

Regulating Effect of Exogenous 2,4-Epibrassinolide on Senescence and Holding Ability of Flue-Cured Tobacco Leaves

Huijie Zhao^{1*}, Haofan Zhang¹, Panlong Lan¹, Xingliang Du¹, Wenxuan Pu², Yongxing Jian², Wenhui Zhou², Yan Zhou², Dong Wang^{2#}

¹College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan

²China Tobacco Hunan Industrial Co. Ltd., Changsha Hunan

Email: zhaohj303@163.com, [#]Jianyx1210@hngyotobacco.com

Received: Dec. 24th, 2018; accepted: Jan. 7th, 2019; published: Jan. 14th, 2019

Abstract

In order to explore the regulating effect of exogenous 2,4-epibrassinolide (EBR) on senescence and holding ability of flue-cured tobacco leaves, EBR solutions of different concentrations (0.2, 1.0, 10 $\mu\text{mol/L}$) were sprayed to middle and upper leaves at their fully expanded stage. The results showed that contents of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) in tobacco leaves were decreased and descent velocity of *SPAD* and membrane stability index (*MSI*) during leaf senescence was retarded by application of EBR. Therefore, holding ability index based on rate of relative change of *SPAD* (I_{SPAD}) and *MSI* (I_{MSI}) was increased. Considering the comprehensive effects of EBR on senescence, holding ability and economic characteristics of flue-cured tobacco leaves, the concentration of 1.0 $\mu\text{mol/L}$ was recommended for field use.

Keywords

2,4-Epibrassinolide, Tobacco, Leaf Senescence, Holding Ability

表油菜素内酯对烤烟叶片衰老及耐熟性的调节作用

赵会杰^{1*}, 张皓帆¹, 兰盼龙¹, 杜兴良¹, 蒲文宣², 简永兴², 周文辉², 周燕², 王东^{2#}

¹河南农业大学生命科学学院, 河南 郑州

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 赵会杰, 张皓帆, 兰盼龙, 杜兴良, 蒲文宣, 简永兴, 周文辉, 周燕, 王东. 表油菜素内酯对烤烟叶片衰老及耐熟性的调节作用[J]. 农业科学, 2019, 9(1): 14-21. DOI: 10.12677/hjas.2019.91003

²湖南中烟工业有限责任公司, 湖南 长沙
Email: zhaohj303@163.com, [#]Jianyux1210@hngytobacco.com

收稿日期: 2018年12月24日; 录用日期: 2019年1月7日; 发布日期: 2019年1月14日

摘要

为了探索表油菜素内酯(EBR)对烤烟叶片耐熟性的调教效应, 分别于中部叶和上部叶的定长期, 采用不同浓度(0.2, 1.0, 10 $\mu\text{mol/L}$)的EBR溶液进行叶面喷施。结果表明, 喷施EBR可以降低烤烟叶片中的氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)含量, 减缓叶片衰老进程中SPAD值和细胞膜稳定指数(MSI)下降的速率, 提高基于SPAD和MSI相对变化速率的烟叶耐熟性指数(I_{SPAD} 和 I_{MSI}), 改善烤烟叶片的耐熟性, 提高烤后烟叶的单位面积产量、产值和上等烟比例。综合分析3种使用浓度对叶片衰老速率、耐熟性指数和烟叶经济性状的影响, 大田使用以浓度为1.0 $\mu\text{mol/L}$ 的EBR效果较好。

关键词

表油菜素内酯, 烤烟, 叶片衰老, 耐熟性

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

烤烟是以叶片为收获对象的经济作物, 烟叶在田间生长到一定阶段要进行采摘和烘烤, 从成熟采摘到烘烤过程实际是叶片衰老的过程。与大多数农作物不同, 研究其他作物衰老的目的是如何延缓衰老以提高产量, 而在烟叶采摘及烘烤方面, 是根据叶片衰老机理及影响衰老的因子, 适时采收并促进采收的叶片在烤房内衰老, 以促进叶片内含物降解并向有利于吸食的方向转化, 使烤后烟叶达到最佳质量要求[1]。因此, 适时采收烘烤是保证烤烟质量的重要环节。许多研究表明, 适熟采收会使烟叶的质量提高, 易于陈化和调制, 而未熟或过熟收获的烟叶则质量降低, 香吃味变劣[2] [3] [4] [5] [6]。不同部位的叶片生长发育的时序不同, 烤烟的收获时期可持续4~8周[7]。在烤烟生产中, 由于烘烤设备限制和劳动力紧缺等原因, 常常不能保证田间生长的烟叶在最佳时期得到采收, 导致烟叶质量降低。因此, 烤烟的“耐熟性(holding ability)”日益得到研究者和生产者的关注[2] [7]。烤烟的耐熟性是指烟叶显现成熟特征后, 田间可以持续发育且不腐烂的能力, 俗称“吊得住” [8]。也可理解为烟叶保持适熟采收期的能力。它取决于烟叶的生理代谢和成熟衰老进程, 而且受品种、施肥量、生长季节雨量、温度等环境条件的影响[2] [5]。目前关于烟叶的成熟度与质量的关系, 以及不同成熟度烟叶的形态与生理指标已有许多研究[9]-[15], 但关于烟叶耐熟性及其调节, 研究较少[7] [8]。

表油菜素内酯(Epibrassinolide)是一种人工合成的高活性油菜素内酯类似物, 对植物代谢和生长发育具有显著的调节作用, 可以促进细胞伸长和分裂, 提高光合能力, 增强植物的抗逆性, 调节光合产物运转, 影响衰老进程等等[16] [17] [18] [19] [20]。用于烟草, 可以促进种子萌发、根的生长、改善烟叶化学成分的比例[21] [22]。目前, 关于BR对植物的生理效应及作用机理研究已经比较深入, 但关于BR对烤烟叶片的成熟衰老进程及耐熟性的影响, 尚不清楚。鉴于上述情况, 本文研究了2,4-表油菜素内酯

(2,4-epibrassinolide, EBR)对烤烟叶片成熟衰老和烟叶耐熟性的影响,旨在为改善烟叶的耐熟性和经济性提供依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验条件与试验设计

以烤烟(*Nicotiana tabacum*)品种 K326 为材料,试验于 2018 年在湖南省湘西自治州龙山县召市镇进行。该县位于东经 109°13'~109°46'8"、北纬 28°46'7"~29°38'4"之间,属亚热带大陆性湿润季风气候区,县域年平均气温 15.8℃,年平均降水量为 1376.2 毫米。试验地地势平坦,排灌方便,土壤类型为壤土,有机质含量 15.75 g/kg,碱解氮含量 94.11 mg/kg,有效磷含量 40.68 mg/kg,速效钾含量 113.47 mg/kg。采用随机区组试验设计,设置 4 个处理:EBR1:叶面喷施浓度为 0.2 μmol/L 的 EBR;EBR2:叶面喷施浓度为 1.0 μmol/L 的 EBR;EBR3:叶面喷施浓度为 10.0 μmol/L 的 EBR;Control:叶面喷施清水,作为对照。分别于中部叶和上部叶的定长期喷施。每个时期喷施 2 次,两次喷施间隔 1 天。叶片正反两面均匀喷施,喷施量掌握在烟叶表面即将有药液下滴为度。

移栽期为 2018-05-05,移栽行距 110 cm,株距 50 cm,种植密度为 18,182 株/hm²。每个小区种烟 8 行,行长 10 m。现蕾打顶,单株留叶 18 片,田间管理按当地常规措施进行。

2.2. 测定测定项目与方法

2.2.1. ACC (氨基环丙烷-1-羧酸)含量

于喷施处理后 48 h 取样,立即以干冰封存,由南京卡文思检测技术有限公司采用液相色谱-质谱联用技术进行测定。

2.2.2. SPAD 值

于喷施处理后第 3 d 开始,每隔 2 d 测定 1 次。采用 Chlorophyll Meter Model SPAD-502 Plus (日本,岛津公司),参照曾建敏等方法[23]测定。并根据下式计算基于 SPAD 值的耐熟性指数。

$$I_{SPAD} = 1/\left[\left(SPAD_n - SPAD_{n+1}\right)/SPAD_n\right] \quad (1)$$

式(1)中, I_{SPAD} 为基于 SPAD 的耐熟指数; $SPAD_n$ 为适熟期(工艺成熟期)烟叶的 SPAD 值; $SPAD_{n+1}$ 在为 3 天后烟叶 SPAD 值。

2.2.3. 细胞膜稳定指数

于喷施处理后第 3 d 开始,每隔 2 d 测定 1 次。参照 Singh 等方法[24],采用 DDSJ-318 型电导率仪测定。根据下式计算细胞膜稳定指数(MSI):

$$MSI = (1 - \text{相对电导率}) \times 100 \quad (2)$$

在此基础上,根据下式计算基于 MSI 的耐熟性指数。

$$I_{MSI} = 1/\left[\left(MSI_n - MSI_{n+1}\right)/MSI_n\right] \quad (3)$$

式(3)中, I_{MSI} 为基于 MSI 的耐熟指数; MSI_n 为 M2 适熟期(工艺成熟期)烟叶的 MSI 值; MSI_{n+1} 在为 3 天后烟叶 MSI 值。

2.2.4. 烟叶成熟度判断与采收烘烤

参照陈逸鹏等[25]和孙阳阳等[9]的方法进行成熟度判断。适熟期(工艺成熟期)进行采收,按照“8 点

式”烘烤工艺进行烘烤[26]，对烤后烟叶进行经济性状分析。

2.3. 数据处理

采用 Microsoft Excel 软件进行数据整理，采用 SPSS 18.0 统计软件进行单因素方差分析，并用 Duncan 法进行处理间差异显著性检验($\alpha = 0.05$)。

3. 结果与分析

3.1. EBR 对烤烟叶片 ACC 含量的影响

ACC 是乙烯生物合成的直接前体，与叶片的乙烯释放量具有密切关系[27]。测定的结果(表 1)表明，外源 EBR 导致叶片的 ACC 含量降低，而且随着使用浓度提高，ACC 含量下降幅度增大。中部叶和上部叶变化趋势一致。

Table 1. Effect of EBR on ACC content in flue-cured tobacco leaves

表 1. EBR 对烤烟叶片 ACC 含量的影响

处理	ACC 含量(ng/g FW)	
	中部叶	上部叶
对照	37.55 ± 2.43 a	41.78 ± 2.96 a
EBR1	33.27 ± 2.03 b	40.79 ± 2.81 a
EBR2	28.94 ± 1.45 c	30.68 ± 2.07 b
EBR3	26.72 ± 1.18 d	24.87 ± 1.74 c

注：同一列中不同字母表示差异达到 5%显著水平。

3.2. EBR 对烤烟叶片 SPAD 值的影响

烤烟叶片的 SPAD 值与叶绿素含量呈极显著的正相关，可用 SPAD 值来反映叶绿素含量的相对水平[23]。表 2 和表 3 所示分别为中部叶和上部叶衰老进程中 SPAD 值的变化动态，可以看出，不论是中部叶还是上部叶，均随着叶片衰老进程的推进，SPAD 值呈减小趋势。使用外源 EBR 对 SPAD 值降低具有延缓作用，并且表现出浓度效应，随着使用浓度增大，延缓效果提高。

Table 2. Effect of EBR on SPAD values in middle leaves of flue-cured tobacco cultivar “K326”

表 2. EBR 对 K326 中部烟叶 SPAD 值的影响

喷施后天数 (d)	SPAD 值			
	对照	EBR1	EBR2	EBR3
3	34.29	36.93	37.28	37.83
6	31.27	33.03	35.38	35.98
9	28.46	31.22	34.62	34.68
12	26.13	27.53	32.18	32.98
15	24.58	25.25	27.92	28.5
18	23.23	24.25	25.92	25.57
21	19.88	21.83	23.87	23.53
24	17.39	19.73	21.87	21.93
27	17.29	19.12	20.32	20.74
30	13.27	13.94	16.98	17.85

Table 3. Effect of EBR on SPAD value in upper leaves of flue-cured tobacco cultivar “K326”**表 3.** EBR 对 K326 上部烟叶 SPAD 值的影响

喷施后天数 (d)	SPAD 值			
	对照	EBR1	EBR2	EBR3
3	44.64	45.52	47.87	47.18
6	43.22	45.13	46.05	46.27
9	38.75	39.95	40.06	40.48
12	32.74	34.95	36.91	38.43
15	30.38	33.24	33.53	36.72
18	28.44	30.95	31.26	34.42
21	26.39	29.25	30.15	31.76
24	22.87	26.52	27.57	29.85
27	20.78	25.18	26.53	27.16
30	15.79	22.98	24.82	25.45

3.3. EBR 对烤烟叶片细胞膜稳定指数的影响

植物在逆境和衰老的情况下，体内清除活性氧的能力失去平衡，细胞膜脂过氧化作用加剧，导致细胞膜的结构与功能受损，膜透性增大[24] [28]。测定结果(表 4、5)表明，在烤烟叶片的衰老进程中，细胞膜稳定指数(MSI)呈持续降低的趋势。与对照相比较，喷施 EBR 可以提高叶片的 MSI，其效果大小依次为 EBR3 > EBR2 > EBR1。

3.4. EBR 对烤烟叶片耐熟性指数的影响

表 6 所示为根据 SPAD 值和 MSI 计算的烤烟叶片耐熟性指数(I_{SPAD} 和 I_{MSI})。可以看出，虽然两种耐熟性指数的绝对值不同，但总体变化趋势是一致的。与对照相比，EBR 处理使 I_{SPAD} 和 I_{MSI} 提高，且表现出浓度效应，即随着 EBR 浓度增大，耐熟性指数增幅加大。上述结果表明喷施 EBR 具有改善烤烟叶片耐熟性的效应。

Table 4. Effect of EBR on membrane stability index in middle leaves of flue-cured tobacco**表 4.** EBR 对烤烟中部叶的细胞膜稳定指数(MSI)的影响

喷施后天数	MSI			
	Control	EBR1	EBR2	EBR3
3	0.886	0.898	0.911	0.915
6	0.843	0.903	0.876	0.905
9	0.826	0.854	0.831	0.881
12	0.817	0.862	0.846	0.863
15	0.804	0.827	0.848	0.837
18	0.788	0.803	0.827	0.791
21	0.746	0.782	0.814	0.752
24	0.661	0.725	0.761	0.737
27	0.609	0.728	0.719	0.709
30	0.576	0.643	0.676	0.682

Table 5. Effect of EBR on membrane stability index in upper leaves of flue-cured tobacco
表 5. EBR 对烤烟上部叶的细胞膜稳定指数(MSI)的影响

喷施后天数	MSI			
	Control	EBR1	EBR2	EBR3
3	0.894	0.915	0.959	0.911
6	0.892	0.907	0.935	0.906
9	0.856	0.872	0.891	0.868
12	0.814	0.847	0.892	0.872
15	0.805	0.826	0.886	0.848
18	0.799	0.782	0.849	0.807
21	0.773	0.796	0.836	0.802
24	0.751	0.783	0.786	0.751
27	0.676	0.751	0.769	0.743
30	0.544	0.704	0.735	0.716

Table 6. Effect of EBR on holding ability index in middle and upper leaves of flue-cured tobacco
表 6. EBR 对烤烟中部叶和上部叶耐熟性指数的影响

处理	I_{SPAD}		I_{MSI}	
	中部叶	上部叶	中部叶	上部叶
Control	7.98	10.94	8.77	10.01
EBR1	10.39	11.45	13.72	15.98
EBR2	14.11	15.51	18.12	22.62
EBR3	18.43	15.88	26.32	27.52

3.5. EBR 对烤烟叶片经济性状的影响

从表 7 可见, 外源 EBR 对烤烟的产量、产值和上等烟比例具有明显影响。单位面积产量以 EBR3 处理最高, 依次为 EBR2、EBR1 和对照, 但 EBR3 与 EBR2 之间差异不显著。单位面积产值以 EBR2 最高, 依次为 EBR3、EBR1 和对照, 处理之间差异显著。上等烟比例也是以 EBR2 最高, 其次是 EBR3 和 EBR1, 二者之间差异不显著, 但均显著高于对照。

Table 7. Changes in yield, output value and fine tobacco ratio of flue-cured tobacco with different treatments
表 7. 不同处理烤烟产量、产值及上等烟比例变化

处理	产量/(kg/hm ²)	产值/(元/hm ²)	上等烟比例/%
Control	2053.8 ± 61.5 c	45,941.5 ± 646.5 d	34.7 ± 0.74 c
EBR1	2143.9 ± 40.1 b	48,804.6 ± 762.4 c	36.3 ± 1.12 b
EBR2	2235.4 ± 51.3 a	54,617.3 ± 807.1 b	39.2 ± 0.79 a
EBR3	2261.7 ± 49.7 a	51,615.2 ± 611.3 a	37.1 ± 0.84 b

注: 同一列中不同字母表示差异达到 5% 显著水平。

4. 结论与讨论

20 世纪 60 年代以来, 许多科学家对高等绿色植物叶片衰老机理及影响因素进行了大量研究, 并取得了很大进展, 形成了自由基伤害学说、内源激素调节学说和细胞程序性死亡学说等理论[29]。根据激素调节学说, 植物叶片的衰老受体内激素水平的调控, 其中乙烯(ETH)能够促进衰老, 加快衰老相关基因表

达。ACC 是植物体内乙烯生物合成的直接前体, ACC 的合成是乙烯生物合成途径中的限速步骤, 乙烯释放量取决于 ACC 水平的高低[27]。因此, 人们常常通过测定 ACC 含量来探讨乙烯对植物的调节作用。通过测定发现, 采用 EBR 处理, 可以导致烤烟叶片的 ACC 含量显著降低, 并且表现出浓度效应, 意味着 EBR 具有抑制乙烯释放, 延迟烤烟叶片衰老的效应。在植物衰老的进程中, 由于体内的活性氧清除能力下降, 导致活性氧积累, 膜脂过氧化作用加剧, 细胞膜透性增大[1] [28] [30]。本文的测定结果佐证了这一观点, 随着烟叶衰老进程的推进, 根据细胞膜透性计算的膜稳定指数(MSI)呈持续下降趋势。与对照比较, 外源 EBR 能够减缓 MSI 降低的速率, 提高细胞膜结构和功能的稳定性。3 个使用浓度的效果依次为 EBR3 > EBR2 > EBR1, 表明在一定范围内具有浓度效应。在植物叶片的衰老过程中, 会发生复杂的形态和生理变化, 最明显的外观标志是叶色由绿变黄, 而在细胞水平上表现为叶绿素降解, 蛋白质含量下降, 光合磷酸化能力降低等等[31]。因此, 叶绿素含量常被用作叶片衰老的生理指标。由于叶绿素仪 (SPAD 仪) 可以快速、便捷和无损检测叶片的叶绿素相对含量, 已被成功地用于农作物叶绿素和氮素营养水平的跟踪监测。一些研究[10] [23] [32]表明, 烤烟叶片叶绿素含量与 SPAD 值呈极显著的正相关; 孙阳阳等[9]研究认为 SPAD 值可作为快速判定烟叶成熟度的量化指标。从测定结果可见, 在烤烟叶片的衰老进程中, SPAD 值呈持续降低趋势, EBR 处理可以延缓叶片 SPAD 值的降低速率, 且随着使用浓度增大, 延缓效果提高, 与刘海英等以小麦为材料的研究结果一致[33]。Bowman [7]较早地提出了烤烟耐熟性 (holding ability) 的概念, 并提出根据不同时期采收烟叶的单位面积产值来判断烟叶的耐熟性; 张德龙等[8]建议采用烟叶呈现成熟特征以后相同时间内丙二醛、叶绿素含量的变化速率判定烟叶的耐熟性, 变化速率越大, 耐熟性越弱。借鉴前人研究, 并考虑到测定方法要简便、快速, 易于田间测定, 不同品种和不同生态条件下要有较好的可比性等因素, 基于本试验的结果, 提出了根据 SPAD 和 MSI 相对变化速率计算的耐熟性指数 (I_{SPAD} 和 I_{MSI}), I 值过小, 表明叶片衰老速度较快, 烟叶耐熟性较差; I 值过大, 意味着叶片衰老速度过于缓慢, 容易造成迟熟或不易成熟; 耐熟性较好的烟叶则 I 值大小适中。从测定和计算结果(表 6)可以看出, 喷施 EBR 可以提高烟叶的 I_{SPAD} 和 I_{MSI} 值, 其效果随着使用浓度提高而增大。综合考察烟叶的耐熟性指数和烤后烟叶的经济性状, 并考虑到使用成本, 大田应用中以 EBR2 处理的浓度 ($1.0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 较好。

基金项目

湖南中烟工业有限责任公司科技项目“烤烟耐熟性评价方法及调控技术研究(KY2016YC0002)”。

参考文献

- [1] 杨树勋. 植物叶片衰老机理及在烟叶生产上的应用[J]. 作物研究, 2018, 32(1): 90-96.
- [2] Taylor, Z.G., Fisher, L.R., Smith, W.D., et al. (2011) The Effects of 1-Methylcyclopropene on Ripening Delay and Holding Ability in Fluecured Tobacco. *Tobacco Science*, **48**, 15-19. <https://doi.org/10.3381/10-006.1>
- [3] Moseley, J.M., Woltz, W.G., Carr, J.M., et al. (1963) The Relationship of Maturity of the Leaf at Harvest and Certain Properties of the Cured Leaf of Flue-Cured Tobacco. *Tobacco Science*, **7**, 67-75.
- [4] Walker, E.K. (1968) Some Chemical Characteristics of Cured Leaves of Flue-Cured Tobacco Relative to Time of Harvest, Stalk Position and Chlorophyll Content of the Green Leaves. *Tobacco Science*, **12**, 58-65.
- [5] 李跃武, 陈朝阳, 江豪, 等. 烤烟品种云烟 85 烟叶的成熟度 I. 成熟度与叶片组织结构、叶色、化学成分的关系[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2002, 31(1): 16-21.
- [6] 崔英. 烤烟成熟度研究现状[J]. 现代农业科技, 2013(17): 30-31.
- [7] Bowman, D.T. (2004) Assessing Holding Ability in Flue-Cured Tobacco Cultivars. *Tobacco Science*, **46**, 28-30.
- [8] 张德龙, 张士荣, 王军, 等. 不同烤烟品种田间烟叶耐熟性强弱判定方法初探[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2017, 34(4): 256-261.

- [9] 孙阳阳, 靳志伟, 黄明迪, 等. *SPAD* 值与鲜烟叶成熟度及烤后烟叶质量的关系[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(2): 42-46.
- [10] 李旭华, 扈强, 潘义宏, 等. 不同成熟度烟叶叶绿素含量及其与 *SPAD* 值的相关分析[J]. 河南农业科学, 2014, 43(3): 47-52.
- [11] 张树堂, 段玉琪. 不同采收成熟度对烤烟可溶性糖及品质的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(4): 10-13.
- [12] 张树堂, 杨雪彪, 王亚辉, 等. 不同成熟度烤烟鲜烟叶的组织结构比较[J]. 烟草科技, 2005(1): 38-40.
- [13] 霍开玲, 宋朝鹏, 武圣江, 等. 不同成熟度烟叶烘烤中颜色值和色素含量的变化[J]. 中国农业科学, 2011, 44(10): 2013-2021.
- [14] 蔡宪杰, 王信民, 尹启生. 成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(4): 42-36.
- [15] 韦凤杰, 刘国顺, 杨永锋, 等. 烤烟成熟过程中类胡萝卜素变化与其降解香气物质关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(9): 1882-1889.
- [16] 张步阔. 油菜素内酯对烤烟生长发育和产值的影响[J]. 贵州农业科学, 2001, 29(4): 35-37.
- [17] 曹云英, 许锦彪, 赵华. 油菜素内酯生理效应的研究进展[J]. 种子, 2006, 25(8): 39-42.
- [18] 储昭庆, 李李, 宋丽, 等. 油菜素内酯生物合成与功能的研究进展[J]. 植物学通报, 2006, 23(5): 543-555.
- [19] 王凤茹, 王志勇. 油菜素内酯信号转导的研究进展[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 29-39.
- [20] 靳开川, 何金环. 油菜素内酯在植物抗逆中的作用及信号传导机制综述[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(14): 4-7.
- [21] 韩锦峰, 齐群钢, 张秀梅, 等. 表油菜素内酯对烟株生长发育和烟叶产质生理效应的研究[J]. 烟草科技, 1989(2): 31-34.
- [22] 齐群钢, 张六洲, 韩锦峰, 等. 表油菜素内酯对烤烟植株根系活力和碳氮代谢影响的研究[J]. 河南农业大学学报, 1988, 32(3): 315-324.
- [23] 曾建敏, 姚恒, 李天福, 等. 烤烟叶片叶绿素含量的测定及其与 *SPAD* 值的关系[J]. 分子植物育种, 2009, 7(1): 56-62.
- [24] Singh, M.P., Singh, D.K. and Rai, M. (2007) Assessment of Growth, Physiological and Biochemical Parameters and Activities of Antioxidative Enzymes in Salinity Tolerant and Sensitive Basmati Rice Varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **193**, 398-412.
- [25] 陈逸鹏, 林凯, 江豪, 等. 烤烟烟叶成熟的外观特征研究 I 烟叶成熟度与叶龄的关系[J]. 福建农业科技, 199(5): 13-14.
- [26] 徐秀红, 王传义, 刘昌宝, 等. “8 点式精准密集烘烤工艺”的创新集成与应用[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(5): 68-73.
- [27] 董建国, 李振国. 乙烯生物合成中间体-1-氨基环丙烷-1-羧酸及其丙二酸结合物的测定[J]. 植物生理学通讯, 1983(6): 46-48.
- [28] 王建勇, 姚晓华, 张志斌. 植物叶片衰老机理与调控研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19036-19038.
- [29] 魏道智, 戴新宾, 许晓明. 植物叶片衰老机理的几种假说[J]. 广西植物, 1998, 25(1): 89-96.
- [30] 赵会杰, 林学梧. 抗坏血酸对小麦旗叶衰老进程中膜脂过氧化的影响[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(5): 351-352.
- [31] 王亚琴, 梁承邺, 黄江康. 植物叶片衰老的特性、基因表达及调控[J]. 华南农业大学学报(自然科学版), 2002, 23(3): 87-90.
- [32] 潘义宏, 顾毓敏, 杨森, 等. 不同品种中部烟叶 *SPAD* 值及其与叶绿素含量的相关性分析[J]. 河南农业大学学报, 2017, 51(2): 156-162.
- [33] 刘海英, 郭天财, 朱云集, 等. 开花期喷施表油菜素内酯对豫麦 49 蔗糖代谢和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(1): 77-81.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org