

豫南小麦条锈病长·中·短期气象预报模型研究

易亮^{1,2}, 赵豫³ (1. 武汉市气象局, 湖北武汉 430040; 2. 南京信息工程大学, 江苏南京 210044; 3. 商城县气象局, 河南商城 465350)

摘要 通过对河南省信阳市农业气象试验站1981~2006年冬小麦生育状况观测资料、2002~2007年地面气象观测数据及信阳市植保植检站小麦条锈病病情资料的统计分析, 论述了小麦条锈病病原菌形态与生理生化特征、病害循环与气象环境的关系, 揭示了条锈病菌侵染过程与气象环境的关系, 分析了条锈病的发病条件。对稻茬麦条锈病发生面积、起始时间、持续时间、危害程度相关显著的气象因子进行独立性检验, 筛选出相互独立的预报因子, 采用逐步回归方法建立条锈病发生面积、起始时间、持续时间、危害程度等级的预报方程, 建立了预报时效分别为70、40、10 d的长、中、短期小麦条锈病发生发展气象预报模型, 客观、实时地发布主要病虫害气象预报产品, 并提出了小麦条锈病综合防治策略。

关键词 小麦; 条锈病; 气象环境; 预报模型; 防治策略

中图分类号 S431 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)21-09137-04

豫南地处河南省大别山北麓与淮河上游之间, 跨越北亚热带湿润气候区和暖温带半湿润气候区^[1], 是南北麦区的过渡带, 在全国小麦种植区划上属长江中下游冬麦区。该区通常在水稻收获后种植半冬性小麦, 因冬前热量条件富足、播种较晚、耕作管理粗放, 加之降水多、田间湿度大, 常发生小麦条锈病, 产量低而不稳, 使得豫南稻茬麦区被划为小麦不适宜种植区。做好小麦条锈病的预测和防治工作对于稳定粮食生产、提高农业经济效益具有重要的现实意义。

1 资料来源与分析方法

采用的农业气候资料为信阳市农业气象试验站1981~2006年冬小麦生育状况观测资料; 2002~2007年地面气象观测数据来源于信阳市气象局观测站; 小麦条锈病病情资料来自信阳市植保植检站, 资料序列为2002~2007年。在进行相关分析、逐步回归统计方法建立小麦条锈病长、中、短期相关预报模型时, 对气象要素因子采用因子膨化法。

2 病原菌形态与生理生化特征

2.1 病原菌形态特征 小麦条锈病是世界范围的小麦病害, 河南是我国小麦条锈病主要发生区域。小麦条锈病病原真菌为条形柄锈菌(*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss.), 属担子菌亚门柄锈菌属。夏孢子堆长椭圆形, (0.3~0.5) mm × (0.5~1.0) mm, 裸露后呈粉状, 橙黄色。夏孢子单胞、球形, 表面有细刺, 鲜黄色, (32~40) μm × (22~29) μm, 孢子壁无色, 壁厚1~2 μm, 内含物黄色, 具有6~16个发芽孔, 排列不规则。冬孢子堆多生于叶背, 长期埋生于寄主表皮下, 灰黑色。冬孢子双胞, 棍棒形, 顶部扁平或斜切; 分隔处稍缢缩, (36~68) μm × (12~20) μm, 顶端壁厚3~5 μm, 褐色, 上浓下淡, 柄短, 有色。小麦条锈菌迄今尚未发现有性态, 故锈孢子和性孢子不详。

2.2 生理生化特征 菌丝生长和夏孢子形成的适温为10~15℃; 夏孢子萌发的最低温度为2~3℃, 最高温度20~26℃, 最适温度7~10℃; 侵入适温9~12℃。夏孢子萌发不需光照, 但侵入后需光照。光照充足时, 病菌在植物上能正常生长和发育; 光照不足时, 生长发育受抑。夏孢子的萌发和入侵需饱和湿度或叶面具水滴(水膜)。条锈菌夏孢子不耐

高温, 在36℃下经2 d即失去生活力。条锈菌有明显的生理分化现象。条锈菌主要寄生于小麦上, 有些小种同时可侵染大麦和黑麦, 另外还有多种禾草寄主, 如山羊草属、鹅冠草属、冰草属、雀麦属、披碱草属、大麦属、黑麦属和小麦属等。

2.3 小麦条锈病症状 主要危害叶片, 也可危害叶鞘茎秆及穗部。受害后叶片表面出现褪绿斑, 后产生黄色疱状夏孢子堆, 夏孢子堆小, 长椭圆形, 在植株上沿叶脉排列成行, 呈虚线状。后期在发病部位产生黑色的条状冬孢子堆。

3 病害循环与气象环境的关系

小麦条锈病菌只在夏孢子世代生活的小麦上完成侵染循环, 这一过程包括越夏、侵染秋苗、越冬和春季流行4个基本环节。

3.1 越夏 小麦条锈病是一种低温病害, 条锈菌对低温有较强的适应能力, 但不耐高温, 因此越夏便成为条锈病侵染循环中的关键环节。据测定, 旬平均气温低至2℃时, 侵入的菌丝体仍可缓慢扩展; 旬均温超过22℃时, 侵染便完全停止, 受侵叶片也不能正常发病。夏孢子在相对湿度为40%时, 0℃下可存活433 d, 5℃时可存活179 d, 15℃可存活47~89 d, 25℃存活约10 d, 36℃仅可存活2 d。在相对湿度80%以上时, 其存活寿命变短。

夏季最热一旬平均气温超过22℃时, 条锈菌便不能越夏, 这可作为条锈菌越夏的温度上限。条锈菌以连续侵染的方式在夏季冷凉山区和高原地区的晚熟小麦、自生麦苗和其他越夏寄主(黑麦和禾本科杂草等)上越夏, 并以前2种为主。我国东部平原麦收后高温、高湿, 气温远超过其越夏温度上限, 且小麦收获至秋苗出土的时间间隔长达数月, 因此, 夏孢子不能在此越夏。我国小麦条锈菌的主要越夏地区有甘肃的陇南、陇东, 青海的东部, 四川的西北部等。这些地区海拔高、气温低, 7、8月的平均气温一般在23℃以下, 条锈菌可以侵染和存活, 并且这些地区有晚熟冬麦和春麦及自生麦苗。平原地区的小麦条锈菌, 在麦收前由风吹至山上越夏。所以西北和川西北越夏区是我国广大麦区秋苗感病的主要菌源基地, 其中陇南和陇东是引起我国小麦条锈病流行的关键地区, 华北地区的越夏菌源很少。

3.2 侵染秋苗 待平原地区冬麦秋播出土后, 越夏后的小麦条锈菌菌源随气流传播到冬麦区, 遇到适宜的温、湿度条件便可侵染秋苗。一般年份要先形成发病中心, 最终才能导致全田发病; 重病年份发病田块一开始便出现多数单片病

基金项目 中国气象局新技术推广重点项目(CMATC2005Z02)资助。

作者简介 易亮(1968-), 男, 河南信阳人, 高级工程师, 从事生态与农业气象研究。

收稿日期 2008-05-09

叶,不经发病中心阶段便可引致全田发病。秋苗发病与距越夏区远近和播期早晚关系密切,距越夏区越近、播期越早,秋苗发病越重,因为邻近越夏地区菌源量大;距越夏区越远、播期越迟,秋苗发病就越轻,因为各年越夏区菌量不等,各年田间病叶率变动较大。黄河以北麦区多在10~11月出现病叶,豫南要到11月以后才出现病叶。

3.3 越冬 冬季,当平均气温降至1~2℃时,条锈菌就进入越冬阶段。条锈菌主要以侵入后未及发病的潜育菌丝在麦叶组织内休止越冬,只要受侵组织未被冻死,条锈菌都能安全越冬。条锈菌能否越冬的临界温度为最冷月平均气温-6~-7℃,但麦田若有积雪覆盖,即使气温低于-10℃仍能安全越冬。豫南由于冬季气温较高,冬小麦很少发生大面积冻害,条锈菌基本上每年均可越冬,且越冬率较高。

3.4 春季流行 小麦条锈病菌越冬之后,早春旬平均气温上升到2~5℃,旬平均最高气温上升到2~9℃后,越冬病叶中的潜育菌丝开始回苏,显症产孢,这时若有结露,越冬病叶产生的孢子就能侵染返青后的新生叶片,使条锈病逐渐向上部叶片和向周围扩展,引起春季流行。除当地越冬菌源外,春季还会遭到外来菌源的侵染而发生中后期的暴发或流行。外来菌源造成的流行有如下特点:大面积内同时开始普发;病情发展超长地直线上升,其发展速度远远超过当地当时气候条件决定的最大可能值;田间病叶分布相当均匀,发病部位多在旗叶下一叶及旗叶,而且找不到或很少见到基部越冬病叶向中上部蔓延发展的发病中心。一般当地越冬菌源引致的流行早而重,比外来菌源危害大。但外来菌源引致的流行面积广、发展快,当有关菌源基地流行早而菌量大时,其大面积的危害也会很大。

4 侵染过程与气象环境的关系

各发病阶段对气象环境条件的要求不同。侵入阶段的关键影响因素是湿度,潜育阶段主要是温度,发病阶段产孢和孢形成的关键因素是湿度。了解各发病阶段的影响因素,对于控制病害具有重要意义。

4.1 侵入期 生活力良好的夏孢子随气流传到感病植株的侵染部位后,遇适宜的温度(7~10℃)和湿度,2~3h即可萌发出芽管。

4.2 扩展期 锈菌侵入感病品种后,遇适宜条件,菌丝体经4~5d即可形成圆形或长圆形菌落,菌落经叶片整体透明染色即可镜检到。在幼苗叶上,孢子堆排列成轮状;在成株叶片中,由于受维管束限制,菌落只能沿叶脉之间上下蔓延,这样孢子堆就呈虚线状排列,这是条锈病症状的主要特点。一个侵染点在寄主状况和环境条件适宜时,其蔓延可上至叶尖,下到叶鞘。

在扩展期间影响最大的环境因素是温度。适温下潜育期最短,温度过高或过低潜育期均延长。光照时间长、强度大,潜育期短、产孢量大;偏施氮肥可降低植株抗性,有利于锈菌的发育,潜育期也会缩短;增施磷肥可增强植株抗性,延长了潜育期。

4.3 发病期 条锈菌是严格寄生菌,致病特点是先不杀死寄主细胞,而是利用其代谢产物,最终导致其死亡。因此在感病品种上,首先在病部产生孢子堆,到发病后期,病组织才

由绿变黄变枯;在免疫品种上,不出现任何肉眼可见的症状;在近免疫品种上,仅形成微小枯斑;在抗病品种上,产生小而少的孢子堆,有的孢子堆不破裂,同时迅速形成橘黄斑,限制其发展。发病期的显著特征是病菌持续产生大量夏孢子。在感病品种正常生长条件下,条锈菌每个孢子堆日产孢1800个左右,持续8~10d,叶面日产孢子量可达25000个/cm²,这就是小麦锈病暴发流行的内在原因。

影响条锈菌孢子堆形成和产孢的环境因素主要是温度、湿度、光照和营养条件。在适温、高湿、光照正常和偏施氮肥的情况下有利于孢子产生,尤其以湿度最为重要,小麦条锈菌产孢子期所需相对湿度在50%以上。随着相对湿度的增加,单位时间的产孢子数呈指数增长。温度、光照和湿度也影响产孢速度和持续时间。

5 条锈病发病条件

由于小麦条锈菌具有高空远程气传的能力,其流行并不局限于一个小地区,而是在几个区域乃至生态条件各异的区域间流行。在这几个区域内,流行过程是一个互相联系不可分割的整体,故称这种现象为“大区流行”。

小麦条锈病是否流行,决定于小麦品种的抗病性、菌源以及气象环境条件。在大面积种植感病品种的情况下,只要有足够数量的菌源和有利于发病的环境条件,此病就会流行。在这种情况下,菌源和环境条件成为决定流行与否的主要因素。当感病品种被抗病品种所代替时,此病就不能流行;而当此菌生理小种组成发生变化,原来的抗病品种不能抵抗时,会导致此病流行。因此,小麦条锈病流行是小麦条锈菌环境条件3方面相互作用的结果^[2]。

5.1 菌源 菌源量大、致病力强是小麦条锈病发生流行的先决条件。在豫南麦区,秋苗上越冬的菌源对条锈病流行起着决定作用,如秋苗无病或秋苗发病菌源未能越冬,无论翌年春季雨量多寡,皆不会造成流行;而在条锈病秋苗上越冬的菌源量,与越夏后外来的菌源多少有关。

5.2 品种的抗病性 小麦品种抗病与否和条锈病的发生发展关系极大。小麦不同品种其抗病性也有显著差异。长期大面积单一化栽培遗传上同质的品种,不仅对锈菌群体种的稀有毒性小种发挥了选择作用,而且在它们变为优势小种后还能促使锈病在很大的地理范围内连续流行。反之,若避免品种大面积单一化栽培,尤其是在条锈菌越冬地区和越夏地区实行抗源合理布局,切断条锈菌的周年循环,将有利于延长抗病品种的生命,阻止锈病流行。

5.3 气候条件 气候因素的作用是极其复杂的,它可以影响条锈菌的存活、生长发育和繁殖,以及小麦品种的抗锈性,还可以影响条锈病的侵染过程和大区流行,亦即影响小麦品种和条锈菌的相互关系。在感病寄主和病原经常具备的前提下,气象条件就成为小麦锈病流行的主导因素。在气候条件中以气温和空气湿度最为重要。一般温、湿度适宜,病菌才可以随时侵染,并迅速发展,适于病害发展的条件来得愈早,持续时间愈长,病害的发生也就愈早、愈严重;反之,病害发生就会延迟或受到抑制。

在豫南冬麦区如果春季气温回升迟,则条锈较重。在影响条锈病流行的气候因素中,湿度是主要的,因为夏孢子的

萌发和侵染需要高湿或水分。在品种感病的前提下,主要是菌源和气候条件。如果3、4月上中旬降水天气过程多、湿度大,则有利于夏孢子的不断再侵染,引起田间病情不断扩展。如果早春有雨,越冬病菌得以顺利侵染新叶和点片发生,但中后期干旱,未能继续发展,发病轻。如果早春降雨少或未降雨,则早期发病少。4月下旬~5月上中旬有雨,以后此病普遍发生,造成局部地区后期中度或轻度流行;如果早春多

雨,以后又经常大雨,此病提早发生并持续发展,造成大流行;如果早期和后期都干旱,则此病发生极轻。

5.4 栽培管理 栽培管理不当也会影响条锈病的发生与流行,冬灌有利于锈菌越冬;麦田管理不当,追施氮肥过多过晚,使麦株贪青晚熟,加重锈病发生;大水漫灌能提高小气候湿度,有利于锈菌侵染。

表1 条锈病发生面积预报模型

时效	发布时间 月-日	条锈病发生面积预报方程
长期	01-11	$Y = 666.7 \times (-88.1458 - 0.9842 X_{19} + 0.6009 X_{26} + 33.1206 X_{31})$; $R = 0.9996$, $Q = 2.0547$ 式中, Y 为条锈病发生面积 (hm^2); X_{19} 为12月中旬降水量 (mm); X_{26} 为12月中旬日照时数 (h); X_{31} 为11月下旬最低日平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
中期	02-10	$Y = 666.7 \times (-88.1458 - 0.9842 X_{25} + 0.6009 X_{35} + 33.1206 X_{43})$; $R = 0.9996$, $Q = 2.0547$ 式中, Y 为条锈病发生面积 (hm^2); X_{25} 为12月中旬降水量 (mm); X_{35} 为12月中旬日照时数 (h); X_{43} 为11月下旬最低日平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
短期	03-11	$Y = 666.7 \times (18.4216 + 3.1523 X_{16} - 1.8880 X_{20} + 26.8415 X_{45})$; $R = 0.9967$, $Q = 6.2611$ 式中, Y 为条锈病发生面积 (hm^2); X_{16} 为1月中旬降水量 (mm); X_{20} 为2月下旬降水量 (mm); X_{45} 为1月下旬平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)

表2 条锈病开始发病时间预报模型

时效	发布时间 月-日	条锈病开始发病时间预报方程
长期	01-11	$Y = 70.0551 + 0.6085 X_{15} - 4.0213 X_{21} - 0.6173 X_{53}$; $R = 0.9986$, $Q = 3.9156$ 式中, Y 为条锈病开始发病时间序号,若 $Y > 0$,条锈病开始发病时间则以3月1日为1向后推算;如 $Y = 15$,则条锈病开始发病时间为3月15日,以此类推;若 $Y < 0$,则以3月1日起始日向前推算,如 $Y = -82$,则条锈病开始发病时间为上年12月8日,以此类推(下同)。 X_{15} 为11月上旬降水量 (mm); X_{21} 为1月上旬日降水量 (mm); X_{53} 为12月上旬平均相对湿度 (%)
中期	02-11	$Y = -66.2829 - 13.4961 X_7 - 1.1153 X_{68} + 1.9564 X_{80}$; $R = 0.9999$, $Q = 0.7400$ 式中, Y 为条锈病开始发病时间序号; X_7 为1月上旬0 cm地面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$); X_{68} 为1月中旬日平均气温 ($^{\circ}\text{C}$); X_{80} 为2月平均相对湿度 (%)
短期	03-11	$Y = -66.2829 - 13.4961 X_1 - 1.1153 X_{44} + 1.9564 X_{53}$; $R = 0.9999$, $Q = 0.7400$ 式中, Y 为条锈病开始发病时间序号; X_1 为1月上旬0 cm地面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$); X_{44} 为1月中旬日平均气温 ($^{\circ}\text{C}$); X_{53} 为2月平均相对湿度 (%)

表3 条锈病危害程度等级预报模型

时效	发布时间 月-日	条锈病危害程度等级预报方程
长期	01-11	$Y = -5.9706 - 0.1285 X_{16} + 0.7588 X_{38} - 0.1944 X_{49}$; $R = 0.9999$, $Q = 0.0367$ 式中, Y 为条锈病危害程度等级(小数点四舍五入); X_{16} 为11月中旬降水量 (mm); X_{38} 为11月下旬平均日最高气温 ($^{\circ}\text{C}$); X_{49} 为1月上旬平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
中期	02-11	$Y = -6.1520 + 0.1993 X_{12} + 0.4551 X_{48} + 0.5918 X_{53}$; $R = 0.9996$, $Q = 0.0735$ 式中, Y 为条锈病危害程度等级(小数点四舍五入); X_{12} 为11月中旬日降水量 0.1 mm 的日数; X_{48} 为1月中旬平均日最低气温 ($^{\circ}\text{C}$); X_{53} 为1月下旬平均日最低气温 ($^{\circ}\text{C}$)
短期	03-11	$Y = 4.6811 - 0.0216 X_{10} + 1.1638 X_{13} - 0.7004 X_{37}$; $R = 0.9997$, $Q = 0.0581$ 式中, Y 为条锈病危害程度等级(小数点四舍五入); X_{10} 为1月下旬日降水量 0.1 mm 的日数; X_{13} 为2月下旬日降水量 0.1 mm 的日数; X_{37} 为1月中旬平均日最高气温 ($^{\circ}\text{C}$)
危害程度等级说明		1:轻;2:中等偏轻;3:中等;4:中等偏重;5:重

表4 条锈病危害持续时间预报模型

时效	发布时间 月-日	条锈病危害持续时间预报方程
长期	01-11	$Y = 98.2535 + 7.5265 X_{13} + 2.4250 X_{21} - 9.2763 X_{39}$; $R = 0.9988$, $Q = 2.7183$ 式中, Y 为条锈病危害持续天数(小数点四舍五入); X_{13} 为12月下旬日降水量 0.1 mm 的日数; X_{21} 为1月上旬降水量 (mm); X_{39} 为12月上旬平均日最高气温 ($^{\circ}\text{C}$)
中期	02-11	$Y = 144.8918 + 0.3606 X_{35} - 0.6825 X_{47} + 1.4853 X_{79} - 3.3822 X_{80}$; $R = 0.9999$, $Q = 1.1336$ 式中, Y 为条锈病危害持续天数(小数点四舍五入); X_{35} 为12月中旬日照时数 (h); X_{47} 为1月上旬平均日最低气温 ($^{\circ}\text{C}$); X_{79} 为1月下旬平均空气相对湿度 (%); X_{80} 为2月上旬平均空气相对湿度 (%)
短期	03-11	$Y = 94.7976 + 13.5875 X_1 + 2.3686 X_{13} - 1.3823 X_{53}$; $R = 0.9998$, $Q = 0.9817$ 式中, Y 为条锈病危害持续天数(小数点四舍五入); X_1 为1月上旬0 cm地面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$); X_{13} 为2月下旬日降水量 0.1 mm 的日数; X_{53} 为2月上旬平均空气相对湿度 (%)

6 小麦条锈病相关预报模型

通过以上分析可以发现,豫南稻茬麦前期的气象条件与条锈病的发生发展关系密切,这为建立条锈病的相关预报模型提供了物理依据。对稻茬麦条锈病发生面积、起始时间、持续时间、危害程度相关显著的气象因子进行独立性检验,筛选出相互独立的预报因子。在此基础上,研究与条锈病发生发展有关的气象因子的客观预报方法,采用逐步回归方法建立条锈病发生面积、起始时间、持续时间、危害程度等级的预报方程,建立70~10 d小麦条锈病发生发展气象预报模型,客观、实时地发布主要病虫害气象预报产品。

建立的条锈病发生面积预报方程,条锈病开始发病时间预报方程、条锈病危害程度等级预报方程和条锈病危害持续时间预报方程分别见表1、表2、表3和表4。对以上所建方程进行历史样本回代检验,效果较好,所有方程都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。气象条件对条锈病的发生发展都具有显著的影响作用,这为开展条锈病预报服务和分析气候变化引起的条锈病发生趋势变化提供了条件,但是应注意这种影响作用具有较强的区域性和阶段性特点,在持续暖冬的背景下应特别注意条锈病大发生的可能性。利用上述预报方程可以于1月11日、2月11日、3月11日分别发布长、中、短期条锈病相关预报。

7 综合治理策略

防治小麦条锈病应采取种植抗锈品种为主、药剂防治和栽培措施为辅的综合治理策略^[3]。

7.1 种植抗病良种 使用抗病良种,是控制小麦条锈病发生的最经济有效的手段。加强新抗源的寻找与创新是今后小麦条锈病抗病育种的迫切任务;合理安排抗性基因的布局能持久而有效地控制小麦条锈病危害^[4]。

7.2 化学药剂防治 药剂防治是防治小麦条锈病的重要辅助措施,主要是在缺乏抗病品种或原有抗病品种抗性较弱的情况下喷洒农药进行防治。应以控制秋苗菌源和春季流行

为重点。

7.2.1 药剂拌种。采用药剂拌种可以有效抑制秋苗期发病。方法有3种:播种前在每50 kg麦种中加水稍湿后拌20.0%粉锈宁乳油50 ml或15.0%粉锈宁可湿性粉剂75 g,加拌增产菌20 g,稍干后即可播种;用40.0%卫福100 g拌100 kg种子;用种子重量0.2%的15%羟锈宁可湿性粉剂拌种(三唑醇)。

7.2.2 喷施农药。当春季田间小麦条锈病普遍率达5%时,可用20.0%粉锈宁乳剂750 ml/hm²,或15.0%粉锈宁可湿性粉剂1 125 g/hm²,对水750~900 kg喷雾。抽穗期用20.0%粉锈宁乳油750 ml/hm²(可兼治白粉病、腥黑穗病、散黑穗病、白秆病等)或47.0%麦病宁粉剂1 500 g/hm²加水750 kg喷雾,施药时可加入1.0%尿素和0.3%磷酸二氢钾混喷,能促进植株生长,增加其抗病性。

7.3 栽培措施防治

7.3.1 调节播种期。适期播种,避免早播,减轻秋苗发病,减少秋季菌源。

7.3.2 及时排水。注意开沟排水,降低田间湿度,可以减轻条锈病为害^[5]。

7.3.3 合理施肥。施足基肥,早施追肥,适当增加磷、钾肥,可提高品种的抗病性。避免过多使用氮肥,以防止贪青晚熟,加重锈病为害。

7.3.4 消灭自生麦苗。越夏区要消灭自生麦苗,减少越夏菌源的积累和传播。

参考文献

- [1] 河南省气象局.河南气候[M].郑州:河南人民出版社,1980:92-93.
- [2] 易亮,刘常青.豫南水稻纹枯病发病规律与气象条件的关系[J].现代农业科技,2005(12):32-33.
- [3] 易亮,刘常青.信阳市雨涝灾害特点与防灾减灾对策探讨[J].水资源保护,2005,21(S):84-86.
- [4] 易亮,祝新建,刘敏.豫南稻茬麦湿害成因及其防控措施Q//中国气象学会农业气象与生态学委员会、江西省气象学会.南昌:全国农业气象与生态环境学术年会论文集,2006:291-293.
- [5] 易亮,祝新建.气象灾害与公共防御[J].中国减灾,2006(12):28-86.

参考文献

- [1] 郑发科.毒隐翅虫研究进展 1 名称,分类与生物学[J].西华师范大学学报:自然科学版,1988,9(4):301-305.
- [2] 郑发科.毒隐翅虫研究进展 2 毒素及其在医学上的重要意义[J].西华师范大学学报:自然科学版,1989,10(1):17-23.
- [3] 郑发科.毒隐翅虫概论[M].成都:四川大学出版社,1989:41-42.
- [4] 张建民,杨玉敏.青翅蚁形隐翅虫毒素粗提物对菜青虫的毒力测定[J].安徽农业科学,2007,35(8):2309-2310.
- [5] 李胜利.蝎毒的采集与加工[J].生物学杂志,1999,16(4):28-29.
- [6] 王小艺,黄炳球.茶皂素对菜青虫体内几种酶活性的影响[J].茶叶,1999,25(4):193-196.
- [7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:139-130.
- [8] 陈长琨.昆虫生理生化实验[M].北京:中国农业出版社,1993:26-29.
- [9] 陈钧辉,陶力,李俊,等.生物化学实验[M].北京:科学出版社,2002:195-199.
- [10] 黄彰欣.植物化学保护实验指导[M].北京:中国农业出版社,2001:71-76.
- [11] 钟国华,胡美英,赵善欢,等.闹羊花素对菜青虫神经系统的影响[J].农药学报,2000,2(1):13-18.

(上接第9136页)

酶的含量。毒素粗提物对谷-丙转氨酶的酶比活力则有增强作用,这与供试虫出现麻痹、瘫痪等症状相符。但要确定是否为谷-丙转氨酶起主要作用还有待对供试虫的谷氨酸脱羧酶活性以及-氨基丁酸含量进行测定。毒素粗提物对供试虫的乙酰胆碱含量有抑制作用,但对乙酰胆碱酯酶酶比活力却有增强作用。乙酰胆碱酯酶酶比活力的增强,必然会导致乙酰胆碱分解加快,使其含量下降。从现象上看,药处理后10 min内供试虫立即开始吐水,头仰起并扭摆不停,说明此毒素对供试虫神经系统有强烈的刺激作用;5~6 h时供试虫停止取食;12~24 h时供试虫行动迟缓,只是轻微的蠕动,中毒重者身体完全变黑或处于瘫痪状态。这可能是由于供试虫被刺激后产生了拒食效果,也有可能是因乙酰胆碱含量下降而使其处于瘫痪状态,具体何种因素起作用有待于进一步研究。