

## 早熟耐旱油菜新品种展示筛选评价

燕林祥<sup>1</sup>, 周翠萍<sup>1</sup>, 原小燕<sup>2\*</sup>, 孔令媛<sup>1</sup>, 张朝莲<sup>1</sup>, 雷元宽<sup>1</sup>

(1. 罗平县种子管理站, 云南罗平 655800; 2. 云南省农业科学院经济作物研究所, 云南昆明 650205)

**摘要** 为筛选适宜云南省冬春季半干旱地区种植的早熟油菜品种, 选择云南省近年来育成的代表性油菜品种 13 个, 在旱地油菜产区罗平县进行品种展示鉴定和产量、生育期、抗病抗逆性、经济性状等综合评价。结果表明, 云油杂 30 号、18JD003、18JD141、云油杂 29 号、云油杂 12 号和云油 33 号 6 个品种生育期适中, 耐旱性和耐寒性强, 抗倒伏, 中抗菌核病, 产量高, 适合在罗平旱地及相似地区种植。

**关键词** 油菜; 早熟; 抗旱; 新品种; 鉴定评价

**中图分类号** S634.3 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)18-0030-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Screening and Evaluation of New Early Maturing and Drought Tolerant Rapeseed Varieties

YAN Lin-xiang<sup>1</sup>, ZHOU Cui-ping<sup>1</sup>, YUAN Xiao-yan<sup>2</sup> et al (1. Luoping Seed Management Station, Luoping, Yunnan 655800; 2. Industrial Crops Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205)

**Abstract** In order to screen early maturing rape varieties suitable for semi-arid areas in winter and spring in Yunnan Province, 13 representative rape varieties bred in recent years in Yunnan Province were selected for variety display identification and comprehensive evaluation of yield, growth period, disease resistance, stress resistance and economic performance in Luoping County. The results showed that six varieties including Yunyouza No.30, 18JD003, 18JD141, Yunyouza No.29, Yunyouza No.12 and Yunyou No.33 had moderate growth period, strong drought and cold resistance, lodging resistance, intermediate antibiotic nucleosis and high yield, which were suitable for planting in Luoping dryland and similar areas.

**Key words** Rape; Early maturity; Drought resistance; New varieties; Identification and evaluation

罗平县位于云南省东部, 国土面积 3 015.08 km<sup>2</sup>, 耕地 7.4 万 hm<sup>2</sup>, 多年平均降雨量 1 743.9 mm, 是云南省多雨区之一, 平均气温 15.1 ℃, 相对湿度 85%, 日照时数 1 685 h, 无霜期 280 d 左右, 冬季受昆明静止锋影响, 常阴雨连绵, 非常适宜冬油菜种植<sup>[1-2]</sup>。罗平县旱地油菜常年播种面积和总产保持在 5.53 万 hm<sup>2</sup> 和 15 万 t 以上, 种植面积、产量分别占全省的 1/6、1/5, 素有滇东油库之称<sup>[3-5]</sup>。为筛选优质、高产、早熟、耐旱的油菜新品种, 笔者综合分析了云南省近年来育成的油菜新品种的丰产性、生育期、抗病抗逆性、经济性状等, 为罗平县早熟旱地油菜生产区域选择主导品种提供依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 供试材料** 供试油菜品种(组合)包括云油杂 M52034、云油杂 12 号、云油杂 18 号、云油杂 28 号、云油杂 29 号、云油杂 30 号、云油杂 10 号、云油杂 15 号、云油杂 51 号、云油 33 号、云油 36 号、18JD141、18JD003 共 13 个, 均由云南省农业科学院经济作物研究所提供。

**1.2 试验设计** 试验采用大区设计, 不设重复。大区长 18 m、宽 3 m, 面积 54 m<sup>2</sup>, 行距 0.4 m、株距 0.333 m、每塘留苗 3 株, 种植密度为 22.5 万株/hm<sup>2</sup>。

**1.3 栽培管理** 试验地前作烤烟, 播种前用农机具翻耕耙平。2019 年 10 月 11 日播种, 播前用 70%“吡虫啉湿拌种剂”进行拌种处理, 用 750 kg/hm<sup>2</sup> 普钙、150 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾、75 kg/hm<sup>2</sup> 尿素、15 kg/hm<sup>2</sup> 硼砂、15 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸锌混合作底

肥一次施用, 不追肥, 播种当日覆土后用芽前除草剂“异松·乙草胺”喷施 1 次。10 月 18 日出苗, 11 月 11 日间苗 1 次, 11 月 18 日定苗及人工除草 1 次, 11 月 23 日和 12 月 12 日用“氯氟氰菊酯”喷雾防治菜青虫。翌年 1 月 18 日、2 月 19 日和 3 月 6 日用 70%“吡虫啉”喷雾防治蚜虫, 4 月 16 日收获。

**1.4 测定项目与方法** 参照《油菜品种区域试验技术》, 记录油菜生长关键生育期, 成熟前 7 d 进行抗病性和抗倒性等调查, 每个小区随机取样 10 株进行相关农艺性状和株型性状考种; 油菜成熟时, 分小区收获、脱粒, 测定小区的实际产量和千粒重。

## 2 结果与分析

**2.1 气候对油菜生长的影响** 从表 1 可以看出, 2019 年 9—10 月雨水充足、土壤墒情好、气温高, 除云油杂 29 号自生原因出苗不齐外, 其他品种均出苗整齐。11—12 月油菜生长处于抽薹现蕾至初花期, 受干旱影响, 长势中等, 12 月 6—16 日受霜冻为害, 植株生长受到抑制, 营养生长不足, 长势总体弱于正常年。翌年 1 月 5—24 日有阶段性小雨, 期间虽然有晴天, 但气温低。1 月 25 日雪灾, 早熟品种处于盛花期, 不同程度倒伏, 严重影响试验调查和产量结果, 中晚熟品种处于薹期, 受灾轻, 未倒伏。之后气候正常, 倒伏品种出现返花, 花期和生育期相对延长, 中晚熟品种正处于薹期, 影响小, 花期正常, 正常成熟。

**2.2 不同油菜品种(组合)产量的比较** 由表 2 可知, 不同品种(组合)之间的产量差异较大, 产量在 1 375.65 ~ 4 117.80 kg/hm<sup>2</sup>, 其中云油杂 30 号产量最高, 为 4 117.80 kg/hm<sup>2</sup>, 云油杂 18 号产量最低, 为 1 375.65 kg/hm<sup>2</sup>。其他品种产量及位次依次为: 18JD003 产量 3 975.90 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 2 位; 18JD141 产量 3 616.05 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 3 位; 云油杂 29

**基金项目** 国家重点研发计划项目(2018YFD0100503); 云南省现代农业油菜产业技术体系建设项目(2021KJTX005-08)。

**作者简介** 燕林祥(1973—), 男, 云南罗平人, 高级农艺师, 从事农作物种子及油菜试验研究。\* 通信作者, 副研究员, 硕士, 从事油料作物育种及栽培技术研究。

**收稿日期** 2021-02-04

号产量 3 607.50 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 4 位; 云油杂 51 号产量 3 238.20 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 5 位; 云油杂 12 号产量 3 117.60 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 6 位; 云油杂 28 号产量 3 018.45 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 7 位; 云油 33 号产量 3 009.60 kg/hm<sup>2</sup>, 排第 8 位。

表 1 2019—2020 年度罗平县择月气候情况

Table 1 Climate condition of selecting month in Luoping County from 2019 to 2020

月份 Month	平均气温 Average temperature//℃	降雨量 Rainfall mm	日照时数 Sunshine hours//h
2019-09	19.5	293.0	109.8
2019-10	16.8	270.0	71.7
2019-11	12.9	39.1	59.3
2019-12	8.2	18.2	130.5
2020-01	10.1	67.9	108.7
2020-02	10.6	14.1	102.4
2020-03	14.6	42.1	155.4
2020-04	15.0	69.0	154.4

2.3 不同油菜品种(组合)生育期的比较 由表 3 可知, 不同品种(组合)的全生育期在 183~189 d, 花期在 54~82 d。其中, 18JD003 全生育期最长, 为 189 d; 云油杂 18 号和云油

杂 28 号全生育期最短, 为 183 d。云油杂 15 号开花早, 花期最长, 为 82 d; 18JD141 开花晚, 终花早, 花期最短, 为 54 d。

表 2 不同油菜品种(组合)产量的比较

Table 2 Comparison of the yield of different rape varieties (combinations)

序号 Code	品种(组合)名称 Variety (combination) name	单株产量 Yield per plant g	小区产量 Plot yield kg	折合产量 Equivalent yield kg/hm <sup>2</sup>	位次 Rank
1	云油杂 30 号	18.30	22.235	4 117.80	1
2	18JD003	17.67	21.469	3 975.90	2
3	18JD141	16.06	19.509	3 616.05	3
4	云油杂 29 号	16.03	19.479	3 607.50	4
5	云油杂 51 号	14.39	17.486	3 238.20	5
6	云油杂 12 号	13.86	16.834	3 117.60	6
7	云油杂 28 号	13.42	16.299	3 018.45	7
8	云油 33 号	13.38	16.251	3 009.60	8
9	云油 36 号	13.19	16.026	2 967.90	9
10	云油杂 M52034	12.94	15.717	2 910.75	10
11	云油杂 15 号	11.60	14.096	2 610.45	11
12	云油杂 10 号	9.66	11.739	2 173.95	12
13	云油杂 18 号	6.11	7.428	1 375.65	13

表 3 不同油菜品种(组合)生育期的比较

Table 3 Comparison of growth period of different rape varieties (combinations)

序号 Code	品种(组合)名称 Variety (combination) name	播种期 Sowing date	出苗期 Emergence date	抽薹期 Bolting date	现蕾期 Budding date	初花期 Early flowering date	终花期 Terminal flowering date	成熟期 Mature date	全生育期 Whole growth period//d	花期 Florescence d
1	云油杂 30 号	10-11	10-18	12-06	12-16	01-18	03-15	04-14	186	58
2	18JD003	10-11	10-18	12-13	12-18	01-14	03-15	04-17	189	62
3	18JD141	10-11	10-18	12-14	12-20	01-16	03-09	04-14	186	54
4	云油杂 29 号	10-11	10-18	12-12	12-17	01-90	03-10	04-13	185	62
5	云油杂 51 号	10-11	10-18	11-26	12-07	01-02	03-10	04-16	188	69
6	云油杂 12 号	10-11	10-18	12-13	12-24	01-14	03-14	04-16	188	61
7	云油杂 28 号	10-11	10-18	11-30	12-16	01-06	03-11	04-11	183	66
8	云油 33 号	10-11	10-18	12-14	12-18	01-16	03-15	04-14	186	60
9	云油 36 号	10-11	10-18	12-02	12-09	01-04	03-20	04-13	185	77
10	云油杂 M52034	10-11	10-18	12-10	12-21	01-16	03-11	04-15	187	56
11	云油杂 15 号	10-11	10-18	11-27	12-08	12-30	03-20	04-13	185	82
12	云油杂 10 号	10-11	10-18	12-04	12-13	01-07	03-20	04-15	187	74
13	云油杂 18 号	10-11	10-18	12-08	12-16	01-05	03-20	04-11	183	76

2.4 不同油菜品种(组合)抗病抗逆性的比较 ①抗倒性。13 个参试品种有 5 个倒伏, 分别为云油杂 18 号、云油杂 28 号、云油杂 10 号、云油杂 15 号、云油杂 51 号; 云油 36 号倾斜, 其他 7 个品种抗倒(表 4)。②抗寒性。云油 36 号冻株率最高, 为 28.4%, 云油 33 号和 18JD141 冻株率次之, 分别为 17.7% 和 17.3%, 其他品种耐寒性中偏强, 云油杂 12 号冻株率最低, 仅为 1.7%。③抗病性。各品种均抗病毒病和白锈病, 菌核病发病较正常年偏重, 病株率在 69.4%~100%, 云油杂 28 号和云油杂 10 号病率最高, 均为 100%, 18JD141 发病率最低为 69.4%; 病情指数在 30.4~63.4, 云油杂 30 号病指最低为 30.4, 云油杂 10 号病指最高为 63.4; 参试各品种耐旱性均较强。

2.5 不同油菜品种(组合)经济性状比较 由表 5 可知, 参试品种(组合)株高在 169.8~200.2 cm, 云油 33 号最高, 为 200.2 cm, 云油 36 号最低, 为 169.8 cm; 分枝部位在 55.6~85 cm, 云油 33 号最高, 为 85 cm, 云油 36 号最低, 为 55.6 cm; 一次有效分枝数在 5~8 个, 云油杂 M52034 最多, 为 8 个, 18JD003 最少, 为 5 个; 主花序有效长度在 47.2~66.6 cm, 云油杂 30 号最长, 为 66.6 cm, 云油杂 28 号最短, 为 47.2 cm; 主花序有效果数在 41.0~79.2 个, 云油杂 M52034 最多, 为 79.2 个, 云油 36 号最少, 为 41.0 个; 主花序角果密度在 0.6~1.6 个/cm, 云油杂 M52034 最高, 为 1.6 个/cm, 云油 36 号最低, 为 0.6 个/cm; 全株有效角果数在 240.8~550.6 个, 云油 36 号最多, 为 550.6 个, 18JD003 最少, 为 240.8 个; 每角粒数在

19.0~28.4 粒,云油杂 12 号最多,为 28.4 粒,云油杂 10 号最少,为 19.0 粒;千粒重在 2.78~4.06 g,云油杂 28 号最高,为

4.06 g,云油杂 10 号最低,为 2.78 g。

表 4 不同油菜品种(组合)抗病抗逆性的比较

Table 4 Comparison of disease resistance and stress resistance of different rape varieties( combinations)

序号 Code	品种(组合) 名称 Variety (combination) name	耐旱性 (强、中、弱) Drought tolerance (strong, medium and weak)	抗倒性 (直、斜、倒) Lodging resistance (straight, oblique, inverted)	抗寒性 Cold resistance		菌核病 Sclerotinia sclerotiorum		病毒病 Virus disease		白锈病发病 Incidence rate of white rust %
				冻株率 Frozen plant rate %	冻指 Freezing index	病株率 Disease rate %	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	
1	云油杂 30 号	强	直	4.1	1.0	73.0	30.4	0	0	0
2	18JD003	强	直	8.6	2.5	73.9	40.2	0	0	0
3	18JD141	强	直	17.3	4.6	69.4	33.7	0	0	0
4	云油杂 29 号	强	直	4.1	1.0	84.3	35.8	0	0	0
5	云油杂 51 号	中	倒	3.3	0.9	81.8	55.0	0	0	0
6	云油杂 12 号	强	直	1.7	0.4	71.4	32.9	0	0	1.5
7	云油杂 28 号	中	倒	4.5	1.1	100	59.1	0	0	0
8	云油 33 号	强	直	17.7	4.4	77.3	46.6	0	0	0
9	云油 36 号	强	斜	28.4	9.5	84.9	55.2	0	0	0
10	云油杂 M52034	强	直	9.1	2.3	78.8	40.2	0	0	0
11	云油杂 15 号	中	倒	7.0	1.4	98.0	56.9	0	0	0
12	云油杂 10 号	中	倒	4.1	1.0	100	63.4	0	0	0
13	云油杂 18 号	中	倒	2.1	0.5	96.3	57.9	0	0	0

表 5 不同油菜品种(组合)经济性状的比较

Table 5 Comparison of the economic characters of different rape varieties( combinations)

序号 Code	品种(组合) 名称 Variety (combination) name	株高 Plant height cm	分枝部位 Branching site cm	一次有效 分枝数 The first effective branch number	主花序 Main inflorescence			单株有效 角果数 Effective pod number per plant 个	每角粒数 Grains per corner 粒	千粒重 1 000-grain weight g
					有效长度 Effective length cm	有效角果数 Effective pod number//个	角果密度 Pod density 个/cm			
1	云油杂 30 号	197.8	80.4	6.2	66.6	70.8	1.1	344.2	24.7	3.61
2	18JD003	175.0	70.2	5.0	63.0	68.4	1.1	240.8	24.1	3.83
3	18JD141	175.0	71.0	5.6	61.6	61.2	1.0	331.2	23.9	3.63
4	云油杂 29 号	194.2	72.4	7.0	63.0	66.4	1.1	342.0	22.9	4.01
5	云油杂 51 号	188.6	76.0	7.4	60.2	76.8	1.3	394.4	28.1	3.84
6	云油杂 12 号	188.2	77.6	7.8	57.8	72.8	1.3	436.0	28.4	3.74
7	云油杂 28 号	170.8	76.6	6.0	47.2	60.8	1.3	337.6	25.4	4.06
8	云油 33 号	200.2	85.0	6.4	66.0	62.4	0.9	267.4	24.0	3.73
9	云油 36 号	169.8	55.6	5.8	66.2	41.0	0.6	550.6	22.4	2.88
10	云油杂 M52034	190.6	80.2	8.0	49.4	79.2	1.6	420.0	23.1	3.36
11	云油杂 15 号	177.0	67.4	6.6	48.4	70.0	1.5	380.2	24.8	3.74
12	云油杂 10 号	185.0	79.4	6.6	60.0	65.6	1.1	281.2	19.0	2.78
13	云油杂 18 号	183.8	76.0	7.0	52.6	59.6	1.1	329.4	24.6	3.57

### 3 结论与讨论

旱地油菜生产中,因没有灌溉用水保障,极易受干旱影响,导致苗期水分不足或低温冻害等造成营养生长不良和后期高温逼熟而影响产量<sup>[6-7]</sup>,品种生育期过长将会加剧后期高温逼熟,严重影响产量,并与下一季作物形成茬口矛盾,严重影响大春作物在最佳节令种植<sup>[8-9]</sup>,同时机械化生产对抗倒伏、株型紧凑等适宜机械化生产性状,特别是对抗倒伏能力要求较高,抗倒伏性差不仅影响产量,还十分不利于机械化收获<sup>[10]</sup>。因此旱地油菜品种选择时,品种的早熟性、抗逆性和良好的性状较为关键。

18JD141、云油杂 29 号、云油杂 12 号和云油 33 号 6 个品种生育期适中,耐旱性和耐寒性强,抗倒伏,中抗菌核病,产量高,适合在罗平旱地及相似地区种植;云油杂 51 号和云油杂 28 号产量较高,但抗倒性和抗菌核病较差;云油杂 M52034 和云油 36 号丰产性、抗病抗逆性和综合性状表现一般;云油杂 10 号、云油杂 18 号、云油杂 15 号雪灾后倒伏严重,对产量结果影响较大,丰产性未能得到充分表现。油菜播种时土壤墒情好、出苗好,2019 年 12 月和翌年 1 月的霜冻与雪灾导致长势总体弱于正常年和倒伏,影响试验的结果调查和产量。供试品种的全生育期在 183~189 d,均属较早熟品种,具有耐旱特征。

试验结果和田间综合表现显示,云油杂 30 号、18JD003、

(下转第 36 页)

表6 不同比例 TiO<sub>2</sub> 包衣对 MSK326 种子质量的影响Table 6 Effects of TiO<sub>2</sub> coating proportion on the seed quality of MSK326

发芽温度 Germination temperature ℃	TiO <sub>2</sub> 比例 proportion %	发芽势 Germination energy %	发芽率 Germination rate//%	发芽时间 Germination time//d	发芽指数 Germination index
25	CK	97.67a	97.67 a	6.07 ab	16.33 a
	0.5	97.67 a	98.33 a	6.06 ab	16.30 a
	1.0	98.00 a	98.33 a	6.05 b	16.35 a
	1.5	97.33 a	98.00 a	6.08 a	16.29 a
	2.0	96.67 a	98.00 a	6.07 a	16.32 a
15	CK	—	97.00 a	12.20 c	10.54 b
	0.5	—	97.33 a	12.19 cd	10.55 b
	1.0	—	97.67 a	12.15 d	10.65 a
	1.5	—	97.33 a	12.24 b	10.45 c
	2.0	—	97.00 a	12.26 a	10.37 d

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

### 3 结论与讨论

该试验研究了不同浓度 5 nm TiO<sub>2</sub> 悬浮液作为引发剂、不同比例 5 nm TiO<sub>2</sub> 包衣丸化对红花大金元和 MSK326 种子质量影响。综合分析常温 and 低温下种子的发芽势、发芽率、发芽指数、平均发芽时间,同时结合生产实际,研究发现对于红花大金元,600 mg/L TiO<sub>2</sub> 引发 24 h 处理效果好;对于 MSK326,100 mg/L TiO<sub>2</sub> 引发 24 h 处理效果优于其他处理。采用最佳引发处理,使用不同比例 5 nm 二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 进行包衣丸化,发现使用含 1.0% 二氧化钛的包衣粉剂包衣丸化,红花大金元和 MSK326 种子发芽指标优于其他处理。

该研究结果显示,5 nm 二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 悬浮液引发效果在品种间存在差异,目前在烟叶生产上推广应用的品种较多,后续需针对不同品种选择适宜浓度的二氧化钛进行引发处理;该研究使用的 5 nm 二氧化钛价格昂贵,市售的纳米二氧化钛还有其他不同规格粒径,需要进一步筛选价格便宜、引发和包衣效果都好的纳米二氧化钛材料;同时,该研究仅用常规发芽指标研究二氧化钛引发和包衣对种子质量的影响。前人研究表明,纳米 TiO<sub>2</sub> 对幼苗根长、株高及鲜重存在不同程度的促进作用<sup>[16]</sup>,纳米 TiO<sub>2</sub> 促进植物生长可能还与其能调控与氮代谢相关的一些酶活性有关<sup>[17]</sup>,且纳米 TiO<sub>2</sub> 自身的光催化活性能够促进叶绿素和类胡萝卜素的合成,进一步提高光合作用效率,诱导碳同化,从而

促进幼苗的生长发育<sup>[18]</sup>,所以有待对与活力密切相关的幼苗素质和酶活性进行测定,从而深入探索纳米 TiO<sub>2</sub> 引发和包衣对烟草种子及幼苗生长起促进作用的机理,为下一步大面积应用提供技术支撑。

### 参考文献

- [1] GRUÈRE G, NARROD C, ABBOTT L. Agricultural, food, and water nanotechnologies for the poor: Opportunities, constraints, and role of the Consultative Group on International Agricultural Research [J]. *Ifpri Discuss Pap*, 2011, 3(13): 3271-3278.
- [2] ZHANG L, GU F X, CHAN J M, et al. Nanoparticles in medicine: Therapeutic applications and developments [J]. *Clin Pharmacol Ther*, 2008, 83(5): 761-769.
- [3] CHEN H, YADA R. Nanotechnologies in agriculture: New tools for sustainable development [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2011, 22(11): 585-594.
- [4] 袁程飞, 谢伶俐, 陈帆, 等. 碳纳米管在农业中的应用研究进展 [J]. *河南农业科学*, 2016, 45(2): 7-10, 16.
- [5] 汪玉洁, 陈日远, 刘厚诚, 等. 纳米材料在农业上的应用及其对植物生长和发育的影响 [J]. *植物生理学报*, 2017, 53(6): 933-942.
- [6] LAHLANI M H, CHEN J H, IRIN F, et al. Interaction of carbon nanohorns with plants: Uptake and biological effects [J]. *Carbon*, 2015, 81: 607-619.
- [7] TIWARI D K, DASGUPTA-SCHUBERT N, VILLASEÑOR CENDEJAS L M, et al. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: Enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture [J]. *Applied nanoscience*, 2014, 4(5): 577-591.
- [8] RAO D P, SRIVASTAVA A. Enhancement of seed germination and plant growth of wheat, maize, peanut and garlic using multiwalled carbon nanotubes [J]. *European chemical bulletin*, 2014, 3(5): 502-504.
- [9] LAHLANI M H, DERVISHI E, CHEN J H, et al. Impact of carbon nanotube exposure to seeds of valuable crops [J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2013, 5(16): 7965-7973.
- [10] 毕毓芳, 王安可, 翟志忠, 等. 纳米材料对林木生长发育影响及其在林木生物学上的应用 [J]. *世界林业研究*, 2016, 29(1): 19-23.
- [11] SINGH P, SINGH R, BORTHAKUR A, et al. Effect of nanoscale TiO<sub>2</sub>-activated carbon composite on *Solanum lycopersicum* (L.) and *Vigna radiata* (L.) seeds germination [J]. *Energy, ecology and environment*, 2016, 1: 131-140.
- [12] 郭莉, 王丹军, 王晓润, 等. 纳米 TiO<sub>2</sub> 对豌豆萌发及生长的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(18): 5352-5353, 5355.
- [13] 苏爱华, 林匡飞, 张卫, 等. 纳米 TiO<sub>2</sub> 对油菜种子发芽与幼苗生长的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(2): 316-320.
- [14] 陆长梅, 张超英, 温俊强, 等. 纳米材料促进大豆萌芽、生长的影响及其机理研究 [J]. *大豆科学*, 2002, 21(3): 168-171, 241.
- [15] 索文龙, 郑晓琳, 马文广. 不同回干温度与时间对烟草种子萌发的影响 [J]. *种子*, 2017, 36(3): 72-76.
- [16] 徐冬梅, 李玉婵, 杨彬, 等. 纳米 TiO<sub>2</sub> 对川北柴 1 号种子萌发和幼苗生长及生理的影响 [J]. *中药材*, 2019, 42(4): 730-733.
- [17] MISHRA V, MISHRA R K, DIKSHIT A, et al. Interactions of nanoparticles with plants: An emerging prospective in the agriculture industry [M]// AHMAD P, RASOOL S. *Emerging technologies and management of crop stress tolerance: Volume/Biological techniques*. Amsterdam: Elsevier Inc, 2014: 159-180.
- [18] POKHREL L R, DUBEY B. Evaluation of developmental responses of two crop plants exposed to silver and zinc oxide nanoparticles [J]. *Science of the total environment*, 2013, 452/453(3): 321-332.

(上接第 32 页)

### 参考文献

- [1] 李庆刚, 周翠萍, 原小燕, 等. 旱地油菜耐旱品种筛选试验 [J]. *现代农业科技*, 2020(6): 30-32.
- [2] 罗平县志编纂委员会. 罗平县志 (1978~2015) [M]. 昆明: 云南人民出版社, 2010: 1-44.
- [3] 王汉中. 中国油菜生产抗灾减灾技术手册 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 141.
- [4] 雷元宽. 油菜在产业发展中的重要作用 [J]. *云南农业*, 2003(5): 5.
- [5] 雷元宽, 吴进明. 罗平县油菜生产综合效益分析 [J]. *当代经济*, 2013

(5): 82-83.

- [6] 雷元宽, 李庆刚, 熊琼, 等. 罗平县油菜综合示范区样板主要技术及成效 [J]. *现代农业科技*, 2012(18): 50, 54.
- [7] 雷元宽, 李庆刚, 张美玲, 等. 果角期冻害对油菜产量的影响 [J]. *现代农业科技*, 2013(4): 21-22.
- [8] 李庆刚, 熊琼, 张云云, 等. 生姜地耐迟播油菜品种的筛选 [J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(23): 42-44.
- [9] 张朝莲, 燕林祥, 董文兵, 等. 云南省罗平县油菜品种种植试验分析 [J]. *中国种业*, 2019(9): 37-41.
- [10] 叶代朝, 胡培业, 魏德明, 等. 2015—2016 年西乡县适宜机械化生产油菜品种筛选试验 [J]. *基层农技推广*, 2016, 4(10): 15-17.