中国农业大学学报 2019,24(10):187-197
Journal of China Agricultural University
http://zgnydxxb.ijournals.cn
DOI:10.11841/j.issn.1007-4333.2019.10.21

极端天气事件感知与收入水平对农户保护性耕作采用意愿的影响

高 雪[1,2] 李谷成[1,2*] 郑宏运[1,2]
(1.华中农业大学 经济管理学院,武汉 430070;
2.湖北农村发展研究中心,武汉 430070)

摘 要 为定量分析环境友好型耕作模式的发展潜力。本研究在气候变暖与极端天气事件频发的背景下,利用河南、河北等地的897户农户调查数据,采用二元离散Logit模型、补对数—对数模型分析农户保护性耕作采用意愿的影响因素,重点关注农户对极端天气事件感知、农户家庭收入水平对其保护性耕作采用意愿的影响。结果表明:农户采用保护性耕作的意愿受到极端天气事件发生频率的影响。在同样感知到极端天气事件每年发生的农户中,相较于较高收入的农户,中等收入农户采用保护性耕作的意愿更弱。此外,教育水平较高、参加农业合作社、种植面积较大的农户在采用保护性耕作上的意愿更强。据此建议,推动农户从部分采用保护性耕作技术到整套采用保护性耕作技术,农技推广部门可以重点在极端天气事件频发地区推广,且重点针对种植面积大、家庭收入水平高的农户。

关键词 保护性耕作;意愿;极端天气事件;感知;收入水平
中图分类号 F323.3 **文章编号** 1007-4333(2019)10-0187-11 **文献标志码** A

Effects of farmers' perception of extreme weather events and income levels on their willingness to adopt conservation tillage

GAO Xue[1,2], LI Gucheng[1,2*], ZHENG Hongyun[1,2]
(1. College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan 430070, China)

Abstract In order to investigate the development potential of conservation tillage, under the context of climate warming and extreme weather events, this study assesses the determinants of farmers' willingness to adopt conservation tillage, especially focus on the farmers' perception of extreme weather events and their income level by using the Logit model and complementary log-log model based on 897 household survey data from different provinces such as Henan and Hebei. The results showed that: Farmers' willingness to conservation tillage is affected by the frequency of extreme weather events. Among the survey farmers who perceive extreme weather events occurs once in a year, the middle-income farmers are less willing to adopt conservation tillage than the higher-income farmers. In addition, farmers who receive more education, participate in agricultural cooperatives and have a larger area are more likely to adopt conservation tillage. In conclusion, the agricultural department can promote conservation tillage in areas with more extreme weather events, and among farmers with larger planting area and higher income level.

Keywords conservation tillage; willingness; extreme weather events; perception; income

保护性耕作享有"蓝色革命"之称,它的兴起是为了减弱自然环境约束对农业生产的影响[1]。从保护性耕作的内容来看,它是一项系统工程,由多项技术集合而成,核心技术包括少耕免耕、秸秆覆盖、病

收稿日期:2018-10-03
基金项目:国家自然科学基金国际合作项目(NSFC-CGIAR,71461010701);国家自然科学基金(71473100,71873050)
第一作者:高雪,博士研究生,E-mail:379034556@qq.com
通讯作者:李谷成,教授,主要从事农业技术经济研究,E-mail:lgcabc@mail.hzau.edu.cn

虫害防治和深松[2-3]；从保护性耕作的技术特征来看，它是一种环境友好型的耕作模式，能够改善土壤有机质含量、土壤耕层结构，提高土壤蓄水及农田生产能力[4]，还具有减少温室气体排放的环境效益。整体而言，保护性耕作是解决农业与自然环境协调发展的重要措施[3]。我国从2002年开始推广保护性耕作，至今已有17年，但总体上，保护性耕作在我国的发展仍处于初级阶段，相关统计数据表明，2014年保护性耕作应用面积只占全国总耕地面积的6.4%[3]。

保护性耕作虽是一个系统工程，但大多数农户只采用保护性耕作体系中的一部分技术①，极少有农户采用整套的保护性耕作[5]。已有研究从不同方面分析了农户保护性耕作技术采用行为的影响因素。一是政府补贴及农技推广系统的完善对农户采用保护性耕作技术具有显著的正向影响[6-8]。二是经济效益对农户保护耕作技术采用行为具有明显影响，例如李然嫣、陈印军考察了农户对保护性耕作在提高产量方面的认知对保护性耕作技术采用的影响[9]。在此基础上，出于节支和增产两大方面考虑，李卫等[3]的研究指出，农户对保护性耕作技术的经济效益认知水平越高，越倾向于采用保护性耕作技术。三是个体及家庭特征对农户保护性耕作技术采用行为的影响[10-13]。然而，少有研究分析自然环境因素对农户采用保护性耕作技术的影响。

近年来，全球气候变暖已是不争的事实，由其导致的干旱等极端天气事件的发生概率和强调均有所增加[14]，这使得从自然环境方面展开探讨具有现实意义。保护性耕作技术与自然环境及气候因素具有紧密联系，以秸秆还田为例，王丽娜[15]指出我国北部地区气候方面因素（年均气温）可能不利于秸秆等的腐烂。在实证研究中，Di Falco等[16]指出在气候变化背景下，农户会选择水土保持技术，实证结果显示，降水量与农户是否采用水土保持技术之间具有“正U型”关系，而且洪涝灾害对农户是否采用水土保持技术的影响系数显著为正。冯晓龙等[17]指出，在平均温度与降水变化下，覆盖地膜、铺秸秆等是农户最为主要的适应性生产措施，而且实证结果显示，气温变化越明显，农户采取适应性生产措施的概率越高。相比之下，唐利群等[18]的研究实现了从保护性耕作技术到保护性耕作的推进，他们的研究指出，保护性耕作是稻农应对极端天气事件的适应性措施，在以旱涝为主的极端天气事件下，水稻种植户会倾向于采用保护性耕作。然而，在中国采用保护性耕作的农户比例仍较为有限，综合以上，本研究将分析农户保护性耕作采用意愿的影响因素，并重点关注气候因素在其中发挥的作用。

实际上，气候条件是一个地区特定的自然禀赋，农户选择何种农业生产技术取决于当地的气候因素以及是否存在气候因素的改变。关于气候因素指标的衡量，已有研究多采用当年或者多年的平均温度和降水量，少有研究关注极端天气事件，但是极端天气事件发生的强度及频率对农业生产的负面影响最为直接，因此本研究基于极端天气事件是否每年发生，把农户对极端天气事件感知当作气候因素的衡量指标。进一步地，正如上述提到的，农户保护性耕作技术受到个体及家庭特征等因素的影响，而且农户选择何种农业生产技术主要取决于农户的适应能力[19-20]。由此，借鉴侯玲玲等[19]、杨宇等[20]的研究思路，本研究将进一步分析同一气候条件下，不同收入水平的农户在采用保护性耕作采用意愿上是否存在明显差异。

综合以上，本研究利用来自河南、河北、湖南、湖北、吉林、山东和四川2015年897份农户调查截面数据，采用二元离散Logit模型、补对数—对数模型考察农户对极端天气事件感知对其保护性耕作采用意愿的影响，在此基础上，纳入农户对极端天气事件感知与其收入水平的交互项，考察相同极端天气事件感知条件下，农户收入水平对其采用保护性耕作意愿的影响，旨在为促进环境友好型耕作模式的进一步发展提供实证依据。

1 理论分析

1.1 农户对极端天气事件的感知与保护性耕作采用意愿

良好的土壤条件能够满足农作物根系对水分和养分的要求。一方面，气温的升高与降水模式的改变导致农药活性降低且分解速度加快、土壤矿物质的流失或者挥发、土壤肥力下降[21-22]。另一方面，平均温度与降水量的变化也使得极端天气事件（例如洪涝与干旱等）出现的频率增加，而这些极端天气事

① 已有研究将只涉及保护性耕作体系中的一部分技术称之为保护性耕作技术。

件容易造成土壤疏松，从而产生更为严重的水土流失。在一定程度上，如果没有合适的应对措施，气候变化导致的土壤条件的恶化影响农作物产量。保护性耕作的核心目标是为农作物生长提供一个良好的土壤环境和水资源环境，改善土壤有机质含量，提高土壤肥力和水分渗透性，从而保证农作物产量。已有研究也多次证明，相较于传统耕作技术，保护性耕作具有“增产”效果[3]。由此，本研究预期极端天气事件的发生对农户保护性耕作采用意愿具有正向影响。

极端天气事件可以通过客观气象数据或者农户对极端天气事件的主观感知来衡量。冯晓龙等[17]的研究利用了客观的平均温度及降水量的改变。唐利群等[18]从农作物减产上客观度量极端天气事件的发生与否，结果显示，相对于正常年，当遭遇极端天气事件时，农户采用保护性耕作意愿越为强烈。不同于客观气象指标，主观气象指标主要反映农户对气候变化的感知。学者们也分析了农户的主观气象指标对其行为选择的影响，例如，吕亚荣等[23]的研究显示，农户是否认识到气候变化对其采用新技术具有显著影响。周洁红等[22]指出，农户对气候变化的感知越强烈，其增加化肥投入的比例越高。在一定程度上，农户对气候变化的主观感知与客观气象数据一致，但二者也有差异，例如，由于同一地区的土壤本身质量不同，农户对同一年的干旱情况认知存在差异。鉴于感知是影响农户行为的基础[22-23]，本研究预期农户对极端天气事件感知正向影响其保护性耕作采用意愿。

1.2　农户家庭收入水平与保护性耕作采用意愿

中国农业生产具有“半工半农”的特征，随着青壮年农民外出务工比例的增加，农村劳动力呈现妇女化、老龄化，在此背景下，中国农业机械化服务迅速发展。保护性耕作主要依靠农业机械作业而实现，采用保护性耕作，农户需要支出相应的机械投入费用，因此，农户家庭收入水平是保证农户采用保护性耕作的关键。另一方面，保护性耕作属于劳动节约型技术[24]，家庭劳动力数量减少有利于农户采用保护性耕作。家庭农业劳动力数量减少，由农民外出务工获得的更高收入能够增加农户家庭的收入效应，进一步推动其采用保护性耕作。值得注意的是，对于那些已经普遍使用农业机械的农户，在没有收入水平的约束下，他们会倾向于采用保护性耕作。因此，本研究预期农户家庭收入水平越高，其保护性耕作采用意愿越强烈。

2　模型设定、变量选择与数据来源

2.1　模型设定

一项农业技术能够被农户采用的主要驱动力是该技术能够给农户带来经济效益[25]，与之一致，本研究假设农户采用保护性耕作的意愿受到潜在利润的影响。基于利润最大化，在假定其他条件不变的情况下，比较采用保护性耕作获得的潜在利润和采用传统耕作方式获得的预期利润，如果前者的潜在利润大于后者的预期利润，农户则会采用保护性耕作。然而，二者之间的利润差是主观的，并不能被我们所观察，我们能够观察的是农户是否有意愿采用保护性耕作。基于这样的分析框架，农户是否具有保护性耕作意愿可以表达为：

$$W(\pi)_i^* = X_i\delta + P_i\gamma + \varepsilon_i, W_i = 1 \ if \ W(\pi)_i^* > 0 \tag{1}$$

式中：$W(\pi)_i^*$ 是农户 i 采用保护性耕作的潜在利润与采用传统耕作方式的预期利润的差，无法被观测到，W_i 代表农户是否具有采用保护性耕作的意愿，它是一个二元选择变量，如果农户具有采用保护性耕作的意愿，则赋值为 1，否则为 0。X_i 是一系列的解释变量，假设这些变量对农户保护性耕作意愿产生影响。已有研究中涉及的衡量 X_i 的变量包括农户特征（年龄、受教育程度等）、农地特征（种植面积）、政府补贴、农户家庭收入水平等。P_i 表示农户对极端天气事件的感知。

由此，本研究建立的计量经济模型如下：

$$W_i = \alpha + \beta_1 P_i + \beta_2 X_i + \varepsilon_i \tag{2}$$

式中：被解释变量 W_i 是代表农户采用保护性耕作意愿的二元变量，本研究保护性耕作指的是整套保护性耕作（包括少耕免耕、秸秆覆盖、病虫害防治和深松），如果农户具有采用保护性耕作意愿则为 1，否则为 0。P_i 表示农户对极端天气事件的感知，这是本研究关心的重要变量之一。问卷中近年来农户对极端天气事件发生频率的感知共有 5 个选项，分别为极端天气事件每年都会发生、2～4 年发生一次、4～6 年发生一次、6～8 年发生一次、不定期发生。首先，本研究将农户对极端天气事件的感知设置为二分类变量，如果农户回答极端天气事件每年都会发生，则赋值 1，其余赋值 0。之所以采取这样做法的原因在于，极端天气事件每年发生更能反映气候条件的恶劣性，而极端天气事件频发也更容易

造成土壤退化。然后，本研究再将农户对极端天气事件感知设置为多分类变量，并展开进一步考察。除此之外，基于已有文献，本研究还选取了其他重要解释变量 X_i，包括农户特征、家庭禀赋、土地特征、政府推广及技术采用环境等。具体包括：户主的性别、年龄、受教育程度；农户家庭收入水平、外出务工人数、耕地面积、地形特征；机械作业服务总费用、是否参加农业合作社、参加技术培训的次数、耕地附近是否有机耕道；当地是否有焚烧处罚政策、耕地支持保护补贴到位；省份虚拟变量、农作物种类虚拟变量。此外，式(2)中变量前面的系数是待估计参数，ε_i 是随机扰动项。

基于以上因变量与自变量的特征，本研究选择二元离散 Logit 模型进行系数估计。此外，鉴于农户选择保护性耕作的意愿可能较弱，导致因变量中存在少量的 1，本研究选择补对数—对数模型进行稳健性分析。

为了进一步回答在农户对极端天气事件感知相同的情况下，不同收入水平对农户保护性耕作采用意愿的影响，本研究将农户家庭收入水平分为低、中、高 3 组①，并在 Logit 模型中加入了农户对极端天气事件感知变量(二元分类)与农户家庭收入水平的交叉项，具体模型设定如下：

$$W_i = \alpha + \beta_1 P_i + \beta_2 X_i + \beta_3 P_1 I_{1i} + \beta_4 P_1 I_{2i} + \varepsilon_i \tag{3}$$

式中：$P_1 I_{1i}$、$P_1 I_{2i}$ 分别表示农户感知极端天气事件每年发生与低收入的交互项、农户感知极端天气事件每年发生与中收入的交互项，基准组是农户感知极端天气事件每年发生与高收入的交互项。

2.2 数据来源

本研究使用的样本数据来自课题组 2015、2016 年初对河南、河北、湖南等地的实地调查。实地调查采用多阶段抽样的方法。首先，在综合考虑地域分布、粮食作物生产情况的基础上选择样本省份，样本省份包括河南、河北、湖南、湖北、吉林、山东和四川；其次，在每个省根据农业生产水平抽样选取 1～3 个样本县(区)，运用同样的方法选择 1～3 个样本镇，运用同样的方法选择 1～4 个样本村；最后，在每个样本村中随机抽取 10～30 户农户。此次调查中，样本农户都是粮食种植户，他们种植的农作物包括玉米、小麦和水稻，此次调查共收集了 14 个县(区)31 个村 897 户农户的问卷，其中，水稻种植户的样本来自于湖南、四川及吉林，共涉及 338 户农户；小麦种植户的样本来自于河北、河南及山东，共涉及 237 户农户；玉米种植户的样本来自于河北、河南、山东及湖北，共涉及 322 户农户。课题组对样本农户进行了面对面访谈。调查信息主要包括农户在 2015 年的农业投入产出情况、农户保护性耕作采用意愿情况、农户对气候变化的感知、农户对极端天气事件的感知、农户家庭特征等信息。

变量说明及基本特征描述见表 1，由表可知，农户采用保护性耕作意愿的平均值是 0.09，9.8%的农户具有采用保护性耕作意愿。农户对极端天气事件感知的平均值是 0.27。受访家庭户主的平均年龄是 52 岁，可见农业生产中“老化”现象较为突出，87%受访家庭的户主是男性。户主的平均受教育年限是 8 年，可见多数农户的教育水平只到初中。家庭成员参加农技培训的次数平均值是 0.12 次，表明农户较少接受技术培训。与此同时，样本农户较少参加农业合作社，其平均值仅为 0.12。样本农户中的家庭总收入水平较高，平均值为 6 万元，事实上，单凭农业收入已无法满足农户对收入最大化的追求，从样本农户的兼业程度可知，超过一半以上的农户兼业，而且农户平均外出打工时间是 7 个月。种植面积的平均值是 0.56 hm^2，而且耕地主要以平原为主。农户每 hm^2 耕地上机械作业服务总费用的平均值是 1 427.4 元。从农民所处的农业技术环境来看，大约 50%农户的耕地有机耕道，表明农业相关部门十分重视对硬件设施的投资。就相关政策而言，当地是否有焚烧处罚政策的平均值为 0.64，表明政府及相关组织部门十分重视包括秸秆焚烧在内的环境问题。

表 2 呈现的是因变量与自变量在感知极端天气事件每年发生与否的两组农户间的平均值差异。由其可知，一些变量在两组之间存在明显差异。具体而言，感知极端天气事件每年发生的户主年龄、参加农技培训的次数、家庭人口数、家庭外出务工人数、地形的平均值均高于未感知农户，而且均值差通过了统计上的显著性检验，表明户主年龄越大、参加农技培训的次数越多、家庭人口数及外出务工人数越

① 家庭收入分组的依据是低于样本农户家庭收入 1/3 分位数的是低收入组；高于样本农户家庭收入 2/3 分位数的是高收入组；位于二者之间的是中收入组。

多、耕地中有更多山地的农户更倾向于感知极端天气事件的频繁性。感知极端天气事件每年发生的农户的受教育程度、种植面积、耕地附近有机耕道路的平均值均低于未感知农户，而且均值差通过了统计上的显著性检验。此外，在感知极端天气事件每年发生的农户中，农户保护性耕作采用意愿的平均值是 0.14，而未感知极端天气事件每年发生的农户的保护性耕作采用意愿的平均值是 0.08，表明极端天气事件感知强烈的农户，其采用保护性耕作的意愿更为强烈。不过，均值差的分析不能控制其他变量的影响，所以农户对极端天气事件的感知是否影响其保护性耕作意愿还待进一步检验。

表 1　变量基本统计量

Table 1　Variable basic statistics

变量 Variable	说明及单位 Description and unit	均值 Mean	标准差 Std. Err.
被解释变量 Independent variables			
保护性耕作采用意愿 Willingness of conservation tillage	是＝1，否＝0	0.09	0.29
解释变量 Dependent variables			
农户对极端天气事件的感知 Perception of extreme weather event	每年发生＝1，其余＝0	0.27	0.44
户主的性别 Gender	男＝1，女＝0	0.87	0.33
年龄 Age	岁	52.37	8.69
受教育程度 Education	年	7.95	2.64
参加技术培训的次数 Training	次数	0.12	0.44
是否参加合作社 Cooperatives	是＝1，否＝0	0.09	0.29
家庭收入水平 Income	万元	6.00	15.76
家庭人口数 Family size	人数	2.86	1.52
外出务工人数 Migrant workers	人数	1.00	1.01
种植面积 Area	hm^2	0.56	1.12
耕地中是否有山地/丘陵 Land type	是＝1，否＝0	0.20	0.40
机械作业服务总费用 Mechanical cost	元/hm^2	1 427.40	1 654.95
耕地附近是否有机耕道 Machine road	是＝1，否＝0	0.47	0.49
耕地支持保护补贴到位 Subsidy	元/户	90.51	21.10
当地是否有焚烧处罚政策 Penalty	是＝1，否＝0	0.64	0.48

3　实证结果分析与讨论

本研究首先将计量模型设定为二元离散 Logit 模型，采用极大似然进行参数估计。为解决扰动项的异方差、自相关等问题，本研究采用稳健性回归估计。估计结果见表 3 中的第 2、3 列，第 2、3 列之间的区别在于第 3 列纳入了式(3)中的交互项。考虑到因变量为 1 的数值较少，本研究还采用了补对数—对数模型进行稳健性检验，估计结果见表 3 中的第 4、5 列，其中第 5 列也纳入了式(3)中的交互项。二元离散 Logit 模型与补对数—对数模型的 LR 卡方检验值均通过了 1%水平上的显著性检验，表示模型均具有较好的模型拟合度。而且，使用二元离散 Logit 模型估计出来的边际效果与补对数—对数模型十分接近，表明在以保护性耕作意愿为因变量的研究中，保护性耕作意愿无需被当作稀有变量[26]。

表2 因变量及自变量在两组农户间的差异性检验

Table 2 Mean differences in dependent variables and independent variables between two groups of farmers

变量 Variable	未感知农户均值 Means of no perceived farmers	感知农户均值 Means of perceived farmers	均值差 Difference in means
保护性耕作采用意愿 Willingness of conservation tillage	0.08(0.01)	0.14(0.02)	−0.06***
性别 Gender	0.87(0.01)	0.86(0.02)	0.01
年龄 Age	52.00(0.34)	53.35(0.54)	−1.34**
受教育程度 Education	8.08(0.10)	7.61(0.16)	0.47**
参加技术培训的次数 Training	0.10(0.01)	0.19(0.04)	−0.09***
是否参加农业合作社 Cooperatives	0.10(0.01)	0.07(0.02)	0.03
家庭收入水平 Income	6.72(0.72)	5.55(0.33)	1.21
家庭人口数 Family size	2.67(0.06)	3.34(0.09)	−0.66***
外出务工人数 Migrant workers	0.74(0.04)	0.87(0.07)	−0.13*
种植面积 Area	9.53(0.74)	5.48(0.48)	4.05***
耕地中是否有山地/丘陵 Land type	0.14(0.01)	0.35(0.03)	−0.20***
机械作业服务总费用 Mechanical cost	99.25(4.44)	88.04(6.51)	11.21
耕地附近是否有机耕道 Machine road	0.49(0.02)	0.42(0.03)	0.07*
耕地支持保护补贴到位 Subsidy	78.28(6.89)	122.53(17.88)	−44.25***
当地是否有焚烧处罚政策 Penalty	0.63(0.02)	0.67(0.03)	−0.03

由表3中的估计结果可知，第2～5列中农户是否感知极端天气事件每年发生的系数虽然为正，但均未通过统计上的显著性检验，表明即使农户认为极端天气事件每年发生，其保护性耕作意愿也不会显著增强。这一结果与预期结果不相符，原因可能在于，当农户认为极端天气事件每年都会发生时，表明农户所在地区的气候条件本身较差，农户极有可能已经适应了已有气候条件。或者，农户倾向于只采用保护性耕作中的部分技术，例如，基于中国水土流失最为严重的黄土高原的调研数据，李卫等[3]发现，采用病虫草害、少耕免耕以及秸秆覆盖的农户比例较高，而采用深松技术的农户比例较低。

为进一步分析极端天气发生频率可能给农户保护性耕作采用意愿带来的影响，本研究对农户感知指标进行细化，分别对问卷中的极端天气事件每年都会发生、2～4年发生一次、4～6年发生一次、6～8年发生一次、不定期发生的回答赋值0～4，以多元分类变量替换式(2)中的二元分类变量，再次利用二元离散Logit模型与补对数—对数模型进行估计，两个模型LR卡方检验值均通过了1%水平上的显著性检验，表示模型均具有较好的模型拟合度。具体结果显示见表4，由其可知，相较于认为极端天气事件每年发生的农户，认为极端天气事件6～8年发生一次的农户采用保护性耕作的意愿更低。这一结论与唐利群等[18]的研究较为一致，他们指出，相较于正常年份，农户在极端天气事件发生年份下更愿意采用保护性耕作。

由表3中第2、4列结果还可知，农户家庭收入水平的系数为负并通过了统计上的显著性检验，表明随着家庭收入水平的提高，农户采用保护性耕作的意愿更弱。可能的原因是，当家庭收入水平提高主要源于农民外出务工，那么随着外出务工程度的进一步加深，农户选择保护性耕作的意愿自然降低，李卫等[3]研究显示，农业家庭收入占比对农户采用保护性耕作技术具有显著负向影响。不过，值得注意的是，加入交互项(表3第3与第5列)结果显示，

农户家庭收入的系数仍显著为负，但农户感知极端天气事件每年发生与中等收入交互项的系数通过了统计上的显著性检验并且为负数，表明在同样感知到极端天气事件每年发生的样本农户中，相较于较高收入的农户家庭，中收入农户家庭采用保护性耕作的意愿更弱。结合农户感知极端天气事件每年发生这一变量对农户保护性耕作采用意愿的正向影响，表明农户家庭收入水平的提升的确能够推进农户的采用意愿，尤其是在极端天气事件频发或者多发地区。

从控制变量的估计结果来看（见表 3），户主性别对农户是否采用保护性耕作意愿的影响在 1% 的统计水平上显著为负。从边际效应来看，男性户主比女性户主在保护性耕作采用意愿上的平均概率低，说明女性户主采用保护性耕作的意愿更为强烈，这可能与我国农业从业人员由以男性为主向以女性

表 3　农户对极端天气事件感知、收入水平对其保护性耕作采用意愿影响的回归结果

Table 3　The effect of perception of extreme weather eventsand income on farmer's willingness to adopt conservation tillage

变量名称 Variable name	Logit 模型 Model (1)：Logit model	补对数—对数模型 Model (2)：Complementary log-log model	Logit 模型 Model (3)：Logit model	补对数—对数模型 Model (4)：Complementary log-log model
感知① Perception	0.007(0.020)	0.002(0.019)	0.008(0.019)	0.005(0.018)
感知×低等收入 Perception×Low income		−0.118(0.082)		−0.198(0.081)**
感知×中等收入 Perception×Middle income		−0.114(0.067)*		−0.191(0.067)***
性别 Gender	−0.056(0.023)**	−0.060(0.023)**	−0.070(0.025)***	−0.076(0.025)***
年龄 Age	−0.000(0.001)	−0.001(0.001)	−0.001(0.001)	−0.002(0.001)
受教育程度 Education	0.007(0.003)**	0.008(0.003)**	0.009(0.003)***	0.011(0.003)***
参加技术培训的次数 Training	−0.022(0.033)	−0.029(0.036)	−0.021(0.031)	−0.031(0.035)
是否参加农业合作社 Cooperatives	0.086(0.047)*	0.086(0.049)*	0.067(0.042)	0.072(0.044)
家庭收入水平 Income	−0.000(0.000)***	−0.000(0.000)**	−0.000(0.000)***	−0.000(0.000)***
家庭人口数 Family size	0.026(0.007)***	0.026(0.008)***	0.029(0.008)***	0.028(0.008)***
外出务工人数 Migrant workers	0.012(0.010)	0.0167(0.010)	0.0138(0.011)	0.0203(0.011)*
种植面积 Area	0.001(0.000)*	0.001(0.001)	0.002(0.001)***	0.002(0.001)***
耕地中是否有山地/丘陵 Land type	0.196(0.058)***	0.179(0.054)***	0.175(0.051)***	0.162(0.046)***
机械作业服务总费用 Mechanical cost	−0.001(0.000)**	−0.001(0.000)**	−0.001(0.000)**	−0.001(0.000)**
耕地附近是否有机耕道 Machine road	0.026(0.021)	0.024(0.020)	0.023(0.019)	0.020(0.019)
耕地支持保护补贴到位 Subsidy	0.000(0.000)***	0.000(0.000)**	0.000(0.000)*	0.000(0.000)**
当地是否有焚烧处罚政策 Penalty	−0.034(0.034)	−0.034(0.034)	−0.036(0.035)	−0.035(0.033)
省份虚拟变量 Province	未报告	未报告	未报告	未报告
样本量 Observations	897	897	897	897

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。括号内数字为系数的标准误。

Note：*，** and *** represent significant levels at 10%、5%、1%，respectively. The number in parentheses is Std. Err.

① 农户对极端天气事件是否每年发生的感知简写为感知。

表4 农户对极端天气事件感知对其保护性耕作采用意愿影响的回归结果

Table 4 The effect of perception of extreme weather events on farmer's willingness to adopt conservation tillage

变量名称 Variable name	Logit模型 Logit model	补对数—对数模型 Complementary log-log model
感知极端天气2～4年发生一次 Once every two to four years	−0.033(0.025)	−0.037(0.026)
感知极端天气4～6年发生一次 Once every four to six years	−0.014(0.049)	−0.040(0.047)
感知极端天气6～8年发生一次 Once every six to eight years	−0.118(0.016)***	−0.123(0.015)***
感知极端天气不定期发生 Extreme weather events occur irregularly	0.027(0.026)	0.033(0.027)
性别 Gender	0.000(0.000)**	0.000(0.000)*
年龄 Age	−0.054(0.023)**	−0.065(0.025)***
受教育程度 Education	−0.000(0.001)	−0.001(0.001)
参加技术培训的次数 Training	0.007(0.003)*	0.008(0.003)**
是否参加农业合作社 Cooperatives	−0.024(0.030)	−0.024(0.030)
家庭收入水平 Income	0.096(0.047)**	0.075(0.042)*
家庭人口数 Family size	−0.000(0.000)***	−0.000(0.000)***
外出务工人数 Migrant workers	0.024(0.007)***	0.024(0.008)***
种植面积 Area	0.012(0.010)	0.012(0.011)
耕地中是否有山地/丘陵 Land type	0.001(0.000)	0.002(0.000)***
机械作业服务总费用 Mechanical cost	0.185(0.055)***	0.173(0.049)***
耕地附近是否有机耕道 Machine road	−0.000(0.000)**	−0.000(0.000)**
耕地支持保护补贴到位 Subsidy	0.019(0.020)	0.016(0.019)
当地是否有焚烧处罚政策 Penalty	−0.037(0.033)	−0.039(0.033)
省份虚拟变量 Province	未报告	未报告
样本量 Observations	897	897

为主的转变有关。受教育程度的系数显著为正，表明接受更多教育的农户在采用保护性耕作上的意愿更强。是否参加农业合作社这一变量对农户保护性耕作采用意愿的影响在10%的统计水平上显著为正，表明与未参加农业合作社的农户相比，参加农业合作社的农户更倾向于选择保护性耕作模式。可能的解释是，合作社成员通过高频率的互动交流，不仅能够增加相互之间的认同感，还能保证信息的及时性和准确性，降低交易成本[27]。种植面积对农户采用保护性耕作的意愿具有明显正向影响，表明种植面积越大，农户采用保护性耕作的意愿越强。耕地支持保护补贴到位对农户是否采用保护性耕作模式

的影响在 10%统计水平上显著为正，这一结论与已有研究较为一致[7-8]，但从边际影响程度来看，耕地支持保护补贴对农户采用保护性耕作模式的影响程度微弱。

4　结论与讨论

按照农户是否采用保护性耕作体系中的整套技术，已有研究使用的概念包括保护性耕作技术、保护性耕作，其中，保护性耕作特指整套技术。已有研究多讨论农户采用保护性耕作技术的情况及影响因素，而较少涉及对保护性耕作的讨论。与此同时，已有文献在分析农户采用保护性耕作技术的影响因素时，气候因素常常被忽略。本研究基于气候变暖与极端天气事件频发的背景，利用河南、河北等地区的 897 户的农户调查数据，采用二元离散 Logit 模型、补对数—对数模型分析了农户保护性耕作采用意愿的影响因素，重点关注农户对极端天气事件感知、农户家庭收入对其保护性耕作采用意愿的影响。本研究得到的结论主要包括：

第一，当农户对极端天气事件感知变量是二元变量时，其系数为正，但该系数未通过统计上的显著性检验；细分农户对极端天气事件感知后，实证结果显示，与认为极端天气事件每年发生的农户相比，认为极端天气事件 6～8 年发生一次的农户更不具有采用保护性耕作的意愿。这些结论表明农户采用保护性耕作的意愿受到极端天气事件发生频率的影响。第二，农户感知极端天气事件每年发生与中等收入交互项的系数通过了统计上的显著性检验并且为负数，也就是说，在同样感知到极端天气事件每年发生的样本农户中，相较于较高收入的农户，中等收入农户采用保护性耕作的意愿更弱。第三，变量户主接受教育年限、是否参加农业合作社、种植面积对农户采用保护性耕作的意愿具有明显的正向影响，表明接受更多教育、参加农业合作社、种植面积更大的农户在采用保护性耕作上的意愿更强。

基于以上研究结论，本研究提出以下政策建议：第一，实现从农户部分采用保护性耕作技术到采用保护性耕作的整套技术，农业技术推广部门可以在极端天气事件频发地区进行重点推广，通过多种渠道传递气候信息及农业保护性耕作相关内容，提高农户对二者之间关联性的认识。而且，农业技术推广部门应以种植面积大、家庭收入水平高的农户为重点对象，对他们进行技术培训，以实现这些农户的示范作用。第二，加大对农业合作社，尤其是具有活力、带动性强的农业合作社的政策扶持力度，以实现把分散的小农户有效地组织在一起，提高小农户规避自然风险的能力。

参考文献　References

[1] 王金霞，张丽娟，黄季焜，Rozelle S. 黄河流域保护性耕作技术的采用：影响因素的实证研究[J]. 资源科学，2009，31(4)：641-647

Wang J X，Zhang L J，Huang J K，Rozelle S. The adoption of conservation agricultural technology in the Yellow River Basin：Empirical research on the influential factors[J]. *Resources Science*，2009，31(4)：641-647 (in Chinese)

[2] 高焕文，何明，尚书旗，房孝全. 保护性耕作高产高效体系[J]. 农业机械学报，2013，44(6)：35-38

Gao H W，He M，Shang S Q，Fang X Q. Conservation tillage，high yield and high efficiency system[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*，2013，44(6)：35-38 (in Chinese)

[3] 李卫，薛彩霞，姚顺波，朱瑞祥. 农户保护性耕作技术采用行为及其影响因素：基于黄土高原 476 户农户的分析[J]. 中国农村经济，2017(1)：44-57，94-95

Li W，Xue C X，Yao S B，Zhu R X. The adoption behavior of households' conservation tillage technology：An empirical analysis：Based on data collected from 476 households on the loess plateau[J]. *Chinese Rural Economy*，2017(1)：44-57，94-95 (in Chinese)

[4] Giovanni T，Simone D S，Sigura M. Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control[J]. *Journal of Applied Ecology*，2016，233-241

[5] 李卫，薛彩霞，姚顺波，朱瑞祥. 保护性耕作技术、种植制度与土地生产率：来自黄土高原农户的证据[J]. 资源科学，2017，39(7)：1259-1271

Li W，Xue C X，Yao S B，Zhu R X. Conservation tillage，cropping systems and land productivity for households on the Loess Plateau[J]. *Resources Science*，2017，39(7)：1259-1271 (in Chinese)

[6] 王金霞，张丽娟. 保护性耕作技术对农业生产的影响：黄河流域的实证研究[J]. 管理评论，2010，22(6)：77-84

Wang J X，Zhang L J. Impacts of conservation tillage on agriculture：Empirical research in the Yellow River Basin[J]. *Management Review*，2010，22(6)：77-84 (in Chinese)

[7] 童洪志,刘伟.政策组合对农户保护性耕作技术采纳行为的影响机制研究[J].软科学,2018,32(5):18-23
Tong H Z, Liu W. Influence mechanism of policy mix on farmers' adoption behavior of protective cultivation technology [J]. *Soft Science*. 2018,32(5):18-230 (in Chinese)

[8] 魏思琳,杨印生,王海娜.玉米种植农户对机械化保护性耕作技术的认知研究[J].中国农机化学报,2016,37(10):214-220
Wei S L, Yang Y S, Wang H N. Cognition research of behavior choice on adopting mechanization conservation tillage technology of corn farmers[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2016,37(10):214-220 (in Chinese)

[9] 李然嫣,陈印军.东北典型黑土区农户耕地保护利用行为研究:基于黑龙江省绥化市农户调查的实证分析[J].农业技术经济,2017(11):80-91
Li R Y, Chen Y J. Farmland protection and utilization behavior in typical black soil region of northeast China: Based on survey of farmers in Heilongjiang Province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017(11):80-91 (in Chinese)

[10] 张童朝,颜廷武,何可,张俊飚.资本禀赋对农户绿色生产投资意愿的影响:以秸秆还田为例[J].中国人口·资源与环境,2017,27(8):78-89
Zhang T C, Yan T W, He K, Zhang J B. Impact of capital endowment on peasants' willingness to invest in green production: Taking crop straw returning to the field as an example[J]. *China Population · Resources and Environment*, 2017,27(8):78-89 (in Chinese)

[11] 曹慧,赵凯.代际差异视角下粮农保护性耕作投入意愿的影响因素分析[J].西北农林科技大学学报:社会科学版,2018,18(1):115-123
Cao H, Zhao K. Influencing factors of grain farmers' willingness of arable land conservation input: Based on perspective of intergenerational differences[J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*. 2018,18(1):115-123 (in Chinese)

[12] 杨柳,吕开宇,阎建忠.土地流转对农户保护性耕作投资的影响:基于四省截面数据的实证研究[J].农业现代化研究,2017,38(6):946-954
Yang L, Lv K Y, Yan J Z. The impact of land transfer on conservation tillage investment of farmers: An empirical study based on sectional data of four provinces[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2017, 38(6): 946-954 (in Chinese)

[13] 朱萌,齐振宏,罗丽娜,黄建,李欣蕊,张董敏.不同类型稻农保护性耕作技术采纳行为影响因素实证研究:基于湖北、江苏稻农的调查数据[J].农业现代化研究,2015,36(4):624-629
Zhu M, Qi Z H, Luo L N, Huang J, Li X R, Zhang D M. Empirical analysis of influencing factors of the adoption of the conservation tillage technology by different types of rice farms: Case study of rice farms in Hubei and Jiangsu provinces[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2015, 36(4): 624-629 (in Chinese)

[14] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Working Group III. Climate Change* 2014: *Mitigation of Climate Change: Chapter* 8: *Transport: Final Draft*[M]. DOI: 10.13140/2.1.4480.3521

[15] 王丽娜.北部地区推广机械化保护性耕作刍议[J].河北农机,2002(4):4
Wang L N. Discussion on promoting mechanized conservation tillage in northern areas[J]. *Hebei Agricultural Machinery*, 2002(4):4 (in Chinese)

[16] Di Falco S, Bulte E. The impact of kinship networks on the adoption of risk-mitigating strategies in Ethiopia[J]. *World Development*, 2013,43(3):100-110

[17] 冯晓龙,刘明月,仇焕广,霍学喜.资产专用性与专业农户气候变化适应性生产行为:基于苹果种植户的微观证据[J].中国农村观察,2018(4):74-85
Feng X L, Liu M Y, Chou H G, Huo X X. The impacts of asset specificity on specialized farmers' adaptation to climate change: Evidence from apple farmers in Shaanxi Province. *China Rural Economy*, 2018(4):74-85 (in Chinese)

[18] 唐利群,周洁红,于晓华.采用保护性耕作对减少水稻产量损失的实证分析:基于4省1080个稻农的调研数据[J].自然资源学报,2017,32(6):1016-1028
Tang L Q, Zhou J H, Yu X H. The impact of conservation tillage on reduction in rice yield loss: Evidence from 1080 Chinese rice farmers[J]. *Journal of Natural Resources*[J]. 2017,32(6):1016-1028 (in Chinese)

[19] 侯玲玲,王金霞,黄季焜.不同收入水平的农民对极端干旱事件的感知及其对适应措施采用的影响:基于全国9省农户大规模调查的实证分析[J].农业技术经济,2016(11):24-33
Hou L L, Wang J X, Huang J K. Farmers' perception of extreme drought events and their impact on adaptation measures[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2016(11): 24-33 (in Chinese)

[20] 杨宇,王金霞,侯玲玲,黄季焜.华北平原的极端干旱事件与农村贫困:不同收入群体在适应措施采用及成效方面的差异[J].中国人口·资源与环境,2018,28(1):124-133
Yang Y, Wang J X, Hou L L, Huang J K. Extreme drought

events and rural poverty: Differences on farmers adaptive behavior and production impacts among different income groups in North China Plain[J]. *China Population · Resources and Environment*, 2018, 28(1): 124-133 (in Chinese)

[21] 周洁红，唐利群，李凯. 应对气候变化的农业生产转型研究进展[J]. 中国农村观察，2015(3)：74-86

Zhou J H, Tang L Q, Li K. Advances in research on agricultural production transformation in response to climate change[J]. *China Rural Survey*, 2015(3): 74-86 (in Chinese)

[22] 周洁红，刘青，王煜. 气候变化对水稻质量安全的影响：基于水稻主产区 1063 个农户的调查[J]. 浙江大学学报：人文社会科学版，2017，42(2)：148-160

Zhou J H, Liu Q, Wang Y. The impact of climate change on quality and safety of rice: Based on the survey of 1063 farmers in main rice production region[J]. *Journal of Zhejiang University: Humanities and Social Sciences*, 2017, 42(2): 148-160 (in Chinese)

[23] 吕亚荣，陈淑芬. 农民对气候变化的认知及适应性行为分析[J]. 中国农村经济，2010(7)：75-86

Lv Y R, Chen S F. Farmers' cognition and adaptive behavior analysis of climate change[J]. *Chinese Rural Economy*, 2010(7): 75-86 (in Chinese)

[24] 高旺盛. 中国保护性耕作制[M]. 北京：中国农业大学出版社，2011

Gao W S. *Conservation Farming System in China*[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2011 (in Chinese)

[25] Fuglie K O and Kascak C A. Adoption and diffusion of natural-resource conserving agricultural technology[J]. *Review of Agricultural Economics*, 2001, 23(2): 386-403

[26] 陈强. 计量经济学及 Stata 应用[M]. 北京：高等教育出版社，2015

Chen Q. *Econometrics and Stata Applications*[M]. Beijing: Higher Education Press, 2015 (in Chinese)

[27] 温涛，王小华，杨丹，朱炯. 新形势下农户参与合作经济组织的行为特征、利益机制及决策效果[J]. 管理世界，2015(7)：82-97

Wen T, Wang X H, Yang D, Zhu J. Farmers participate in cooperative economic organizations, behavioral characteristics, interest mechanisms and decision-making effects in the new situation[J]. *Management World*, 2015(7): 82-97 (in Chinese)

责任编辑：王岩