

高建芹, 陈松, 彭琦, 等. 苗期喷施烯效唑对油菜生长及产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 305-312.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.02.011

苗期喷施烯效唑对油菜生长及产量和品质的影响

高建芹, 陈松, 彭琦, 陈锋, 张维, 周晓婴, 戚存扣
(江苏省农业科学院经济作物研究所/国家南京油菜改良分中心, 江苏 南京 210014)

摘要: 为探索烯效唑在油菜机械化种植中的应用, 2~4 叶期用 50 mg/L、75 mg/L、100 mg/L 和 150 mg/L 的烯效唑喷施油菜幼苗(1 或 2 次), 研究烯效唑对幼苗生长调控、光合生理特性、植株抗倒性及其产量和品质的影响。结果显示: 幼苗株高、最大叶面积和地上部干质量均随处理浓度和次数的增加而显著下降; 当处理浓度 \leq 100 mg/L, 根干质量和根颈粗随处理浓度增加而增加。幼苗高、最大叶面积和根干质量随烯效唑处理时苗龄的增大而增加。叶片净光合率和叶绿素含量随处理浓度和次数的增加而增加。成熟期的株高和分枝点高度均随烯效唑处理浓度和次数的增加而降低, 而根颈粗、根干质量和单位长度茎秆干质量增加, 植株抗倒能力增强。烯效唑浓度 \leq 100 mg/L, 处理 1 次, 单株角果数、千粒质量和种子产量增加。2~4 叶期叶面喷施不同浓度烯效唑, 种子含油量下降, 蛋白质含量增加, 脂肪酸组成及相对含量无明显变化。2 叶或 3 叶期用 \leq 100 mg/L 烯效唑处理幼苗, 可有效降低成熟期株高, 增强植株抗倒性, 有利于机械收获。

关键词: 烯效唑; 幼苗生长; 光合指标; 产量; 品质

中图分类号: S565.401 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)02-0305-08

Effect of uniconazole application on seedling growth and seed yield and quality in *Brassica napus* L.

GAO Jian-qin, CHEN Song, PENG Qi, CHEN Feng, ZHANG Wei, ZHOU Xiao-ying, QI Cun-kou
(*Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences / Nanjing Branch of National Rapeseed Improvement Center, Nanjing 210014, China*)

Abstract: The effect of uniconazole on seedling growth of *Brassica napus* L. as well as seed yield and quality traits were investigated by foliar spraying once or twice at 2-4 leaf period with the concentrations of 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L and 150 mg/L in Nanjing. Seedling height (SH), leaf area of the largest leaf (LAL) and dry matter weight of seedling shoots (SDM) were decreased with the increase of applied concentrations and times of uniconazole. While the concentration was less than 100 mg/L, dry matter of roots (RDM) and root collar diameter (RCD) were increased with the concentration. The SH, LAL and SDM were increased as seedling developed bigger while uniconazole was applied.

收稿日期: 2015-07-20

基金项目: 江苏省“三新工程”项目(SXG2013006); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(14)2003]; 江苏省科技支撑计划项目(BE2012327)

作者简介: 高建芹(1974-), 女, 江苏淮安人, 学士, 副研究员, 从事油菜品质分析和遗传育种研究。(Tel) 025-84390364; (E-mail) chinagjq@163.com

SPAD value, chlorophyll content and net photosynthetic rate (NPR) of seedling leaf increased with the applied concentrations and times of uniconazole. At maturity, plant height (PH) and the height of lowest branch point (BPH) were significantly decreased, however, root collar width, root dry weight and dry weight/stem length increased, and plant lodging resistance were improved. Seed yielding, pod number per plant and one thousand

seed weight were increased when the uniconazole was less than 100 mg/L and was applied once. Application of uniconazole at 2-4 leaf age led to decreased oil content and increased protein content. All the results above indicated that uniconazole applied at seedling stage gave a lower PH and BPH of the plant and a higher lodging resistance at maturity, which were helpful for mechanical harvesting.

Key words: uniconazole; seedlings growth; photosynthetic parameter; yield; quality

油菜是中国最主要的油料作物,在保证粮食和油料的安全供应方面有双重作用。长江流域油菜种植面积占中国的90%,其中30%为直播,70%为移栽^[1]。由于直播油菜受到晚粳稻茬口较迟的影响,产量较低;而传统的油菜移栽方式劳动强度大、效率低,导致种植面积大幅度下滑。2012—2013年度中国食用油的自给率仅为38.5%,据预测,2020年中国人均年植物油消费量20 kg,生产与需求的矛盾将日益突出,食油安全隐患日趋严重^[2]。要改变这种状况,栽培技术必须着眼于省工节本,实现机械化生产和轻简化栽培,提高种植效益^[3]。目前,油菜生产上机械化翻耕、开沟、植保、施肥等环节的生产问题基本解决,但由于农机与农艺脱节,江苏油菜机械直播面积不足10%,机械收获面积不到20%,机械移栽面积所占比例更小^[4]。烯效唑属于延缓型植物生长调节剂,能够抑制植物体内赤霉素的生物合成及减慢细胞伸长速度,在现代植物生产中得到广泛应用^[5-8]。烯效唑可以促进冬油菜根系生长,增强逆境条件下适应性^[9-11]。利用烯效唑提高油菜幼苗质量,改善农艺性状和增加产量也有一些报道^[12-16]。宁杂27是国家审定的油菜新品种,株型紧凑,特别是其株高适中、抗耐病、抗倒伏,且熟期一致性好,适合全程机械化生产。本试验旨在通过油菜幼苗期叶面喷施不同浓度烯效唑,研究油菜幼苗生长发育、光合生理参数、成熟期植株农艺性状、抗倒性、产量及品质对不同浓度烯效唑处理的响应,探索烯效唑在培育适龄机械移栽苗和机械收获等油菜机械化种植中的应用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验用油菜品种为甘蓝型油菜宁杂27号。烯效唑(Uniconazole)为BR生物试剂10 g装,纯度≥95%,上海宇涵生物科技有限公司进口分装。以乙醇为溶剂,配成5 000 mg/kg母液。

1.2 试验设计

试验分别在江苏省农业科学院试验田和溧水白马植物科学实验基地实施,旱地,前茬休闲。2013年9月29日施复合肥750 kg/hm²作基肥,氮、磷、钾有效成分为15:15:15,9月30日深耕,10月3日旋地。10月5日人工直播,播种量为3 kg/hm²。10月9日齐苗,10月17日间苗,11月6日定苗,密度为1 hm² 1.8×10⁵株。2013年12月27日施腊肥,用量为尿素225 kg/hm²。2014年3月15日施薹肥,用量为尿素150 kg/hm²。除草、防治病虫害按常规进行。

试验小区长3.3 m、宽2.0 m,面积为6.6 m²,3次重复,随机区组排列。烯效唑浓度(C)设50 mg/L(C1)、75 mg/L(C2)、100 mg/L(C3)和150 mg/L(C4)等4个处理,不施烯效唑处理为对照。采用叶面喷施,药液量为750 kg/hm²。

设喷施1次(N1)和喷施2次(N2)2个处理。喷施时幼苗苗龄大小设为2叶期(t1)、3叶期(t2)和4叶期(t3)等3个时期。N1分别于t1、t2和t3喷施;N2分别于t1t2、t1t3和t2t3喷施。2013年10月5日播种,10月9日齐苗。于油菜2叶1心(10月20日)、3叶1心(10月26日)和4叶1心(11月2日)叶面喷施,药液量为750 kg/hm²,对照喷等量清水。2014年3月27日每个小区套袋10株,用于脂肪酸测定。试验设计详见表1。

1.3 测定项目和方法

①叶片净光合速率(Net photosynthetic rate NPR)测定。采用Li-6400(Li-COR公司,美国)便携式光合测定仪进行测定。检测室参数:温度20℃,CO₂浓度400 μmol/mol,光合有效辐射(PAR)1 200 μmol/(m²·s)。待测叶片为植株倒3功能叶。每个小区测定10株。2013年11月18日(40 d苗龄)测定。

②SPAD值测定。每个待测植株倒3功能叶上取样5个点,每个点测定5次,共25点次,取其平均值。

表 1 油菜幼苗期烯效唑处理试验设计

Table 1 Design of uniconazole treatments at seedling stage of *Brassica napus* L.

处理	烯效唑浓度 (mg/L)					
	对照	C1	C2	C3	C4	
N1	t1	CKN1t1	C1N1t1	C2N1t1	C3N1t1	C4N1t1
	t2	CKN1t2	C1N1t2	C2N1t2	C3N1t2	C4N1t2
	t3	CKN1t3	C1N1t3	C2N1t3	C3N1t3	C4N1t3
N2	t1t2	CKN2t1t2	C1N2t1t2	C2N2t1t2	C3N2t1t2	C4N2t1t2
	t1t3	CKN2t1t3	C1N2t1t3	C2N2t1t3	C3N2t1t3	C4N2t1t3
	t2t3	CKN2t2t3	C1N2t2t3	C2N2t2t3	C3N2t2t3	C4N2t2t3

N1: 喷施 1 次; N2: 喷施 2 次; t1: 2 叶期喷施; t2: 3 叶期喷施; t3: 4 叶期喷施; 对照: 0 mg/L 烯效唑; C1: 50 mg/L 烯效唑; C2: 75 mg/L 烯效唑; C3: 100 mg/L 烯效唑; C4: 150 mg/L 烯效唑。

③叶绿素含量测定。按 Harborne JB 的方法测定^[17], 用 Lichtenthaler 和 Wellburn 的方法计算^[18]。每个待测功能叶用打孔器取样 5 个点, 装入 25 ml 离心管冰冻保存。测定前擦净样品表面微尘。

④秧苗素质调查。出苗后 40 d (11 月 18 日) 取样测定幼苗性状, 每个处理小区取样 10 株, 调查绿叶数, 测量苗高, 测定地上部和地下部干质量等。

⑤植株经济性状考查。2014 年 5 月 18 日调查株高、根茎干质量、单株总角数、每角粒数、千粒质量和单株种子产量等。

⑥实收产量及品质测定。2014 年 5 月 24 日收获, 分别测定各个小区种子产量, 测产小区同时取样, 测定种子油份、硫苷及蛋白质等含量^[19-22]。

1.4 数据统计分析

用 SAS8.0 软件统计分析试验数据, Office 2010 软件绘制图表。

表 2 喷施烯效唑对幼苗生长的影响

Table 2 Uniconazole effects on seedling growth of *B. napus* L.

处 理	苗高 (cm)	根颈粗 (cm)	绿叶数	最大叶面积 (cm ²)	茎叶干质量 (g)	根干质量 (g)
对照 1	26.78±1.50a	0.33±0.01c	6.92±0.39a	98.76±1.78a	3.78±0.09a	0.66±0.03b
50 mg/L 烯效唑	21.50±1.25b	0.36±0.02b	6.97±0.27a	86.26±2.88b	2.75±0.13b	0.71±0.03a
75 mg/L 烯效唑	20.57±1.40c	0.37±0.02b	6.72±0.39b	78.11±3.20c	2.58±0.11c	0.70±0.03ab
100 mg/L 烯效唑	19.31±1.85d	0.38±0.02a	6.55±0.33c	72.71±4.50d	2.45±0.12d	0.67±0.03b
150 mg/L 烯效唑	17.54±1.86e	0.38±0.01a	6.22±0.44d	68.09±2.92e	2.34±0.12e	0.63±0.02c
对照 2	26.53±1.52a	0.33±0.02c	6.92±0.38a	97.76±1.88a	3.76±0.10a	0.66±0.03b
喷施 1 次	21.04±1.77b	0.36±0.02b	6.84±0.26b	72.96±3.99b	2.91±0.15b	0.69±0.02a
喷施 2 次	17.45±1.85c	0.38±0.02a	6.31±0.41c	59.62±2.11c	2.37±0.12c	0.66±0.02b
对照 3	26.01±1.50a	0.33±0.02b	6.92±0.39a	99.01±1.75a	3.75±0.09a	0.66±0.02b
2 叶期喷施	18.49±1.84c	0.37±0.02ab	6.42±0.43b	59.87±2.58d	2.16±0.13c	0.66±0.02b
3 叶期喷施	19.07±1.80c	0.38±0.02a	6.66±0.45b	71.24±3.87c	2.53±0.16c	0.67±0.03b
4 叶期喷施	21.33±1.78b	0.38±0.01a	6.46±0.47b	83.25±3.74b	3.10±0.13b	0.68±0.03a

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达 0.05 显著水平。

2 结果与分析

2.1 烯效唑处理对油菜幼苗生长的影响

由表 2 可知, 不同浓度烯效唑处理油菜幼苗均能明显抑制幼苗生长。烯效唑喷施后幼苗高、最大叶面积、叶片数、茎叶干质量均比对照 1 显著降低, 与处理浓度呈显著负相关, 相关系数为 $-0.96^{**} \sim -0.99^{**}$; 幼苗根颈粗比对照明显增加, 根干质量与对照 1 相比呈先增加后减少; 不同浓度处理对幼苗的抑制效果差异达显著水平。烯效唑浓度越高对幼苗生长调控效果越明显。苗高、最大叶面积、叶片数和茎叶干质量随烯效唑浓度增加而依次降低; 根颈粗随处理浓度提高依次增加。上述结果表明, 烯效唑处理主要抑制了幼苗地上部生长, 但促进根颈变粗; 低浓度时 (≤ 100 mg/L) 能有效促进根系发育。

与对照2相比,无论是喷施1次(N1)还是喷施2次(N2),幼苗高、最大叶面积、叶片数和茎叶干质量均降低(表2);N1、N2处理根颈粗均高于对照2,N1处理根干质量显著高于对照2,N2处理根干质量则与对照2无明显差异。N2处理与N1处理对幼苗高、最大叶面积、茎叶和根干质量的影响差异达显著水平。上述结果表明,喷施2次烯效唑对幼苗生长发育的抑制作用强于喷施1次,表现为幼苗高降低,出叶速率减慢、叶片变小、茎叶和根干质量下降明显。

不同苗龄期(t1、t2、t3)烯效唑处理后幼苗高、最大叶面积、叶片数和茎叶干质量均低于对照3;根颈粗和根干质量高于对照3。随着处理时苗龄增大,幼苗苗高、叶片数、最大叶叶面积、茎叶干质量和根干质量呈增加趋势。t1、t2、t3处理苗高分别为对照3的71.10%、73.32%和82.02%;叶片数分别为对照3的92.37%、95.83%和92.95%;最大叶叶面积为对照3的60.49%、71.95%和84.06%;茎叶干质量分别为对照3的57.43%、67.46%和82.58%;根系干质量分别为对照3的101.53%、103.08%和104.63%。随着烯效唑喷施时间的推移,t1、t2、t3处理根颈粗分别为对照3的112.06%、114.24%和115.15%。t1(2叶期)处理的苗高、最大叶叶面积

和茎叶干质量低于对照3,也低于t2和t3处理。表明在油菜2~4叶期烯效唑处理油菜幼苗,时间越早对幼苗生长的抑制效果越明显。

2.2 烯效唑处理对油菜幼苗光合特性的影响

由表3可知,烯效唑处理的幼苗叶片SPAD值、净光合效率、叶绿素a和叶绿素b含量均比对照1有明显增加,且随烯效唑浓度提高依次增加,处理间差异达显著水平。烯效唑处理无论浓度高低均能增加幼苗叶片净光合速率,有利于单位面积叶片的干物质积累。

无论是喷施1次(N1)还是喷施2次(N2),幼苗叶片的净光合效率、SPAD值、叶绿素a和叶绿素b含量均高于对照2,且N2处理和N1处理间差异达显著水平(表3)。表明,烯效唑处理能有效提高幼苗的光合生理活性,且喷施2次对幼苗光合活性的促进作用比处理1次要好。

不同苗龄处理结果显示,各处理光合生理指标参数均比对照3明显增加,其中叶片的叶绿素a含量、叶绿素b含量和净光合速率与对照3相比差异达显著水平(表3)。光合生理指标的上升和下降反映烯效唑调控效果的强弱,2~4叶期喷施烯效唑能有效提升油菜叶片的光合生理能力。

表3 喷施烯效唑对幼苗光合性状的影响

Table 3 Uniconazole effects on seedling photosynthetic traits of *B. napus* L.

处 理	SPAD 值	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	净光合速率 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)
对照 1	45.77±1.63e	0.68±0.02c	0.17±0.02c	15.95±0.81d
50 mg/L 烯效唑	51.43±2.54d	0.70±0.04c	0.21±0.03b	16.61±1.08c
75 mg/L 烯效唑	53.41±2.31c	0.71±0.04c	0.21±0.02b	17.42±0.82b
100 mg/L 烯效唑	54.29±2.55b	0.77±0.05b	0.23±0.02a	18.89±1.03a
150 mg/L 烯效唑	55.08±1.95a	0.84±0.04a	0.25±0.02a	19.18±0.884a
对照 2	45.43±0.81c	0.66±0.02c	0.18±0.03b	15.98±0.56c
喷施 1 次	51.06±0.79b	0.72±0.03b	0.21±0.02ab	17.17±0.72b
喷施 2 次	56.79±1.16a	0.79±0.03a	0.24±0.02a	18.88±0.85a
对照 3	45.88±1.13c	0.67±0.02b	0.18±0.01b	15.28±0.81b
2 叶期 喷施	53.43±1.42b	0.76±0.04a	0.23±0.02a	18.06±0.69ab
3 叶期 喷施	54.91±1.16a	0.79±0.03a	0.23±0.02a	18.47±0.55ab
4 叶期 喷施	54.02±1.21b	0.77±0.03a	0.23±0.02a	18.62±0.51a

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达0.05显著水平。

2.3 烯效唑对植株农艺性状的影响

油菜幼苗经不同浓度烯效唑处理后成熟期株高

和分枝点高度低于对照1,且随烯效唑浓度增加,分枝点高度和株高依次降低,处理间差异达到显著水

平(表4)。根颈粗和根干质量随处理浓度增加呈先升后降趋势,以75 mg/L处理最大,150 mg/L处理最小,但均高于对照1。茎秆干质量以50 mg/L处理最大,150 mg/L处理最小;各处理的一次有效分枝和茎秆干质量均高于对照1,以100 mg/L处理最大。根颈粗、根干质量、茎秆干质量与植株抗倒性显著正相关^[23-24]。表明烯效唑喷施油菜幼苗,可提高成熟期植株抗倒伏能力,有利于机械收获。

喷施次数(N)对植株农艺性状的影响见表4,随喷施次数增加,植株株高和分枝点高度明显下降,处理间差异达显著水平。根颈粗随喷施次数的增加而增加。烯效唑喷施1次,一次分枝数、根干质量、茎秆干质量及单位长度茎秆干质量均明显高于对照

2;喷施2次的处理,上述指标仍高于对照2,但明显低于喷施1次的处理。

在油菜2叶期(t1)、3叶期(t2)和4叶期(t3)进行烯效唑处理,成熟期植株株高和分枝点高度均比对照3明显下降,调控效果显著。不同苗龄烯效唑喷施结果表明,苗龄越大对油菜成熟期植株分枝点高度和株高调控作用越小。t1、t2和t3处理成熟期株高分别为对照3的93.52%、95.00%和96.67%,分枝点高度分别为对照3的87.25%、93.69%和96.48%。根颈粗、一次分枝数、根干质量、茎秆干质量及单位长度茎秆干质量均随处理时苗龄增大而增大,且t2和t3处理间差异不显著。

表4 喷施烯效唑对植株农艺的影响

Table 4 Uniconazole effects on agronomic traits of *B. napus* L.

处 理	株高 (cm)	根颈粗 (cm)	分枝点高度 (cm)	一次分枝数	根干质量 (g)	茎秆干质量 (g)	单位长度茎秆干质量 (g/cm)
对照1	156.67±1.45a	1.71±0.05d	46.28±1.50a	8.35±0.10c	10.00±0.45e	27.68±0.95c	0.27±0.02d
50 mg/L烯效唑	150.99±.50b	1.83±0.04b	45.21±0.85ab	8.68±0.38b	15.07±0.83a	31.48±1.08a	0.33±0.03b
75 mg/L烯效唑	147.43±2.32c	1.88±0.06a	43.64±1.07b	8.82±0.29ab	14.47±1.36b	31.39±1.41a	0.34±0.03ab
100 mg/L烯效唑	144.39±2.11d	1.86±0.09ab	38.53±0.85c	9.03±0.45a	13.40±0.50c	30.60±2.30b	0.35±0.04a
150 mg/L烯效唑	140.89±2.42e	1.81±0.13bc	37.67±1.46c	8.61±0.36b	12.40±1.00d	25.67±1.37d	0.30±0.03c
对照2	157.69±1.48a	1.71±0.06c	45.60±1.53a	8.37±0.21b	10.17±0.52c	27.47±1.37b	0.27±0.04bc
喷施1次	151.10±2.66b	1.81±0.07b	41.91±1.17b	8.80±0.34a	14.42±1.21a	32.38±0.82a	0.34±0.03a
喷施2次	146.66±3.54c	1.87±0.07a	40.26±3.44c	8.70±0.38ab	12.88±1.08b	26.72±2.89b	0.29±0.03b
对照3	155.00±1.50a	1.73±0.05b	44.53±1.50a	8.38±0.12c	10.29±0.58d	26.95±1.48c	0.27±0.02c
2叶期喷施	144.97±2.12b	1.82±0.12a	38.85±1.70c	8.58±0.39b	11.66±0.44c	26.33±1.02c	0.29±0.03b
3叶期喷施	147.25±2.78b	1.83±0.12a	41.72±1.92b	8.84±0.43a	12.79±0.68b	28.12±1.07b	0.30±0.04a
4叶期喷施	149.84±1.86b	1.84±0.09a	42.96±1.85b	8.84±0.44a	13.85±1.23a	28.74±1.82a	0.30±0.03a

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达0.05显著水平。

2.4 烯效唑对植株产量的影响

油菜幼苗经不同浓度烯效唑处理后成熟期主轴角密度增加,当烯效唑达到150 mg/L时,主轴角密度开始下降,但仍高于对照1(表5)。一次分枝角果数、单株总角果数、千粒质量、单株种子产量和实收产量均随处理浓度增加呈先升后降趋势,以50 mg/L烯效唑处理这些指标值最大,100 mg/L处理的结果与对照接近。每角粒数随处理浓度增加而降低。低浓度烯效唑处理(≤ 100 mg/L)有利于增加种子产量,浓度 > 100 mg/L时种子产量下降。油菜幼苗期施用烯效唑可有效降低成熟期植株分枝点高

度和株高,当烯效唑浓度为50 mg/L(C1)~100 mg/L(C3)时能够有效降低株高而不影响种子产量,而高浓度烯效唑处理对单株角果数和种子产量有抑制作用。

喷施1次(N1)植株的产量性状指标明显高于对照2(每角粒数除外);喷施2次(N2)植株的产量性状指标则低于对照2。尤其是喷施1次,角果数、千粒质量、单株种子产量和实收产量明显高于对照2,差异达显著水平。而喷施2次(N2)的总角果数、每角粒数和实收产量均低于对照2。这表明,油菜幼苗期喷施1次烯效唑可达到调控株高和增加产量

的效果。

烯效唑处理时幼苗苗龄越小对油菜成熟期植株产量性状调控作用越大。烯效唑处理时苗龄大小对

植株角果数影响较小,而随苗龄增加,油菜千粒质量和产量均有增加,处理间差异不显著(表5)。

表5 喷施烯效唑对植株产量的影响

Table 5 Uniconazole effects on yield of *B. napus* L.

处 理	主轴角密度 (角数,1 cm)	一次角果数	总角果数	每角粒数	千粒质量 (g)	单株产量 (g)	实收产量 (kg/hm ²)
对照 1	1.04±0.02c	262.47±4.60b	329.38±8.39ab	25.55±1.23a	3.45±0.04cd	17.37±0.35b	2 835.76±23.81c
50 mg/L烯效唑	1.06±0.03b	272.63±5.80a	337.56±6.23a	25.60±0.71a	3.57±0.03a	19.45±0.51a	2 923.52±15.50a
75 mg/L烯效唑	1.09±0.04ab	263.43±5.32b	327.65±9.16ab	25.05±0.72ab	3.55±0.05ab	18.63±0.63ab	2 880.83±21.97b
100 mg/L烯效唑	1.10±0.04a	254.25±10.77c	323.29±7.15b	24.85±0.82ab	3.54±0.05b	17.29±0.85ab	2 829.30±32.11c
150 mg/L烯效唑	1.08±0.05ab	249.33±8.42c	306.33±6.25c	24.77±0.68ab	3.49±0.06c	16.37±0.79c	2 750.97±27.15d
对照 2	1.05±0.02c	265.31±4.48ab	329.38±8.54a	25.61±1.00a	3.47±0.02b	17.42±0.52b	2 831.09±14.54b
喷施 1 次	1.07±0.04b	268.98±9.66a	331.54±6.81a	25.38±1.56ab	3.55±0.08a	18.03±0.50a	2 914.95±41.50a
喷施 2 次	1.11±0.03a	258.66±8.54b	320.88±0.67b	24.82±1.47b	3.52±0.09ab	17.31±0.59b	2 810.83±32.97b
对照 3	1.05±0.03bc	262.47±12.50a	322.89±4.39a	25.49±0.42a	3.45±0.02c	17.49±0.43b	2 831.09±23.75ab
2 叶期喷施	1.07±0.04a	268.94±13.78b	326.88±5.89a	25.09±0.59ab	3.51±0.04b	17.63±0.79ab	2 847.76±28.86a
3 叶期喷施	1.06±0.04b	265.87±9.12b	323.80±6.99a	24.99±0.45ab	3.53±0.03a	17.52±0.64b	2 849.44±32.08a
4 叶期喷施	1.06±0.03b	263.28±10.86b	321.84±8.22ab	24.89±0.55b	3.53±0.04a	17.76±0.81a	2 853.06±16.76a

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达 0.05 显著水平。

2.5 烯效唑处理对种子品质的影响

双低油菜种子的品质指标有脂肪酸组成、油份含量、硫苷含量和蛋白质含量等。由表 6 可知,幼苗期不同烯效唑浓度处理对收获种子的脂肪酸含量无明显影响;幼苗期烯效唑处理后,种子蛋白质含量增加;随烯效唑处理浓度增加,种子的油份含量下降,处理

间差异达显著水平;硫苷含量呈先降后升趋势且均小于对照 1,处理间差异不显著。随处理次数增加,种子的脂肪酸含量和蛋白质含量无明显变化;种子的油份含量和硫苷含量均下降。随烯效唑处理时苗龄增加,种子的油份和硫苷含量下降,蛋白质含量增加,种子的脂肪酸组成无明显差异。

表6 喷施烯效唑对种子品质的影响

Table 6 Uniconazole effects on seed quality of *B. napus* L.

处 理	饱和脂肪酸 (%)	单不饱和脂肪酸 (%)	多不饱和脂肪酸 (%)	含油量 (%)	蛋白质 (%)	硫苷含量 (μmol/g)
对照 1	6.07±0.02a	66.41±0.02a	27.53±0.11a	44.36±0.14a	24.77±0.30c	24.27±0.14a
50 mg/L烯效唑	6.14±0.08a	66.23±0.27a	27.63±0.25a	43.97±0.58b	25.01±0.21b	22.70±0.56c
75 mg/L烯效唑	6.09±0.07a	66.25±0.24a	27.66±0.21a	43.85±0.62b	24.95±0.20b	22.85±0.69c
100 mg/L烯效唑	6.08±0.08a	66.29±0.32a	27.63±0.30a	43.35±0.26c	24.83±0.23b	23.21±0.96b
150 mg/L烯效唑	6.14±0.06a	66.27±0.19a	27.59±0.13a	42.82±0.28d	25.17±0.42a	23.32±0.84b
对照 2	6.08±0.02a	66.40±0.03a	27.52±0.08a	44.31±0.12a	24.86±0.50a	24.20±0.14a
喷施 1 次	6.08±0.08a	66.37±0.31a	27.55±0.25a	43.70±0.76b	25.06±0.28a	23.33±0.81b
喷施 2 次	6.14±0.06a	66.31±0.28a	27.56±0.28a	43.29±0.44bc	25.03±0.32a	22.70±0.83c
对照 3	6.05±0.03a	66.42±0.14a	27.53±0.10a	44.41±0.14a	24.69±0.50b	24.35±0.14a
2 叶期喷施	6.13±0.09a	66.38±0.31a	27.49±0.25a	43.27±0.44b	25.00±0.32a	22.94±0.68b
3 叶期喷施	6.10±0.06a	66.38±0.29a	27.53±0.27a	43.38±0.53b	25.05±0.31a	22.75±0.87b
4 叶期喷施	6.13±0.06a	66.23±0.26a	27.65±0.26a	43.64±0.73b	24.96±0.29a	23.05±0.72b

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达 0.05 显著水平。

3 讨论

油菜苗期施用烯效唑可有效抑制幼苗下胚轴伸长和叶片生长,表现为叶片皱缩、生长缓慢、变小,苗高降低,根颈增粗^[11-15]。本研究结果表明,烯效唑处理后油菜苗高、最大叶面积和茎叶干质量均显著下降,与处理浓度(C)呈显著负相关(相关系数为 $-0.96^{**} \sim -0.99^{**}$);根颈粗随处理浓度增加而增加。此外,当烯效唑处理浓度 ≤ 100 mg/L时,根干质量随处理浓度增加而增加,但当浓度 > 100 mg/L时,根干质量下降。因此,油菜苗期烯效唑处理浓度宜 ≤ 100 mg/L。2~4叶期叶面喷施幼苗1次,成熟时,实收产量高于对照;喷施2次,略减产。

周伟军等以601(高硫苷、高芥酸)为材料在研究中发现,10 mg/L和25 mg/L烯效唑处理壮秧及增产效果较好,而100 mg/L处理效果不显著甚至减产;此外烯效唑处理对种子芥酸含量和硫苷含量没有明显影响;不增加种子油份含量,但增加油产量^[13]。汪惠方等和于群英等的研究表明,叶面喷施50~150 mg/L烯效唑,可增加有效分枝和单株角果数^[14-15]。闫艳红等研究表明,烯效唑处理增加大豆的蛋白质含量,对油份的影响因处理时间不同而不同^[8]。本研究中烯效唑浓度 ≤ 100 mg/L时,千粒质量增加,籽粒产量比对照增产,油产量增加或持平;当浓度 > 100 mg/L时,籽粒产量和油产量均低于对照。

稻-油轮作是长江下游地区主要种植制度,长江下游移栽期为11月下旬以前^[4]。机栽油菜是稻-油两熟地区晚茬油菜生产需解决的关键种植技术,核心问题要解决好“苗-机-田”三者的相互适应关系,从品种、苗龄、大小、形态方面入手,提高秧苗对机械的适应性^[25]。不同移栽机械和茬口对油菜秧苗高、叶片数和苗龄要求均不同^[4,25-29]。小苗机栽(苗龄小于30 d),因冬前生长量不足,易遭受冻害,导致产量下降^[30-31]。2叶期或3叶期叶面喷施烯效唑75~100 mg/L 1次,可获得苗高 ≤ 20 cm,苗龄35~40 d,适合晚稻茬机栽油菜生产的老健苗。此外,2~3叶期油菜叶面喷施烯效唑,幼苗高、最大叶长、叶宽和地上部干质量下降,单株占据空间小,根系发达,根干质量增加,易盘根成毯状,使高密度、工场化育苗成为可能。

油菜倒伏不仅产量比正常油菜减产10%~30%

(严重的可达50%以上),含油量亦比正常油菜低10%~30%^[32]。此外,油菜倒伏使机械化收获无法进行,严重影响生产效益^[33-34]。杨阳等在封行期(6~7张叶片)和薹期用不同浓度多效唑喷施叶面,发现多效唑处理可通过增加油菜根颈粗、鲜质量根冠比及抗折力降低株高和倒伏指数,提高油菜抗根倒与抗茎倒伏能力^[35]。本研究中,烯效唑处理油菜幼苗同样可以增加成熟期根颈粗和根干质量,植株抗根倒伏能力增强;增加茎秆干质量和单位长度茎秆干质量,增强植株抗茎秆倒伏能力。因此,烯效唑作为一种植物生长调节剂,合理施用可显著提高作物抗倒性及产量,有利机械收获。

参考文献:

- [1] 吴崇友,易中懿.我国油菜全程机械化技术路线的选择[J].农机化研究,2009,222(2):3-6.
- [2] 王瑞元.2013年我国食用油市场供需分析和国家加快木本油料产业发展的意见[J].中国油脂,2014,39(6):1-4.
- [3] 傅寿仲,戚存扣,蒲惠明,等.中国油菜栽培科学技术的发展[J].中国油料作物学报,2006,28(1):86-91.
- [4] 吴崇友.我国油菜全程机械化现状与技术影响因素分析[J].农机化研究,2007(12):207-210.
- [5] 杨文钰,于振文,余松烈,等.烯效唑干拌种对小麦的增产作用[J].作物学报,2004,30(5):502-506.
- [6] 徐新娟,黄中文,孙海燕.烯效唑在现代植物生产中的应用[J].河南科技学院学报:自然科学版,2007,35(4):47-49.
- [7] 张永清,裴红宾,刘良全,等.烯效唑浸种对谷子植株生长发育的效应[J].作物学报,2009,35(11):2127-2132.
- [8] 闫艳红,杨文钰,张静.叶面喷施烯效唑对大豆产量及品质的影响[J].草业学报,2010,19(4):251-254.
- [9] ZHOU W J, YE Q F. Physiological and yield effects of uniconazole on winter rape (*Brassica napus* L.) [J]. Plant Growth Regul, 1996, 15: 69-73.
- [10] ZHOU W J, ZHAO D S, LIN X Q. Effects of waterlogging on nitrogen accumulation and alleviation of waterlogging damage by application of nitrogen fertilizer and mixtalol in winter rape (*Brassica napus* L.) [J]. Plant Growth Regul, 1997, 16: 47-53.
- [11] 徐正华,张晓红,陈秀斌,等.不同栽培措施对油菜抗寒性的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(6):661-667.
- [12] YANG D Q, YANG J X, HU Y W. Effects of S3307 on some physiological characteristics of rape seedlings [J]. Plant Physiol Commun, 1994, 30: 182-185.
- [13] 周伟军,楼健,宋荣军.烯效唑对油菜壮秧效应及增产作用探讨[J].浙江农业大学学报,1996,22(6):609-613.
- [14] 汪惠芳,陈润兴.烯效唑对油菜秧苗生长和产量的影响[J].植物生理学通讯,1997,33(5):345-346.
- [15] 于群英,陈世勇.烯效唑培育壮苗及其增产效应[J].农药,

- 1998,37(2):41-42, 35.
- [16] 邱军,胡晋,宋文坚,等.油菜种衣剂中烯效唑最佳浓度的筛选及包膜后田间效果的研究[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2004,30(2):153-158.
- [17] HARBORNE J B. Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis [M]. London: Chapman and Hall,1984.
- [18] LICHTENTHALER H K, WELLBURN A R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls 'a' and 'b' of leaf extract in different solvent[J]. Biochem Soc Trans, 1983(11):591-592.
- [19] GB/T17377-1998 动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析技术[S].
- [20] GB/T 10359-2008 油料饼粕含油量测定法[S].
- [21] ISO 9167-1:1992 油菜籽硫代葡萄糖甙的测定-高效液相色谱法[S].
- [22] GB/T 5511-2008 谷物和豆类 氮含量测定和粗蛋白质含量计算凯氏法[S].
- [23] 陈新军,戚存扣,浦惠明,等.甘蓝型油菜抗倒性评价及抗倒性与株型结构的关系[J].中国油料作物学报,2007,29(1):54-57.
- [24] 刘唐兴,官春云.油菜倒伏指数和茎秆生化成分及农艺性状的灰色关联分析[J].中国油料作物学报,2008,30(2):152-156.
- [25] 金诚谦,吴崇友,石磊.油菜生产全程机械化技术体系关键技术研究[J].农机化研究,2010(5):221-223.
- [26] 陈艳.浅谈油菜机械化移栽技术要点[J].江苏农机化,2011(6):28-29.
- [27] 周永群.油菜机械化直播和移栽技术的试验研究[J].现代农机,2014(3):50-52.
- [28] DB32/T 1466-2009 机栽油菜秧苗生产技术规程[S].
- [29] 章来安.油菜机械化种植技术[J].农机服务,2012,29(6):759,761.
- [30] 浦惠明,龙卫华,高建芹.油菜全程机械化生产配套农艺技术研究-I 不同播期和密度对直播油菜产量和经济性状的影响[J].江苏农业科学,2009(3):48-50.
- [31] 李强,陈跃华,林萍,等.播期对冬油菜干物质积累及经济性状的影响[J].西南农业学报,2010,23(1):51-55.
- [32] 刘后利.实用油菜栽培学[M].上海:上海科技出版社,1987.
- [33] 刘唐兴,官春云,梁勇.油菜倒伏研究进展[J].作物研究,2007(2):140-144.
- [34] 马霓,李云昌,胡琼,等.我国南方冬油菜机械化生产农艺研究进展[J].中国油料作物学报,2010,32(3):451-456.
- [35] 杨阳,蒯婕,吴莲蓉,等.多效唑处理对直播油菜机械收获相关性状及产量的影响[J].作物学报,2015,41(6):938-945.

(责任编辑:袁伟)