

无患子外种皮提取物防除玉米田杂草研究

雒东^{1,2}, 陶吴群², 荀航¹, 姚曦¹, 方向群³, 章守富³, 汤锋^{1*}

(1. 国际竹藤中心 竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102; 2. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036; 3. 安徽省桐城市植保植检站, 桐城 231400)

摘要: 为了评价无患子外种皮提取物(以下称无患子提取物)及其与除草剂复配制剂的田间实际除草效果, 作者在安徽省桐城市黄甲镇农田开展了无患子提取物及其与甲草胺、噁草酮的4种复配制剂防除玉米田杂草的田间药效试验。结果表明, 供试药剂对玉米田主要杂草具有良好的防除效果。在3900~4500 mL·hm⁻²的用量范围内, 施药后15 d和30 d, 30%无患子提取物水剂对马唐、莎草的株防效分别达82%和87%以上, 鲜重防效都达85%以上; 对丁香蓼的株防效达75%以上, 鲜重防效达82%以上; 对总草的鲜重防效达83%以上。无患子提取物与甲草胺(含量20%)、噁草酮(含量6%)复配, 在化学除草剂用量减半的情况下, 依然表现出突出的除草效果。无患子提取物与甲草胺复配, 在4500 mL·hm⁻²的用量下, 施药后15 d和30 d, 对马唐、莎草的株防效分别达90%和94%以上; 对丁香蓼的株防效达79%以上; 对总草的鲜重防效达88%以上。无患子提取物与噁草酮复配, 在3600 mL·hm⁻²的用量下, 施药后15 d和30 d, 对马唐、莎草的株防效分别达94%和96%以上; 对丁香蓼的株防效达94%以上; 对总草的鲜重防效达96%以上。本研究结果对于减少化学除草剂的用量, 减少化学农药对环境的污染, 在一定程度上降低农产品农药残留风险, 具有重要的参考价值, 为无患子资源的开发利用, 提供了理论依据。

关键词: 无患子提取物; 化感作用; 植物源除草剂; 杂草防除; 甲草胺; 噁草酮

中图分类号: S482.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)04-0679-06

Weed control in corn fields by extracts from *Sapindus mukorossi* peel

LUO Dong^{1,2}, TAO Wuqun², XUN Hang¹, YAO Xi¹, FANG Xiangqun³, ZHANG Shoufu³, TANG Feng¹

(1. Key Laboratory of Bamboo and Rattan Science and Technology, International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102; 2. School of Resources & Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 3. Plant Protection & Quarantine Station of Tongcheng County, Tongcheng 231400)

Abstract: The effect of *Sapindus mukorossi* peel extracts on the growth of weeds in corn fields at Huangjia town of Tongcheng city in Anhui province, China was determined. The results showed that the testa extracts of *Sapindus mukorossi* alone or mixed with herbicides could significantly inhibit the emergence and fresh weights of weeds in corn fields. The aqueous solution (AS) of 30% extracts inhibited emergence of *Sapindus mukorossi* was more than 82% and 87% of *Digitaria sanguinalis* and *Ludwigia prostrate*, respectively and the fresh weight of these weeds was controlled above 85% after spraying for 15 d or 30 d at doses of 3900-4500 mL·hm⁻², respectively. For *Cyperus rotundus*, the inhibited emergence was more than 75%, and fresh weight was more than 82%. The inhibited fresh weight to all weeds was more than 83%. When the two herbicides, namely alachlor (PC 20%) and oxadiazon (PC 6%) was mixed to used, with reduced dosage of chemical herbicides, would significantly inhibited the growth of weeds. The 4500 mL·hm⁻² of the mixture with alachlor markedly inhibited emergence (>90%, 94% and 79%) for *Digitaria sanguinalis*, *Ludwigia prostrate* and *Cyperus rotundus*, and fresh weight (>88%). The 3600 mL·ha⁻¹ of the mixture with oxadiazon could markedly inhibit the emergence in more than 94% and fresh weight in more than 96%. *Sapindus mukorossi* may have inhibitory potential on weeds as a natural corn field herbicide.

Key words: *Sapindus mukorossi* extracts; allelopathy; botanical herbicidal; weed control; alachlor; oxadiazon

收稿日期: 2013-11-12

基金项目: 引进国际林业先进科学技术项目(2012-4-16)资助。

作者简介: 雒东, 硕士

* 通信作者: 汤锋, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: fengtang@icbr.ac.cn

农田杂草对作物生长和产量的影响巨大。目前,杂草防除愈来愈依赖化学除草剂。我国农田化学除草面积已达 5000 万 hm^2 (次),除草剂所占农药市场份额约为 22%,但是大量施用除草剂带来的环境污染、杂草抗药性等问题日益突出。统计表明,截至目前,全世界已报道 217 种杂草对 1 种或 1 种以上除草剂产生抗药性,其中单子叶杂草 88 种,双子叶杂草 129 种。抗除草剂的杂草生物型达到 397 个,比 2000 年增加 164 个^[1]。因此,如何在生态安全的前提下有效控制农田杂草成为科技人员追求的目标,开发高效、低毒、环境友好的新型除草剂成为生产上的迫切需求,杂草的生物防除及新型除草剂的研发日益受到关注,从植物等生物体中寻找具有独特作用机理的除草成分成为研究的热点领域^[2-9]。目前已发现 30 多种植物含有近百种具有除草活性的天然化合物,主要包括三酮类、羧酸类、萜烯类、醌酚类、香豆素类、噻吩类、生物碱类及二苯醚类等化合物^[10-19]。其中有些化合物已被开发成除草剂,并得到专利保护和推广应用^[20-25]。Dayan 等发现天然植物毒素作用的分子靶位很少与人工合成的植物毒素重叠,认为通过植物次级代谢产物发现具有新的作用靶点并对环境友好的除草剂可能性极强^[26]。

无患子 *Sapindus mukurossi* 是一种落叶乔木,其外种皮是一种传统中药。现有研究表明,无患子提取物具有抗真菌、细菌和杀虫作用,对小菜蛾、甘蓝蚜、玉米象和果蝇等昆虫有良好的毒力^[27-28]。无患子皂苷具有抗皮肤真菌和念珠菌、抑制肿瘤细胞增殖、抗幽门螺旋杆菌和保肝等多种生物活性和功效^[29]。陶吴群等较系统地研究了无患子外种皮提取物对几种植物的抑制生长活性,发现在室内条件下,无患子外种皮提取物对结球生菜、红三叶等植物幼苗生长特别是根的生长具有突出的抑制效果^[30],认为其具有开发成植物源除草剂的潜力。本文报道了在大田环境中,无患子外种皮提取物及其复配制剂对玉米田主要杂草的防除效果,为无患子外种皮提取物在农田杂草防除中的实际应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试药剂

无患子果实由安徽省林业科学研究院胡一民研究员帮助采集并鉴定。无患子提取物及其复配制剂由国际竹藤中心配制并提供。供试药剂包括:(1) 30%无患子提取物水剂;(2) 20%甲草胺+30%无患子提取物水乳剂;(3) 20%甲草胺+20%无患子提取物水乳剂;(4) 6%噁草酮+30%无患子提取物水乳剂;

(5) 6%噁草酮+20%无患子提取物水乳剂;(6) 96%乙草胺乳油,美国孟山都公司生产,市售。

1.2 试验地概况

试验地位于安徽省桐城市黄甲镇石窑村,面积 1080 m^2 ,土质为砂壤土,pH 值 6.6,肥力中等,地势平坦,灌排方便。前茬为油菜,施用过 96%禾耐斯进行封闭处理。试验地 2013 年 5 月 25 日人工翻耕,每公顷施 45%红四方复合肥 150 kg。试验玉米品种为农大 108(市售),于 5 月 26 日点播玉米种子,播量为 30 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。田间管理与当地农业实践生产水平一致。试验地苗后主要杂草有马唐 *Digitaria sanguinalis*、丁香蓼 *Ludwigia prostrata*、莎草 *Cyperus rotundus* 以及少量的牛筋草 *Eleusine indica*、千金子 *Leptochloa chinensis*、鸭舌草 *Monochoria vaginalis* 和陌上菜 *Lindernia procumbens* 等。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 在玉米播后芽前施药。采用 3WBJ-16DZ 直喷式静电喷雾器(压力 0.4~0.6 MPa,流量为 40~85 $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$),每公顷兑水 600 L 对土壤均匀喷雾,共施药 1 次,施药时田间未见杂草萌发。试验设 17 个处理,其中,30%无患子提取物水剂施用量分别为 4500、3900 和 3300 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;20%甲草胺+30%无患子提取物水乳剂施用量分别为 4500、3900 和 3300 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;20%甲草胺+20%无患子提取物水乳剂施用量分别为 4500、3900 和 3300 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;6%噁草酮+30%无患子提取物水乳剂施用量分别为 3600、3150 和 2700 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;6%噁草酮+20%无患子提取物水乳剂施用量分别为 3600、3150 和 2700 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;96%乙草胺乳油施用量为 1200 $\text{mL}\cdot\text{hm}^{-2}$;对照(CK)为喷施清水。小区面积 15 m^2 ,随机区组排列,3 次重复,小区间设保护行。按要求配药后分小区喷施,不同药剂或不同浓度转换时用清水彻底清洗喷雾器。

1.3.2 调查方法 分别于施药后 15 d、30 d 进行株防效调查,采用绝对值调查法。每小区随机取 4 点,每点调查 0.25 m^2 ,分别记载各点内杂草种类及株数,统计并计算株防效。最后一次株防效调查后,采集样点内各类杂草,去根后称重,计算鲜重防效。

作物安全性调查。分别于施药后 7 d、15 d 和 30 d 各调查 1 次,共 3 次。主要观察作物的畸形、变色和生长异常情况。

1.3.3 数据分析 采用 EXCEL 和 SPSS 数据处理软件进行数据统计方差分析,采用 DUNCAN 新复极差法处理进行比较。

$$\text{防效}/\% = \frac{\text{CK杂草株数(鲜重)} - \text{处理区杂草株数(鲜重)}}{\text{CK杂草株数(鲜重)}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 无患子提取物对杂草的防除效果

无患子外种皮提取物对杂草的防除效果见表 1~表 3。由表中结果可以看出, 30%无患子提取物水剂对玉米田常见杂草均有一定的防除效果, 在 4500 mL·hm⁻²的用量下, 施药后 15 d, 对马唐的防除效果达 85.23%, 防效低于对照药剂 96%乙草胺乳油 1200 mL·hm⁻²的处理, 两者在 95%水平上存在显著差异; 对莎草的防效达 91.13%, 与对照药剂 96%乙草胺乳油在 95%水平上无显著差异; 对丁香蓼的防效达 80.92%, 显著优于对照药剂的 61.19%; 对牛筋草、千金子、鸭舌草和陌上菜等其他杂草的防除效果也达 62.50%, 显著优于对照药剂的 23.61%。

施药后 30 d 调查, 30%无患子提取物水剂对玉米田常见杂草的株防效与药后 15 d 的表现相似, 在 4500 mL·hm⁻²的用量下, 对马唐、莎草和丁香蓼的防效均在 83%以上, 对丁香蓼和其他杂草的防效显著优于对照药剂。从鲜重防效看, 4500 mL·hm⁻²用量时, 30%无患子提取物水剂对马唐、莎草的防效均高于 90%, 但与对照药剂存在显著差异; 对丁香蓼、其他杂草和总草的鲜重防效, 30%无患子提取物水剂达 70%以上, 均显著优于对照药剂。

30%无患子提取物水剂不同用量之间的防效亦存在差异, 总体而言, 用量越大, 对杂草的防效越高; 除了对于其他杂草的防效存在差异外, 3900 mL·hm⁻²与 4500 mL·hm⁻²的用量间无统计学上的差异, 可见, 30%无患子提取物水剂防除玉米田杂草的用量宜为 3900~4500 mL·hm⁻²。

表 1 药后 15 d 无患子提取物及其复配制剂防除杂草效果

Table 1 The effect of the extract of *Sapindus mukurossi* on weeds after spraying for 15 days

供试药剂 Tested herbicide	用量/mL·hm ⁻² Dose	单位面积剂量/ai·g·m ⁻² Dose per square	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	莎草 <i>C. rotundus</i>	丁香蓼 <i>L. prostrata</i>	其他杂草 Other weeds
30%无患子提取物 AS	4500	0.135	85.23±4.35 ^{bcd}	91.13±3.09 ^{abc}	80.92±2.52 ^{bcd}	62.50±2.78 ^d
	3900	0.117	82.96±2.27 ^{cd}	89.52±6.65 ^{bc}	75.00±11.06 ^{de}	47.22±16.04 ^e
	3300	0.099	54.55±24.34 ^e	54.03±20.63 ^e	59.87±5.43 ^h	30.55±13.98 ^f
20%甲草胺+30% 无患子提取物 EW	4500	0.090+0.135	95.45±3.71 ^{ab}	94.35±3.09 ^{abc}	87.50±2.52 ^{abc}	83.33±4.54 ^{ab}
无患子提取物 EW	3900	0.078+0.117	84.09±2.62 ^{bcd}	86.29±1.62 ^c	69.74±9.73 ^{fgh}	79.17±2.78 ^{ab}
	3300	0.066+0.099	79.54±8.70 ^d	70.97±2.63 ^d	66.45±5.42 ^{fgh}	61.11±4.54 ^d
20%甲草胺+20% 无患子提取物 EW	4500	0.090+0.090	90.91±0 ^{abcd}	91.94±3.23 ^{abc}	80.27±3.40 ^{cd}	63.89±3.21 ^{cd}
无患子提取物 EW	3900	0.078+0.078	81.82±3.71 ^d	90.32±2.63 ^{abc}	71.71±7.56 ^{def}	55.56±4.54 ^{de}
	3300	0.066+0.066	85.23±2.27 ^{bcd}	87.90±3.09 ^{bc}	61.84±5.04 ^{gh}	30.56±5.56 ^f
6%噁草酮+30% 无患子提取物 EW	3600	0.0216+0.108	98.86±2.28 ^a	100.0±0 ^a	94.08±3.31 ^a	93.05±2.78 ^a
无患子提取物 EW	3150	0.0189+0.0945	95.45±3.71 ^{ab}	96.77±0 ^{ab}	92.11±2.15 ^a	91.67±3.20 ^a
	2700	0.0162+0.081	88.64±2.63 ^{abcd}	91.13±3.09 ^{abc}	89.48±4.81 ^{abc}	76.39±5.32 ^{bc}
6%噁草酮+20% 无患子提取物 EW	3600	0.0216+0.072	94.32±2.27 ^{abc}	95.97±1.61 ^{abc}	96.71±1.32 ^a	93.05±2.78 ^a
无患子提取物 EW	3150	0.0189+0.063	88.64±2.63 ^{abcd}	94.36±1.61 ^{abc}	92.77±1.32 ^a	91.67±3.20 ^a
	2700	0.0162+0.054	89.77±2.28 ^{abcd}	93.55±0 ^{abc}	90.79±3.40 ^{ab}	84.72±2.78 ^{ab}
96%乙草胺 EC	1200	0.1152	95.45±3.71 ^{ab}	95.97±1.61 ^{abc}	61.19±16.27 ^h	23.61±25.41 ^f

注: 表中数据为 3 次重复平均值±SE; 同列数据后标有不同字母表示 5%水平差异显著。针对同种杂草的不同结果进行分析。下同。表中注释: 无患子抽提物 Extract of *Sapindus mukurossi*; 甲草胺 Alachlor; 噁草酮 Oxadiazon; 乙草胺 Acetochlor。

Note: The numbers are the means of 3 replications ± SE. Means in the same column followed by different letters differed significantly at the 0.05 level based on Duncan's test (DMRT). The results are analyzed with different kinds of weeds. The same below.

2.2 无患子提取物与甲草胺复配制剂的除草效果

甲草胺是一种酰胺类选择性芽前除草剂, 主要通过杂草的芽鞘吸收, 杀死出苗前土壤中萌发的杂草, 对已出土杂草无效。酰胺类除草剂对于一年生单子叶杂草效果好, 对双子叶杂草的防效相对较差。室内生测表明, 无患子外种皮提取物对单子叶和双子叶植物均有较好的抑制活性^[30]。为了改善甲草胺

和无患子提取物的除草效果, 扩大除草谱, 减少化学除草剂的用量, 将无患子提取物与甲草胺按一定的配比复配, 得到 2 种复配制剂, 其甲草胺用量均为常规用量的 50%左右。

两种复配制剂的除草效果见表 1~表 3。由表中结果可以看出, 20%甲草胺+30%无患子提取物水乳剂和 20%甲草胺+20%无患子提取物水乳剂对玉米

田常见杂草均有良好的防除效果, 在 4500 mL·hm⁻² 的用量下, 施药后 15 d, 对马唐、莎草的防除效果达 90%以上, 与对照药剂 96%乙草胺乳油无显著差

异; 对丁香蓼和其他杂草的防效达 63%以上, 显著优于对照药剂。

表 2 药后 30 d 无患子提取物及其复配制剂防除杂草效果

Table 2 The effect of the extract of *Sapindus mukurossi* on weeds after spraying for 30 days

供试药剂 herbicides	用量/mL·hm ⁻² Dose	单位面积剂量/ai·g·m ⁻² Dose per square	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	莎草 <i>C. rotundus</i>	丁香蓼 <i>L. prostrata</i>	其他杂草 Other weeds
30%无患子提取物 AS	4500	0.135	89.46±1.81 ^{cd}	90.36±3.55 ^{ab}	83.15±2.74 ^{cd}	67.39±4.35 ^{ef}
	3900	0.117	85.54±2.60 ^e	85.85±4.33 ^{ab}	79.89±8.20 ^d	47.83±10.65 ^h
	3300	0.099	76.81±1.81 ^f	62.67±23.67 ^c	57.06±4.48 ^g	32.61±11.50 ⁱ
20%甲草胺+30% 无患子提取物 EW	4500	0.090+0.135	96.69±1.15 ^a	95.49±1.15 ^a	85.87±3.76 ^{bcd}	78.26±3.55 ^{cd}
	3900	0.078+0.117	91.27±1.15 ^c	90.06±2.06 ^{ab}	66.85±9.45 ^{ef}	72.83±2.17 ^{de}
20%甲草胺+20% 无患子提取物 EW	3300	0.066+0.099	84.64±3.98 ^{de}	79.82±2.67 ^b	65.22±4.70 ^{ef}	57.61±4.16 ^g
	4500	0.090+0.090	94.88±0.6 ^{ab}	94.28±2.06 ^a	79.89±3.26 ^d	64.13±4.16 ^{fg}
6%噁草酮+30% 无患子提取物 EW	3900	0.078+0.078	92.17±1.21 ^{bc}	91.87±1.15 ^a	70.11±3.26 ^e	57.61±4.16 ^g
	3300	0.066+0.066	92.47±1.52 ^{bc}	87.35±10.11 ^{ab}	63.05±3.97 ^{efg}	30.44±5.02 ⁱ
6%噁草酮+20% 无患子提取物 EW	3600	0.0216+0.108	96.83±1.14 ^a	96.54±0.29 ^a	94.55±2.18 ^a	90.22±4.16 ^{ab}
	3150	0.0189+0.0945	96.39±0.98 ^a	96.09±0.61 ^a	90.76±1.09 ^{ab}	89.13±2.51 ^{ab}
2700	0.0162+0.081	94.58±1.56 ^{ab}	94.28±0.6 ^a	89.13±3.55 ^{abc}	76.09±2.51 ^{cd}	
	3600	0.0216+0.072	96.39±1.70 ^a	96.39±1.70 ^a	95.11±1.09 ^a	92.39±2.18 ^a
6%噁草酮+20% 无患子提取物 EW	3150	0.0189+0.063	92.77±0.98 ^{bc}	94.88±1.15 ^a	92.39±1.26 ^{ab}	91.30±0 ^a
	2700	0.0162+0.054	90.06±4.65 ^c	91.87±3.32 ^a	88.59±2.08 ^{abc}	82.61±0 ^{bc}
96%乙草胺 EC	1200	0.1152	97.59±0 ^a	97.14±0.58 ^a	61.41±7.81 ^{fg}	25.00±6.52 ⁱ

表 3 药后 30 d 无患子提取物及其复配制剂对杂草鲜重的影响

Table 3 The effect of the extract of *Sapindus mukurossi* on the weight of weeds after spraying for 30 days

供试药剂 Herbicide	用量/mL·hm ⁻² Dose	单位面积剂量/ai·g·m ⁻² Dose per square	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	莎草 <i>C. rotundus</i>	丁香蓼 <i>L. prostrata</i>	其他杂草 Other weeds	总草 Total weeds
30%无患子提取物 AS	4500	0.135	90.92 ^{gh}	91.97 ^{cd}	85.74 ^{cd}	71.97 ^{def}	87.48 ^{efg}
	3900	0.117	87.67 ^h	88.12 ^{fg}	82.70 ^{de}	56.59 ^g	83.12 ^{gh}
	3300	0.099	80.31 ⁱ	76.25 ^h	63.92 ^f	44.27 ^h	71.11 ⁱ
20%甲草胺+30% 无患子提取物 EW	4500	0.090+0.135	97.05 ^{ab}	95.88 ^{abcd}	88.22 ^{bcd}	81.23 ^{cd}	92.50 ^{bcd}
	3900	0.078+0.117	92.69 ^{efg}	91.21 ^{def}	72.36 ^f	78.06 ^{cde}	84.35 ^{fgh}
20%甲草胺+20% 无患子提取物 EW	3300	0.066+0.099	88.27 ^{gh}	82.13 ^{gh}	69.95 ^f	63.69 ^{fg}	79.26 ^h
	4500	0.090+0.090	95.76 ^{abcde}	94.78 ^{abcde}	82.70 ^{de}	69.05 ^{ef}	88.78 ^{def}
6%噁草酮+30% 无患子提取物 EW	3900	0.078+0.078	93.29 ^{def}	93.19 ^{bcd}	74.36 ^{ef}	64.26 ^{fg}	84.18 ^{fgh}
	3300	0.066+0.066	93.41 ^{cdef}	89.23 ^{ef}	68.46 ^f	42.35 ^h	79.89 ^h
6%噁草酮+20% 无患子提取物 EW	3600	0.0216+0.108	97.62 ^{ab}	97.24 ^{ab}	95.15 ^a	92.00 ^{ab}	96.23 ^a
	3150	0.0189+0.0945	96.87 ^{abc}	96.53 ^{abc}	92.32 ^{abc}	90.37 ^{ab}	94.69 ^{ab}
2700	0.0162+0.081	95.12 ^{bcd}	95.44 ^{abcd}	90.49 ^{abcd}	80.20 ^{cd}	92.19 ^{bcd}	
	3600	0.0216+0.072	96.73 ^{abcd}	96.89 ^{ab}	95.65 ^a	93.55 ^a	96.09 ^a
6%噁草酮+20% 无患子提取物 EW	3150	0.0189+0.063	93.52 ^{cdef}	95.59 ^{abcd}	93.17 ^{ab}	92.40 ^{ab}	93.48 ^{abc}
	2700	0.0162+0.054	91.41 ^{fgh}	93.24 ^{bcd}	90.47 ^{abcd}	86.20 ^{bc}	90.77 ^{cde}
96%乙草胺 EC	1200	0.1152	98.15 ^a	97.83 ^a	66.48 ^f	34.56 ^h	81.48 ^h

施药后 30 d 调查, 两种复配制剂对玉米田常见杂草的株防效与药后 15 d 的表现相似, 在 4500 mL·hm⁻² 的用量下, 对马唐、莎草的防效均在 94%

以上, 与对照药剂无显著差异; 对丁香蓼和其他杂草的防效在 64%以上, 显著优于对照药剂。从鲜重防效看, 4500 mL·hm⁻² 用量时, 两种复配制剂对马

唐、莎草的防效均高于 94%，与对照药剂无显著差异；对丁香蓼、其他杂草和总草的鲜重防效均在 69% 以上，显著优于对照药剂。

无患子提取物与甲草胺的两种复配制剂的不同用量间的防效亦存在差异，但用量 3900 mL·hm⁻² 与 4500 mL·hm⁻² 的防效差异不大。

2.3 无患子提取物与噁草酮复配制剂的除草效果

噁草酮是一种杂环类选择性芽前、芽后除草剂，用于防除多种一年生禾本科和阔叶杂草，主要通过杂草幼芽和茎叶吸收，在有光的条件下能发挥良好的杀草活性，对萌芽期杂草尤为敏感。将噁草酮按常规用量减半，与无患子提取物复配，得到两种复配制剂，即 6%噁草酮+30%无患子提取物水乳剂和 6%噁草酮+20%无患子提取物水乳剂。

两种复配制剂的除草效果见表 1~表 3。由表中数据可以看出，两种噁草酮与无患子提取物复配制剂对玉米田常见杂草均有突出的防除效果，在 3600 mL·hm⁻² 的用量下，施药后 15 d，对玉米田主要杂草的防除效果均在 93% 以上，对马唐、莎草的防效与对照药剂相当，在 95% 水平差异不显著；对丁香蓼和其它杂草的防效，显著优于对照药剂 96% 乙草胺乳油。

药后 30 d，两种复配制剂对玉米田常见杂草的株防效与药后 15 d 的表现相似，在 3600 mL·hm⁻² 的用量下，对主要杂草的防效均在 90% 以上，对马唐、莎草的防效超过 96%，与对照药剂无显著差异；对丁香蓼和其他杂草的防效显著优于对照药剂。从鲜重防效看，3600 mL·hm⁻² 用量时，两种复配制剂对主要杂草的防效均高于 92%，对马唐、莎草的防效与对照药剂无显著差异；对丁香蓼、其他杂草和总草的鲜重防效显著优于对照药剂。

无患子提取物与噁草酮的两种复配制剂的不同用量间存在一定的差异，但除个别情况外，基本无统计学上的差异，可见 6%噁草酮+30%无患子提取物水乳剂和 6%噁草酮+20%无患子提取物水乳剂应用于玉米田防除杂草，用量 2700~3150 mL·hm⁻² 即有很好的防效，能够控制杂草的危害。

3 小结与讨论

本研究表明，无患子外种皮提取物及其与甲草胺、噁草酮的 4 种复配制剂，对于玉米田主要杂草均具有良好的防除效果，在合适的用量下，能很好地控制杂草的为害。无患子提取物单独使用，对于单子叶杂草和双子叶杂草均有较好的效果，在 3900~4500 mL·hm⁻² 的用量范围内，30%无患子提取

物水剂可以作为一种植物源除草剂，用于玉米田除草实践。无患子提取物与甲草胺、噁草酮复配，在化学除草剂用量减半的情况下，依然对杂草表现出突出的防除效果，无患子提取物与甲草胺复配，可以提高对双子叶杂草的防除效果，扩大除草谱；与噁草酮复配，对各种杂草的防效均最高，并且用量最少。综上所述，无患子提取物不仅具有较好的除草作用，与甲草胺、噁草酮复配，还能减少化学除草剂的使用量，降低防治成本，减少化学农药对环境的污染，在一定程度上减少农产品农药残留风险。

施药后 7 d 观察，无患子提取物与甲草胺、噁草酮复配，对玉米生长有一定的药害，特别是高用量时，玉米叶片畸形、枯死，株高明显低于对照和其他处理；药后 15 d 时，药害症状有所减轻；药后 30 d，药害症状基本恢复。因此，无患子提取物与甲草胺、噁草酮的复配制剂及其配比，尚需进一步优化。

参考文献:

- [1] Heap I M. The international survey of herbicide resistance weeds[EB/OL]. Available www.weedscience.com, 2013.
- [2] Macias F A, Oliveros-Bastidas A, Marin D, et al. Plant biocommunicators: their phytotoxicity, degradation studies and potential use as herbicide models[J]. Phytochem Rev, 2008, 7(1): 179-194.
- [3] Lin D, Tsuzuki E, Dong Y, et al. Potential biological control of weeds in rice fields by allelopathy of dwarf lilyturf plants[J]. Bio Control, 2004, 49: 187-196.
- [4] Boz O, Ogut D, Dogan M N. The phytotoxicity potential of olive processing waste on selected weeds and crop plants[J]. Phytoparasitica, 2010, 38: 291-298.
- [5] Tabaglio V, Gavazzi C, Schulz M, et al. Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch[J]. Agron Sustain Dev, 2008, 28: 397-401.
- [6] Kruidhof H M, Bastiaans L, Kropff M J. Cover crop residue management for optimizing weed control[J]. Plant Soil, 2009, 318: 169-184.
- [7] Zahed N, Hosni K, Brahim N B, et al. Allelopathic effect of *Schinus molle* essential oils on wheat germination[J]. Acta Physiol Plant, 2010, 32(6): 1221-1227.
- [8] Barto E K, Cipollini D. Density-dependent phytotoxicity of *Impatiens pallida* plants exposed to extracts of *Alliaria petiolata*[J]. J Chem Ecol, 2009, 35: 495-504.
- [9] Mutlu S, Atici O, Esim N, et al. Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species[J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33: 943-951.
- [10] Macias F A, Lacrete R, Varela R M, et al. Isolation and phytotoxicity of terpenes from *Tectona grandis*[J]. J Chem Ecol, 2010, 36: 396-404.
- [11] Simoes K, Du J, Kretzschmar F S, et al. Phytotoxic catechin leached by seeds of the tropical weed *Sesbania vir-*

- gata*[J]. J Chem Ecol, 2008, 34: 681-687.
- [12] Chowhan N, Singh H P, Batish D R, et al. Phytotoxic effects of β -pinene on early growth and associated biochemical changes in rice[J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33: 2369-2376.
- [13] Hanifi S, Hadrami I. Phytotoxicity and fertilising potential of olive mill wastewaters for maize cultivation[J]. Agron Sustain Dev, 2008, 28: 313-319.
- [14] Gibson D M, Krasnoff S B, Biazzo J, et al. Phytotoxicity of antofine from invasive swallow-Worts[J]. J Chem Ecol, 2011, 37: 871-879.
- [15] Hoagland R E. Pesticide metabolism in plants and microorganisms: an overview[M]. Washington D C: American Chemical Society, 2001: 72-90.
- [16] Duke S O, Blair A C, Dayan F E, et al. Is (-)-catechin a novel weapon of spotted knapweed (*Centaurea stoebe*)?[J]. J Chem Ecol, 2009, 35(1): 141-153.
- [17] Dayan F E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*[J]. Planta, 2006, 224: 339-346.
- [18] Bais H P, Vepachedu R, Gilroy S, et al. Allelopathy and exotic plant invasion: From molecules and genes to species interactions[J]. Science, 2003, 301(5638): 1377-1380.
- [19] Mulderij G, Mau B, Donk E, et al. Allelopathic activity of stratiotes aloides on phytoplankton-towards identification of allelopathic substances[J]. Hydrobiologia, 2007, 584: 89-100.
- [20] Romagni J G, Duke S & Dayan F E. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals[J]. Plant Physiol, 2000, 123: 725-732.
- [21] Romagni J G, Allen S N & Dayan F E. Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species[J]. J Chem Ecol, 2000, 26 (1): 303-313.
- [22] Mitchell G & Barlett D W. Mesotione: a new selective herbicide for use in maize[J]. Pest Management Sci, 2001, 57: 120-128.
- [23] Lee D L, Prisbylla M P & Gromartie T H. The discovery and structural requirements of inhibitors of hydroxyphenylpyruvate dioxygenase[J]. Weed Sci, 1997, 45: 601-609.
- [24] Macias F A, Galindo J C G, Castellano D, et al. Sesquiterpene lactones with potential use as natural herbicide models(I): trans, transgerrmacranolides[J]. J Agric & Food Chem, 1999, 47 (10): 4407-4414.
- [25] Macias F A, Galindo J C G, Molinillo J M G, et al. Dehydrozalanin C: a potent plant growth regulator with potential use as a natural herbicide template[J]. Phytochemistry, 2000, 54 (2): 165-171.
- [26] Dayan F E, Romagni J G & Duke S O. Investigation the mode of action of natural phytotoxins[J]. J Chem Ecol, 2000, 26(9): 2079-2094.
- [27] 史青. 无患子果皮中皂苷的抗皮真菌活性[J]. 国外医学·中医中药分册, 2002, 24(5): 300-301.
- [28] 周露, 谢文申, 罗雁婕. 川滇无患子提取物用于农药的生物活性研究[J]. 植物保护, 2010, 36(5): 162-164.
- [29] 徐启定. 无患子的生态功效和利用价值[J]. 安徽林业, 2010(3): 64.
- [30] 陶吴群. 无患子外种皮除草活性研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2012.