

徐伟平, 杨皓森. 基于链式中介效应的大豆种植农户除草剂施用行为分析[J]. 江苏农业学报, 2021, 37( 6 ): 1601-1607.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2021.06.030

## 基于链式中介效应的大豆种植农户除草剂施用行为分析

徐伟平<sup>1</sup>, 杨皓森<sup>2</sup>

(1. 农业农村部食物与营养发展研究所, 北京 100081; 2. 国家信息中心大数据发展部, 北京 100045)

**摘要:** 近年来, 中国对减少农药施用提出明确要求, 然而除草剂作为三大类农药之一, 其施用量却不断攀升, 如何在确保产量的前提下, 减少农户对除草剂的施用成为迫切需要解决的问题。本研究基于东北、华北大豆主产区的农户调查数据, 通过构建链式中介效应, 揭示大豆种植农户家庭禀赋和对转基因的认知程度如何影响农户的施药行为。结果显示, 家庭人数对除草剂施用种类有显著负向影响, 农户对转基因大豆的认知程度对除草剂施用种类有显著正向影响。同时, 家庭人数通过农业收入间接影响除草剂施用种类, 家庭人数通过“农业收入→除草剂成本”间接影响除草剂施用种类, 对转基因的认知通过除草剂成本间接影响除草剂施用种类。

**关键词:** 除草剂; 链式中介效应; 农户行为

**中图分类号:** S451.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4440(2021)06-1601-07

## Analysis on herbicide application behavior of soybean farmers based on chain mediating effect

XU Wei-ping<sup>1</sup>, YANG Hao-sen<sup>2</sup>

(1. Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 2. Big Data Development Department, State Information Center, Beijing 100045, China)

**Abstract:** In recent years, the Chinese government has made clear requirements for reducing the application of pesticides. However, herbicide as one of the three major types of pesticides, its application amount has been increasing. Reducing the application of herbicides by farmers under the premise of ensuring yield has become an urgent problem to be solved. Based on the survey data of farmers in the main soybean producing areas of Northeast and North China, a chain mediating effect model was constructed to reveal the endowment of soybean farmers and the impact of their cognition of herbicide-tolerant genetically modified soybeans on herbicide use behavior. The results showed that the number of households had a significant negative impact on the types of herbicide application, and the cognition of genetically modified soybeans had a significant positive impact on the types of herbicide application. Moreover, the number of households indirectly affects the types of herbicide application through agricultural income, the number of households indirectly affects the types of herbicide application through "agricultural income → herbicide costs", and the awareness of genetic modification indirectly affects the types of herbicide application through herbicide costs.

**Key words:** herbicide; chain mediating effect; farmer behavior

收稿日期: 2021-10-10

基金项目: 农业农村部农业行业发展情况调查项目(125C0502)

作者简介: 徐伟平(1964-), 女, 辽宁辽阳人, 学士, 研究员, 主要从事农产品全产业链与农业信息分析预警研究。(E-mail) xuweiping@caas.cn

大豆既是重要的粮食作物, 也是重要的食用植物油压榨原料和饲料蛋白加工原料作物, 对国家粮食安全和居民膳食结构改善意义重大。随着中国经济的快速发展、居民生活水平的不断提高, 食用油脂和动物源食品的消费需求持续增长, 对大豆的需求

量快速增加。自 1996 年以来,中国大豆产需缺口逐年扩大,需要依靠进口弥补,并由世界大豆出口国之一转变为进口大国。据中国海关数据,2003 年中国大豆进口量超过  $2.07 \times 10^7$  t,排名居世界首位。2019 年中国进口大豆达到  $8.86 \times 10^7$  t,超过当年大豆消费量的 80%,由于中国大豆对外贸易依存度过高,且进口来源国又相对集中,从美国、巴西、阿根廷 3 个国家进口大豆的数量占中国大豆进口总量的比例超过 95%,在逆全球化和新冠肺炎疫情双重挑战面前,中国大豆的贸易风险尤为突出。2019 年中央 1 号文件提出实施大豆振兴计划,紧接着农业农村部制定出台了《大豆振兴计划实施方案》,明确要求扩大大豆种植面积,提高单产水平,改善产品质量,努力增加大豆有效供给,提高中国大豆质量、产业效益和竞争力。《大豆振兴计划实施方案》同时对农药施用提出了具体要求,农药施用量要保持负增长。

杂草直接影响大豆生长发育、降低大豆产量和品质,一般可使大豆减产 10%~20%,严重时可以达到 40%~50%<sup>[1]</sup>,除草是大豆生产中提高产量、改善品质的重要环节。随着农村劳动力的减少和用工成本的增加,目前人工除草越来越少,除草主要依赖化学除草剂。由于危害大豆生长的杂草种类繁多,危害的时期也不一样,针对不同的杂草和大豆生长的不同时期需要施用不同种类的除草剂,除草剂的施用量不断增加,已经攀升为用量最大的一类农药。除草剂的使用虽然能够减轻杂草的危害,提高大豆的产量,改善大豆品质,但施用不当或过量施用会带来负面效应,对国家粮食安全、食品安全、环境安全,乃至人民的生命安全产生严重威胁<sup>[2]</sup>。目前大豆除草常使用的除草剂包括甲草胺、乙草胺、草甘膦、精喹禾灵、高效氟吡甲禾灵、2,4-D 丁酯等。研究结果表明,2,4-D 丁酯会对空气、土壤和水产生毒性作用<sup>[3]</sup>使人体软组织产生肉瘤。甲草胺也是一种常用的除草剂,对环境有危害,从许多河流中检测到了甲草胺的存在,并且已经证明其对虾和藻类有危害<sup>[4]</sup>。尽管草甘膦一直被认为对动物健康基本上是安全的,但最近的研究结果<sup>[5]</sup>表明,草甘膦可能会对动物繁殖产生不利影响,包括干扰雄激素合成过程中关键调节酶的作用,改变血清雌激素和睾酮水平,损害生殖组织和雌激素合成。乙草胺长期应用在花生和大豆的关键生育期,显著降低了根瘤数<sup>[6]</sup>,土壤中残留的乙草胺会对土壤真菌群落造成

长期的损害,进而影响土壤资源的可持续利用<sup>[7]</sup>。因此,种植农户施用除草剂行为的选择对大豆生产和生态环境至关重要,如何引导大豆种植农户科学施用除草剂,有效降低大豆生产成本,提高种植效益,促进农民增收,提升中国大豆产业的国际市场竞争力,化解目前中国大豆对外依存度过高的贸易风险,确保国家粮食安全和产业安全,已成为需要迫切研究的课题。已有文献基本上都是将病、虫、杂草危害合并在一起研究,并且主要研究农药的用量、次数以及单位面积成本<sup>[8-11]</sup>,对豆农除草剂施用种类的行为选择及其影响因素研究很少。中国除草剂使用量占农药施用总量的 48%,已经上升为施用量最大的一类农药<sup>[12]</sup>。因此,我们不仅需要对除草剂的用量进行研究,同时还应对除草剂施用种类的选择行为的研究高度重视。本研究在对东北春大豆主产省(区)和黄淮海夏大豆主产省,不同种植规模、不同家庭背景的 366 户豆农施用除草剂的行为选择进行调查的基础上,通过构建链式中介效应模型,分析影响豆农施用除草剂的因素,为有效普及农户科学选用、合理施用除草剂提供理论依据,为大豆生产提质增效提供有效路径。

## 1 文献综述与研究假设

已有文献对农户使用农药的数量、施用次数进行了分析,而单独对除草剂施用行为、除草剂施用种类和使用成本的研究较少,关于农户对于转基因的认知程度与除草剂使用的影响的研究更少,尚未见到家庭禀赋和种植禀赋对除草剂施用种类的链式中介效应研究。由于耐除草剂转基因大豆能够减少除草剂的使用成本,降低大豆的生产成本,因此使得农户更加关注耐除草剂转基因大豆的发展情况以及相关政策,这类农户也是新事物的接受者和风险接受者。为此,建立农业收入和除草剂成本的链式中介效应的假设如下:

H1:家庭人数对农业收入起到正向作用。

家庭人数越多,能够从事农业劳动的人数越多,对家庭的农业收入起到正向作用。肖旬等<sup>[13]</sup>分析了浙江省农民收入的影响因素,发现劳动力人数在农业收入中起到重要作用。薛娜等<sup>[9]</sup>利用明瑟收入方程和分位数回归模型分析人力资本对农户人均总收入以及不同收入结构和收入层次的影响,发现人力资本对人均农业收入有显著的正向影响。

H2: 农业收入对除草剂施用种类起到正向作用。

在除草剂施用种类多少的影响因素中农业收入起到正向作用, Hayati 等<sup>[14]</sup>研究发现农业收入对除草剂施用种类多少有重要影响。蔡书凯<sup>[15]</sup>也发现农药的施用受到农业收入的影响。农业收入较高的农户会选择使用更多的农药<sup>[16-19]</sup>。李昊等<sup>[20]</sup>指出, 农业收入越高越会导致农户不合理的施药行为。孙款款等<sup>[21]</sup>指出农业收入占总收入的比重越高越会使农户倾向过量施用农药。随着农业收入的增加, 能够使农户更多地选择使用不同的除草剂, 以减少不同杂草带来的减产。而当农业收入减少时, 农户只能尽可能地选择最常见的杂草除草剂来减少主要杂草对产量带来的损失。

H3: 农户转基因的认知程度对除草剂成本起到正向作用。

耐除草剂大豆能够有效地降低农户单位面积的除草成本<sup>[22]</sup>。这一特性对于有很强的降低除草剂成本意愿的农户有非常大的吸引力, 进而更加倾向于了解耐除草剂转基因大豆的各种特征, 提高对转基因的认识程度。

H4a: 农业收入在家庭人数和除草剂施用种类之间起到中介作用;

H4b: 农业收入和除草剂成本在家庭人数和除草剂施用种类之间起到链式中介作用;

H4c: 除草剂成本在对转基因的认知程度与除草剂施用种类之间起到中介作用。

## 2 数据来源与描述统计

### 2.1 数据来源

本研究针对农户施用除草剂的行为选择, 通过问卷调查和实地调研相结合的方法获取研究数据。在辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古四省(区)以及黄淮海地区, 随机抽取了 63 个县, 每个县随机抽取 5~6 个不同种植规模、不同家庭背景的豆农开展问卷调查, 共得到 366 户豆农的有效样本数据。

### 2.2 变量选择及样本描述性统计

家庭禀赋特征包括家庭劳动力人数和对转基因的认识程度。其中, 家庭人数的均值为 3.59 人, 家庭劳动力人数的均值为 1.91 人(表 1), 家庭劳动力占家庭总人数的 53.2%。

中介变量特征包括农业收入、单位面积除草剂

成本。农户平均农业收入为  $7.82 \times 10^4$  元, 非农收入为  $0.95 \times 10^4$  元(表 1), 农业收入占农户总收入的 82.1%; 2018 年除草剂费用为  $1 \text{ hm}^2$   $2.59 \times 10^2$  元, 2019 年上涨到  $1 \text{ hm}^2$   $3.17 \times 10^2$  元, 涨幅达到 22.5%, 是导致生产成本上涨的主要因素。

表 1 变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables

统计量	单位	均值	标准差
年龄	岁	45.03	8.23
受教育程度	1 = 小学毕业, 2 = 初中毕业, 3 = 高中毕业, 4 = 大学毕业	2.33	0.67
家庭人数	人	3.59	1.12
劳动力人数	人	1.91	0.72
农业收入	$\times 10^4$ 元	7.82	10.69
非农收入	$\times 10^4$ 元	0.95	2.98
种植面积	$\text{hm}^2$	21.85	52.21
除草剂施用次数	次	1.70	0.61
除草剂施用种类	类	1.61	0.76
1 $\text{hm}^2$ 除草剂成本	$\times 10^2$ 元	3.17	1.43

因变量特征包括除草剂施用种类和除草剂施用次数。由于除草剂施用种类的选择是衡量农户对除草剂施用量以及危害程度的重要指标变量, 本研究将除草剂施用种类作为研究对象, 统计得出除草剂施用种类的分布(表 2)。其中, 选择 1~2 种除草剂施用的农户最多, 占整体的比例为 87.90%; 其次为选择 3~4 种除草剂的农户, 占比为 11.34%; 只有极少数的农户未施用除草剂, 占比仅为 0.26%。除草剂选用种类超过 2 种属于超量施用, 其残留物将对耕地有所危害。从样本地区农户选择除草剂施用种类的差异可以看出, 内蒙古选择 1~2 种除草剂施用的农户占整体比例为 93.18%, 选择 3~4 种除草剂的农户占比为 6.82%; 辽宁省选择 1~2 种除草剂的农户占比为 92.98%, 选择 3~4 种除草剂的农户占比为 3.51%, 不施用除草剂的农户占比也是 3.51%; 吉林省选择 1~2 种除草剂的农户占比为 72.92%, 选择 3~4 种除草剂的农户占比为 25.00%, 选择 5 种以上除草剂的农户占比为 2.08%; 黑龙江省农户选择 1~2 种除草剂施用的农户最多, 占比为 88.74%, 其次是选择 3~4 种除草剂的农户, 占比为 10.99%, 不施用除草剂的农户占比仅为 0.26%; 黄淮海地区农户都选择施用 1~2 种除草剂。通过表 2



可以看出,在各省(区)中施用 1 种除草剂的农户占比超过总体平均占比的省(区)为内蒙古、辽宁和黄淮海地区,而施用 2 种除草剂的农户占比超过总体平均占比的省份为黑龙江,分别施用 3 种、4 种、5 种除草剂的农户占比超过总体平均占比的省份为吉林。由此可以看出,吉林和黑龙江两省的农户施用除草剂的种类偏多。

表 2 各省(区)除草剂施用种类不同的农户比例

Table 2 Proportion of farmers with different herbicide application types in provinces (districts)

除草剂施用种类	黑龙江	黄淮海	吉林	辽宁	内蒙古	平均
0	0.26	0	0	3.51	0	0.45
1	47.31	75.86	41.67	73.68	61.36	51.89
2	41.43	24.14	31.25	19.30	31.82	36.01
3	9.97	0	20.83	3.51	4.55	9.83
4	1.02	0	4.17	0	2.27	1.51
5	0	0	1.04	0	0	0.15
6	0	0	1.04	0	0	0.15

除草剂施用次数从侧面也反映中国不同省(区)在除草剂施用中的具体情况,由表 3 可知,施用 1~2 次除草剂的农户最多,占整体的比例为 92.74%;其次为施用 3~4 次除草剂的农户,占比为 6.66%;施用除草剂大于或等于 5 次的农户占比仅为 0.15%,只有极少数的农户未施用除草剂。不同省(区)施用除草剂次数存在差异,内蒙古自治区施用 1~2 次除草剂的农户最多,占整体比例为 89.77%,其次为施用 3~4 次除草剂的农户,占比为 10.23%;辽宁省施用 1~2 次除草剂的农户占比为 85.96%,施用 3~4 次除草剂的农户占比为 10.53%,不施用除草剂的农户占比是 3.51%;吉林省施用 1~2 次除草剂的农户占比为 90.62%,施用 3~4 次除草剂的农户占比为 9.38%;黑龙江省施用 1~2 次除草剂的农户占比为 94.63%,施用 3~4 次除草剂的农户占比为 4.86%,不施用除草剂的农户占比为 0.26%;黄淮海地区施用 1~2 次除草剂的农户占比为 96.56%,施用 3~4 次除草剂的农户占比为 3.45%。通过表 3 可以看出,各样本地区中施用 1 次除草剂的农户占比超过总体平均占比的为黑龙江省和黄淮海地区,分别施用 2 次、3 次除草剂的农户占比超过总体平均占比的为内蒙古和吉林。由此可以看出,内蒙古和吉林的农户施用除草剂的次数偏多。

### 3 实证模型与实证结果

#### 3.1 模型构建

利用 SEM 模型来构建链式中介效应方程,具体模型构建如下:

$$Agr.Income = \alpha_{11} Family.Num + \varepsilon_1$$

$$Herbicide.Cost = \alpha_{21} Agr.Income + \alpha_{22} Well.Awareness +$$

$\varepsilon_2$

$$Herbicide.Type = \alpha_{31} Agr.Income + \alpha_{32} Herbicide.Cost +$$

$$\alpha_{33} Family.Num + \varepsilon_3$$

其中  $Agr.Income$ 、 $Family.Num$ 、 $Herbicide.Cost$ 、 $Well.Awareness$ 、 $Herbicide.Type$  分别代表农业收入、家庭人数、除草剂成本、对转基因认知程度、以及除草剂施用种类,  $\alpha_{ij}$  代表路径系数,  $\varepsilon_i$  为残差项。

表 3 各省(区)除草剂施用次数不同的农户的比例

Table 3 Proportion of farmers with different herbicide application times in provinces (districts)

除草剂施用次数	黑龙江	黄淮海	吉林	辽宁	内蒙古	总平均
0	0.26	0	0	3.51	0	0.45
1	39.64	48.28	27.08	36.84	28.41	36.46
2	54.99	48.28	63.54	49.12	61.36	56.28
3	4.86	3.45	9.38	10.53	10.23	6.66
4	0	0	0	0	0	0
5	0.26	0	0	0	0	0.15

#### 3.2 模型路径及结果分析

3.2.1 相关性分析 由表 4 可知,家庭人数、除草剂成本与除草剂施用种类有强的线性关系,农业收入与家庭人数、除草剂成本有强的线性关系,对转基因的认知程度与家庭人数、除草剂成本有强的线性关系。说明,变量间的相关性基本符合假设的设定。

3.2.2 假设检验 由表 5 可以看出,回归系数表明,家庭人数对农业收入有显著的正向影响,证实了 H1;农业收入对除草剂施用种类有显著的正向作用,证实了 H2;农业收入对除草剂成本有显著的负向作用;对转基因的认知程度对除草剂成本有显著的正向作用,证实了 H3。

#### 3.3 链式中介效应检验

采取 Bootstrap 方法对数据重复抽取 500 次,置信区间设置为 95%,进行链式中介效应的检验分析。

表 4 各变量的平均数、标准差和相关性

Table 4 Mean, standard deviation and correlation among variables

变量	均值	标准差	相关系数				
			农业收入	家庭人数	转基因的认识程度	除草剂成本	除草剂施用种类
农业收入	7.817	10.686	1.000				
家庭人数	3.587	1.119	0.130 **	1.000			
转基因的认识程度	0.716	0.451	0.017	-0.097 *	1.000		
除草剂成本	21.126	9.542	-0.114 **	-0.038	0.134 **	1.000	
除草剂施用种类	1.611	0.764	0.034	-0.122 **	0.048	0.281 ***	1.000

\*、\*\*、\*\*\* 分别表示相关性达到 0.10、0.05 和 0.01 的显著性水平。

表 5 路径系数及假设检验结果

Table 5 Route coefficients and hypothesis test results

回归方程		回归系数显著性		
结果变量	预测变量	回归系数	标准差	P 值
农业收入	家庭人数	1.231	0.383	0.001
除草剂成本	农业收入	-0.076	0.036	0.033
	转基因的认识程度	2.641	0.863	0.002
除草剂施用种类	农业收入	0.008	0.003	0.006
	除草剂成本	0.025	0.003	0
	家庭人数	-0.110	0.026	0

如表 6 所示,家庭人数对除草剂施用种类有显著负向影响,对转基因的认识程度对除草剂施用种类有显著正向影响。并且通过家庭人数→农业收入→除草剂施用种类、家庭人数→农业收入→除草剂成本→除草剂施用种类和对转基因的认识程度→除草剂成本→除草剂施用种类链式中介路径间接影响除草剂施用种类。其中,第一条路径对除草剂施用种类的间接效应为正向,效应值为 0.009,500 次抽取的 95%置信区间为[0.000 6,0.025 6],不包含 0,假设 H4a 成立,即农业收入在家庭人数和除草剂施用种类之间起到中介作用;第二条路径对除草剂施用种类的间接效应为负向,效应值为-0.002,500 次抽取的 95%置信区间为[-0.006 1,-0.000 1],不包含 0,假设 H4b 成立,即农业收入和除草剂成本在家庭人数和除草剂施用种类之间起到链式中介作用;第三条路径对除草剂施用种类的间接效应为正向,效应值为 0.066,500 次抽取的 95%置信区间为[0.024 1,0.110 1],不包含 0,假设 H4c 成立,即除草剂成本在转基因的认知和除草剂施用种类之间起到中介作用。

3.4 稳健性检验

为了进一步检验链式中介效应的稳健性,本研

究选取对耐除草剂转基因大豆的种植意愿这一变量替代对转基因的认识程度进行检验。结果(表 7)表明,各主要解释变量对除草剂施用种类的影响与前面中介效应结果基本保持一致。说明,链式中介效应模型的稳健性良好。

表 6 链式中介效应路径的 Bootstrap 95%置信区间

Table 6 The chain mediating effect route and 95% confidence interval of bootstrap

	效应值	95%置信区间	
		下限	上限
家庭人数→农业收入→除草剂施用种类	0.009	0.000 6	0.025 6
家庭人数→农业收入→除草剂成本→除草剂施用种类	-0.002	-0.006 1	-0.000 1
对转基因的认识程度→除草剂成本→除草剂施用种类	0.066	0.024 1	0.110 1

表 7 链式中介效应的稳健性检验结果

Table 7 Robust test results of chain mediating effect

回归方程		回归系数显著性		
结果变量	预测变量	回归系数	标准差	P 值
农业收入	家庭人数	1.231	0.382	0.001
除草剂成本	农业收入	-0.071	0.035	0.047
	耐除草剂转基因大豆种植意愿	0.385	0.769	0.616
除草剂施用种类	农业收入	0.007	0.002	0.005
	除草剂成本	0.024	0.003	0
	家庭人数	-0.106	0.025	0

4 结论与政策建议

4.1 结论

在以往的文献中均是对农药的施用量进行分

析,得到的结果为家庭人数对农药的施用量起到正向作用<sup>[16,20,23-25]</sup>。但本研究对除草剂施用种类进行分析,发现家庭人数对除草剂施用种类起到负向作用,即家庭人数越少的农户更容易施用多种类的除草剂。只有在精确确定了此类人群后,才能通过技术革新更有针对性地解决家庭人数少的农户在除草剂滥用方面的问题。

转基因的认知程度对除草剂施用种类起到正向作用。对耐除草剂转基因大豆有详细的了解,说明农户的信息来源非常丰富。陈欢等<sup>[24]</sup>指出,有效的外部信息能够减少农药的施用量,也能够增加生产效率。赵瑾等<sup>[25]</sup>指出,农户对新技术的接受程度能够有效遏制农业污染。对转基因更加了解的农户是一种对新事物和不确定性有一定接受能力的人,这类农户有一定的风险承受能力。

家庭人数作为家庭禀赋,对耐除草剂转基因大豆的认知程度作为耕种禀赋,从这 2 种禀赋出发,通过农业收入和除草剂成本的链式中介效应来了解 2 种禀赋对除草剂施用种类的影响路径。首先,家庭人数对农业收入有显著的正向影响,农业收入对除草剂成本有显著的负向作用,对转基因的认知程度对除草剂成本有显著的正向作用,农业收入对除草剂施用种类有显著的正向作用,除草剂成本对除草剂施用种类有显著的负向作用,家庭人数对除草剂施用种类有显著的负向作用。其次,通过家庭人数→农业收入→除草剂施用种类、家庭人数→农业收入→除草剂成本→除草剂施用种类和对转基因的认知程度→除草剂成本→除草剂施用种类链式中介效应路径间接影响除草剂施用种类。其中,第一条路径对除草剂施用种类的间接效应为正向,第二条路径对除草剂施用种类的间接效应为负向,第三条路径对除草剂施用种类的间接效应为正向。

#### 4.2 政策建议

家庭禀赋低的农户需要效果更好、价格更低的除草剂。通过技术手段改良大豆品种,减少农户施用除草剂种类,可以降低除草剂给环境带来的影响。特别是对家庭人数少的农户,采取技术手段能够有效降低多种除草剂的使用。此外,加快耐除草剂转基因大豆的安全监测,可以减少对除草剂使用的限制作用。

加大科学宣传,提高农户对转基因大豆的了解和认知。中央经济工作会议和中央农村工作会议都

明确要求加快生物育种产业化,2019 年至今均有耐除草剂大豆品种获得生产应用安全证书。建议政府部门加大转基因知识的科学普及,通过提高农户对转基因的认知减少除草剂的施用。

加大农户技术培训,提升农户施用除草剂的技术水平。在大豆生长的不同阶段,会出现大量的不同种类的杂草危害。建议基层农技推广机构加大对农户的技术培训,让农户根据不同杂草选用不同除草剂,掌握合适的施用时期、用药数量、用药方法,通过提升农户施用除草剂的技术水平增加除草剂的使用效果。

#### 参考文献:

- [1] 苏少泉,宋顺祖. 中国农田杂草化学防除[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [2] 张一宾. 世界农药新进展[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [3] CHRISTIAANS T, EICHNER T, PETHIG R. Optimal pest control in agriculture[J]. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2007, 31(12):3965-3985.
- [4] ERKAN K, CELALETTIN O, HAYDAR O. Investigation of ecotoxicological effects of 2,4-D acid herbicide on the ecosystem[J]. *World Applied Science Journal*, 2011,14:126-135.
- [5] OKAMURA H, PIAO M Y, AOYAMA I, et al. Algal growth inhibition by river water pollutants in the agricultural area around lake biwa, Japan[J]. *Environmental Pollution*, 2002, 177(3): 411-419.
- [6] ZACHERY R J, MUSLAH U A, ANDREW P B. Glyphosate-based herbicide formulations and reproductive toxicity in animals[J]. *Veterinary and Animal Science*, 2020,10:100126.
- [7] GUAN X J, CHEN X M, QIU C F, et al. Effects of long-term herbicide application on the crops in soybean-peanut rotations in the red soil upland of Southern China[J]. *Field Crops Research*, 2020, 248:107723.
- [8] 罗小锋,杜三峡,黄炎忠,等. 种植规模、市场规制与稻农生物农药施用行为[J]. *农业技术经济*,2020(6):71-80.
- [9] 薛娜,张永辉. 资源禀赋视角下农户收入影响因素的比较研究[J]. *北方园艺*,2020(15):138-145.
- [10] 黄祖辉,钟颖琦,王晓丽. 不同政策对农户农药施用行为的影响[J]. *中国人口资源与环境*,2016, 26(8):148-155.
- [11] 张倩,朱思柱,孙洪武,等. 引致成本视角下不同规模农户施药行为差异的再思考[J]. *农业技术经济*,2019(9):48-57.
- [12] 郭利京,王颖. 中美法韩农药监管体系及施用现状分析[J]. *农药*, 2018, 57(5):359-366.
- [13] 肖旬,朱亚妮,周丹阳. 浙江省农民收入增长影响因素分析——基于 CHFS 调查数据[J]. *对外经贸*,2021(4):84-88.
- [14] HAYATI A B, MOVAHIEDI R. An empirical model of factors affecting farmers' participation in Iran[J]. *Food, Agriculture &*

- Environment, 2009, 7(1): 201-207.
- [15] 蔡书凯. 经济结构、耕地特征与病虫害绿色防控技术采纳的实证研究——基于安徽省 740 个水稻种植户的调查数据[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(4): 208-215.
- [16] 王建华, 马玉婷, 刘 茁, 等. 农业生产者农药施用行为选择逻辑及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 153-161.
- [17] 孔 霞. 农业农药生产率及农药施用行为的影响因素分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2013.
- [18] 姜培红. 影响农药施用的经济因素分析——以福建省为例[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- [19] 郑龙章, 张春霞, 黄森慰, 等. 茶农使用农药行为影响因素实证研究——以福建省为例[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2009, 12(2): 44-49.
- [20] 李 昊, 李世平, 南 灵, 等. 农户农药施用行为及其影响因素来自鲁、晋、陕、甘四省 693 份经济作物种植户的经验证据[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(2): 161-168.
- [21] 孙款款, 高露梅, 刘龙超, 等. 农户减少施用农药的影响因素研究[J]. 农村经济与科技, 2019, 30(13): 18-21.
- [22] ROBERTS R K, PENDERGRASS R, HAYES R M. Economic analysis of alternative herbicide regimes on roundup ready soybeans [J]. Journal of Production Agriculture, 1999, 12: 449-454.
- [23] 李世杰, 朱雪兰, 洪潇伟, 等. 农户认知、农药补贴与农户安全农产品生产用药意愿——基于对海南省冬季瓜菜种植农户的问卷调查[J]. 中国农村观察, 2013(5): 55-69, 97.
- [24] 陈 欢, 周 宏, 孙顶强. 信息传递对农户施药行为及水稻产量的影响: 江西省水稻种植户的实证分析[J]. 农业技术经济, 2017(12): 23-31.
- [25] 赵 瑾, 郭利京. 新技术认知对农户亲环境行为的影响机理研究——以菜农生物农药施用为例[J]. 广东农业科学, 2017, 44(1): 183-192.

(责任编辑: 陈海霞)