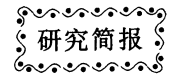


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2009.02127



## 烯效唑浸种对谷子植株生长发育的效应

张永清<sup>1,2</sup> 裴红宾<sup>1</sup> 刘良全<sup>1</sup> 王璐<sup>1</sup> 苗果园<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041004; <sup>2</sup> 山西师范大学城市与环境科学学院, 山西临汾 041004; <sup>3</sup> 山西农业大学农学院, 山西太谷 030801

**摘 要:** 以晋谷 21 为试验材料, 通过盆栽及根管栽培试验, 研究了不同浓度烯效唑(15、30、60 和 120 mg L<sup>-1</sup>)浸种处理对谷子地上和地下农艺性状的影响。结果表明, 烯效唑浸种对谷子具有明显的控上促下作用, 使谷子根系数量、根系活力、根干重、根系总长度及茎粗与分蘖均明显增加, 株高明显降低; 此外显著降低了前期谷子叶面积, 但后期发生逆转, 表现出控前促后的效果; 还对开花后谷子植株的衰老具有明显的调节作用, 可延长根系活力的缓降期, 提高衰老期间根系和旗叶中 SOD、POD 活性, 降低根系与旗叶中 MDA 含量。烯效唑浸种处理可显著增加谷子的成穗数和千粒重, 最终显著增加产量。在本试验条件下以 30 mg L<sup>-1</sup> 烯效唑浸种效果最佳。

**关键词:** 谷子; 浸种; 烯效唑; 根系; 产量

## Effect of Seed Soaking with Uniconazole on Growth and Development of Foxtail Millet Plant

ZHANG Yong-Qing<sup>1,2</sup>, PEI Hong-Bin<sup>1</sup>, LIU Liang-Quan<sup>1</sup>, WANG Lu<sup>1</sup>, and MIAO Guo-Yuan<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China; <sup>2</sup> College of Urban and Environmental Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China; <sup>3</sup> College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

**Abstract:** The objective of this study was to investigate the influence and regulation effect of seed soaking with different uniconazole concentrations (15, 30, 60, and 120 mg L<sup>-1</sup>) on the growth of roots and relation between roots and shoots in foxtail millet cultivar Jingu 21 cultured in pot and soil column on the experimental farm of Shanxi Agricultural University. The main results were as follows: (1) Uniconazole treatment inhibited the growth of shoots and promoted the growth of roots simultaneously. The number, activity, dry weight and total length of roots increased obviously, so did the stem thickness and tillers, but the plant height decreased. (2) Uniconazole treatment decreased the leaf area at seedling stage, but promoted its leaf growth at booting stage. (3) Uniconazole treatment adjusted the senescent process of plant through prolonging the declining phase of root activity, improving the activities of SOD and POD, and reducing malondialdehyde (MDA) accumulation in root and flag leaf after anthesis to some extent. Through treating seed in 30 mg L<sup>-1</sup> uniconazole, the activities roots in lower layer increased 34.95%, 43.64%, and 44.74% respectively at 10, 20, and 30 days after anthesis compared with control. (4) Uniconazole treatment increased the ears per pot, 1000-grain weight, and the yield obviously. In a conclusion, the seed soaking in uniconazole solution of 15–120 mg L<sup>-1</sup> concentrations could increase the foxtail millet yield obviously, and the treatment of 30 mg L<sup>-1</sup> uniconazole had the best effect under the condition of this study.

**Keywords:** Foxtail millet; Seed soaking; Uniconazole; Root system; Yield

通过改善作物根系的分布及增加根系活力, 提高作物对土壤深层水分和养分的利用能力是我国北方旱区增强作物抗旱性, 进而增加作物产量并改善作物品质的一个重要措施<sup>[1-2]</sup>。大量研究表明, 根系的生长和分布除决定于遗传因子外, 还在很大程度上受土壤环境条件及外源化学物质的控制<sup>[3-5]</sup>。因此, 寻求有利于促进作物根系

生长、扩大根系吸收面积及增大深层根系比重和活力的化控物质, 充分利用土壤深层蓄水, 实现“以根调水”的化控栽培措施, 对保障干旱、半干旱地区作物的高产、稳产具有重要的现实意义。

烯效唑是目前抑制效应最强的生长延缓剂。大量研究表明, 烯效唑对多种植物的株高有抑制作用, 但对根系

本研究由国家自然科学基金项目(30871483)和山西省自然科学基金项目(2006011086)资助。

\* 通讯作者(Corresponding author): 苗果园, Tel: 0354-6288373

第一作者联系方式: E-mail: yqzhang208@126.com

Received(收稿日期): 2009-02-19; Accepted(接受日期): 2009-06-25.

生长有促进作用<sup>[3,5]</sup>。主要表现为株高降低, 茎秆增粗; 叶片变短增厚; 分蘖发生早而多; 根数、根长和根重增加; 全株长度根冠比和重量根冠比提高, 作物的抗旱性增强<sup>[5-10]</sup>。烯效唑还可以延缓植物的衰老, 增加 POD、SOD 活性, 减少 MDA 含量及增加对 N、P、K 的吸收<sup>[6-12]</sup>。但众多已有的研究结果主要集中在小麦、玉米、大豆、花生、棉花等作物上, 对谷子(*Setaria italica* L. Beauv)影响的研究很少<sup>[13]</sup>。而且对于烯效唑处理后的效应常常以苗期为研究对象, 有关烯效唑延缓整株植物衰老的报道尚不多见, 且对活性氧清除系统研究也不够深入, 尤其是烯效唑浸种对谷子生育后期根系生理的影响还未见报道。为此, 本试验采用盆栽与根土柱栽培相结合的试验方法, 研究利用烯效唑浸种对谷子根系分布和后期衰老的影响, 以探讨利用化学物质调控, 增加下层土壤中谷子根系生长和吸收能力的可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

试验于 2004 年在山西农业大学农学院黄土高原作物生态研究所内进行, 供试谷子品种为晋谷 21。供试土壤为黄土母质上发育而成的碳酸盐褐土, 含有机质  $15.7 \text{ g kg}^{-1}$ 、全氮  $0.98 \text{ g kg}^{-1}$ 、速效磷  $9.6 \text{ mg kg}^{-1}$ 、速效钾  $137 \text{ mg kg}^{-1}$ 。采用完全随机设计, 烯效唑浸种浓度分别为  $15$ 、 $30$ 、 $60$  和  $120 \text{ mg L}^{-1}$ , 以清水为对照。浸种  $12 \text{ h}$ 。用  $25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  的塑料盆, 每盆装土  $4 \text{ kg}$ 。用直径为  $10 \text{ cm}$ 、长  $100 \text{ cm}$  的聚乙烯塑料管为根管, 每管装土  $12 \text{ kg}$ 。每公斤土壤施基肥  $0.3 \text{ g N}$ (尿素)、 $0.1 \text{ g P}_2\text{O}_5$ (过磷酸钙)、 $0.3 \text{ g K}_2\text{O}$ (氯化钾)。根管土柱栽培试验各处理重复 15 次, 主要用于谷子生育后期根系项目的调查。盆栽试验各处理重复 15 次, 主要

用于测产及前期根系与地上部生理指标的测定。最终保留 5 个重复用于考种和产量分析比较。5 月 10 日播种, 每盆留苗 3 株, 其他管理与当地大田管理相同。试验所得数据用 SAS 数据分析软件分析并进行多重比较。

### 1.2 调查项目和测定方法

采用 TTC 法测定根系活力<sup>[14]</sup>; 采用数码相机拍照, CIAS 图像分析软件分析测量根长及叶面积; 采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[14]</sup>; 核黄素法测定 SOD 活性<sup>[15]</sup>; 愈创木酚比色法测定 POD 活性<sup>[15]</sup>; 丙酮乙醇混合液提取法测定叶绿素含量<sup>[14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 谷子根系生长情况

由表 1 可以看出, 烯效唑浸种可明显增加谷子的单株总根数及根系活力。不论是苗期、拔节期, 还是抽穗期, 浸种处理的谷子单株总根数及根系活力均表现出随烯效唑浓度增加而先增后降的趋势, 且各处理均极显著地高于对照。浸种在增加谷子次生根数的同时也增加了根系的干重, 除苗期高浓度烯效唑( $120 \text{ mg L}^{-1}$ )浸种处理外, 其他处理均使谷子根系干重极显著高于对照。

由表 1 还可以看出, 烯效唑浸种处理对谷子前期的最大根长有一定的抑制作用, 苗期对照谷子的最大根长显著高于烯效唑浸种处理。但烯效唑处理对最大根长的抑制作用在拔节期得到缓解, 拔节期  $15 \text{ mg L}^{-1}$  和  $30 \text{ mg L}^{-1}$  浓度烯效唑浸种处理的谷子最大根长反而明显超出对照, 并达到极显著差异水平。虽然烯效唑浸种影响了苗期谷子的最大根长, 但也增加了谷子的次生根数, 谷子的总根长在苗期显著增加, 后期增加更甚。这有利于谷子根系对养分和水分的吸收。

表 1 烯效唑浸种对谷子地下部农艺性状的影响  
Table 1 Effect of seed soaked with uniconazole on agronomic traits below-ground of foxtail millet root at growth stages

生育期 Growth stage	处理 Treatment	总根数 Root number	根干重 Root dry weight (g)	最大根长 Max length of root (cm)	总根长 Total root length (cm)	根活力 Root vigor ( $\mu\text{g TTC g}^{-1}$ )
苗期 Seeding stage	CK	13.4 D	0.50 AB	47.40 A	465 C	63.90 C
	$15 \text{ mg L}^{-1}$	18.6 C	0.52 A	43.52 B	603 A	73.94 B
	$30 \text{ mg L}^{-1}$	20.6 BC	0.51 A	42.34 B	599 AB	80.60 A
	$60 \text{ mg L}^{-1}$	23.4 AB	0.50 AB	35.90 C	582 AB	80.72 A
	$120 \text{ mg L}^{-1}$	25.8 A	0.44 B	30.90 D	559 B	79.70 A
拔节期 Jointing stage	CK	28.4 C	0.85 C	67.70 B	1226 D	72.18 C
	$15 \text{ mg L}^{-1}$	34.6 B	1.08 AB	73.56 A	1802 B	85.56 B
	$30 \text{ mg L}^{-1}$	40.6 A	1.17 A	74.30 A	2115 A	91.08 A
	$60 \text{ mg L}^{-1}$	41.8 A	1.14 AB	67.34 B	1853 B	90.84 A
	$120 \text{ mg L}^{-1}$	42.2 A	0.99 B	55.84 C	1614 C	82.74 B
抽穗期 Booting stage	CK	55.2 C	1.53 C	84.60 B	2746 D	73.08 D
	$15 \text{ mg L}^{-1}$	73.8 B	1.77 B	94.02 A	4096 B	87.36 BC
	$30 \text{ mg L}^{-1}$	79.6 A	2.01 A	98.06 A	4328 A	95.06 A
	$60 \text{ mg L}^{-1}$	69.6 B	1.86 B	84.34 B	3652 C	91.00 AB
	$120 \text{ mg L}^{-1}$	68.6 B	1.54 C	80.90 B	2828 D	83.26 C

同一栏中标以不同字母的值差异达 1% 显著水平。

Values followed by different letters with in the same column are significantly different at the 1% probability level.

## 2.2 谷子花后不同土壤层根系的 SOD、POD 活性及 MDA 含量

由图 1 可见, 谷子上层(0~20 cm)根系中 SOD 活性在谷子开花后随生育期的推后而逐渐下降, 但中层(20~40 cm)及下层(40~100 cm)根系中的 SOD 活性不仅明显高于上层根系, 而且有一个先升后降的过程, 表明下层根系对减轻谷子膜脂过氧化, 延迟根系的衰老具有更为重要的作用。烯效唑浸种处理未改变谷子根系 SOD 的变化趋势, 但在谷子花后不同时期均增加谷子根系 SOD 活性, 由此可见, 烯效唑浸种有利于延缓谷子根系后期的衰老。谷子根系 POD 活性变化趋势与 SOD 活性略有不同, 无论上层根还是下层根系中 POD 活性均表现出随生育期推后而下降的趋势, 烯效唑浸种有利于提高不同层次根系的 POD 活性。

图 1 结果还表明, 作为谷子根系后期衰老重要标志的根系 MDA 含量, 随着谷子生育期的推后, 在各层根中均表现为不断增加的趋势, 但下层根系中增加的趋势较缓。烯效唑浸种处理的各层根系中 MDA 含量均明显低于对照, 说明利用烯效唑浸种有利于降低根系中 MDA 含量, 延缓谷子根系的衰老作用。

## 2.3 谷子花后不同土层中根系活力

由表 2 可以看出, 烯效唑浸种对增加谷子各层次根系的活性均有一定的作用, 尤其是对下层根系效果更加明显, 而且随着时间的推后增加的幅度提高。如  $30 \text{ mg L}^{-1}$  烯效唑浸种处理谷子下层根系活性在花后 10、20 和 30 d 分别比对照增加 34.95%、43.64% 和 44.74%, 均达极显著差异水平。这对谷子充分地吸收利用下层土壤中的水分与养分, 提高谷子的抗逆性及增加谷子的产量具有重要的作用。

## 2.4 谷子地上部分农艺性状

烯效唑浸种处理后, 谷苗最明显的直观效应是分蘖增加, 叶色变绿, 叶片变短但宽度增加。由表 3 可以看出, 烯效唑处理后谷苗叶片的增加及分蘖的增加没能弥补叶片变短对谷子叶面积的影响, 各处理的谷子叶面积均显著低于对照, 浸种浓度越大, 叶面积下降越明显。但随着谷子生育进程的推后和出叶数的增加, 较低浓度的浸种表现出对中后期生长的功能叶片具有明显的补偿生长现象, 如拔节期  $15 \text{ mg L}^{-1}$  和  $30 \text{ mg L}^{-1}$  烯效唑浸种处理的叶面积已大于对照, 而到抽穗期这种差距达到了显著水平。中后期叶面积的增加为谷子的高产奠定了基础。在增加叶面

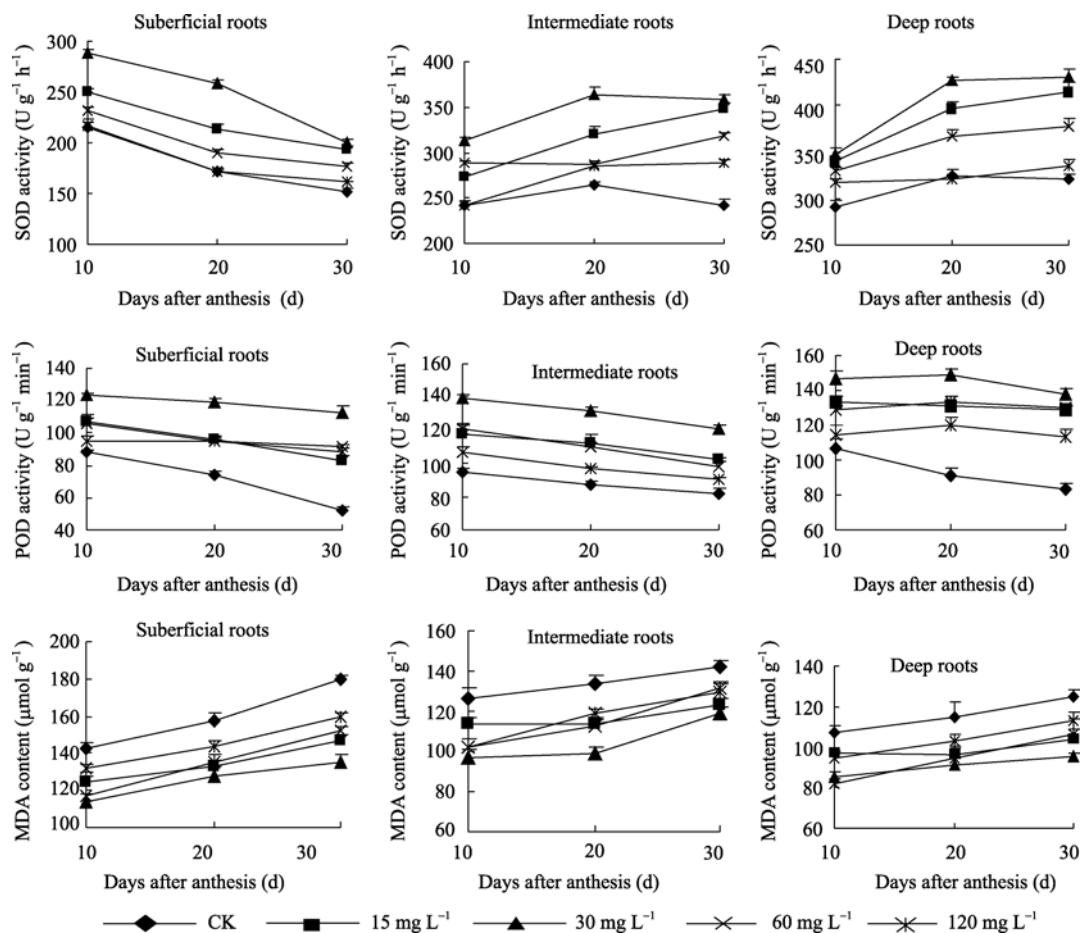


图 1 烯效唑浸种对不同深度土层中谷子根系部分生理指标的影响

Fig. 1 Effect of seed soaking with uniconazole on physiological parameters of foxtail millet root at different soil layers

表 2 烯效唑浸种对谷子生育后期不同土层中根系活力的影响  
Table 2 Effect of seed soaked with uniconazole on root vigor of foxtail millet at different soil layers ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

测定时期 Growth stage	处理 Treatment	根层次 Root layer		
		0–20 cm	20–40 cm	40–100 cm
花后 10 d 10 days after anthesis	CK	60.20 D	71.53 D	82.20 D
	15 mg L <sup>-1</sup>	71.37 B	87.50 B	98.43 B
	30 mg L <sup>-1</sup>	80.83 A	98.10 A	110.93 A
	60 mg L <sup>-1</sup>	73.33 B	86.63 B	93.60 C
	120 mg L <sup>-1</sup>	66.93 C	78.27 C	86.53 D
花后 20 d 20 days after anthesis	CK	50.93 D	67.93 C	82.57 E
	15 mg L <sup>-1</sup>	65.10 B	85.33 B	107.43 B
	30 mg L <sup>-1</sup>	76.33 A	96.80 A	118.60 A
	60 mg L <sup>-1</sup>	65.27 B	84.20 B	97.43 C
	120 mg L <sup>-1</sup>	59.57 C	70.97 C	88.37 D
花后 30 d 30 days after anthesis	CK	48.30 D	59.37 E	77.77 E
	15 mg L <sup>-1</sup>	58.77 BC	77.50 C	97.90 B
	30 mg L <sup>-1</sup>	70.17 A	88.67 A	112.57 A
	60 mg L <sup>-1</sup>	61.17 B	81.87 B	91.83 C
	120 mg L <sup>-1</sup>	53.90 C	65.70 D	85.10 D

同一栏中标以不同字母的值差异达 1%显著水平。  
Values followed by different letters with in the same column are significantly different at the 1% probability level.

积的同时，烯效唑浸种还可以明显增加谷子叶片叶绿素的含量，而且随着浸种浓度的增加叶绿素含量增加，各处理间差异极显著。

由表 3 还可以看出，烯效唑处理的谷苗伸长生长受到抑制，随着处理浓度的增加株高依次降低，但茎粗明显增加。茎粗的增加对增强谷子的抗倒伏能力具有重要的作用。此外，浸种谷子地上干重除苗期各处理略低于对照外，其他时期均高于对照，这可能和处理后增加谷子的分蘖有关。综合分析各项指标可见，以 30 mg L<sup>-1</sup> 烯效唑处理对谷子地上部生长的综合效应最佳。

谷子旗叶中 SOD、POD 活性及 MDA 含量，也是衡量谷子后期衰老的重要指标。由图 2 可以看出，谷子开花后，旗叶中 SOD、POD 活性随生育期的推后而降低，MDA 含量则不断增加，旗叶开始逐渐衰老。但烯效唑浸种处理后旗叶中 SOD、POD 活性明显高于对照，MDA 含量则低于对照，而且变化幅度较缓，说明烯效唑浸种可以明显延缓谷子旗叶的衰老过程。

2.5 谷子产量

由于烯效唑浸种对谷子根系及地上部器官的生长节奏具有良好的调控作用，有利于形成抗逆、高产的株型结

表 3 烯效唑浸种对谷子地上部分农艺性状的影响  
Table 3 Effect of seed soaked with uniconazole on agronomic traits above-ground of foxtail millet root at growth stages

生育期 Growth stage	处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem diameter (cm)	叶面积 Leaf area per plant (cm <sup>2</sup> )	干重 Dry weight per plant (g)	叶绿素 Chl content (mg g <sup>-1</sup> )
苗期 Seeding stage	CK	41.6 A	0.42 C	210.8 A	2.72 A	2.48 D
	15 mg L <sup>-1</sup>	33.6 B	0.50 B	202.0 AB	2.78 A	2.91 C
	30 mg L <sup>-1</sup>	29.6 BC	0.54 A	180.3 BC	2.60 AB	3.05 B
	60 mg L <sup>-1</sup>	25.6 C	0.51 B	158.3 C	2.43 B	3.16 A
	120 mg L <sup>-1</sup>	18.4 D	0.49 B	130.8 C	2.15 C	3.13 A
拔节期 Jointing stage	CK	68.4 A	0.62 C	338.4 AB	5.61 C	2.69 C
	15 mg L <sup>-1</sup>	64.4 A	0.70 B	358.3 A	6.18 B	3.02 B
	30 mg L <sup>-1</sup>	57.6 B	0.84 A	353.3 A	7.36 A	3.21 A
	60 mg L <sup>-1</sup>	52.2 C	0.75 B	320.2 B	5.46 C	3.34 A
	120 mg L <sup>-1</sup>	44.4 D	0.70 B	319.4 B	5.31 C	3.28 A
抽穗期 Booting stage	CK	155.6 A	0.72 C	945.7 C	9.80 C	3.06 C
	15 mg L <sup>-1</sup>	150.4 A	0.86 AB	1319.9 B	11.32 B	3.39 B
	30 mg L <sup>-1</sup>	133.6 B	0.92 A	1614.7 A	12.65 A	3.49 AB
	60 mg L <sup>-1</sup>	118.2 C	0.80 B	920.1 C	8.64 D	3.63 A
	120 mg L <sup>-1</sup>	88.4 D	0.73 C	744.8 D	8.19 D	3.51 AB

表内数据以平均值 ± 标准误差表示，同一栏中标以不同字母的值差异达 1%显著水平。  
Data are mean±SD. Values followed by different letters with in the same column are significantly different at the 1% probability level.

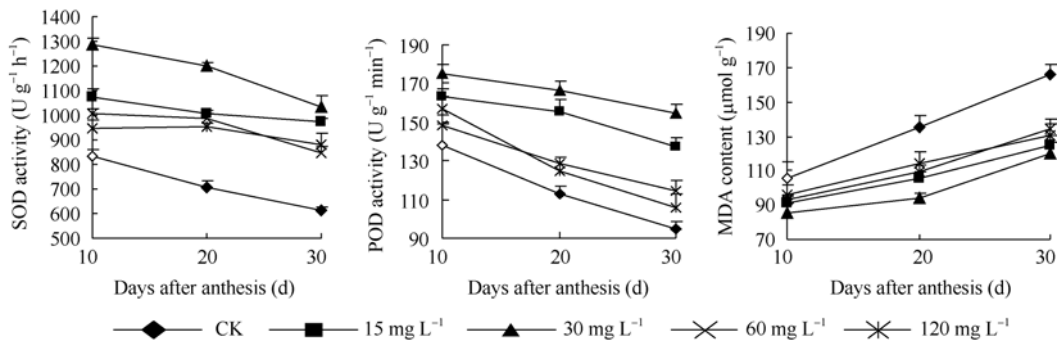


图 2 烯效唑浸种对谷子旗叶部分生理指标的影响  
Fig. 2 Effect of seed soaking with uniconazole on partial physiological parameters of foxtail millet flag leaf

构, 因而最终表现在产量与产量构成因子上的提高。表 4 表明, 烯效唑浸种可以明显增加谷子的产量, 4 个处理中有 3 个较对照增产, 达显著水平, 其中以 30 mg L<sup>-1</sup> 烯效唑处理增产效果最好。

表 4 烯效唑浸种对谷子产量的影响  
Table 4 Effect of seed soaked with uniconazole on yield of foxtail millet

处理 Treatment	每盆穗数 Ears per pot	穗粒数 Grains per ear	千粒重 1000-grains weight (g)	产量 Yield per pot (g)
CK	3.00±0.00 B	3791.5±58.4 A	3.00±0.03 CD	31.30±1.51 C
15 mg L <sup>-1</sup>	3.67±0.52 AB	3921.6±149.7 A	3.07±0.02 AB	40.43±2.54 B
30 mg L <sup>-1</sup>	4.33±0.52 A	3876.5±125.2 A	3.10±0.04 A	48.03±3.35 A
60 mg L <sup>-1</sup>	3.67±0.52 AB	3815.8±113.1 A	3.04±0.02 BC	39.77±1.32 B
120 mg L <sup>-1</sup>	4.00±0.00 A	3201.1±286.6 A	2.98±0.04 D	34.30±2.61 C

表内数据以平均值 ± 标准误差表示; 同一栏中标以不同字母的值差异达 1% 显著水平。  
Data are mean±SD. Values followed by different letters with in the same column are significantly different at the 1% probability level.

3 讨论

除了发展灌溉, 为作物生长提供良好的外部环境来减缓干旱胁迫外, 提高作物自身抗旱能力是一条重要途径。已有的研究结果表明, 提高作物自身的抗旱能力, 使之适应外界环境的方法主要有两种, 一是选育和培育抗旱品种, 并使用合理的节水农业技术; 二是利用植物生长调节剂和化学药剂等对作物进行化学调控, 使作物自身形态结构和生理功能适应干旱的环境而能够正常生长发育。长期以来, 前人在作物的化学调控方面做了大量工作, 迄今为止, 已发现 100 余种化学调节物质, 并对其作用机理及在农业生产上的应用进行了探讨, 其中一些物质在提高作物抗旱性方面已发挥了巨大的作用。本试验结果表明, 利用适量浓度的烯效唑浸种, 具有增加次生根数、最大根长、总根长及下层根系活力的明显作用, 为提高对土壤深层水分和养分的利用能力提供了有利条件, 是增强谷子抗旱性的一项有效措施。

大量研究结果表明, 烯效唑对小麦、玉米、大豆、花生、棉花等多种作物的株高有抑制作用, 但对根系生长有促进作用, 从而全株长度根冠比和重量根冠比提高, 作物的抗旱性增强<sup>[3,5-10]</sup>。本研究结果表明, 烯效唑浸种不仅有明显的控上促下效果, 而且对谷子的叶面积及最大根长均有控前促后的作用: 苗期叶面积及最大根长低于对照, 但在拔节期和抽穗期发生逆转。

植物根系的衰老早于地上部。本研究中, 烯效唑浸种处理可以使开花后谷子深层根系的活力及其 SOD 和 POD 活性明显提高, 而 MDA 含量明显降低, 从而延缓谷子地上部的衰老。这与杨文钰、李青苗、樊高琼等人采用拌种或喷施烯效唑对小麦等作物地上部影响的研究结果一致<sup>[6-12,16]</sup>。由于烯效唑浸种对谷子根系及地上部器官的生长节奏具有良好的调控作用, 有利于形成抗逆、高产的株型结构, 因而最终产量与产量构成因子提高。本试验结果表明, 烯效唑浸种增产的原因可能是前期促进分蘖、壮大本根群, 提高分蘖成穗率, 使群体成穗数增加; 后期增加根系与旗叶的生理活性, 延缓衰老, 使千粒重提高。

关于烯效唑浸种的最适浓度, 因不同作物而异。高羊茅和小麦幼苗以 20 mg L<sup>-1</sup> 效果最佳<sup>[17]</sup>, 苦荞以 80 mg L<sup>-1</sup> 为最好<sup>[18]</sup>, 玉米<sup>[19]</sup>和大豆<sup>[20]</sup>则为 40~60 mg L<sup>-1</sup>。陈卫卫等<sup>[13]</sup>对烯效唑浸种后吉谷 1 号谷子幼苗生长及其生理指标的研究结果表明, 5 mg L<sup>-1</sup> 烯效唑浸种效果最明显, 但本试验结果以 30 mg L<sup>-1</sup> 浸种处理效果最好, 产量也最高。这是品种不同所致, 还是其他原因, 有待于进一步研究。

References

[1] Miao G-Y(苗果园), Gao Z-Q(高志强), Zhang Y-T(张云亭), Yin J(尹钧), Zhang A-L(张爱良). Effect of water and fertilizer to root system and its correlation with tops in wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2002, 28(4): 445-450 (in Chinese with English abstract)

- [2] Li L-H(李鲁华), Chen S-B(陈树宾), Qin L(秦莉), Kong X-L(孔祥丽), Li S-Q(李世清). Study on root function efficiency of spring wheat under different moisture condition. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2002, 35(7): 867–871 (in Chinese with English abstract).
- [3] Wang X(王熹), Yu M-Y(俞美玉), Tao L-X(陶龙兴). Primary study on physiological action and application of S-3307. *Crops* (作物杂志), 1993, (2): 33–34 (in Chinese).
- [4] Zhai B-N(翟丙年), Sun C-M(孙春梅), Wang J-R(王俊儒), Li S-X(李生秀). Effects of nitrogen deficiency on the growth and development of winter wheat roots. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2003, 29(6): 913–918 (in Chinese with English abstract).
- [5] Wang R-B(王仁杯), Shen Z-M(沈志民), Xu S-Y(徐绍英). The influence of S3307 on yield and senescence delay in barley. *J Zhejiang Agric Univ* (浙江农业大学学报), 1998, 24(2): 189–193 (in Chinese with English abstract).
- [6] Izumi K, Oshio W. Effects of a new plant growth retardant S-3307 on the growth and gibberellins content of rice to pacloburazol. *Agron J*, 1986, 78: 288–291.
- [7] Abdel-Gawad M H, El-Batal M A. Response of maize productivity to growth retardant “uniconazole” under high nitrogen fertilization and plant density. *Ann Agric Sci Moshtohor*, 1996, 34: 429–440.
- [8] Yang W-Y(杨文钰), Yu Z-W(于振文), Yu S-L(余松烈), Fan G-Q(樊高琼), Han H-F(韩惠芳), Dong Z-Y(董兆勇), Liang X-L(梁雪莲). Effects of uniconazole waterless-dressing seed on yield of wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2004, 30(5): 502–506 (in Chinese with English abstract).
- [9] Yang W-Y(杨文钰), Han H-F(韩惠芳), Ren W-J(任万君), Zhao L(赵莉), Fan G-Q(樊高琼). Effects of uniconazole waterless-dressing seed on endogenous hormones and C/N ratio at tillering stage of wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2005, 31(6): 760–765 (in Chinese with English abstract).
- [10] Yang W-Y(杨文钰), Fan G-Q(樊高琼), Ren W-J(任万君), Zhao L(赵莉), Dong Z-Y(董兆勇), Han H-F(韩惠芳). The effects of uniconazole water seed dressing on photosynthesis and  $^{14}\text{C}$  assimilate distribution in wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2005, 31(9): 1173–1178 (in Chinese with English abstract).
- [11] Zhang C-C(张春初), Wang Y-F(王永锋), Pei G-Y(裴桂英), Ma S-F(马赛飞), Gao G(郭光), Zhang Y-J(张跃进), Sun Z-A(孙志安). Effect of pentefezo applying on the soybean. *Soybean Sci* (大豆科学), 2002, 21(2): 151–153 (in Chinese with English abstract).
- [12] Li Q-M(李青苗), Yang W-Y(杨文钰). Physiological effects of soaking seed with Uniconazole on high quality seedling of maize. *J Maize Sci* (玉米科学), 2003, 11(4): 74–75 (in Chinese with English abstract).
- [13] Chen W-W(陈卫卫), Zhang X-L(张秀丽), Zhang Y-M(张友民). Effects of seeds soaked in uniconazole solution on the growth and physiological indexes of millet seedlings. *Heilongjiang Agric Sci* (黑龙江农业科学), 2006, (4): 33–35 (in Chinese with English abstract).
- [14] Zhang Z-L(张志良). Laboratory Guides of Plant Physiology (植物生理学实验指导). Beijing: Education Press, 1992. pp 88–93 (in Chinese).
- [15] Wang A-G(王爱国), Luo G-H(罗广华), Shao C-B(邵从本), Wu S-J(吴淑君), Guo J-Y(郭俊彦). Research on superoxide dismutase of soybean seed. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 1983, 9(1): 77–84 (in Chinese with English abstract).
- [16] Fan G-Q(樊高琼), Liu F(刘帆), Ren W-J(任万军), Yang W-Y(杨文钰). The effects of uniconazole waterless dressing seeds on leaf senescence of wheat. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 2007, 25(1): 9–13 (in Chinese with English abstract).
- [17] He X(何霞), Yang Z-M(杨志民), Xu Y-C(徐迎春). Effects of soaking seeds with uniconazole on the growth and physiological characters of tall fescue. *Chin J Grassland* (中国草地学报), 2006, 28(5): 54–59 (in Chinese with English abstract).
- [18] Li L-F(李凌飞), Zhan S-F(詹寿发), Chen Y(陈晔). Effects of soaking seeds with uniconazole on the growth of *Fagopyrum tataricum* seeds soaked in on tartary buckwheat. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2008, 36(18): 7566–7567 (in Chinese with English abstract).
- [19] Zhou X-W(周训文), Zhang W-X(张卫星). Regulating effect of seed Immersed with uniconazol on growth and development of maize seedling. *Seed* (种子), 2008, 27(2): 75–78 (in Chinese with English abstract).
- [20] Song S(宋胜), Feng N-J(冯乃杰), Zheng D-F(郑殿峰). Effect of seed soaking with uniconazole on germination and anti-oxidant enzyme of soybean. *Soybean Sci* (大豆科学), 2008, 27(2): 259–261 (in Chinese with English abstract).