平均值分别为 224.14、222.16  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,分别较 CK 降低 3.11、5.09  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,起垄覆膜模式下的  $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  较 CK 分别降低 11.13、14.41、11.87  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

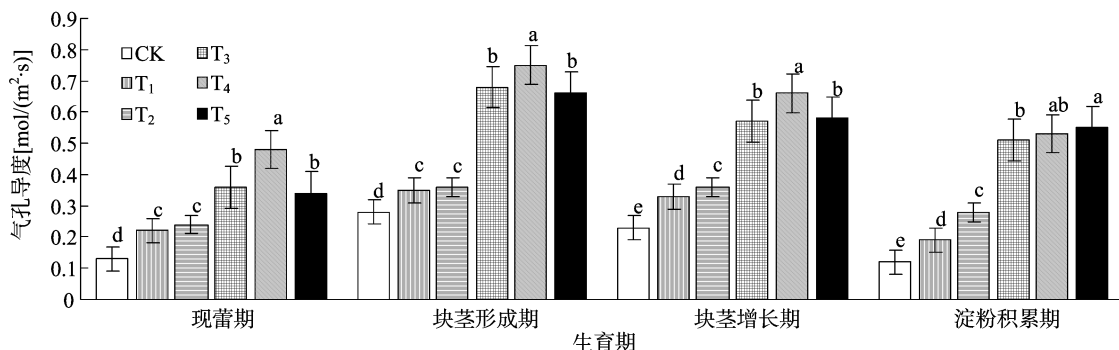


图3 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片气孔导度的影响

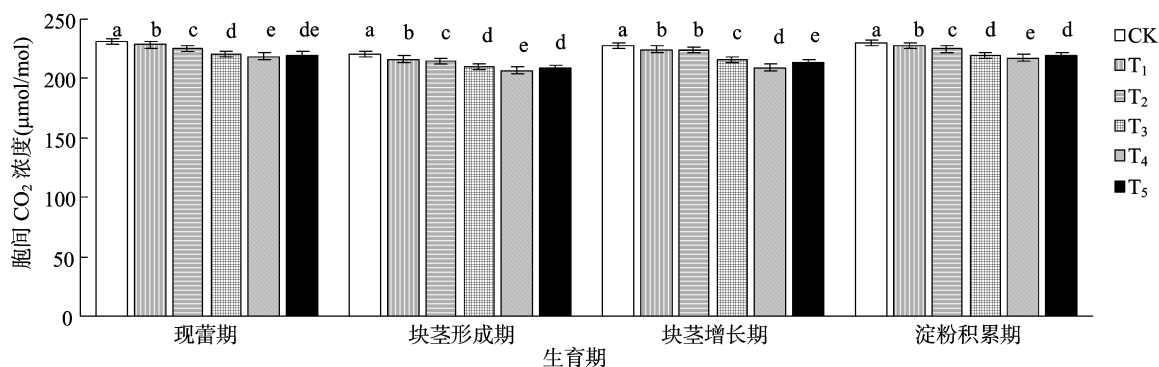


图4 不同覆膜栽培方式对马铃薯叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

## 2.5 不同覆膜栽培方式对马铃薯产量的影响

由表 1 可知,全覆膜栽培模式(T<sub>4</sub>)的马铃薯单株结薯数显著或极显著高于其他处理,较对照增加 52.1%,半覆膜垄侧种植模式(T<sub>3</sub>)也显著高于对照,增加 26.1%。在起垄覆膜条件下,T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 的单株产量均显著或极显著高于其他处理,并且全覆膜栽培(T<sub>4</sub>)极显著高于其他 2 个覆膜栽培模式(T<sub>3</sub>、T<sub>5</sub>),分别高 32.5%、26.2%。单株商品薯率的变化与单株产量变化一致,3 个起垄覆膜的栽培模式(T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>)均显著或极显著高于其他处理,并且起垄种植的 2 个处理(T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>)也显著高于对照。在实际产量方面,各处理均显著或极显著高于对照,尤其是起垄覆膜的 3 个处理(T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>)较对照增产效果明显,分别增加 81.1%、105.0%、94.5%。

表 1 不同覆膜栽培方式对马铃薯产量的影响

处理	单株结薯数 (个/株)	单株产量 (kg/株)	单株商品薯率 (%)	实际产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	3.57c	0.30c	33.02d	7 803.90d
T <sub>1</sub>	3.38c	0.34c	44.50c	9 549.75c
T <sub>2</sub>	4.03b	0.33c	45.85bc	9 844.95c
T <sub>3</sub>	4.30ab	0.40bc	52.97b	14 132.25b
T <sub>4</sub>	5.43a	0.53a	61.50a	15 995.55a
T <sub>5</sub>	4.50a	0.42b	48.54b	15 177.60b

注:同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

## 3 讨论与结论

光合作用的顺利进行决定着农作物的产量。本研究地处干旱半干旱地区,年均气温低,年降水量极其匮乏。秦玉芝等的研究表明,马铃薯净光合速率随环境温度降低而下降<sup>[9]</sup>;张恒嘉等的研究表明,马铃薯净光合速率、蒸腾速率及气孔导

度均随水分胁迫程度增加而降低<sup>[10]</sup>。本试验针对试验地特殊的环境气候设置起垄覆膜种植模式,有效地在马铃薯苗期保墒、保温,为马铃薯幼苗成长提供适宜的环境。在马铃薯成长关键期,显著提高了马铃薯叶片净光合速率、蒸腾速率及气孔导度,为马铃薯块茎的形成奠定了良好的基础,使得光合性能增强,光合产物得到有效积累,进而提升了马铃薯的产量。

有研究表明,半覆膜垄侧种植最有利于提升马铃薯产量<sup>[11]</sup>,而本试验结果为采用全覆膜垄上种植的处理增产效果最显著,分别高于半覆膜垄上种植(T<sub>3</sub>)和半覆膜垄侧种植(T<sub>5</sub>)13.2%、5.4%,其原因可能为本试验地年有效降水量过少,无法通过垄沟下渗到有效深度,而全覆膜模式可更有效地减少膜内水分的无效蒸发,满足马铃薯根部及马铃薯全部生育期的光合作用所需的水分,使得马铃薯光合性能达到最佳。

综合以上结论,单垄双行全覆膜垄上种植在提升马铃薯叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及增产方面的表现优于其他覆膜栽培方式,笔者推荐将其作为宁夏南部山区雨养区马铃薯种植的首选模式。

## 参考文献:

- [1] 李东方,张胜利,吴大付,等. 不同类型植物净光合速率的日变化及其对光合有效辐射响应数学模型研究[J]. 广东农业科学, 2009(6):31-34.
- [2] 黄立华,梁正伟,马红媛. 苏打盐碱胁迫对羊草光合、蒸腾速率及水分利用效率的影响[J]. 草业学报,2009,18(5):25-30.
- [3] 王惠珍,张新慧,李应东,等. 轮作与连作当归光合特性和挥发油的比较[J]. 草业学报,2011,20(1):69-74.
- [4] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002.
- [5] 黄占斌,山 仑. 春小麦水分利用效率日变化及其生理生态基础的研究[J]. 应用生态学报,1997,8(3):263-269.

张继旭,张继光,孔凡玉,等. 四环素对土壤碳氮矿化及烟草种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):54-58.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.015

# 四环素对土壤碳氮矿化及烟草种子萌发的影响

张继旭<sup>1,2,3</sup>, 张继光<sup>2</sup>, 孔凡玉<sup>2</sup>, 中国明<sup>2</sup>, 王 瑞<sup>4</sup>, 高 林<sup>2</sup>, 刘文涛<sup>5</sup>,

窦玉青<sup>2</sup>, 毛新新<sup>2</sup>, 王红刚<sup>1,2</sup>, 张忠锋<sup>2</sup>

(1. 青岛农业大学农学与植物保护学院, 山东青岛 266109; 2. 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101;

3. 云南省烟草公司昆明市公司, 云南昆明 650011; 4. 湖北省烟草公司恩施州分公司, 湖北恩施 445000;

5. 临沂市烟草公司, 山东临沂 276001)

**摘要:**为明确抗生素残留的烟田生态效应,采用微宇宙试验系统研究四环素添加对土壤碳氮矿化及烟草种子萌发的影响。结果表明,中低量四环素添加(50、5 mg/kg)处理对土壤有机碳矿化速率无明显影响,但高添加量(500 mg/kg)处理的土壤有机碳累积矿化量在培养后期明显高于其他处理,在培养结束时比对照增加 13.75%,显示对土壤有机碳矿化的一定刺激作用。四环素添加处理的土壤有机氮的矿化速率及硝化速率整体上均高于对照,特别是在培养前期(28 d)的土壤氮素硝化速率明显高于对照,后期则与对照差异不大。低浓度四环素溶液对烟草种子的发芽势及发芽率均无显著影响,但高浓度四环素溶液(>80 mg/L)则对烟草种子的发芽势和发芽率有显著抑制作用( $P < 0.05$ )。此外,四环素浓度与烟草种子根长的抑制率间具有良好的剂量-效应关系。其对根伸长抑制率的  $IC_{10}$ 、 $IC_{50}$  分别为 6.65、110.20 mg/L,而且根伸长抑制率与四环素浓度呈对数相关且相关性显著( $P < 0.05$ )。四环素长期暴露会在一定程度上影响烟田土壤的碳氮转化功能,并对烟草幼苗的生长发育具有不良影响,但四环素进入农田后对土壤养分转化及烟草生长发育的具体影响机制及其风险评价还需要进一步研究。

**关键词:**四环素;烟草;碳矿化;氮矿化;根伸长;种子萌发

**中图分类号:**S482.2<sup>+</sup>8 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)15-0054-05

四环素作为一类具有杀灭或抑制除放线菌外其他微生物作用的广谱性抗生素,在世界范围内使用量巨大,尤其作为禽畜疾病预防药物和生长促进剂而被大量用作饲料添加剂<sup>[1-2]</sup>,而未被机体吸收的部分原药或尚有活性的代谢物随畜禽粪便排出进入水体和土壤环境,造成四环素在环境中的残留<sup>[3-6]</sup>。由于四环素类抗生素性质相对稳定并具有一定的持久性,目前在土壤、地表水、地下水中均检测到了四环素残留。Warman 等在用鸡粪施肥的土壤中发现,氯四环素的含量水平已经接近其他农药类有机污染物的水平<sup>[7]</sup>。四环素类抗生素的环境行为、对土壤生态过程及其对作物种子萌发

的影响目前受到广泛关注<sup>[8-11]</sup>。

烟草作为我国重要的经济作物之一,在我国中南及西南地区广泛种植,烟草在育苗栽培过程中通常大量施用有机类肥料,其中畜禽粪便类农家肥及以此为原料制作的商品有机肥的施用,易导致土壤及水环境的抗生素残留污染。近年来,关于四环素类抗生素对土壤呼吸、氮硝化及不同作物种子萌发影响的研究较多<sup>[8-11]</sup>,但四环素残留对烟田土壤养分转化及烟草幼苗毒性效应的影响还鲜见报道。为此,本研究以典型的广谱性抗生素——四环素为研究对象,采用微宇宙试验,模拟不同浓度四环素添加后对烟田土壤碳氮矿化及烟草种子萌发的影响,以明确四环素残留对烟田土壤生态过程及烟草种子萌发的生态毒理效应,为后续畜禽粪便类有机肥施用的烟田环境风险评估及合理应用管理提供重要的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2014 年在湖北省恩施州清江源现代烟草农业科技园园区温室中进行。供试土壤采自恩施州白果乡茅坝槽烟田

收稿日期:2017-02-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:41201291);中国农业科学院科技创新工程(编号:ASTIP-TRIC06);中国烟草总公司科技重点项目(编号:110201402007、110201202014)。

作者简介:张继旭(1988—),男,山东临朐人,硕士,主要研究方向为烟草栽培生理。E-mail:zhangjixu2088@126.com。

通信作者:张忠锋,硕士,研究员,主要研究方向为植物功能成分与综合利用。E-mail:zhangzhongfeng@caas.cn。

[6]包开花,蒙美莲,陈有君,等. 覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯光合特性及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(3):139-143,159.

[7]高玉红,牛俊义,徐 锐,等. 不同覆膜方式对玉米叶片光合、蒸腾及水分利用效率的影响[J]. 草业学报,2012,21(5):178-184.

[8]王 雯,张 雄. 不同灌溉方式对马铃薯光合特性的影响[J]. 安康学院学报,2015,27(4):1-6,15.

[9]秦玉芝,陈 珏,邢 铮,等. 低温逆境对马铃薯叶片光合作用的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(1):26-30.

[10]张恒嘉,李 晶. 绿洲膜下滴灌调亏马铃薯光合生理特性与水分利用[J]. 农业机械学报,2013,44(10):143-151.

[11]曹 莉,秦舒浩,张俊莲,等. 垄沟覆膜栽培方式对马铃薯土壤酶活性及土壤微生物数量的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(3):42-46.