

丁翊东,赖上坤,于居龙,等. 氯虫苯甲酰胺和印楝素配伍对亚洲玉米螟防效和酿酒高粱安全性评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(5):68-72. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.05.010>.

氯虫苯甲酰胺和印楝素配伍对亚洲玉米螟防效和酿酒高粱安全性评价

丁翊东¹,赖上坤¹,于居龙²,王卫军¹,潘明泉¹,刘晓飞¹,金倩^{1*}

(1. 江苏省农业科学院宿迁农科所,江苏 宿迁 223800;2. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏 句容 212400)

摘要:化学-生物农药复配已经成为农业上防治作物病虫害的重要手段,但化学农药氯虫苯甲酰胺和生物农药印楝素配伍对亚洲玉米螟防治效果和酿酒高粱安全性的影响尚未明确。通过盆栽试验,比较不同氯虫苯甲酰胺-印楝素组合对亚洲玉米螟防效和酿酒高粱生长情况的影响。结果表明:1)200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(75 mL/hm²)+0.3%印楝素乳油(1 200 mL/hm²)对亚洲玉米螟的防效最佳,第1、第3和第7天的防效与单一施用200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(150 mL/hm²)的防效差异均无统计学意义;2)氯虫苯甲酰胺和印楝素单独施用、联合配伍对酿酒高粱的生长均无影响(与对照处理差异无统计学意义)。综上,氯虫苯甲酰胺与印楝素配伍可减少化学农药氯虫苯甲酰胺的使用量,且对高粱植株相对安全。

关键词:生物农药;化学农药;农药联合复配;酿酒高粱

中图分类号:S513

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20240060

高粱(*Sorghum bicolor*)是全球第5大粮食作物,与黍稷、谷子和大豆一同构成了我国传统旱作农耕生态农业体系,具有悠久的栽培历史^[1-2]。近年来,我国高粱播种面积超过70万hm²,在保障我国粮食安全方面起着不可忽略的作用^[2]。除此之外,高粱还被广泛应用于白酒酿造、化工材料和生物能源等产业^[3-4]。江苏省在我国白酒产业中占据重要地位,拥有巨大的酿酒高粱种植和消费潜力^[4]。然而,亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guenee)作为酿酒高粱的主要害虫^[5-6],其幼虫常蛀食高粱叶片、茎秆和穗柄等部位,使高粱光合效率降低和茎秆倒折率增加,严重降低酿酒高粱的产量和品质^[7]。

氯虫苯甲酰胺独特的化学结构能够高效激活鳞翅目昆虫鱼尼汀(肌肉)受体(ryanodine receptor, RyR),促进细胞钙库中的钙离子过度释放致使昆虫瘫痪死亡,而且它还具有药效持效期长和耐雨水冲刷的优势,因而被广泛应用于亚洲玉米螟的防治^[8-9]。然而,杀虫剂的不合理使用易造成害虫抗药性增加、作物药剂残留超标及环境污染等一系列问题^[10-11]。如:支

昊宇等在新疆发现亚洲玉米螟对双酰胺类农药产生了低至中等水平的抗性^[9];另有研究表明,氯虫苯甲酰胺在高粱籽粒中的检出率为25%,最大残留量为726 μg/kg,影响白酒食品安全^[12]。印楝素(Azadirachtin)作为一种植物来源的柠檬苦素类活性物质,可通过抑制昆虫取食、生长发育和诱导细胞自噬凋亡等途径对鳞翅目、膜翅目和鞘翅目等多种农林害虫进行有效防杀^[13-14]。夏丽娟等指出,印楝素在高粱上对亚洲玉米螟有良好的防治效果和较长的持效期^[15],但生物源农药普遍存在时效差和用量大的弊端^[16]。

化学农药与生物农药复配可以兼具2种药剂速效性、持久性和生态安全性的优势^[17],同时能减少化学药剂的使用量^[18-19]。为推动科学用药,合理降低高粱生产中氯虫苯甲酰胺使用量,有效消除农药的负面作用,本研究对化学农药氯虫苯甲酰胺和生物农药印楝素进行不同比例配伍施用,并评估其对亚洲玉米螟的防治效果和酿酒高粱生长安全性的影响,旨在探究氯虫苯甲酰胺和印楝素防治亚洲玉米螟的最佳配伍组合,筛选出氯虫苯甲酰胺用量减半后印楝素的使用量,为化学-生物农药复配理论提供数据支持,并为酿酒高粱绿色防控提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

化学农药:200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(SC),

收稿日期:2024-06-22;修回日期:2024-09-24。

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)(BE2023345);江苏省333人才工程项目;“宿迁英才”群英计划青年项目。

作者简介:丁翊东(1997—),男,硕士,研究实习员,主要从事植物保护与作物栽培技术研究。Email: dyd0606888@163.com。

* 通信作者:金倩(1987—),女,博士,副研究员,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。Email: jinhongyu2001@163.com。

美国富美实公司生产；生物农药:0.3%印楝素乳油(EC),成都绿金生物科技有限责任公司生产。上述药剂均为市售获得。

1.2 供试材料

亚洲玉米螟虫卵购于河南省济源白云实业有限公司,室内饲养至2~3龄幼虫,饲养条件:昼/夜光照时间为14 h/10 h,温度为(25±1)℃。

试验高粱品种为迁酿(梁)1号,是由江苏省农业科学院宿迁农科所与江苏洋河酒厂股份有限公司联合选育的酿酒专用糯高粱新品种。

1.3 试验设计及方法

1.3.1 药剂组合。本试验共设计7个药剂组合处理和1个清水对照处理。药剂用量详见表1。

表1 印楝素与氯虫苯甲酰胺药剂组合配伍表

处理	药剂组合	用量/(mL/hm ²)	备注
T1	200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC	75	药剂减量 50%
T2		150	防治推荐用量
T3	0.3%印楝素 EC	900	药剂减量 25%
T4		1 200	防治推荐用量
T5	200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC+0.3%印楝素 EC	75 + 600	—
T6		75 + 900	—
T7		75 + 1 200	—
T8	清水	—	—

1.3.2 试验方法。本研究盆栽试验设置在江苏省农业科学院宿迁农科所运河湾基地大棚内(118.32°E、33.97°N,海拔17 m)。酿酒高粱于2023年4月3日播种,20 d后将幼苗移栽至面积为0.2 m²的圆形钵内,每钵中移植8株,共计32盆。在酿酒高粱生育过程中,2—4龄的亚洲玉米螟幼虫通常潜藏于心叶啃食叶片,甚至蛀入茎秆,对酿酒高粱造成严重危害,因此本试验将形态大小一致的2龄亚洲玉米螟幼虫接种至每株高粱叶片上,待其达到稳定状态后确保每株保留2只亚洲玉米螟幼虫,并用40目的纱网罩住钵。

参考于居龙等定量喷雾法^[20]进行施药并加以改进:根据钵面积及表1中药剂用量,精准称量药剂后分别装入喷壶,加入清水定量至15 mL(以田间施药量750 L/hm²进行换算)。每个处理4次重复,其他栽培管理均保持一致。在喷药后的1、3、7 d进行调查,统计每个钵中的死虫数,并依据对照处理计算杀虫防效。

评价本试验药剂组合对酿酒高粱安全性的影响,在施药前和施药后14 d,每个处理中随机测量8株高粱株高,计算株高生长速率和株高生长抑制率;在喷药后的1、7、14 d分别于每个处理中随机选取20株酿酒高粱调查出现枯黄、萎蔫和畸形等药害症状及受害株数。

1.4 数据处理

本研究所有数据均使用Excel 2019和R语言软件进行统计分析,使用Origin 2018软件进行制图。利用R语言函数bartlett.test对原始数据进行方差齐性检验。采用单因素方差分析和Tukey-HSD法比较不同试验处理间虫防效、酿酒高粱植株生长速率和生长抑制率的差异,结果通过R语言aov函数和multcomp包的glht函数实现。本研究图表中数据为平均值±标准误,统计分析的显著性水平设定为P<0.05。本研究所用计算公式如下:

$$\text{死亡率} = \text{死亡虫数} / \text{总虫数} \times 100\%;$$

$$\text{校正杀虫防效} = (\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}) / (100 - \text{对照存活率}) \times 100\%;$$

$$\text{株高生长速率} = (\text{施药后株高} - \text{施药前株高}) / \text{施药前株高} \times 100\%;$$

$$\text{株高生长速率抑制率} = (\text{对照株高生长速率} - \text{处理株高生长速率}) / \text{对照株高生长速率} \times 100\%。$$

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺-印楝素配伍对亚洲玉米螟防效的影响

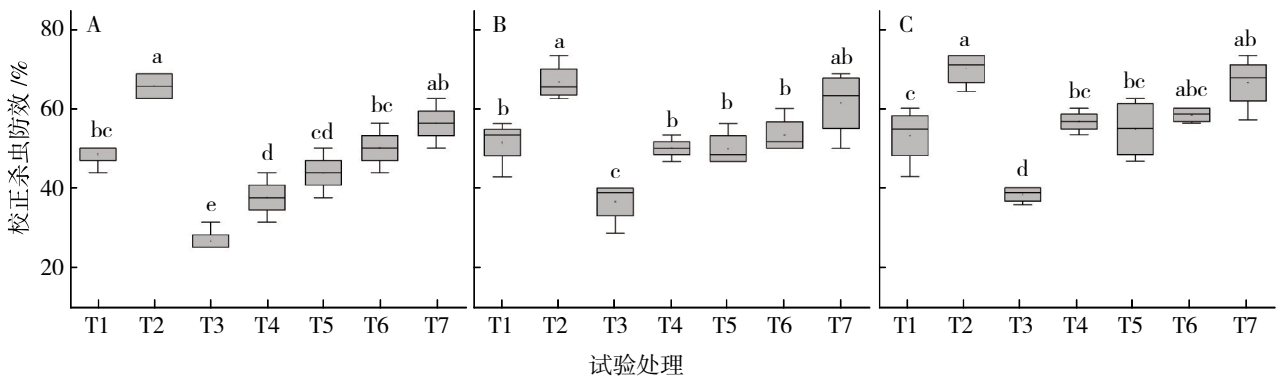
由图1可知,各试验处理对亚洲玉米螟均具有一定的杀虫效果。药后1 d,氯虫苯甲酰胺或印楝素

单用处理防效随着用量增加而增加,其中氯虫苯甲酰胺推荐用量(150 mL/hm²)处理时杀虫防效最高,为65.63%,显著高于氯虫苯甲酰胺用量减半(75 mL/hm²)处理(48.44%)及单用印楝素处理(900、1 200 mL/hm²);氯虫苯甲酰胺用量减半并与印楝素配伍使用后,随着印楝素用量增加杀虫防效也在增加,当氯虫苯甲酰胺+印楝素用量为75+1 200 mL/hm²时,其杀虫效果与氯虫苯甲酰胺150 mL/hm²差异无统计学意义(图1-A)。

药后3 d,推荐用量下的氯虫苯甲酰胺150 mL/hm²处理校正杀虫防效最高,为66.70%,3种氯虫苯甲酰

胺+印楝素组合(75+600、75+900、75+1 200 mL/hm²)间的校正杀虫防效差异无统计学意义,但75+1 200 mL/hm²的氯虫苯甲酰胺-印楝素组合与氯虫苯甲酰胺150 mL/hm²处理校正杀虫防效相当(图1-B)。

药后7 d,推荐用量下的氯虫苯甲酰胺150 mL/hm²处理校正杀虫防效仍然最高,达到69.93%,氯虫苯甲酰胺与印楝素配伍使用的3种用量下校正杀虫防效分别为54.79%、58.35%、66.47%,差异无统计学意义,但75+900、75+1 200 mL/hm²的氯虫苯甲酰胺-印楝素组合与氯虫苯甲酰胺150 mL/hm²处理校正杀虫防效之间差异无统计学意义(图1-C)。



A.药后1 d;B.药后3 d;C.药后7 d。图中不同小写字母表示处理间差异有统计学意义(P<0.05)

图1 不同试验处理对亚洲玉米螟的防治效果

由表2可知,试验14 d后高粱株高为43.38~46.63 cm,但不同试验处理间植株株高差异无统计学意义。然而,无论是氯虫苯甲酰胺和印楝素单用还是混合施用均对高粱生长产生一定程度的抑制效果,氯虫苯甲酰胺(75、150 mL/hm²)、印楝素(900、1 200 mL/hm²)和氯虫苯甲酰胺-印楝素组合(75+600、75+900、75+1 200 mL/hm²)7个处理对迁酿(梁)1号的株高生长速率抑制率分别为10.46%、

12.06%、9.03%、10.50%、11.22%、10.55%、12.07%,但影响程度较低且均与对照处理差异无统计学意义。尽管如此,高粱植株株高生长速率抑制率普遍随着药剂用量的增加而呈现增加趋势。另外,施药后1、7、14 d,未观测到各试验处理高粱植株幼苗出现枯黄、萎蔫和畸形等药害症状,表明氯虫苯甲酰胺与印楝素配伍对酿酒高粱植株无药害影响。

表2 不同试验处理对高粱植株生长的影响

处理	株高/cm		株高生长速率 /%	株高生长速率抑制率 /%	药害株数 / 药害级别		
	14 d				1 d	7 d	14 d
T1	43.38 ± 4.50	a	10.18 ± 1.11	a	0/-	0/-	0/-
T2	45.13 ± 1.46	a	9.77 ± 0.73	a	0/-	0/-	0/-
T3	45.13 ± 2.59	a	10.11 ± 0.63	a	0/-	0/-	0/-
T4	46.38 ± 2.88	a	10.07 ± 0.66	a	0/-	0/-	0/-
T5	44.63 ± 1.85	a	9.86 ± 0.66	a	0/-	0/-	0/-
T6	44.63 ± 3.50	a	9.85 ± 0.73	a	0/-	0/-	0/-
T7	44.00 ± 2.67	a	10.03 ± 1.08	a	0/-	0/-	0/-
T8(CK)	46.63 ± 2.13	a	11.37 ± 0.94	a	0/-	0/-	0/-

注:“-”表示植株生长正常。表中同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义(P<0.05)。

3 讨论

化学-生物农药配伍可提高对农作物病虫害的防治效果,是减少化学药剂使用量的重要途径^[17,21]。例如,沈登荣等发现多杀菌素与毒死蜱复配对西花蓟马的防治表现出明显增效^[22],谢明惠等认为药量减半的生物农药(白僵菌和绿僵菌)和化学杀虫剂(吡虫啉和辛硫磷)混用对花生蛴螬的防治效果与常规剂量化学药剂施用无显著性差异^[23]。本研究发现,氯虫苯甲酰胺(75 mL/hm²)和印楝素(1 200 mL/hm²)联合配伍可在减少50%化学药剂使用量的条件下对玉米螟产生与氯虫苯甲酰胺(150 mL/hm²)单一施用相当的防虫效果(图1)。一定剂量的化学杀虫剂可以降低害虫自身的防御能力,加速生物药剂对目标害虫组织器官的侵染,进而对靶标病虫害产生协防增效的效果^[24]。以往研究发现,化学-生物农药复配后毒力增效系数或共毒系数分别可高达几十倍和上千数量级^[25-26]。因此,这种协同增效机制可能是本研究氯虫苯甲酰胺-印楝素配伍后可使化学药剂使用量减半而虫防效不减的重要原因,化学和生物农药的协同使用能够充分发挥各自的作用机理和优势^[22],在保证治虫效果的同时降低化学药剂的使用剂量和解决生物农药杀虫时效差的问题^[17,19,23]。

以往研究已经证实,印楝素和氯虫苯甲酰胺单独施用均不会影响农作物的生长发育^[8,15]。本研究结果也发现,无论是氯虫苯甲酰胺和印楝素单独施用还是两者配伍联用仅对高粱植株生长速率产生不显著的抑制作用(表2)。然而,不可忽视的是,高粱植株株高生长抑制率普遍随着氯虫苯甲酰胺和/或印楝素使用剂量的增加而升高(表2)。因此,从高粱安全性角度考虑,应尽可能在保持优良防虫效果的同时减少2种农药的使用剂量。综合考虑生态效益和社会效益,1 200 mL/hm²印楝素(0.3%乳油)+75 mL/hm²氯虫苯甲酰胺(200 g/L悬浮剂)组合既满足优良防虫效果要求,又可保证对高粱的安全性,因此,我们推荐在酿酒高粱病虫害防治过程应用此组合。

4 结论

氯虫苯甲酰胺(200 g/L悬浮剂)与印楝素(0.3%乳油)联合配伍能够在减少50%氯虫苯甲酰胺使用剂量的同时对亚洲玉米螟产生良好的防治效果,而且两者的配伍联用不会对酿酒高粱植株的生长发

育产生威胁。本试验75 mL/hm²氯虫苯甲酰胺和1 200 mL/hm²印楝素配伍组合对玉米螟的防治效果最佳,可以替代高剂量单一氯虫苯甲酰胺的施用。

综上,本研究可为科学合理筛选化学-生物农药配伍提供数据参考,降低酿酒高粱化学药剂使用量,为绿色防控技术提供理论依据。

参考文献:

- [1] 刁现民. 禾谷类杂粮作物耐逆和栽培技术研究新进展[J]. 中国农业科学,2019,52(22):3943-3949.
- [2] 李顺国,刘 猛,刘 斐,等. 中国高粱产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学,2021,54(3):471-482.
- [3] 邹剑秋,王艳秋,柯福来. 高粱产业发展现状及前景展望[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2020,40(3):1-8.
- [4] 徐 鹏,李春宏,左文霞,等. 江苏省酿酒高粱产业现状与发展趋势[J]. 江苏农业科学,2022,50(9):17-20.
- [5] 袁志华,王文强,王振营,等. 亚洲玉米螟的寄主植物种类[J]. 植物保护学报,2015,42(6):957-964.
- [6] 黎国翰,张明清,王泽民,等. 玉米螟严重危害杂交高粱[J]. 植物保护,2000,26(2):51-52.
- [7] 王振营,鲁 新,何康来,等. 我国研究亚洲玉米螟历史、现状与展望[J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(5):402-412.
- [8] 董怀玉,侯志研,卢 峰,等. 几种药剂对辽宁高粱主要病虫害的防控效果评价[J]. 农药,2018,57(5):387-390.
- [9] 支昊宇,王智慧,王兴仔,等. 亚洲玉米螟的抗性监测及双酰胺类药剂抗性靶标分子检测[J]. 新疆农业科学,2021,58(4):690-699.
- [10] SHARMA A,SHUKLA A,ATTRI K,et al. Global trends in pesticides:a looming threat and viable alternatives[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety,2020,201:110812.
- [11] GOULD F,BROWN Z S,KUZMA J. Wicked evolution: can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? [J]. Science,2018,360(6390):728-732.
- [12] 王金萍,杜瑞恒,籍贵苏,等. 河北酿造高粱籽粒中7种常用农药的残留与安全评价[J]. 现代食品科技,2020,36(7):282-288,320.
- [13] MORGAN E D. Azadirachtin, a scientific gold mine[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry,2009,17(12):4096-4105.
- [14] 徐汉虹,赖 多,张志祥. 植物源农药印楝素的研究与应用[J]. 华南农业大学学报,2017,38(4):1-11.
- [15] 夏丽娟,李 靖,梁竟宇,等. 印楝素对亚洲玉米螟的毒力与防效及对寄主作物高粱的安全性评价[J]. 南京农业大学学报,2022,45(3):539-544.
- [16] 郭 荣. 我国生物农药的推广应用现状及发展策略[J]. 中国生物防治学报,2011,27(1):124-127.
- [17] 徐重新,张江兆,胡晓丹,等. 农药联合复配在农作物病虫害防治上的研究进展[J]. 江苏农业科学,2023,51(4):8-15.

- [18] 张国彦,郝 瑞,徐永伟,等. 生物农药与减量化学农药联用对草地贪夜蛾的防控效果[J]. 中国植保导刊,2024,44(1):87-89.
- [19] 胡 飞,徐婷婷,胡本进,等. 苏云金杆菌 G033A 对化学农药防治草地贪夜蛾的减量效应[J]. 中国生物防治学报,2021,37(6):1103-1110.
- [20] 于居龙,缪 康,赵来成,等. 氰氟虫腙与醚菊酯复配对稻飞虱的控制效果及其安全性评价[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):181-185.
- [21] 向礼波,石 磊,徐 东,等. 3 种新型生物产品及复配杀菌剂防治小麦赤霉病的研究[J]. 植物保护,2021,47(4):276-281.
- [22] 沈登荣,何 超,赵远艳,等. 多杀菌素与 4 种杀虫剂复配对西花蓟马的联合毒力[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):91-93.
- [23] 谢明惠,陈浩梁,林璐璐,等. 生物农药与化学农药混用对花生蛴螬的减药防控效果[J]. 花生学报,2020,49(2):77-81.
- [24] 曹伟平,宋 健,冯书亮,等. 球孢白僵菌与低剂量化学杀虫剂对小菜蛾的协同增效作用[J]. 中国生物防治学报,2018,34(3):370-376.
- [25] JIA M,CAO G C,LI Y B,et al. Biochemical basis of synergism between pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and insecticide chlorantraniliprole in *Locusta migratoria* (Meyen)[J]. Scientific Reports,2016,6:28424.
- [26] 高汝佳,尤春梅,黄沈鑫,等. 不同生物农药及与化学农药复配对桃流胶病菌的毒力[J]. 农药,2016,55(7):536-538,543.

Control Effect of Chlorantraniliprole Combined with Azadirachtin on *Ostrinia furnacalis* and Safety Evaluation for Brewed Sorghum

DING Yidong¹, LAI Shangkun¹, YU Julong², WANG Weijun¹, PAN Mingquan¹, LIU Xiaofei¹, JIN Qian¹

(1. Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China; 2. Jiangsu Hilly Area Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences, Jurong 212400, China)

Abstract: The combination of chemical and biological pesticides has become an important means to control crop diseases and pests in agriculture, but the control effects of chlorantraniliprole combined with azadirachtin on *Ostrinia furnacalis* Guenee and the safety for brewed sorghum is still unclear. In this study, we compared the effects of different combinations of chlorantraniliprole-azadirachtin on *Ostrinia furnacalis* Guenee control and the growth of brewed sorghum through a pot experiment. The results showed that: 1) The control effect of 200 g/L chlorantraniliprole (75 mL/hm²) and 0.3% azadirachtin (1 200 mL/hm²) combination was the best, and was consistent with that of 200 g/L chlorantraniliprole (150 mL/hm²) alone at 1, 3, and 7 days after application. 2) The effect of azadirachtin and chlorantraniliprole alone or in combination on sorghum growth were negligible (no significant difference compared with control). Therefore, the combination of chlorantraniliprole and azadirachtin could reduce the amount of chlorantraniliprole, and was safety for brewed sorghum.

Key Words: Biological pesticide; Chemical pesticide; Combination of pesticides; Brewed sorghum

全国优秀农业期刊 CACJ 中国应用型核心期刊

欢迎订阅 2025 年《中国种业》

《中国种业》是由农业农村部主管,中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。

刊物目标定位:以行业导刊的面目出现,并做到权威性、真实性和及时性。主要栏目有:种业论坛、专题综述、种业管理、研究论文、种业研究、品种选育、良种良法等。报道内容范围:最新种业政策、各地种业管理经验、种业企业经营之道、新品种新技术等。信息量大,技术实用。

欢迎投稿、刊登广告

读者对象:各级种子管理、经营企业的领导和技术人员,各级农业科研、推广部门人员,大中专农业院校师生,农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊,大 16 开,每期 20 元,全年 240 元。国内统一连续出版物号:CN 11-4413/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1671-895X,全国各地邮局均可订阅,亦可直接汇款至编辑部订阅,挂号需每期另加 3 元。

邮发代号:82-132

地址:(100081)北京市海淀区学院南路 80 号 中国种业编辑部

电话:010-82105796(编辑部) 010-82105795(广告发行部)

E-mail: chinaseedqks@163.com

中国种业编辑部 QQ 群:115872093、956938503、247694434

网址:https://www.chinaseedqks.cn

微信公众号:中国种业 中国种业资讯

中国种业读者 QQ 群:289113905