

任三学, 赵花荣, 齐月, 等. 气候变化背景下麦田沟金针虫爆发性发生为害. 应用气象学报, 2020, 31(5): 620-630.

DOI: 10.11898/1001-7313.20200509

气候变化背景下麦田沟金针虫爆发性发生为害

任三学^{1)2)*} 赵花荣¹⁾ 齐月³⁾ 田晓丽⁴⁾ 杨超⁵⁾ 胡丽丽⁶⁾

¹⁾(中国气象科学研究院, 北京 100081)

²⁾(中国气象局·河南省农业气象保障与应用技术重点实验室, 郑州 450003)

³⁾(中国气象局兰州干旱气象研究所·甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室·中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室, 兰州 730020)

⁴⁾(中国气象局固城农业气象野外科学试验基地, 保定 072656)

⁵⁾(河北省保定市气象局, 保定 071000) ⁶⁾(河北省保定市满城区气象局, 保定 072150)

摘 要

近年华北地区大面积推行保护性耕作措施和作物秸秆粉碎还田, 冬小麦与夏玉米一年两熟连续轮作种植, 为沟金针虫创造了有利的取食和栖息环境。地处华北北部的中国气象局固城农业气象野外科学试验基地 2018—2019 年秋季、冬季、春季气温出现了冷暖交替, 尤其最低气温显著偏高, 诱发麦田沟金针虫爆发性发生为害。据春季麦田挖土调查, 虫口密度最高达 $144 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$, 虫口重量最重达 $18.764 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。58 个调查点达防治指标 $5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 占 98.27%。拔节-收获期调查虫口密度孕穗期最高, 拔节期次之, 收获期最低。冬小麦与夏玉米禾本科作物连作种植田间虫口密度达 $35.3 \sim 40.4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$, 显著高于前茬大豆、玉米、冬小麦休闲地, 且花生地、春玉米地比大豆地虫口密度高 5 倍多, 虫口重量高 10 倍以上。成熟期虫害麦田测产, 籽粒减产 36.8%; 虫口密度增加 $10 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$, 籽粒减产率增加 4.824%; 虫口重量增加 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 籽粒减产率增加 3.871%; 植株虫害率增加 10%, 籽粒减产率增加 11.587%。

关键词: 沟金针虫; 虫口密度; 虫口重量; 为害原因

引 言

沟金针虫是我国北方旱作农田主要的地下害虫, 在我国主要分布于辽宁、河北、内蒙古、山西、河南、山东、江苏、安徽、湖北、陕西、甘肃、青海等省区, 属于多食性地下害虫。在旱作区有机质缺乏、土质疏松的粉砂壤土和粉砂黏壤土地带发生较重。金针虫长期生活于土中, 其中沟金针虫约需 3 年完成一代, 幼虫多达 12~16 龄, 具有世代重叠, 多种虫龄结构的群体交错发生为害的特点, 各代以幼虫或成虫在地下越冬, 越冬深度为 20~85 cm。华北地区越冬成虫于 3 月上旬开始活动, 4 月上旬为活动盛期。

沟金针虫在 8—9 月间化蛹, 蛹期 20 d 左右, 9 月羽化为成虫, 即在土中越冬, 次年 3—4 月出土活动。沟金针虫的活动, 与土壤温度、湿度、寄主植物的生育时期等有密切关系。沟金针虫对温度条件反应敏感, 根据土壤温度变化在土壤中上迁下潜活动为害, 具有冬眠、夏眠的生活习性^[1-2]。

近百年来, 中国地表年均气温升高约 $0.5 \sim 0.8 \text{ }^\circ\text{C}$, 气候变暖最明显的地区主要集中在西北、华北和东北地区, 以北方冬季增暖最为突出^[3-12]。2019 年 8 月 8 日联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)在日内瓦发布《气候变化与土地特别报告》, 指出气候变化已使极端天气气候事件增加, 增加了某些地区农业病虫害发生的风险, 影响作物产

2020-03-01 收到, 2020-06-02 收到再改稿。

资助项目: 中国气象局农业气象保障与应用技术重点实验室开放基金项目(AMF202007), 干旱气象科学研究基金项目(IAM201805), 甘肃省青年科技基金计划项目(17JR5RA344), 甘肃省气象局气象科研项目(人才专项)

* 邮箱: 656892rzzr@163.com

量,使某些地区的畜牧业生产力下降,冲击粮食安全^[13]。据联合国粮农组织(FAO)统计,全世界农业生产中每年因虫害、病害和杂草危害造成的损失占总产量的37%。中国农业病虫害具有种类多、影响大、时常爆发成灾的特点,其发生、发展和流行均与气象条件密切相关,并与气象灾害相伴发生^[14-17]。昆虫属于变温动物,其生长发育依赖于从外界获得的热量,只有达到一定积温时才能完成特定阶段的发育。气候变暖显著加重了病虫害对农作物的影响^[17-19]。

冬季变暖降低了幼虫、虫卵越冬死亡率,增加了虫口、虫卵发生为害基数。沟金针虫是一种典型的、具有季节性垂直活动的地下害虫,在土层中的上下迁移受温度影响明显,气候变暖为沟金针虫的生存和为害提供了有利条件。冬季变暖使沟金针虫下潜越冬时间延后,春季气温回升较早,沟金针虫上迁为害时间提前,整个为害期延长,即“晚下早上”的特点,增加了为害株率和损失率^[20]。何振贤等^[21]研究河南登封市沟金针虫成灾因素时发现,温度升高使积温增加,沟金针虫为害期比历年增加了17 d。祁永忠^[22]研究青海省地下害虫发生规律时也得到类似结论。

近年来,华北地区随着种植结构调整和大规模保护性耕作措施的实施,为沟金针虫创造了有利的取食和栖息环境,研究发现沟金针虫发生为害规律产生变异,造成的损失逐年加剧^[23]。华北地区冬小麦与夏玉米两熟制连续轮作方式,夏玉米播种和出苗期,正值低龄幼虫为害,该虫喜食玉米胚乳、嫩芽、幼苗,对幼虫发育极为有利,下茬小麦苗期又遇高龄幼虫为害,这种连续轮作制利于虫量积累^[24]。因此,本文在中国气象局固城农业气象野外科学试验基地开展沟金针虫为害特征和发生规律研究,以期开展病虫害气象服务、防灾减灾提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点

调查在中国气象局固城农业气象野外科学试验基地(简称固城站)冬小麦大田进行。该站位于华北平原北部高产农业区的典型代表性区域,地势平坦,土层深厚,土壤类型为砂壤土。农业种植制度实行冬小麦与夏玉米一年两熟轮作制,冬小麦生长季(10月一次年5月)降水量仅占年降水量的20%左右,处在气候少雨的旱季,生长发育和产量形成主要依

靠抽取地下水灌溉。自然大田生产推行作物秸秆粉碎还田和耕地浅耕、免耕等农业机械化。固城站位于暖温带季风大陆性气候区,雨热同季,降水分配不均,70%以上集中在夏季,冬季降雪少。

1.2 调查田块与方法

1.2.1 调查田地

调查麦田面积超过6 hm²,多年实行冬小麦与夏玉米一年两熟制连续轮作,冬小麦、夏玉米秸秆粉碎还田,冬小麦播种前农机旋耕土壤。农机播种,行距约为13 cm,冬小麦品种为农大212(冬性、中熟品种),种子未进行药剂拌种和包衣技术。底肥、追肥等均施用化肥,未施用农家肥(畜肥)和防治地下害虫农药。灌溉采用节水喷灌。

1.2.2 虫害调查方法

按棋盘式点位挖土法,在冬小麦不同发育期进行虫害调查和分析。

冬小麦返青-拔节期:挖土深度15~20 cm,面积为0.25 m²(1.0 m×0.25 m),将土壤全部挖出查虫,幼虫(成虫少)装保鲜袋冰箱冷藏,进行虫情(虫体数量、虫体大小、虫体重量等)分析。将麦苗拿回实验室分析虫害特征和植株虫害率等。

冬小麦孕穗期:选择不同虫害位置(根据缺苗状况)挖土查虫,方法同冬小麦返青-拔节期,不进行植株虫害率分析。

冬小麦收获期:在冬小麦收获后,在拔节期和孕穗期挖土查虫位置附近再次挖土查虫,挖土深度20~25 cm,面积为1 m²(1 m×1 m),分析方法同上。

虫体大小分类:大虫长度为20.0 mm以上,中虫长度为15.0~20.0 mm,小虫长度不超过15.0 mm。最大沟金针虫用电子游标卡尺测量虫体长度、虫体最宽处,精度为0.01 mm。

沟金针虫重量测定:电子秤称重,精度为0.001 g。

籽粒减产率:样点籽粒重和无虫害样点籽粒重差值与无虫害样点籽粒重的比值,单位为%。籽粒重精度为0.001 g·m⁻²。

为了分析农田作物秸秆粉碎还田及免耕等保护性措施对沟金针虫发生为害累积效应,在试验站前茬春(夏)玉米地、花生地、大豆地等秸秆还田的休闲地,挖土调查沟金针虫虫情。挖虫面积为1 m²(1 m×1 m),挖土深度约为40 cm。

在冬小麦成熟期,根据麦田春季虫害和缺苗断垄情况,在挖虫调查点附近收割冬小麦1 m²全株样

本进行产量测定,分析虫害对产量影响。

2 结果与分析

2.1 华北平原北部 2018—2019 年秋季、冬季、春季气候特征

固城站位于华北平原北部,2018—2019 年秋季气温正常偏低,秋季偏低 0.1°C ,冬季偏低 0.5°C 。春季气温偏高 0.8°C 。但极端最低气温秋、冬、春季均显著偏高,分别偏高 7.6°C , 6.7°C , 4.3°C 。冻土对气候变化具有敏感性,最大冻土深度变浅表明冬

季气候偏暖^[25]。2018—2019 年冬季最大冻土深度为 38.0 cm ,较有气象记录的 1997—2017 年平均值 (42.9 cm)浅 4.9 cm ,较最大冻土深度 (65.0 cm)浅 27.0 cm 。

由 2018 年 10 月—2019 年 4 月固城站气温(图 1)、极端最低气温距平(图 2)变化可知,气温波动较大,出现冷暖交替,而极端最低气温仅 2018 年 12 月偏低 0.7°C ,其余月份均偏高,最冷 2019 年 1 月极端最低气温为 -4.0°C ,较往年偏高 9.8°C 。秋季、冬季、春季气温呈现冷暖交替变化,尤其 2018 年秋末 11 月、2019 年隆冬 1 月、2019 年初春 3 月气温偏

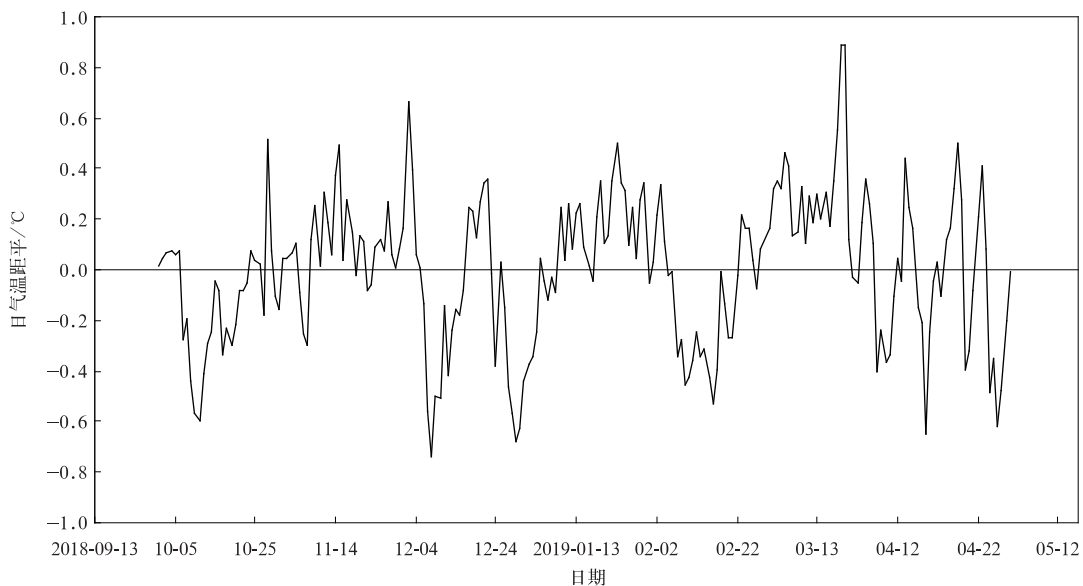


图 1 2018 年 10 月 1 日—2019 年 4 月 30 日固城站日气温距平变化

Fig. 1 Daily temperature anomaly at Gucheng Station from 1 Oct 2018 to 30 Apr 2019

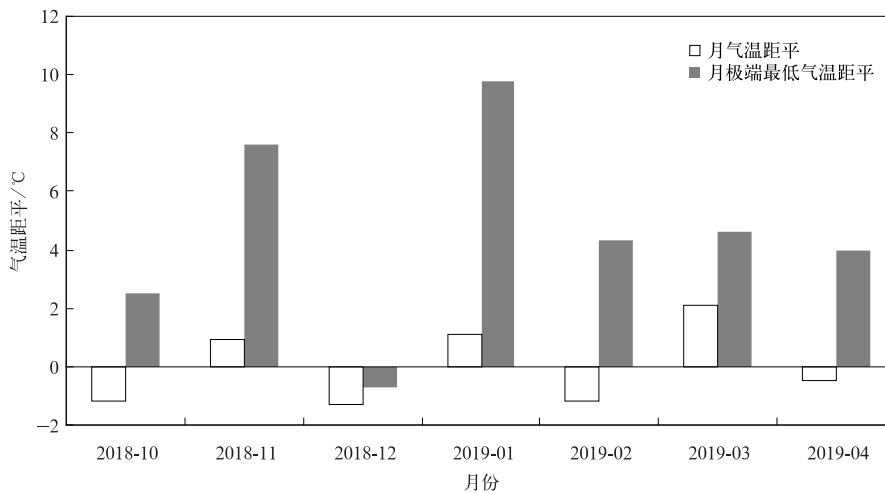


图 2 2018 年 10 月—2019 年 4 月固城站逐月气温距平、月极端最低气温距平变化

Fig. 2 Monthly temperature anomaly and extreme minimum temperature anomaly at Gucheng Station from Oct 2018 to Apr 2019

高,有利于沟金针虫晚下早上以及幼虫、虫卵越冬基数提高,孵化幼虫龄数增加,多龄虫害叠加累积等。

2.2 冬小麦返青-拔节期沟金针虫虫口密度调查特征

已有研究较多提出金针虫防治指标为 $5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ [26-28],也有认为当金针虫密度达到 $1.5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上时,本样地为高危地区,需要开展金针虫防治工作[29-31]。2019年在地处华北平原北部的固城站冬小麦返青-拔节期调查的沟金针虫虫口密度平均为 $51.5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,最高达 $144 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,比李耀发等[32]

调查结果沟金针虫为 $0.07 \sim 0.46 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 显著增多。由图3可知,58个调查点中,虫口密度为 $1 \sim 4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,占 1.73% , $5 \sim 20 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 占 17.24% , $21 \sim 50 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 占 34.48% , $51 \sim 100 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 占 37.93% ,大于 $100 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 占 8.62% 。超过防治指标 $5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上的占 98.27% ,达防治指标10倍即虫口密度 $50 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上的占 46.55% 。表明2019年春季麦田沟金针虫爆发性发生,麦苗虫害严重,造成死苗、缺苗、断垄严重。

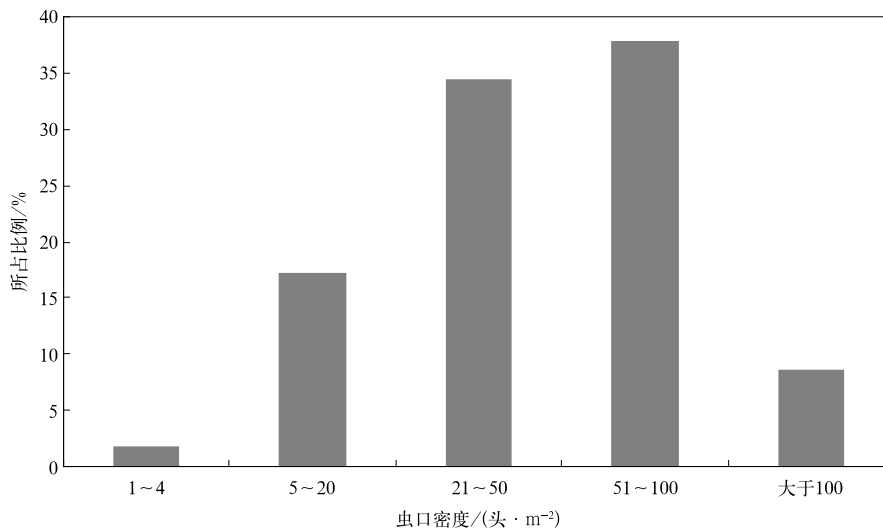


图3 2019年春季固城站麦田沟金针虫调查虫口密度变化

Fig. 3 Density of *Pleonomus canaliculatus* in the wheat field at Gucheng Station in spring of 2019

2.3 冬小麦返青-拔节期沟金针虫虫口重量调查特征

以往研究多采用虫口密度反映作物田间虫害发生为害程度,但由于沟金针虫幼虫具有世代重叠、不同虫龄共生为害的生物学特点,挖土调查虫害其虫体大小不一,虫龄不同、虫体大小对麦苗咬食为害程度不同。采用虫口重量作为指标可反映田间沟金针虫虫害发生为害程度。麦田沟金针虫调查虫口重量平均为 $6.392 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最重为 $18.764 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。由图4可知,58个调查点中,虫口重量小于 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的占 8.62% , $1 \sim 6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的占 39.66% , $6.1 \sim 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的占 34.48% , $10.1 \sim 13 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的占 10.34% ,大于 $13 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的占 6.90% 。由虫口密度与虫口重量关系可知,58个调查点虫口密度 $5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ (对应虫口重量 $0.817 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) 占 94.83% ,虫口密度 $50 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ (对应虫口重量 $6.069 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) 占 51.72% ,说明麦田沟金针虫发生为害十分严重。

2.4 冬小麦返青-拔节期沟金针虫对麦苗虫害率及其与虫口密度、虫口重量关系

冬小麦返青-拔节期挖土调查土壤中沟金针虫虫口密度和虫口重量的同时,还对地上麦苗取样测定其麦苗虫害率。虫害率平均为 35.03% ,最大为 61.73% 。由图5可知,58个调查点中,虫害率 $1.1\% \sim 10\%$ 的占 8.62% , $10.1\% \sim 30\%$ 的占 17.24% , $30.1\% \sim 40\%$ 的占 39.66% , $40.1\% \sim 50\%$ 的占 22.41% ,大于 50% 的占 12.07% 。沟金针虫一般为害冬小麦造成缺苗或死苗率在 $5\% \sim 10\%$,严重田块达 25% 左右,致使冬小麦产量下降,损失较大[29]。调查的麦田中麦苗虫害率超过 25% 的占 81.03% 。而麦苗虫害率高低与虫口密度、虫口重量大小均呈正相关关系。

由于沟金针虫在土壤中的迁移活动为害和虫卵孵化再生幼虫数量增加以及咬食主茎、分蘖茎为害

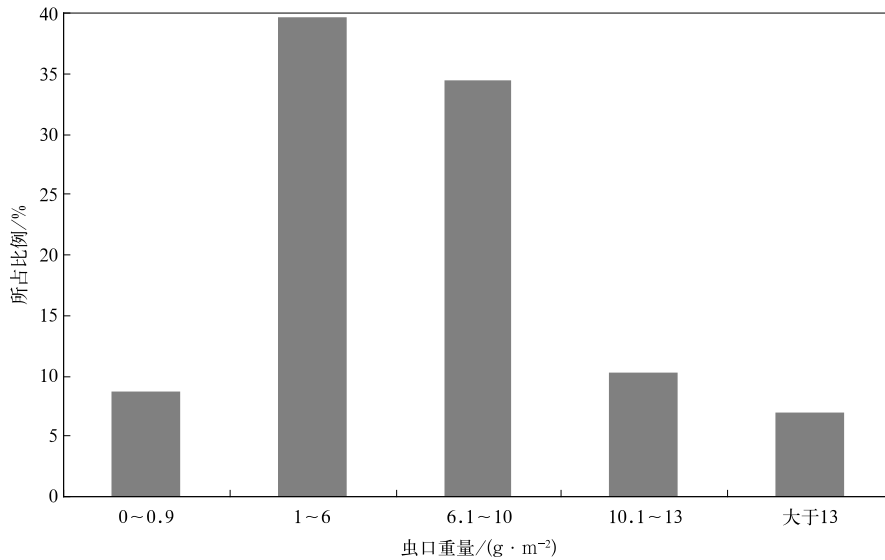


图 4 2019 年春季固城站麦田沟金针虫调查虫口重量变化

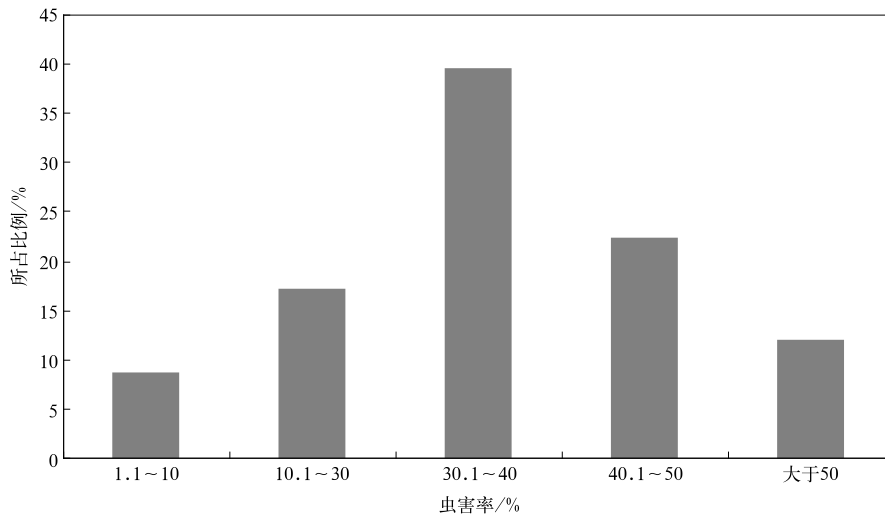
Fig. 4 Weight of *Pleonomus canaliculatus* in the wheat field at Gucheng Station in spring of 2019

图 5 2019 年春季固城站麦田沟金针虫调查为害麦苗虫害率变化

Fig. 5 Pest rate of *Pleonomus canaliculatus* in the wheat field at Gucheng Station in spring of 2019

程度差异等,调查测定的麦苗植株虫害率与虫口密度、虫口重量之间关系并非完全对应。从麦苗虫害伤口特征看,在麦苗返青-拔节期沟金针虫主要活动在地下 3~10 cm 左右土层,较多集中在小麦播种深度的 3~5 cm 土层。在麦苗拔节前,沟金针虫咬食麦苗主茎的根茎结合处的生长锥,致其丧失生长功能而逐渐黄枯、死苗(茎);当主茎拔节后,沟金针虫转移为咬食麦苗分蘖茎的生长锥,致使麦苗分蘖茎及全株黄枯、死亡,重害地段麦田缺苗、断垄严重,之后调查麦田苗情发现因缺苗断垄、麦苗稀疏而杂草滋生。

2.5 沟金针虫为害对冬小麦产量影响

2000—2018 年固城站农业气象观测资料显示,

冬小麦返青期在 2 月底—3 月初,拔节期在 4 月 10 日前后,麦苗返青-拔节期历时约 40 d,为沟金针虫从土壤下层上迁至土壤浅层,咬食为害麦苗提供了充足时间。春季沟金针虫咬食为害麦苗时间长,虫卵孵化低龄幼虫,造成多龄幼虫叠加咬食为害,虫口密度高。沟金针虫为害导致麦苗死苗的关键发育阶段在春季麦苗返青-拔节期,幼嫩麦苗超过 40 d 的生长过程为沟金针虫咬食为害提供了充足的食物和为害时间。冬小麦拔节-孕穗期仅间隔 10~15 d,拔节期过后,其主茎和分蘖茎生长锥伸出地表,沟金针虫属土壤地下活动害虫,转向咬食地下新生幼嫩根系,其为害不会显著导致麦苗直接黄枯、死苗,尤其不会出现严重的死苗、缺苗。因此,沟金针虫对麦苗

的为害盛期在麦苗返青-拔节期,与罗益镇等^[28]研究结果相一致。但许向利等^[33]研究发现,地下害虫为害造成的冬前秋苗期死亡率是春季返青-拔节期 4 倍多,与本文结论不一致。这可能与不同地域的土壤质地、气候条件、种植制度尤其地下害虫优势种群结构差异等有关。

沟金针虫对春季返青-拔节期麦苗咬食为害直接造成死苗、缺苗、断垄,严重时导致显著减产。2019 年春季固城站大田冬小麦沟金针虫爆发性发

生为害,固城站调查麦田成熟期收获籽粒平均为 5537.25 kg · hm⁻²,与站外农户冬小麦生产大田调查产量平均 8760.75 kg · hm⁻²相比,减产 36.8%。

沟金针虫调查麦田成熟期取样测产,虫害减产率平均为 32.10%。如果按小麦联合收割机籽粒损失率小于产量的 3% 计算,大田虫害籽粒减产为 33.8%,与虫害麦田取样测产减产率接近。分析沟金针虫虫害减产率与虫口密度、虫口重量、植株虫害率均呈线性关系(图 6),虫口密度增加 10 头 · m⁻²

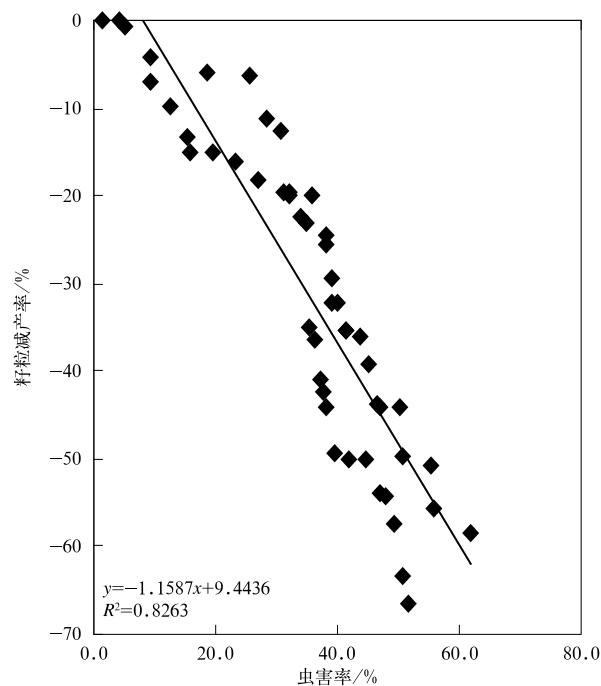
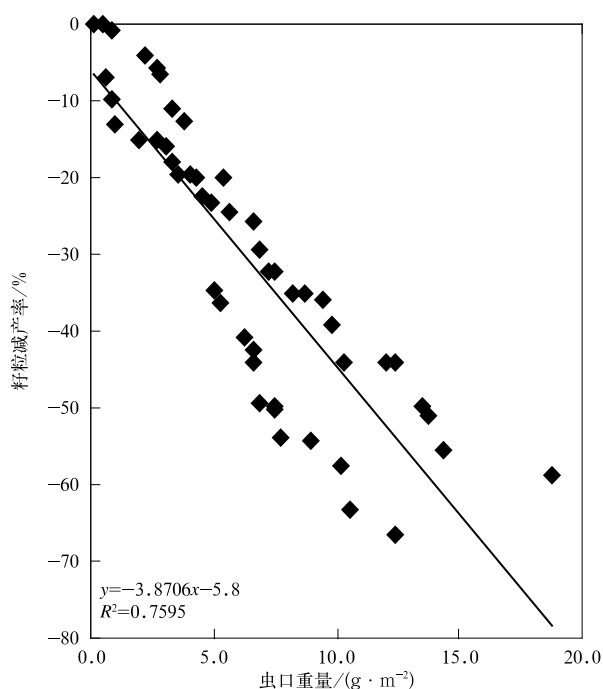
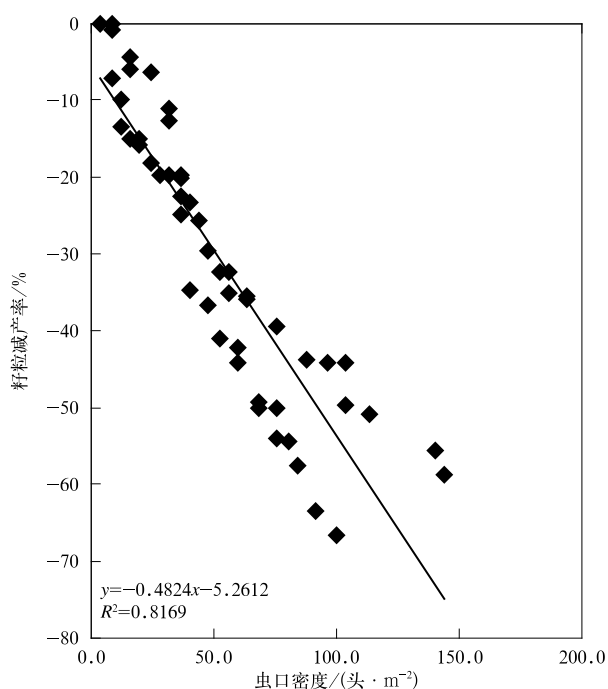


图 6 沟金针虫虫口密度、虫口重量、虫害率与籽粒减产率的关系
Fig. 6 Relationship of *Pleonomus canaliculatus* density, weight, pest rate to grain yield reduction

籽粒减产增加4.824%，虫口重量增加 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 籽粒减产增加3.871%，植株虫害率增加10%籽粒减产增加11.587%。

2.6 冬小麦拔节期-收获期沟金针虫虫口密度变化

由冬小麦沟金针虫挖虫调查情况(表1)可以看到,冬小麦拔节-收获期沟金针虫虫口密度均较高,其中孕穗期最高,拔节期次之。麦田沟金针虫孕穗期平均为 $72.1 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,最多为 $196 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$;拔节期为 $51.5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,最多为 $144 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$;收获期为 $26.4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,最多为 $68 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$;并且麦田B比麦田A多,主要由于上一年前茬夏玉米时麦田B地块杂草比麦田A多,杂草多为成虫产卵和幼虫活动、累积创造了栖息庇护环境。

虫体大小总体上是拔节期、收获期大虫比例高,小虫比例略高于中虫;而孕穗期小虫多,中虫比例略高于大虫。沟金针虫在土壤中的活动与土壤温度有直接关系,一般存在年度土壤中垂直活动规律,即秋

冬季下移,春季上升,夏季又向下活动^[1]。拔节期虫害主要是上一年秋末气温变冷时下潜到土壤下层冬眠,入春天气回暖,冻土融化,麦苗返青生长,虫害上迁至土壤浅层为害麦苗,大虫进食多生长快,相应大虫比例高,新生孵化小虫尚处于低龄期。收获期挖土深度20~25 cm大虫比例高,说明虫体生长发育和世代重叠、多龄虫体共生累积的特点。魏鸿钧等^[1]研究发现,6月10 cm地温达 28°C 时沟金针虫下潜到土壤下层越冬。固城站6月中旬冬小麦进入成熟收获期,期间气温在 25°C 以上,10 cm地温超过 28°C ,麦田沟金针虫由土壤上层向土壤下层迁移,这可能是收获期调查土层虫口密度较拔节-孕穗期减少的原因之一。沟金针虫卵春季孵化新生幼虫,孕穗期调查虫害,其小虫比例高。沟金针虫雌虫不能飞翔,行动迟缓,且多在原地区交配产卵,使沟金针虫的扩散蔓延受到限制,导致虫口在田间分布不匀。

最大沟金针虫,即老熟幼虫体长和最宽处在

表1 2019年固城站冬小麦田间沟金针虫调查情况

Table 1 Investigation on *Pleonomus canaliculatus* in the winter wheat field at Gucheng Station in 2019

调查时段	地段	沟金针虫数量/(头·m ⁻²)				最大沟金针虫		沟金针虫重量/(g·m ⁻²)
		大	中	小	总数量	长度/mm	宽度/mm	
返青-拔节期	麦田A	20.7	12.3	15.0	48.0	28.71	3.67	5.764
	麦田B	24.2	15.0	15.8	55.0	28.05	3.82	7.095
孕穗期	麦田A	12.0	11.2	31.6	54.8	29.81	4.17	5.849
	麦田B	24.0	30.7	34.7	89.4	29.00	3.92	9.465
收获期	麦田A	7.0	0.6	2.4	10.0	26.00	4.05	1.107
	麦田B	21.0	11.2	10.6	42.8	26.34	3.92	3.983

小麦拔节期、孕穗期、成熟期差异不大。据麦田挖土调查虫害分析发现,沟金针虫孕穗期平均长为29.41 mm,最长为33.13 mm;平均宽为4.05 mm,最宽为4.68 mm。拔节期平均长为28.38 mm,最长为34.68 mm;平均宽为3.75 mm,最宽为4.90 mm。收获期平均长为26.17 mm,最长为33.86 mm;平均宽为3.99 mm,最宽为4.70 mm。已有研究发现,老熟幼虫体长约20~30 mm,最宽处约4 mm^[1,34-35]。与麦田调查结果相比,沟金针虫虫体最长增长3.13~4.68 mm,最宽增大0.68~0.90 mm。此次调查老熟幼虫体长和最宽处均增大,表明气候变化背景下,沟金针虫晚下早上及冬眠、夏眠时间缩短,土壤中休眠深度趋浅、休眠期呼吸消耗体腔内储存营养液少等,取食为害活动时间延长,虫体生长发育时间延长,体态尤其老熟幼虫体长和最宽处为增大趋势。

沟金针虫虫口重量的变化与虫口密度特征相

同,孕穗期最大,平均为 $7.657 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最重为 $20.880 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;拔节期次之,平均为 $6.430 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最重为 $18.764 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;收获期最小,平均为 $2.545 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最重为 $7.496 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。沟金针虫虫口重量在冬小麦发育期的变化与其在土壤中感知土壤温度调节土壤中活动深度、下潜休眠、虫卵孵化幼虫、成虫羽化以及幼虫在田间迁移活动等动态变化,以及幼虫为害作物即食料变化影响虫体生长发育等有关。

由不同耕种方式田间沟金针虫调查结果(表2)可以看到,冬小麦与夏玉米连作田虫口密度为 $35.3 \sim 40.4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,虫口重量为 $5.416 \sim 5.520 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;前茬玉米休闲地虫口密度为 $19.9 \sim 21.0 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,虫口重量为 $1.791 \sim 1.934 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;前茬大豆、冬小麦休闲地虫口密度为 $3.8 \sim 4.6 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$,虫口重量为 $0.311 \sim 0.732 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。由于沟金针虫食性很杂,主要喜食禾本科作物,冬小麦与夏玉米一

年两熟连续轮作田比前茬大豆、冬小麦、玉米休闲地的栖息土壤环境、食物营养等更宜于沟金针虫繁育

活动,其虫口密度、虫口重量明显高,与董晋明等^[36]的研究结果相一致。

表2 2019年固城站冬小麦与夏玉米连作与休闲地沟金针虫调查情况比较

Table 2 Comparison of *Pleonomus canaliculatus* between winter wheat, summer maize continuous cropping and leisure land at Gucheng Station in 2019

调查地段	沟金针虫数量/(头·m ⁻²)				最大沟金针虫		沟金针虫重量/(g·m ⁻²)
	大	中	小	总数量	长度/mm	宽度/mm	
前茬大豆	1.0	1.2	1.6	3.8	23.72	3.45	0.311
前茬冬小麦	4.3	0.3	0.0	4.6	25.81	3.70	0.732
前茬春玉米	12.6	4.0	3.3	19.9	25.72	3.55	1.791
前茬夏玉米	11.4	5.4	4.2	21.0	24.63	3.61	1.934
冬小麦与夏玉米连作 A	30.6	7.2	2.6	40.4	29.40	4.09	5.520
冬小麦与夏玉米连作 B	27.8	6.0	1.5	35.3	30.93	4.03	5.416

2.7 不同前茬休闲地沟金针虫发生情况比较

不同前茬作物田间沟金针虫发生为害及不同虫龄虫害累积存在差异,其收获后休闲耕地对沟金针虫的发生亦有影响(表3)。前茬大豆休闲地虫口密度为5.0头·m⁻²,最多为8头·m⁻²;虫口重量为0.187g·m⁻²,最重为0.264g·m⁻²。而前茬花生地虫口密度为26.7头·m⁻²,最多为34头·m⁻²;虫口重量为1.399g·m⁻²,最重为1.968g·m⁻²;春玉米地虫口密度为26.5~28.3头·m⁻²,最多为38头·m⁻²,虫口重量为2.444~2.905g·m⁻²,最重为3.769g·m⁻²。花生地和春玉米地均比大豆地高5倍多,虫口重量高10倍以上。但前茬作物为夏玉米,在生长过程中喷施农药防治玉米螟、棉铃

虫、粘虫等虫害,并及时铲(拔)除杂草的前茬夏玉米休闲地沟金针虫发生相对较少,虫口密度为6.6~9.0头·m⁻²,最多为16头·m⁻²;虫口重量为0.754~1.239g·m⁻²,最重为2.086g·m⁻²。最大沟金针虫春夏季玉米地差异不大,平均长为25.95~29.03mm,最长为29.78mm;最宽处平均为3.47~3.74mm,最宽为3.99mm。花生地次之,平均长为24.90mm,最长为27.33mm;最宽处平均为3.55mm,最宽为3.71mm。大豆地最小,平均长为17.20mm,最长为18.25mm;最宽处平均为2.42mm,最宽为2.50mm。说明耕地播种作物换茬轮作和休闲养地对沟金针虫发生为害具有抑制发生、累积和恶化其食物、栖息环境的作用。

表3 2019年固城站休闲地沟金针虫调查情况

Table 3 Investigation on *Pleonomus canaliculatus* in the leisure land at Gucheng Station in 2019

调查地段	沟金针虫数量/(头·m ⁻²)				最大沟金针虫		沟金针虫重量/(g·m ⁻²)
	大	中	小	总数量	长度/mm	宽度/mm	
前茬大豆地	0.0	1.7	3.3	5.0	17.20	2.42	0.187
前茬花生地	4.7	4.0	18.0	26.7	24.90	3.55	1.399
前茬春玉米 A	10.3	8.3	8.0	26.5	27.80	3.48	2.444
前茬春玉米 B	13.3	7.3	7.7	28.3	29.03	3.60	2.905
前茬夏玉米 A	5.7	2.0	1.3	9.0	25.95	3.65	1.239
前茬夏玉米 B	4.3	3.0	0.3	7.6	27.07	3.74	0.754
前茬夏玉米 C	5.3	1.0	0.3	6.6	27.00	3.47	0.828

3 结论与讨论

研究表明:

1) 2018—2019年地处华北北部的固城站秋季、冬季、春季出现冷暖交替、冬季偏暖,最低气温显著偏高,土壤冻土层浅,土居害虫沟金针虫活动对温

度变化尤其土壤温度变化反应敏感。调查冬小麦返青-拔节期麦田沟金针虫发生为害结果发现,虫口密度平均为51.5头·m⁻²,最高为144头·m⁻²,超过防治指标5头·m⁻²的占98.27%,达防治指标10倍,即虫口密度50头·m⁻²以上的占46.55%;虫口重量平均为6.392g·m⁻²,最重为18.764g·m⁻²,与虫口密度为50头·m⁻²对应虫口重量为

$6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上的占 51.72%，表明麦田沟金针虫爆发性发生。

2) 麦田沟金针虫为害严重，麦苗虫害率平均为 35.03%，最大为 61.73%，造成冬小麦收获期籽粒减产 36.8%。沟金针虫虫害减产率与虫口密度、虫口重量、麦苗虫害率均呈线性关系，虫口密度增加 $10 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ ，籽粒减产增加 4.824%，虫口重量增加 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ，籽粒减产增加 3.871%，麦苗虫害率增加 10%，籽粒减产增加 11.587%。

3) 沟金针虫发生为害随冬小麦生育期变化显著，孕穗期最高，拔节期次之，收获期最低。虫口密度孕穗期为 $72.1 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ ，拔节期为 $51.5 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ ，收获期为 $26.4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ 。虫口重量变化特征与虫口密度相同，孕穗期平均为 $7.657 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ，最重为 $20.880 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ；拔节期平均为 $6.430 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ，最重为 $18.764 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ；收获期平均为 $2.545 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ，最重 $7.496 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

4) 最大沟金针虫，即老熟幼虫体长和最宽处在冬小麦拔节期、孕穗期、成熟期差异不大，最长为 33.13~34.68 mm，最宽为 4.68~4.90 mm。在气候变化背景下，沟金针虫“晚下早上”，延长了为害咬食作物时间，生长发育期延长。

5) 沟金针虫虽然食性很杂，但主要喜食禾本科作物。冬小麦与夏玉米连作田虫口密度为 $35.3 \sim 40.4 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ ，虫口重量为 $5.416 \sim 5.520 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ；较前茬玉米、大豆、冬小麦休闲地显著增多。且前茬花生地和春玉米休闲地均比前茬大豆休闲地虫口密度高 5 倍多，虫口重量高 10 倍以上。同是前茬夏玉米休闲地，实施防治玉米螟等虫害，并铲除田间杂草的地块沟金针虫发生相对较少。

气候变化尤其冬季偏暖，为春季冬小麦返青-拔节期沟金针虫爆发性发生为害提供了“温床”，是其诱发主因。华北地区冬小麦与夏玉米禾本科作物连续轮作不间断种植，为爆发性发生为害提供了有利的生态环境。近年华北地区农田浅耕或免耕等保护性耕作措施的推广和作物秸秆粉碎还田，为沟金针虫爆发为害滋生提供了土壤环境。农药防治仍是目前农田地下害虫防治见效最快的方法之一，同一田块连续防治 2 年，即可较长时间控制沟金针虫为害^[37]。但农药防治普遍重视地上虫害、病害及草害的防治，忽视地下害虫的防治。加之近年剧毒、高毒农药逐步退出市场，地下害虫种群结构发生变化，为害呈逐年上升趋势，对农业生产造成很大损失，其发

生规律也存在相应的变化^[32,37-38]。农作物病虫害防治需应对气候变化加重农田作物病虫害发生为害，虫情测报、监测、预警、防治(控)环环相扣^[39]。改革农田耕作制度，间隔 2~3 年深耕整地以及轮作换茬或休闲轮耕，破坏其栖息、生存、繁衍的土壤环境，可有效抑制沟金针虫等地下害虫的发生和累积，合理的作物布局及耕地轮作倒茬是一项恶化沟金针虫生育条件的农业有效措施^[40]。

参考文献

- [1] 魏鸿钧,张治良,王荫长.中国地下害虫.上海:上海科学技术出版社,1989.
- [2] 罗益镇,牛贻光,龙岩.麦田沟金针虫种群垂直分布与夏眠的生态特性及其与防治的关系.生态学杂志,1994,13(3):7-10.
- [3] 丁一汇,任国玉,石广玉,等.气候变化国家评估报告(1):中国气候变化的历史和未来趋势.气候变化研究进展,2006,2(1):3-8.
- [4] 郭建平.气候变化对中国农业生产的影响研究进展.应用气象学报,2015,26(1):1-11.
- [5] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 1-989.
- [6] 陈峪,任国玉,王凌,等.近 56 年我国暖冬气候事件变化.应用气象学报,2009,20(5):539-545.
- [7] 魏凤英,曹鸿兴,王丽萍.20 世纪 80—90 年代我国气候增暖进程的统计事实.应用气象学报,2003,14(1):79-86.
- [8] 任国玉,初子莹,周雅清,等.中国气温变化研究最新进展.气候与环境研究,2005,10(4):701-716.
- [9] 王绍武,叶瑾琳,龚道溢,等.近百年中国年气温序列的建立.应用气象学报,1998,9(4):392-401.
- [10] 黄嘉佑,胡永云.中国冬季气温变化的趋向性研究.气象学报,2006,64(5):614-621.
- [11] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等.近四十年我国气候变化的初步分析.应用气象学报,1991,2(2):164-174.
- [12] 王绍武,赵宗慈.未来 50 年中国气候变化趋势的初步研究.应用气象学报,1995,6(3):333-342.
- [13] 吴鹏. IPCC《气候变化与土地特别报告》释放了哪些信号.中国气象报,2019-08-15(3).
- [14] 熊伟,郭丽娜.气候变化“威胁”中国农业.华夏星火.农经,2009(7):58-59.
- [15] 周广胜,郭建平,霍治国,等.中国农业应对气候变化.北京:气象出版社,2014.
- [16] 霍治国,范雨娟,杨建莹,等.中国农业洪涝灾害研究进展.应用气象学报,2017,28(6):641-653.
- [17] 霍治国,李茂松,王丽,等.气候变暖对中国农作物病虫害的影响.中国农业科学,2012,45(10):1926-1934.
- [18] 霍治国,李茂松,王丽,等.降水变化对中国农作物病虫害的影响.中国农业科学,2012,45(10):1935-1945.

- [19] 霍治国,李茂松,李娜,等.季节性变暖对中国农作物病虫害的影响.中国农业科学,2012,45(11):2168-2179.
- [20] 陈爱端.金针虫对几种环境因子适应性研究.北京:中国农业科学院,2011.
- [21] 何振贤,郭更博,刘子卓.沟金针虫成灾因素分析及综合治理对策.河南农业科学,2006(11):63-64.
- [22] 祁永忠.青海省地下害虫发生动态研究.青海农技推广,2000(1):11.
- [23] 李耀发,高占林,党志红,等.河北省中北部主要农作物地下害虫发生情况调查.2014年中国植物保护学会学术年会,2015.
- [24] 邢佑博,龙岩.沟金针虫大发生的原因及防治对策.病虫测报,1990(4):30-31.
- [25] 刘小宁,李庆祥.我国最大冻土深度变化及初步解释.应用气象学报,2003,14(3):299-308.
- [26] 仵均祥.关于麦田沟金针虫防治指标的建议.植物保护,1987,13(2):50-51.
- [27] 吴立民,陆化森,何培谭,等.沟金针虫为害小麦的损失分析及防治指标研究.昆虫知识,1993(2):78-81.
- [28] 罗益镇,牛贍光,龙岩,等.沟金针虫为害小麦产量损失与经济阈值的研究.山东农业科学,1991(5):42-44.
- [29] 王新俊.冬麦区金针虫类为害损失及防治指标的研究.植物保护,1995,21(1):28-29.
- [30] 赵江涛,于有志.中国金针虫研究概述.农业科学研究,2010,31(3):49-55.
- [31] 马慧萍,潘涛.沟金针虫的发生与防治.农业科技与信息,2010(5):31-32.
- [32] 李耀发,党志红,安静杰,等.河北省主要作物田地下害虫种类及其分布.中国农学通报,2018,34(28):114-119.
- [33] 许向利,李艳红,李怡萍,等.小麦不同生育期地下害虫为害程度与其虫口密度的关系.植物保护学报,2012,39(5):385-389.
- [34] 罗益镇,崔景岳.土壤昆虫学.北京:中国农业出版社,1995.
- [35] 仵均祥.农业昆虫学.北京:中国农业出版社,2016.
- [36] 董晋明,赵荣华,陆俊姣,等.山西省农田地下害虫优势种群分布及其为害程度的调查研究.中国植保导报,2014,34(12):28-31.
- [37] 吴立民.麦田沟金针虫的发生为害特点及无公害防治技术.中国植保导报,2004,24(4):14-15.
- [38] 陆俊姣,董晋明,任美凤,等.山西临汾冬小麦-夏玉米轮作田地下害虫种群在土壤中的迁移规律.昆虫学报,2017,60(9):1046-1059.
- [39] 侯英雨,张蕾,吴门新,等.国家级现代农业气象业务技术进展.应用气象学报,2018,29(6):641-656.
- [40] 吴铤.轮作倒茬与沟金针虫的防治.昆虫学报,1966,15(2):131-136.

The Outbreak and Damage of the *Pleonomus Canaliculatus* in Wheat Field Under the Background of Climate Change

Ren Sanxue¹⁾²⁾ Zhao Huarong¹⁾ Qi Yue³⁾ Tian Xiaoli⁴⁾ Yang Chao⁵⁾ Hu Lili⁶⁾

¹⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

²⁾ (CMA • Henan Key Laboratory of Agro-meteorological Support and Applied Technique, Zhengzhou 450003)

³⁾ (Institute of Arid Meteorology, Gansu Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020)

⁴⁾ (Gucheng Agro-meteorological Field Scientific Experiment Base, CMA, Baoding 072656)

⁵⁾ (Baoding Meteorological Bureau of Hebei Province, Baoding 071000)

⁶⁾ (Mancheng Meteorological Bureau of Hebei Province, Baoding 072150)

Abstract

In recent years, with the large-scale implementation of conservation tillage measures and crop straw crushing in North China, the winter wheat and summer corn are planted in two crops per year, creating a favorable environment for feeding and habituating for the *Pleonomus canaliculatus*. As the temperature in autumn, winter and spring of Gucheng Station in Hebei Province alternates between cold and warm from 2018 to 2019, the minimum temperature is significantly higher, inducing the explosive occurrence of the *Pleonomus canaliculatus* in the wheat field. According to the investigation of spring wheat field excavation, the maximum density of insect population is $144 \text{ heads} \cdot \text{m}^{-2}$, the maximum weight of insect population is $18.764 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Among 58 investigation points, densities of 57 points exceed $5 \text{ heads} \cdot \text{m}^{-2}$, which calls for control measures. The density of insects in the jointing-harvest period is the highest during the booting period, followed by the jointing period, and that of the harvest period is the lowest. The oldest larvae have a maximum length of 34.68 mm, and a maximum width of 4.9 mm, 4.68 mm longer and 0.90 mm wider comparing to existing record respectively. The density of insect populations in the continuous cropping winter wheat and summer maize gramineous crops is 35.3 to 40.4 $\text{heads} \cdot \text{m}^{-2}$, which is significantly higher than that of soybean, corn, and winter wheat recreation grounds. The peanut and spring corn lands are more than 5 times higher than the soybean insect population density, and the weight of insect population is more than 10 times higher. Yield measurement in mature wheat fields shows the grain yield is reduced by 36.8%. When the insect population density increases by 10 $\text{heads} \cdot \text{m}^{-2}$, grain yield decreases by 4.824%. When insect population weight increases by $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, grain yield reduction increases by 3.871%, and 10% increase of plant pest will make the grain yield reduction rate increase by 11.587%.

Key words: *Pleonomus canaliculatus*; insect density; insect weight; cause of damage