

成株期小麦对荻草谷网蚜的田间抗蚜性和耐蚜性评价

胡想顺^{1*} 赵洁¹ 姜子诃¹ 韩顺琴¹ 蔚睿² 吴舒舒²王建锋^{1,2} 赵惠燕¹ 刘同先^{1,3} 韩德俊^{2*}

(1. 西北农林科技大学植物保护学院, 农业农村部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 植保资源与病虫害治理教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学农学院, 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100; 3. 贵州大学农学院, 贵阳 550025)

摘要: 为拓展和获取对荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi* 表现稳定的小麦抗源, 以我国 146 个小麦品种(系)为材料, 利用 2020 年麦田蚜虫发生严重的机会, 采用有蚜株蚜害级别计算抗蚜指数, 采用耐蚜值(千粒重损失率/调查株蚜害级别)计算耐蚜指数, 以此评估小麦的抗蚜性水平和耐蚜性水平; 2022 年利用人工辅助接蚜的方法对 2020 年表现稳定的部分小麦品种(系)的评估结果进行验证。结果显示, 在自然感蚜条件下 2 个试验点 6 次调查中仅山农 116、泉麦 31 和濮麦 116 表现稳定的抗蚜性, 在人工接蚜时仅郑麦 132 表现稳定的抗蚜性; 中育 1220、泰禾麦 2 号和瑞华 1408 在自然感蚜时蚜量较低, 千粒重损失率低于 5.00%, 人工接蚜亦表现良好的耐蚜性, 表明其兼具耐蚜性和一定的抗蚜性; 泰麦 601、瑞华 592、轮选 166 和中农麦 4007 在自然感蚜的高蚜量情况下和人工辅助接蚜时均能保持较低的千粒重损失率(小于 15.00%), 表明成株期小麦的抗蚜性减弱是一种普遍现象, 耐蚜性是比抗蚜性更稳定的遗传特征。

关键词: 小麦; 荻草谷网蚜; 抗蚜性; 耐蚜性; 田间抗性

An evaluation of resistance and tolerance of wheat varieties to the grain aphid *Sitobion miscanthi* at the adult stage in the field

Hu Xiangshun^{1*} Zhao Jie¹ Jiang Zihe¹ Han Shunqin¹ Wei Rui² Wu Shushu²Wang Jianfeng^{1,2} Zhao Huiyan¹ Liu Tongxian^{1,3} Han Dejun^{2*}

(1. Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education; Key Laboratory of Integrated Pest Management on the Loess Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 3. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou Province, China)

Abstract: The aim of this research is to identify and select wheat varieties (lines) with constant resistance and tolerance to the grain aphid *Sitobion miscanthi* at the adult stage in the field. In 2020, the resistance and tolerance levels of 146 Chinese wheat varieties (lines) were assessed based on the resistance index derived from aphid rating scale on infested wheat plants and the tolerance index calculated from tolerance value T (where $T = L/\text{cumulative value of aphid rating scale on surveyed plant}$, and L represents the loss rate of 1 000 grain weight). This provided an opportunity for resistance evaluation due to severe aphid occurrence during wheat grain-filling stage in the field that year. The identification results for some consistently resistant and tolerant wheat varieties (lines) in 2020 were further validated

基金项目: 国家自然科学基金(32172425), 陕西省重点研发计划(2024NC-YBXM-044), 陕西省自然科学基金基础研究计划(2024JC-YBMS-153)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: huxiangshun@163.com, handj@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2022-09-19

using artificial assisted aphid infestation in 2022. During the flowering to grain-filling period of wheat plants in the field, it was found that the wheat varieties (lines) Shannong 116, Quanmai 31 and Pumai 116 exhibited consistent resistance to natural aphid infestation in six replicates across two test sites in 2020, while Zhengmai 132 showed constant resistance to artificially assisted aphid infestation in 2022. In addition, the wheat varieties (lines) Zhongyu 1220, Taihemai 2, and Ruihua 1408 consistently demonstrated tolerance when aphid densities were lower under both natural aphid infestation in 2020 and artificially assisted infestation in 2022 in the field, indicating these wheat varieties (lines) possess both tolerance and low resistance to *S. miscanthi*. Furthermore, tolerant wheat varieties (lines) such as Taimai 601, Ruihua 592, Lunxuan 166, and Zhongnongmai 4007 maintained lower loss rates of 1 000 grain weight (<15%) even when aphid densities were higher under both natural aphid infestation in 2020 and artificially assisted infestation in 2022 in the field. The study confirms that resistance weakening and tolerance are more stable genetic characteristics than resistance alone to aphids during the grain-filling stage of wheat, representing a common phenomenon observed in the tested varieties.

Key words: wheat; *Sitobion miscanthi*; resistance; tolerance; resistance in the field

荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi* 在国内曾被认为是麦长管蚜 *S. avenae*, 但两者并不是同一个种, 前者是我国北方麦田发生范围最广、为害最严重的麦蚜种类(张广学, 1999; Jiang et al., 2019; Morales-Hojas et al., 2020), 除直接刺吸小麦韧皮部汁液, 传播多种病毒外, 其分泌的蜜露滋生霉菌影响光合作用, 进而造成多重为害, 因此常年采用化学手段进行防治(郭予元等, 1988; Abbas & Niaz 2019)。但长期施用化学药剂, 不仅杀伤天敌, 破坏农田生态系统, 扰乱自然种群平衡, 而且会使害虫产生抗药性。利用小麦品种的抗蚜性防控麦蚜不仅经济、有效, 而且对环境友善(周明群, 1992; Teetes, 2006; Dara, 2019), 但我国主栽小麦品种对荻草谷网蚜的抗性普遍偏弱(王美芳等, 2010; 陈建辉等, 2022), 抗蚜品种稀缺, 亟需培养抗蚜小麦品种。

抗性表型评估是抗源鉴定和培育抗蚜小麦品种的基础。小麦对荻草谷网蚜的抗性表型可分为抗蚜性和耐蚜性。抗蚜性能减缓麦蚜种群增长速度, 符合有害生物综合治理的目标(Kogan, 1982), 因而历来受到重视, 而耐蚜性指在一定蚜量为害时产量所受影响小, 或受到较高密度蚜虫为害后小麦依然能保持较高产量(Stout, 2013; Koch et al., 2016; Peterson et al., 2017), 在麦蚜的防控实践中更具实用价值(史忠良等, 1999; 胡想顺和赵惠燕, 2014)。以蚜量为基础的小麦抗蚜性抗源的田间鉴定和表型评估方法是最直观和最常用的方法(Simon et al., 2021), 我国农业行业标准《小麦抗病虫性评价技术规范第7部分: 小麦抗蚜虫评价技术规范》(NY/T 1443.7—2007)规定的模糊综合评判法(夏云龙和杨奇华,

1990)就是以蚜量为基础的。通过这类方法国内外学者鉴定出了超过500个抗荻草谷网蚜的小麦抗源(Hu et al., 2016)。但以蚜量为基础的小麦抗源主要反映的是小麦的抗蚜性表型, 而非耐蚜性表型。另外, 刘新伦等(2014)和胡想顺等(2022a)通过总结各文献中小麦抗源的抗性等级及实践验证发现, 这些抗源在不同年度间和地域间差异很大, 田间表现不稳定, 因此很少作为亲本供体用于小麦抗蚜育种。忽视耐蚜性和抗源表现不稳定是目前限制小麦抗性研究和应用的主要原因。在田间大多数情况下, 麦蚜种群的时空动态分布不均一(Nguyen & Nansen, 2018), 这是以蚜量为基础的抗蚜性评估结果不稳定的主要原因(胡想顺等, 2022b)。在隔离保护条件下种植小麦且人工辅助接蚜(刘新伦等, 2014), 或者在麦田蚜虫严重发生时抗蚜性评价结果才可能比较准确, 因为这时麦蚜种群田间分布才可能相对均一。2020年是近十多年来陕西省关中麦蚜发生最严重的年份, 小麦灌浆期鉴定圃蚜虫分布相对均一, 这为田间自然感蚜条件下鉴定抗蚜小麦种质提供了难得的机会。荻草谷网蚜主要为害灌浆期小麦, 造成小麦千粒重降低(胡想顺等, 2022a, b)。因此千粒重损失率能很好地反映小麦的耐蚜性。一般认为小麦产量(千粒重)损失率与灌浆期蚜量呈正比(Larsson, 2005; Ramsden et al., 2017), 而其比例系数(耐蚜值)可以反映小麦种质的耐蚜性水平(胡想顺等, 2022a)。

为拓展和获取对荻草谷网蚜表现稳定的小麦抗源, 将成株期小麦对荻草谷网蚜的抗性分为抗蚜性(对应的敏感性命名为适蚜性)和耐蚜性(对应的敏

感性命名为感蚜性),以我国146个小麦品种(系)为材料,利用2020年麦田蚜虫发生严重的机会,采用有蚜株蚜害级别计算抗蚜指数,采用耐蚜值(调查株蚜害级别/千粒重损失率)计算耐蚜指数,以此评估小麦的抗性蚜水平和耐蚜性水平;2022年利用人工辅助接蚜的方法对2020年表现稳定的部分小麦品种(系)的评估结果进行验证,以期抗蚜性和耐蚜性遗传分析、抗蚜和耐蚜小麦品种选育以及合理利用小麦抗蚜和耐蚜特性防控小麦蚜虫提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物和昆虫:146个小麦品种(系)包括国家或省级审定小麦品种、2018—2020年参加国家小麦品种审定区试品种和一些育种单位的候参审品种,对照小麦品种为西农511,均由西北农林科技大学农学院旱区作物逆境生物学国家重点实验室收集、整理并保存。2020年自西北农林科技大学一站农场采集荻草谷网蚜自然种群,于人工气候箱中保存备用。

药剂和仪器:15%粉锈宁(triadimefon)可湿性粉剂,山东邹平农药有限公司;10%吡虫啉(imidacloprid)可湿性粉剂,北京北农绿亨科技发展有限公司。3WBS-16型喷雾器,台州市路桥力皇喷雾器有限公司;RXM-608人工气候箱,宁波江南仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 小麦品种(系)的田间蚜害级别调查及考种

2019—2020年在西北农林科技大学的曹新庄农场(108°6' E, 34°18' N)和一站农场(108°12' E, 34°17' N)进行试验,分别设置鉴定圃和对照圃,鉴定圃为自然感蚜,用于记录蚜情;对照圃用于获取未感蚜情况下小麦的千粒重,计算耐蚜值和评估耐蚜性。

曹新庄农场鉴定圃和对照圃于2019年10月8日播种,各圃每个小麦品种(系)均播种8行,每行2 m,每2 cm播种1粒种子,行距30 cm;采取常规水肥管理。每个圃中对照西农511均播种4个重复,每个重复的株行距同其他小麦品种(系)。鉴定圃于4月25日喷施粉锈宁1次,剂量为125 g/hm²,用于排除病害干扰;对照圃在4月25日喷施粉锈宁,剂量为125 g/hm²,同时加入剂量为30 g/hm²的吡虫啉。分别于2020年4月23日、5月2日和5月11日调查各小麦品种(系)的蚜害情况,调查方法参照国家农业行业标准《小麦

抗病虫害性评价技术规范第7部分:小麦抗蚜虫评价技术规范》(NY/T 1443.7—2007)并改进,先田间扫视各小麦品种(系)上蚜虫总体发生情况,选择蚜虫聚集发生处作为调查点,每次每个品种随机选择3个重复点进行调查,每点调查5穗,共调查15穗。根据蚜害情况按照分级标准确定各单穗蚜害级别,蚜害分级标准:0级,整株无蚜;1级,穗部无成蚜,全株蚜量少于20头,或穗部蚜虫位于穗芒,且少于10头;2级,穗部无成蚜,全株蚜量大于20头,或1头<穗部主体成蚜≤10头;3级,10头<穗部主体成蚜<1/4穗;4级,1/4穗≤穗部主体成蚜<1/2穗;5级,1/2穗≤穗部主体成蚜<全穗;6级,蚜虫遍布全穗;7级,蚜虫遍布全穗,并向穗轴蔓延。计算每个小麦品种(系)的调查株蚜害级别和有蚜株蚜害级别,每个小麦品种(系)的调查株蚜害级别=15穗蚜害级别累加值/15,每个小麦品种(系)的有蚜株蚜害级别=15穗蚜害级别累加值/该品种蚜虫为害植株数。2020年6月6日—6月10日待各小麦品种(系)收获后晒干,分别称取千粒重考种,即连续2次称取1 000粒小麦种子,2次差异小于0.5%为宜,计算2次的平均数。

一站农场鉴定圃和对照圃于2019年10月9日播种,各圃每个小麦品种(系)播种2行,每行1 m,每2 cm播种1粒种子,行距30 cm。分别于2020年4月24日、5月3日和5月12日调查各小麦品种(系)的蚜害情况,蚜害级别调查时每次每个品种随机选择6个重复点进行调查,每点调查5穗,共调查30穗。计算每个小麦品种(系)的调查株蚜害级别和有蚜株蚜害级别,每个小麦品种(系)的调查株蚜害级别=30穗蚜害级别累加值/30,每个小麦品种(系)的有蚜株蚜害级别=30穗蚜害级别累加值/该品种蚜虫为害穗数,其他方法同曹新庄农场。

1.2.2 146个小麦品种(系)的抗蚜性评价

考虑到田间自然感蚜的随机性,抗蚜指数=各供试小麦品种(系)有蚜株蚜害级别/所有供试小麦品种(系)有蚜株蚜害级别均值 I 。参考Painter(1958)方法根据抗蚜指数进行抗蚜性等级划分,当0≤抗蚜指数≤0.3为高抗,当0.3<抗蚜指数≤0.6为中抗,当0.6<抗蚜指数≤0.9为低抗,当0.9<抗蚜指数≤1.2为低适,当1.2<抗蚜指数≤1.5为中适,当抗蚜指数≥1.5为高适。

1.2.3 117个小麦品种(系)的耐蚜性评价

2020年有29个小麦品种(系)千粒重数据遗失或不全,耐蚜性评估时将其剔除,对剩余的117个小麦品种(系)进行耐蚜性等级划分。根据各供试小麦

品种(系)的耐蚜值来计算耐蚜指数,即耐蚜指数=各供试小麦品种(系)的耐蚜值 T /所有供试小麦品种(系)的耐蚜值均值 $\bar{T}$ 。 T =各供试小麦品种(系)的千粒重损失率 L /供试小麦品种(系)调查株蚜害级别 I , L =(供试小麦品种(系)对照圃的千粒重-供试小麦品种(系)鉴定圃的千粒重)/供试小麦品种(系)对照圃的千粒重 $\times 100\%$ 。按照耐蚜指数进行耐蚜性等级划分,当 $0 \leq \text{耐蚜指数} < 0.3$ 为高耐,当 $0.3 < \text{耐蚜指数} \leq 0.6$ 为中耐,当 $0.6 < \text{耐蚜指数} \leq 0.9$ 为低耐,当 $0.9 < \text{耐蚜指数} \leq 1.2$ 为低感,当 $1.2 < \text{耐蚜指数} \leq 1.5$ 为中感,当耐蚜指数 ≥ 1.5 为高感。

1.2.4 成株期小麦抗蚜性和耐蚜性评估结果的验证

计算2020年曹新庄和一站2个农场中各小麦品种(系)6次的有蚜株蚜害级别累加值,选择有蚜株蚜害级别累加值较小的16个小麦品种(系)和有蚜株蚜害级别累加值较大的12个小麦品种(系)分别组成抗蚜组和适蚜组(对照);同时,选择2020年曹新庄和一站2个农场中 L 值均较小的12个小麦品种(系)和曹新庄和一站2个农场中 L 值均较大的14个小麦品种(系)分别组成耐蚜组和感蚜组(对照),于2021—2022年在一站农场网室内进行人工辅助接蚜验证。2021年10月31日播种所选的供试材料,每个小麦品种(系)播种2行,每行1 m长,行距30 cm,每2 cm播种1粒种子,2022年3月20日进行人工辅助接蚜,每行小麦接荻草谷网蚜3~4龄若蚜3头,分别于4月20日、4月28日和5月6日调查蚜害级别,方

法同1.2.1中一站农场。

1.3 数据分析

采用SPSS 17.0软件对试验数据进行统计分析,应用 t 检验法对抗蚜指数和耐蚜指数进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 146个小麦品种(系)的蚜害级别

在曹新庄鉴定圃中,2020年4月23日、5月2日和5月11日146个小麦品种(系)的调查株蚜害级别均值分别为1.02、2.38和1.40,有蚜株蚜害级别均值分别为1.83、2.64和1.93;在一站鉴定圃中,4月24日、5月3日和5月12日146个小麦品种(系)的调查株蚜害级别均值分别为1.27、2.33和1.23,有蚜株蚜害级别均值分别为1.82、2.56和1.65。在曹新庄和一站的2个鉴定圃6次调查中,有117个小麦品种(系)品种的有蚜株蚜害级别累加值介于10~15之间,16个小麦品种(系)品种的有蚜株蚜害级别累加值介于7~10之间,分别为中颖8号、山农116、泉麦31、众麦99、濮麦1165、厚德麦981、安科157、顺麦10号、洛麦27、中育1220、创麦58、赛德麦8号、德研0516、民丰266、LS018R和泰禾麦2号,13个小麦品种(系)品种的有蚜株蚜害级别累加值介于15~24之间,分别为济954072、郑麦103、嘉麦208、保丰14511、济麦52、明麦2号、瑞华592、济南17、西农916、中农麦4007、瑞友1506、瑞华549和泰麦601(表1)。

表1 2020年146个小麦品种(系)田间蚜害级别和千粒重损失率

Table 1 Aphid rating scales and the loss rates of 1 000 grain weight for 146 wheat varieties (lines) in the field in 2020

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级 别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caixin- zhuang	一站 Yi- zhan	均值 Aver- age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
中颖8号 Zhongying 8	0.27/1.00	0.60/1.00	0.53/1.33	0.23/1.00	0.17/1.00	0.67/1.82	7.15	33.56	33.62	33.59
山农116 Shannong 116	0.93/1.56	1.13/1.42	0.20/1.00	0.57/1.42	0.30/1.29	0.07/1.00	7.67	37.74	39.7	38.72
泉麦31 Quanmai 31	0.40/1.20	1.67/2.08	0.93/1.27	0.63/1.19	1.63/1.63	0.27/1.00	8.38	11.30	15.4	13.35
众麦99 Zhongmai 99	0.67/1.67	2.00/2.31	0.53/1.00	0.57/1.31	0.33/1.25	0.50/1.07	8.60	26.56	37.30	31.93
濮麦1165 Pumai 1165	0.87/1.44	2.20/2.20	0.27/1.00	0.60/1.13	1.87/2.00	0.80/1.26	9.03	20.17	17.96	19.07
厚德麦981 Houdemai 981	0.53/1.33	0.67/1.43	0.13/1.00	1.17/1.94	1.27/2.38	0.37/1.00	9.08	5.64	21.20	13.42
安科157 Anke 157	0.53/1.33	1.07/1.45	0.20/1.00	1.03/1.82	2.07/2.48	1.10/1.22	9.31	—	—	—
顺麦10号 Shunmai 10	1.47/1.83	2.93/2.93	0.73/1.38	0.17/1.00	0.17/1.25	0.07/1.00	9.39	—	—	—

续表 1 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级 别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caoxin- zhuang	一站 Yi- zhan	均值 Aver- age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
洛麦 27 Luomai 27	0.80/1.33	1.40/1.40	0.93/1.56	0.93/2.15	0.80/2.00	0.13/1.00	9.44	15.68	16.67	16.17
中育 1220 Zhongyu 1220	0.20/1.00	0.87/1.86	0.40/1.20	1.07/2.13	2.10/2.17	0.73/1.16	9.52	-9.19	6.55	-1.32
创麦 58 Chuangmai 58	1.27/1.73	3.00/3.00	1.20/1.20	0.87/1.00	1.27/1.65	0.50/1.00	9.58	19.77	7.27	13.52
赛德麦 8 号 Saidemai 8	1.07/1.78	1.07/2.00	0.40/1.00	1.37/1.95	1.63/1.75	0.73/1.16	9.64	10.01	22.10	16.05
德研 0516 Deyan 0516	0.87/1.30	1.27/1.58	0.73/1.38	1.27/1.65	1.50/2.50	1.30/1.44	9.85	-	-	-
民丰 266 Minfeng 266	0.80/1.71	1.60/1.71	0.40/1.20	0.87/1.86	2.07/2.14	0.63/1.27	9.89	13.88	32.91	23.40
LS018R	0.67/1.67	1.80/2.25	1.47/1.69	0.83/1.25	1.63/1.81	1.17/1.25	9.92	39.39	34.65	37.02
泰禾麦 2 号 Taihemai 2	0.53/1.60	0.80/1.33	0.60/1.80	1.20/1.64	2.30/2.56	0.63/1.06	9.98	-8.98	8.34	-0.32
新麦 45 Xinmai 45	0.53/1.33	2.53/2.71	0.20/1.00	1.40/1.40	2.60/2.60	0.17/1.00	10.05	-	-	-
丰德存麦 21 Fengdecunmai 21	1.40/2.33	1.07/1.60	0.40/1.00	1.27/1.65	1.73/2.36	0.63/1.12	10.07	21.03	40.29	30.66
中育 1428 Zhongyu 1428	0.47/1.00	0.80/1.50	2.07/2.07	0.33/1.25	2.37/2.37	1.97/1.97	10.15	1.64	5.08	3.36
天民 366 Tianmin 366	0.53/1.60	1.47/2.00	0.73/1.83	0.60/1.64	1.83/1.90	0.57/1.21	10.18	-	-	-
瑞华 523 Ruihua 523	0.80/2.00	1.13/1.42	1.73/2.17	0.97/1.53	1.47/1.47	0.67/1.67	10.24	10.47	2.27	6.37
郑麦 132 Zhengmai 132	0.27/2.00	0.87/1.44	1.40/1.91	1.37/1.46	1.93/2.23	0.77/1.28	10.33	0.86	10.03	5.44
漯麦 26 Luomai 26	1.07/2.29	1.93/1.93	0.93/1.27	1.00/1.30	2.07/2.07	1.10/1.50	10.36	22.30	24.65	23.47
新麦 35 Xinmai 35	0.33/1.25	0.20/1.50	0.07/1.00	1.07/1.88	2.63/2.72	2.10/2.10	10.46	1.96	24.84	13.40
丰韵麦 6 号 Fengyunmai 6	0.93/1.40	2.20/2.36	1.40/1.75	0.50/1.36	1.87/2.15	1.47/1.47	10.49	-	-	-
淮核 15173 Huaihe 15173	0.53/1.60	1.40/1.75	0.67/1.25	0.80/2.40	1.97/2.36	0.53/1.14	10.50	24.63	32.53	28.58
冀麦 120 Jimai 120	0.93/1.75	1.87/1.87	1.00/1.25	0.63/1.27	2.13/2.13	2.27/2.27	10.53	24.46	29.44	26.95
瑞华 218 Ruihua 218	0.53/1.33	1.87/1.87	0.73/1.57	1.13/2.83	1.40/1.62	0.23/1.40	10.62	5.66	-3.06	1.30
YF166	0.47/1.17	2.73/2.73	0.73/1.10	1.27/1.52	2.73/2.73	0.70/1.40	10.65	14.31	37.92	26.11
丹麦 118 Danmai 118	0.87/1.63	1.80/2.45	0.60/1.50	0.97/1.61	1.00/1.76	1.70/1.70	10.66	34.59	34.89	34.74
禾丰 3 号 Hefeng 3	0.40/1.50	0.80/1.20	1.27/1.58	0.63/1.58	2.93/2.93	1.60/1.92	10.72	13.68	7.20	10.44
瑞华 520 Ruihua 520	0.27/2.00	1.07/1.78	1.87/2.33	0.83/1.92	0.93/1.27	0.87/1.44	10.75	8.93	8.79	8.86
机麦 211 Jimai 211	0.40/1.50	1.07/1.60	1.60/3.43	0.80/1.71	1.17/1.30	0.57/1.21	10.75	-	-	-
中农麦 4008 Zhongnongmai 4008	1.33/2.22	1.60/2.18	1.33/1.82	1.10/2.06	0.70/1.24	1.03/1.24	10.76	-	-	-
益科麦 0732 Yikemai 0732	0.67/1.25	2.80/2.80	0.53/1.00	0.83/1.67	3.00/3.00	0.53/1.07	10.78	-	-	-
赛德麦 5 号 Saidemai 5	0.53/1.60	1.80/1.80	0.87/1.63	1.80/1.80	2.23/2.39	1.47/1.57	10.79	6.38	18.03	12.20
宝亮 5 号 Baoliang 5	0.87/1.44	1.00/1.50	0.47/1.40	1.53/2.00	3.07/3.17	0.80/1.33	10.85	32.01	40.78	36.40

续表 1 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级 别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caoxin- zhuang	一站 Yi- zhan	均值 Aver- age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
农丰 148 Nongfeng 148	0.73/1.57	2.47/2.47	3.20/3.20	0.97/1.21	1.27/1.41	0.37/1.00	10.85	21.15	20.31	20.73
泰禾麦 5 号 Taihemai 5	1.20/2.00	1.27/1.73	0.20/1.00	1.67/1.67	3.07/3.07	0.57/1.42	10.88	26.72	27.73	27.22
YF168	0.47/1.75	1.20/2.25	0.13/1.00	0.43/1.44	1.90/2.19	2.13/2.29	10.92	-1.37	-2.33	-1.85
机麦 212 Jimai 212	2.00/2.31	2.80/2.80	0.53/1.00	0.60/1.20	2.33/2.59	0.73/1.05	10.95	22.80	16.39	19.59
890-1	0.87/1.86	2.00/2.14	0.47/1.00	2.07/2.07	2.47/2.55	0.93/1.33	10.95	26.47	31.79	29.13
中麦 578 Zhongmai 578	1.13/2.13	1.47/1.83	0.07/1.00	1.10/2.36	2.67/2.67	0.30/1.00	10.98	16.01	38.26	27.13
德研 0518 Deyan 0518	0.60/1.50	2.07/2.07	0.33/1.25	0.37/1.57	2.90/2.90	1.73/1.73	11.02	31.43	9.30	20.36
创星 29 Chuangxing 29	0.67/1.25	2.40/2.57	0.80/1.50	0.53/1.23	2.37/2.63	1.87/1.87	11.05	23.05	5.60	14.32
冠麦 2 号 Guanmai 2	1.20/1.80	2.80/2.80	0.60/1.13	0.83/1.19	2.90/2.90	0.70/1.24	11.05	-	-	-
郑品麦 25 号 Zhengpinmai 25	0.53/1.60	2.60/2.60	0.33/1.00	1.37/1.37	3.50/3.50	0.33/1.00	11.07	7.02	3.10	5.06
周麦 36 Zhoumai 36	0.47/1.40	0.87/1.63	0.60/1.80	0.73/1.16	3.17/3.17	1.80/1.93	11.08	14.48	52.31	33.39
丰德存麦 16 Fengdecunmai 16	0.67/1.67	0.93/1.27	2.00/2.14	2.20/2.20	2.70/2.70	0.37/1.10	11.08	-5.94	14.09	4.07
济麦 45 Jimai 45	0.87/1.44	1.33/1.67	0.67/1.25	1.30/1.39	2.87/2.87	2.50/2.50	11.12	29.20	50.97	40.08
苑丰 8 号 Yuanfeng 8	1.07/1.60	2.53/2.71	0.67/1.67	0.23/1.17	1.30/2.29	1.67/1.72	11.17	37.58	13.39	25.48
新农 23 Xinnong 23	0.80/1.33	2.53/2.92	0.73/1.57	1.13/1.79	1.73/2.48	0.33/1.11	11.20	13.96	24.27	19.11
囤麦 127 Tunmai 127	1.07/2.00	1.80/2.25	0.73/1.57	2.17/2.17	1.20/1.89	0.50/1.36	11.25	-5.75	19.74	6.99
众麦 166 Zhongmai 166	0.60/1.50	2.93/2.93	0.93/1.40	0.67/1.82	2.47/2.47	0.63/1.19	11.31	29.71	24.13	26.92
豫麦 668 Yumai 668	0.53/2.00	2.00/2.14	1.87/2.15	2.27/2.52	1.30/1.50	0.13/1.00	11.32	-	-	-
顺麦 11 号 Shunmai 11	0.60/1.29	4.00/4.00	0.60/1.80	0.27/1.00	1.50/1.96	0.77/1.35	11.40	-	-	-
瑞华 1408 Ruihua 1408	1.07/1.60	2.67/3.33	0.53/1.33	0.50/1.36	1.30/2.05	0.47/1.75	11.43	6.12	-1.34	2.39
珍麦 3 号 Zhenmai 3	0.27/2.00	1.07/2.00	0.13/1.00	2.10/2.10	2.80/3.00	0.40/1.33	11.43	-	-	-
轮选 6 号 Lunxuan 6	0.47/1.75	1.00/1.36	2.07/2.07	2.40/2.40	2.60/2.60	0.60/1.29	11.47	-	-	-
农大 2011 Nongda 2011	0.40/1.20	3.60/3.86	1.20/1.20	1.93/1.93	1.90/2.28	0.47/1.00	11.47	-	-	-
驻麦 305 Zhumai 305	1.33/1.82	1.13/1.42	0.73/1.83	2.27/2.72	2.33/2.41	0.93/1.27	11.47	-7.02	16.52	4.75
科大 1026 Keda 1026	0.73/1.22	3.47/3.47	1.20/2.00	0.60/1.50	2.20/2.36	0.53/1.00	11.55	25.78	16.39	21.09
丰德存麦 23 Fengdecunmai 23	0.73/1.22	2.47/2.85	2.00/2.00	2.13/2.13	2.37/2.37	0.67/1.00	11.57	-3.91	22.48	9.29
徐麦 1412 Xumai 1412	0.67/1.43	3.40/3.40	1.13/1.70	1.20/1.89	1.80/2.16	0.30/1.00	11.58	51.74	46.78	49.26
鉴定 108 Jianding 108	0.33/1.00	1.07/1.14	0.67/1.43	1.17/1.21	3.03/3.03	3.80/3.80	11.61	23.67	24.79	24.23

续表 1 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级 别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caoxin- zhuang	一站 Yi- zhan	均值 Aver- age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
豫农 804 Yunong 804	1.27/1.90	2.20/2.20	0.27/1.00	0.73/1.22	3.20/3.43	1.80/1.86	11.61	—	—	—
赛德麦 601 Saidemai 601	0.27/1.00	1.00/1.50	0.53/1.60	1.17/1.17	4.23/4.23	1.63/2.23	11.73	—	—	—
轮选 166 Lunxuan 166	0.47/1.00	1.40/1.91	0.87/1.44	2.67/2.67	3.03/3.03	1.23/1.68	11.74	4.60	7.81	6.21
偃展 4110 Yanzhan 4110	0.93/2.80	2.67/2.67	0.60/1.13	0.63/1.12	2.73/2.73	1.20/1.33	11.78	—	—	—
周麦 18 Zhoumai 18	1.20/2.00	3.00/3.00	0.67/1.43	0.73/1.29	2.63/2.63	1.07/1.45	11.81	29.68	27.52	28.60
丰德存麦 20 Fengdecunmai 20	0.87/1.63	4.20/4.20	1.40/1.50	0.47/1.17	1.97/1.97	0.87/1.37	11.83	36.70	31.02	33.86
烟农 19 Yannong 19	1.00/1.88	2.80/2.80	0.87/2.60	0.53/1.07	1.97/1.97	1.53/1.53	11.84	—	—	—
郑麦 5138 Zhengmai 5138	1.33/1.82	2.00/2.00	2.33/2.33	1.67/1.85	0.70/2.10	1.40/1.75	11.85	29.78	35.99	32.88
瑞华 1568 Ruihua 1568	2.40/3.00	1.67/1.79	1.13/1.55	1.20/2.00	2.07/2.07	0.60/1.50	11.90	6.49	−4.28	1.11
轮选 2000 Lunxuan 2000	1.07/1.78	2.33/2.33	1.07/1.14	1.37/1.71	3.17/3.17	1.07/1.78	11.91	51.47	28.41	39.94
济麦 55 Jimai 55	1.00/1.88	2.00/2.31	1.13/1.13	1.43/2.69	2.70/2.70	1.27/1.41	12.11	35.29	42.61	38.95
淮麦 4046 Huaimai 4046	0.60/1.50	2.87/2.87	1.13/1.42	2.87/2.87	1.87/1.87	1.60/1.60	12.12	10.96	26.00	18.48
许研 5 号 Xuyan 5	0.60/1.29	0.80/1.71	0.87/2.60	0.93/2.00	2.10/2.33	1.53/2.19	12.12	16.80	33.88	25.34
西农 364 Xinong 364	0.40/2.00	1.60/2.18	0.53/1.14	1.47/1.47	3.43/3.43	1.90/1.90	12.12	8.06	35.83	21.94
郑麦 119 Zhengmai 119	1.20/2.25	2.80/2.80	0.60/1.13	1.57/1.62	2.57/2.57	1.00/1.76	12.13	1.08	10.98	6.03
紫麦 19 Zimai 19	0.87/1.44	2.00/2.50	3.40/3.40	1.10/1.94	1.13/1.89	0.57/1.00	12.17	36.27	35.94	36.10
瑞华 518 Ruihua 518	0.60/1.80	2.20/2.36	1.73/2.17	1.00/1.30	2.97/3.07	1.50/1.50	12.20	—	—	—
丰韵麦 5 号 Fengyunmai 5	1.33/1.82	2.13/2.46	0.27/1.00	1.30/1.44	2.87/2.87	2.67/2.67	12.26	21.64	25.75	23.70
平安 0518 Ping'an 0518	0.87/1.86	1.87/2.15	2.33/2.33	1.83/1.83	1.70/1.82	2.27/2.27	12.27	−1.60	24.51	11.46
华成 865 Huacheng 865	0.87/1.44	2.67/2.67	1.87/2.00	1.37/1.58	3.20/3.20	0.83/1.47	12.36	—	—	—
泛育麦 17 Fanyumai 17	1.60/2.18	1.67/2.08	1.00/1.36	2.20/2.28	2.47/2.85	1.20/1.64	12.39	5.91	20.19	13.05
涡麦 77 Womai 77	0.73/1.38	3.20/3.20	0.53/1.33	2.80/2.80	1.83/2.04	1.53/1.64	12.39	52.94	50.45	51.69
郑品麦 22 号 Zhengpinmai 22	0.67/1.25	3.60/3.60	1.20/1.64	1.27/2.00	2.10/2.52	0.80/1.41	12.42	—	—	—
豫农 168 Yunong 168	0.73/1.38	1.93/1.93	1.47/1.47	1.37/1.58	4.00/4.00	2.07/2.07	12.42	29.72	24.29	27.00
许科 918 Xuke 918	0.60/1.50	2.00/3.00	1.53/1.92	2.03/2.03	2.60/2.79	1.13/1.26	12.49	−6.98	22.73	7.88
郑麦 22 Zhengmai 22	0.53/1.60	1.00/1.50	2.07/2.21	1.47/1.47	4.67/4.67	0.90/1.13	12.57	—	—	—
西农 235 Xinong 235	1.20/1.80	3.27/3.27	1.33/1.82	1.87/2.43	1.30/2.05	0.97/1.26	12.63	18.52	27.61	23.06
郑麦 136 Zhengmai 136	1.00/2.14	1.40/1.62	2.67/3.64	0.77/2.09	1.30/1.63	0.97/1.53	12.64	—	—	—
周麦 33 Zhoumai 33	0.93/1.56	1.93/2.07	1.13/1.55	1.03/1.24	2.93/2.93	3.33/3.33	12.68	13.10	2.46	7.78

续表 1 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caoxin-zhuang	一站 Yi-zhan	均值 Aver-age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
瑞华 1588 Ruihua 1588	0.73/1.57	2.13/2.91	1.07/1.60	1.90/3.00	2.30/2.30	0.57/1.31	12.69	10.83	29.15	19.99
济麦 60 Jimai 60	0.73/1.22	1.87/2.55	1.73/1.73	1.03/2.07	2.17/2.71	1.70/2.43	12.70	18.69	24.64	21.67
郑麦 1860 Zhengmai 1860	1.60/2.40	3.33/3.57	1.53/1.53	1.37/2.05	1.77/1.96	1.10/1.22	12.74	28.69	33.03	30.86
平安 0658 Ping'an 0658	1.27/1.90	3.33/3.33	2.00/2.00	2.10/2.10	1.50/1.96	1.53/1.53	12.82	12.13	21.52	16.82
漯麦 906 Luomai 906	0.93/1.56	3.00/3.00	2.93/2.93	1.03/1.63	2.33/2.41	0.77/1.35	12.89	23.80	19.53	21.66
百农 4199 Bainong 4199	0.53/1.33	4.07/4.07	1.27/1.73	1.07/1.78	2.30/2.38	0.87/1.63	12.91	27.31	25.49	26.40
豫农 186 Yunong 186	1.13/2.13	3.27/3.27	1.53/1.92	1.67/1.67	2.47/2.47	1.43/1.48	12.92	28.51	52.00	40.25
淮麦 1403 Huaimai 1403	1.93/2.64	3.07/3.83	0.27/1.00	1.07/1.68	1.50/2.81	0.90/1.13	13.09	—	—	—
濮兴 0369 Puxing 0369	0.60/1.80	3.47/3.47	1.27/1.73	0.57/1.31	3.07/3.07	1.23/1.76	13.13	43.51	42.84	43.17
郑麦 16 Zhengmai 16	1.00/1.67	2.13/2.13	2.20/3.00	1.13/1.42	3.07/3.07	1.83/1.90	13.18	18.45	19.86	19.15
西农 528 Xinong 528	1.87/2.15	0.80/3.00	0.53/1.14	2.50/2.59	3.17/3.17	0.57/1.31	13.36	7.10	34.78	20.94
黎丰 6 号 Lifeng 6	0.53/2.00	2.47/2.47	0.53/1.60	0.53/1.78	3.27/3.27	2.20/2.28	13.39	42.30	28.8	35.55
涡麦 1212 Womai 1212	0.53/2.00	1.53/2.30	2.07/2.58	2.33/2.33	2.60/2.89	0.30/1.29	13.39	2.26	18.28	10.27
YF167	1.73/2.17	3.40/3.40	1.60/3.00	0.47/1.17	1.20/2.00	1.50/1.67	13.40	17.23	15.23	16.23
郑大 1501 Zhengda 1501	2.07/2.58	3.40/3.40	2.20/2.20	1.17/1.52	1.47/2.20	1.03/1.55	13.46	—	—	—
YF169	0.67/1.67	1.07/2.00	0.40/2.00	0.87/1.63	3.77/3.77	2.53/2.53	13.59	3.62	27.63	15.63
安科 1405 Anke 1405	0.87/1.86	3.07/3.07	1.00/1.88	1.63/2.72	2.87/2.87	0.60/1.29	13.67	—	—	—
丰德存麦 24 Fengdecunmai 24	1.07/2.00	2.20/2.20	1.80/2.25	1.07/2.13	2.97/2.97	2.23/2.23	13.78	20.19	17.86	19.02
济麦 43 Jimai 43	1.13/1.89	2.93/2.93	1.67/2.08	1.07/1.88	2.83/2.83	2.17/2.17	13.79	34.33	30.08	32.20
淮麦 304 Huaimai 304	1.27/2.38	3.00/3.21	0.93/1.56	0.77/1.05	3.53/3.53	2.10/2.10	13.82	—	—	—
西农 20 Xinong 20	1.60/2.67	3.00/3.00	1.13/1.55	1.97/2.03	2.83/2.83	1.23/1.76	13.84	7.40	22.12	14.76
西农 733 Xinong 733	1.40/2.63	2.73/2.73	0.60/1.13	1.37/1.37	3.87/3.87	1.77/2.21	13.93	32.27	29.55	30.91
普冰 01 Pubing 01	1.60/2.40	4.13/4.13	0.73/1.38	1.20/2.12	2.43/2.52	1.30/1.39	13.94	29.87	37.84	33.85
金麦 1 号 Jinmai 1	1.20/2.00	3.47/3.47	1.20/1.38	1.53/2.00	3.37/3.37	1.13/1.79	14.01	30.92	41.78	36.35
盈满 208 Yingman 208	1.20/1.38	2.00/2.31	2.27/2.83	2.27/2.52	3.07/3.07	1.23/1.95	14.06	32.89	32.12	32.50
郑麦 151 Zhengmai 151	1.67/2.50	4.07/4.07	1.73/2.17	2.00/2.40	1.67/1.67	0.43/1.30	14.10	—	—	—
存麦 11 号 Cunmai 11	1.00/2.50	3.60/3.60	0.33/1.00	1.93/2.52	3.43/3.43	0.80/1.14	14.20	—	—	—
驻麦 762 Zhumai 762	0.93/1.75	2.47/2.47	0.40/1.00	1.10/2.75	3.33/3.33	3.03/3.03	14.33	20.89	30.25	25.57
YF170	1.93/2.64	2.40/2.77	1.47/2.00	1.03/1.48	2.67/2.67	2.93/2.93	14.48	11.69	34.45	23.07
瑞华 14040 Ruihua 14040	1.47/2.00	3.60/3.60	2.20/3.00	1.87/2.07	2.03/2.03	0.57/1.89	14.60	—	—	—

续表 1 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	调查株蚜害级别/有蚜株蚜害级别 Aphid rating scale for surveyed wheat plant/aphid rating scale on infested wheat plant						有蚜株蚜害级 别6次累加值 Cumulative value of aphid rating scale on infested wheat plant	千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%		
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan				曹新庄 Caoxin- zhuang	一站 Yi- zhan	均值 Aver- age
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12				
瑞华 516 Ruihua 516	3.13/3.13	3.07/3.07	2.20/2.75	1.23/1.42	2.83/2.83	1.30/1.39	14.60	15.79	10.55	13.17
益科麦 1506 Yikemai 1506	1.53/2.30	2.80/3.00	3.20/3.20	1.63/1.63	2.90/2.90	1.27/1.58	14.62	36.50	51.18	43.84
百农 589 Bainong 589	0.67/3.33	2.27/2.27	1.73/1.86	1.60/2.67	2.43/2.43	2.07/2.07	14.62	19.47	34.17	26.82
天麦 116 Tianmai 116	0.93/1.56	4.33/4.33	3.80/3.80	0.80/1.41	1.67/2.38	1.20/1.29	14.77	24.85	14.93	19.89
淮麦 1196 Huaimai 1196	1.20/2.57	3.67/3.67	0.67/1.43	1.20/2.00	3.10/3.88	0.70/1.24	14.78	34.50	42.41	38.45
烟 1212 Yan 1212	1.53/2.30	2.20/2.54	0.80/1.20	0.73/1.00	3.37/3.37	4.43/4.43	14.84	29.88	22.61	26.24
万丰 269 Wanfeng 269	1.20/1.80	1.33/2.22	1.40/1.50	1.77/1.96	3.80/3.80	3.63/3.63	14.92	—	—	—
瑞华 521 Ruihua 521	1.73/2.00	3.27/3.27	4.13/4.13	1.03/1.82	2.33/2.33	1.07/1.39	14.95	7.08	1.98	4.53
淮麦 20 Huaimai 20	1.07/1.78	3.33/3.33	3.67/3.67	1.20/1.71	2.60/2.60	1.73/1.86	14.95	22.23	19.00	20.62
济 954072 Ji 954072	1.07/2.00	4.33/4.33	3.47/3.47	0.97/1.93	1.47/1.69	2.00/2.00	15.43	—	—	—
郑麦 103 Zhengmai 103	1.27/2.11	2.60/2.60	2.80/2.80	2.03/2.54	3.83/3.83	1.43/1.72	15.61	12.65	22.29	17.47
嘉麦 208 Jiamai 208	1.33/1.67	4.07/4.07	3.13/3.13	1.33/1.90	2.87/2.87	1.83/2.04	15.68	35.45	25.62	30.53
保丰 14511 Baofeng 14511	2.13/2.67	4.40/4.40	1.67/1.92	2.27/2.52	2.90/2.90	1.03/1.35	15.76	48.45	42.41	45.43
济麦 52 Jimai 52	1.00/1.50	1.60/2.00	2.53/2.53	1.13/2.27	3.17/3.17	4.40/4.40	15.87	25.78	21.50	23.64
明麦 2 号 Mingmai 2	2.80/2.80	4.40/4.40	4.20/4.20	0.97/1.71	2.03/2.03	0.70/1.40	16.54	19.25	2.67	10.96
瑞华 592 Ruihua 592	1.27/1.58	4.47/4.47	3.27/3.27	1.27/1.58	3.17/3.17	1.67/2.50	16.57	10.04	2.85	6.45
济南 17 Jinan 17	1.33/2.22	3.47/3.47	3.40/3.40	1.00/2.50	2.33/2.41	2.80/2.80	16.80	33.21	26.85	30.03
西农 916 Xinong 916	1.60/2.00	4.60/4.60	4.80/4.80	1.43/2.53	1.97/2.03	1.43/1.72	17.68	19.72	29.93	24.83
中农麦 4007 Zhongnongmai 4007	2.60/2.79	3.73/3.73	3.80/4.07	2.33/2.33	3.60/3.60	1.23/1.28	17.80	11.67	14.87	13.27
瑞友 1506 Ruiyou 1506	3.33/3.33	4.93/4.93	6.00/6.00	2.00/2.00	1.80/1.80	0.70/1.05	19.12	16.87	2.49	9.68
瑞华 549 Ruihua 549	1.87/2.33	4.00/4.00	5.53/5.53	3.07/3.54	2.90/2.90	0.70/1.31	19.62	27.04	25.53	26.28
泰麦 601 Taimai 601	4.07/4.07	4.80/4.80	6.13/6.13	2.93/2.93	4.23/4.38	1.57/1.62	23.93	15.27	9.10	12.18
西农 511 Xinong 511 (CK1)	0.53/1.14	2.87/3.07	0.47/1.40	1.03/1.19	1.93/1.93	0.20/1.00	9.74	9.22	6.38	7.80
西农 511 Xinong 511 (CK2)	1.47/1.83	4.93/4.93	2.27/2.27	0.97/1.61	3.00/3.00	0.80/1.14	14.79	23.77	13.89	18.83
西农 511 Xinong 511 (CK3)	0.73/1.38	2.40/2.40	0.93/1.56	1.40/1.56	3.10/3.10	2.83/2.83	12.82	10.49	21.28	15.89
西农 511 Xinong 511 (CK4)	0.80/1.33	3.33/3.33	0.93/1.75	1.20/1.29	1.70/1.76	2.30/2.30	11.76	6.10	17.91	12.01
均值 Average	1.02/1.83	2.38/2.64	1.40/1.93	1.27/1.82	2.33/2.56	1.23/1.65	12.32	19.16	23.44	21.30

—: 数据遗失。—: Data missing.

2.2 117个小麦品种(系)的千粒重损失率

在曹新庄鉴定圃中,117个小麦品种(系)的千粒重损失率均值为19.16%;在一站鉴定圃中,117个小麦品种(系)的千粒重损失率均值为23.44%。在117个小麦品种(系)中,曹新庄和一站2个鉴定圃的千粒重损失率均值小于5.00%的小麦品种(系)有10个,分别为中育1220、泰禾麦2号、YF168、瑞华1568、瑞华218、瑞华1408、中育1428、丰德存麦16、瑞华521和驻麦305;2个鉴定圃中千粒重损失率均值超过了30.00%的小麦品种(系)有30个,分别为济南17、嘉麦208、丰德存麦21、郑麦1860、西农733、众麦99、济麦43、盈满208、郑麦5138、周麦36、中颖8号、普冰01、丰德存麦20、丹麦118、黎丰6号、紫麦19、金麦1号、宝亮5号、LS018R、淮麦1196、山农116、济麦55、轮选2000、济麦45、豫农186、濮兴0369、益科麦1506、保丰14511、徐麦1412和涡麦77(表1)。

2.3 146个小麦品种(系)的抗蚜性

在曹新庄鉴定圃中,3次均被鉴定为具抗蚜性的小麦品种(系)有22个,分别为中颖8号、山农116、泉麦31、濮麦1165、厚德麦981、安科157、洛麦27、中育1220、德研0516、新麦35、淮核15173、瑞华218、禾丰3号、赛德麦5号、宝亮5号、德研0518、济麦45、鉴定108、赛德麦601、豫农168、轮选166和周麦33,3次均被鉴定为具适蚜性的小麦品种(系)有26个;在一站鉴定圃中,3次均被鉴定为具抗蚜性的小麦品种(系)有13个,分别为山农116、泉麦31、众麦99、濮麦1165、顺麦10号、创麦58、天民366、

LS018R、郑麦132、丰韵麦6号、农丰148、顺麦11号和丰德存麦20号,3次均被鉴定为具适蚜性的小麦品种(系)有23个。在2个鉴定圃6次调查中,均被鉴定为具抗蚜性的小麦品种(系)仅有3个,分别为山农116、泉麦31和濮麦1165(表2),均被鉴定为具适蚜性的品种(系)有6个,分别为济麦43、淮麦20、郑麦103、嘉麦208、济南17和泰麦601(表2)。

2.4 各小麦品种(系)的耐蚜性

117个小麦品种(系)的耐蚜性等级划分(表2)。在曹新庄鉴定圃中,3次均被鉴定为具耐蚜性的小麦品种(系)有41个,其中中耐和高耐小麦品种(系)有33个;3次均被鉴定为具感蚜性的小麦品种(系)有33个。在一站鉴定圃中,3次均被鉴定为具耐蚜性的小麦品种(系)有40个,其中中耐和高耐小麦品种(系)有27个;3次均被鉴定为具感蚜性的小麦品种(系)有23个。在曹新庄和一站2个鉴定圃中,6次均被鉴定为具耐蚜性的小麦品种(系)有26个,其中中耐和高耐小麦品种(系)有21个,分别为中育1220、泰禾麦2号、郑麦132、瑞华218、赛德麦5号、YF168、瑞华1408、驻麦305、轮选166、瑞华1568、郑麦119、泛育麦17、西农20、瑞华516、瑞华521、郑麦103、明麦2号、瑞华592、中农麦4007、瑞友1506和泰麦601。6次均被鉴定为具感蚜性的小麦品种(系)有12个,分别为中颖8号、山农116、众麦99、LS018R、淮核15173、宝亮5号、周麦36、徐麦1412、丰德存麦20号、济麦55、濮兴0369和淮麦1196(表2),这些小麦品种(系)的千粒重损失率多超过了30%,甚至达到50%(表1)。

表2 2020年146个小麦品种(系)的抗蚜等级和耐蚜等级

Table 2 Resistance and tolerance grades of 146 wheat varieties (lines) to *Sitobion miscanthi* in 2020

品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜等级 Resistance grade						耐蚜等级 Tolerance grade					
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan			曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan		
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12
中颖8号 Zhongying 8	mr	mr	lr	mr	mr	la	hs	hs	hs	hs	hs	hs
山农116 Shannong 116	lr	mr	mr	lr	mr	lr	hs	hs	hs	hs	hs	hs
泉麦31 Quanmai 31	lr	lr	lr	lr	lr	lr	ms	lt	mt	ls	lt	hs
众麦99 Zhongmai 99	la	lr	mr	lr	mr	lr	hs	ms	hs	hs	hs	hs
濮麦1165 Pumai 1165	lr	lr	mr	lr	lr	lr	ls	ls	hs	ms	lt	lt
厚德麦981 Houdemai 981	lr	mr	mr	la	la	lr	mt	ls	hs	lt	ls	hs
安科157 Anke 157	lr	mr	mr	la	la	lr	-	-	-	-	-	-
顺麦10号 Shunmai 10	la	la	lr	mr	mr	lr	-	-	-	-	-	-
洛麦27 Luomai 27	lr	mr	lr	la	lr	lr	lt	ms	lt	lt	ms	hs
中育1220 Zhongyu 1220	mr	lr	lr	la	lr	lr	ht	ht	ht	ht	ht	ht

续表 2 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜等级 Resistance grade						耐蚜等级 Tolerance grade					
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan			曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan		
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12
创麦 58 Chuangmai 58	la	la	lr	mr	lr	lr	lt	lt	lt	mt	mt	mt
赛德麦 8 号 Saidemai 8	la	lr	mr	la	lr	lr	mt	ls	ls	lt	ls	ls
德研 0516 Deyan 0516	lr	mr	lr	la	la	lr	—	—	—	—	—	—
民丰 266 Minfeng 266	la	lr	lr	la	lr	lr	lt	ls	ms	hs	ls	hs
LS018R	la	lr	lr	lr	lr	lr	hs	hs	ls	hs	hs	ls
泰禾麦 2 号 Taihemai 2	lr	mr	la	lr	la	lr	ht	ht	ht	mt	ht	mt
新麦 45 Xinmai 45	lr	la	mr	lr	la	lr	—	—	—	—	—	—
丰德存麦 21 Fengdecunmai 21	ma	lr	mr	la	la	lr	lt	hs	hs	ms	hs	hs
中育 1428 Zhongyu 1428	mr	mr	la	lr	la	la	ht	ht	ht	lt	ht	ht
天民 366 Tianmin 366	lr	lr	la	lr	lr	lr	—	—	—	—	—	—
瑞华 523 Ruihua 523	la	mr	la	lr	mr	la	mt	ls	ht	ht	ht	ht
郑麦 132 Zhengmai 132	la	mr	la	lr	lr	lr	ht	ht	ht	mt	mt	mt
漯麦 26 Luomai 26	ma	lr	lr	lr	lr	la	ls	ms	ls	ls	lt	lt
新麦 35 Xinmai 35	lr	mr	mr	la	la	ma	ht	ls	ls	ls	lt	mt
丰韵麦 6 号 Fengyunmai 6	lr	lr	la	lr	lr	lr	—	—	—	—	—	—
淮核 15173 Huaihe 15173	lr	lr	lr	ma	la	lr	hs	hs	ms	hs	ls	hs
冀麦 120 Jimai 120	la	lr	lr	lr	lr	ma	ls	ms	ls	hs	ls	mt
瑞华 218 Ruihua 218	lr	lr	lr	ha	lr	lr	mt	mt	mt	ht	ht	ht
YF166	lr	la	mr	lr	la	lr	ms	mt	lt	ms	ls	hs
丹麦 118 Danmai 118	lr	la	lr	lr	lr	la	hs	hs	hs	hs	hs	lt
禾丰 3 号 Hefeng 3	lr	mr	lr	lr	la	la	hs	hs	mt	mt	ht	ht
瑞华 520 Ruihua 520	la	lr	ma	la	mr	lr	hs	ls	ht	mt	lt	mt
机麦 211 Jimai 211	lr	lr	ha	la	mr	lr	—	—	—	—	—	—
中农麦 4008 Zhongnongmai 4008	ma	lr	la	la	mr	lr	—	—	—	—	—	—
益科麦 0732 Yikemai 0732	lr	la	mr	la	la	lr	—	—	—	—	—	—
赛德麦 5 号 Saidemai 5	lr	lr	lr	la	la	la	mt	mt	ht	mt	mt	mt
宝亮 5 号 Baoliang 5	lr	mr	lr	la	ma	lr	hs	hs	hs	ls	ls	hs
农丰 148 Nongfeng 148	lr	la	ha	lr	mr	lr	ms	ls	ht	ls	ls	hs
泰禾麦 5 号 Taihemai 5	la	lr	mr	la	la	lr	ls	hs	hs	lt	lt	hs
YF168	la	lr	mr	lr	lr	ma	ht	ht	ht	ht	ht	ht
机麦 212 Jimai 212	ma	la	mr	lr	la	lr	mt	ls	hs	ms	mt	lt
890-1	la	lr	mr	la	la	lr	ms	ms	hs	lt	ls	ls
中麦 578 Zhongmai 578	la	lr	mr	ma	la	lr	lt	ms	hs	hs	ls	hs
德研 0518 Deyan 0518	lr	lr	lr	lr	la	la	hs	hs	hs	ls	ht	ht
创星 29 Chuangxing 29	lr	la	lr	lr	la	la	hs	ls	ls	mt	ht	ht
冠麦 2 号 Guanmai 2	la	la	mr	lr	la	lr	—	—	—	—	—	—
郑品麦 25 号 Zhengpinmai 25	lr	la	mr	lr	ma	lr	lt	mt	lt	ht	ht	ht
周麦 36 Zhoumai 36	lr	lr	la	lr	ma	la	ms	hs	ls	hs	ls	ls
丰德存麦 16 Fengdecunmai 16	la	mr	la	ma	la	lr	ht	ht	ht	ht	mt	ms
济麦 45 Jimai 45	lr	lr	lr	lr	la	ha	hs	hs	hs	hs	ms	lt
苑丰 8 号 Yuanfeng 8	lr	la	lr	lr	lr	la	hs	hs	hs	hs	lt	ht
新农 23 Xinnong 23	lr	la	lr	la	la	lr	lt	lt	lt	ls	ls	hs

续表 2 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜等级 Resistance grade						耐蚜等级 Tolerance grade					
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan			曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan		
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12
囤麦 127 Tunmai 127	la	lr	lr	la	lr	lr	ht	ht	ht	mt	ls	ms
众麦 166 Zhongmai 166	lr	la	lr	la	la	lr	hs	ls	ms	hs	lt	ms
豫麦 668 Yumai 668	la	lr	la	ma	mr	lr	—	—	—	—	—	—
顺麦 11 号 Shunmai 11	lr	ha	la	mr	lr	lr	—	—	—	—	—	—
瑞华 1408 Ruihua 1408	lr	ma	lr	lr	lr	la	ht	ht	mt	ht	ht	ht
珍麦 3 号 Zhenmai 3	la	lr	mr	la	la	lr	—	—	—	—	—	—
轮选 6 号 Lunxuan 6	la	mr	la	ma	la	lr	—	—	—	—	—	—
农大 2011 Nongda 2011	lr	ma	lr	la	lr	lr	—	—	—	—	—	—
驻麦 305 Zhumai 305	la	mr	la	ma	la	lr	ht	ht	ht	mt	mt	mt
科大 1026 Keda 1026	lr	ma	la	lr	la	lr	hs	lt	lt	ms	mt	ls
丰德存麦 23 Fengdecunmai 23	lr	la	la	la	la	lr	ht	ht	ht	mt	lt	ls
徐麦 1412 Xumai 1412	lr	ma	lr	la	lr	lr	hs	hs	hs	hs	hs	hs
鉴定 108 Jianding 108	mr	mr	lr	lr	la	ha	hs	hs	ms	ls	mt	ht
豫农 804 Yunong 804	la	lr	mr	lr	ma	la	—	—	—	—	—	—
赛德麦 601 Saidemai 601	mr	mr	lr	lr	ha	ma	—	—	—	—	—	—
轮选 166 Lunxuan 166	mr	lr	lr	ma	la	la	mt	mt	ht	ht	ht	ht
偃展 4110 Yanzhan 4110	ha	la	mr	lr	la	lr	—	—	—	—	—	—
周麦 18 Zhoumai 18	la	la	lr	lr	la	lr	ls	ls	hs	hs	lt	lt
丰德存麦 20 Fengdecunmai 20	lr	ha	lr	lr	lr	lr	hs	ls	ls	hs	ls	ls
烟农 19 Yannong 19	la	la	ma	mr	lr	la	—	—	—	—	—	—
郑麦 5138 Zhengmai 5138	la	lr	ma	la	lr	la	ls	hs	mt	ls	hs	lt
瑞华 1568 Ruihua 1568	ha	lr	lr	la	lr	la	ht	mt	ht	ht	ht	ht
轮选 2000 Lunxuan 2000	la	lr	mr	la	ma	la	hs	hs	hs	ls	lt	lt
济麦 55 Jimai 55	la	lr	mr	ma	la	lr	hs	hs	ms	ms	ls	ls
淮麦 4046 Huaimai 4046	lr	la	lr	ha	lr	la	lt	mt	mt	mt	ls	mt
许研 5 号 Xuyan 5	lr	lr	ma	la	la	ma	ms	hs	lt	hs	ls	lt
西农 364 Xinong 364	la	lr	mr	lr	ma	la	ls	mt	mt	ls	lt	lt
郑麦 119 Zhengmai 119	ma	la	mr	lr	la	la	ht	ht	ht	mt	mt	mt
紫麦 19 Zimai 19	lr	la	ha	la	lr	lr	hs	hs	mt	ms	hs	hs
瑞华 518 Ruihua 518	la	lr	la	lr	ma	la	—	—	—	—	—	—
丰韵麦 5 号 Fengyunmai 5	la	la	mr	lr	la	ha	lt	ls	hs	lt	lt	mt
平安 0518 Ping'an 0518	la	lr	ma	la	lr	ma	ht	ht	ht	mt	ls	mt
华成 865 Huacheng 865	lr	la	la	lr	ma	lr	—	—	—	—	—	—
泛育麦 17 Fanyumai 17	la	lr	lr	ma	la	la	ht	mt	ht	mt	mt	mt
涡麦 77 Womai 77	lr	ma	lr	ha	lr	la	hs	hs	hs	lt	hs	ls
郑品麦 22 号 Zhengpinmai 22	lr	ma	lr	la	la	lr	—	—	—	—	—	—
豫农 168 Yunong 168	lr	lr	lr	lr	ha	ma	hs	hs	lt	lt	mt	mt
许科 918 Xuke 918	lr	la	la	la	la	lr	ht	ht	ht	mt	lt	lt
郑麦 22 Zhengmai 22	lr	mr	la	lr	ha	lr	—	—	—	—	—	—
西农 235 Xinong 235	la	ma	la	ma	lr	lr	lt	lt	mt	lt	hs	ls
郑麦 136 Zhengmai 136	la	lr	ha	la	lr	la	—	—	—	—	—	—
周麦 33 Zhoumai 33	lr	lr	lr	lr	la	ha	lt	lt	mt	ht	ht	ht

续表 2 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜等级 Resistance grade						耐蚜等级 Tolerance grade					
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan			曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan		
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12
瑞华 1588 Ruihua 1588	lr	la	lr	ha	lr	lr	lt	mt	mt	lt	lt	hs
济麦 60 Jimai 60	lr	la	lr	la	la	ma	ls	ls	mt	ls	lt	mt
郑麦 1860 Zhengmai 1860	ma	ma	lr	la	lr	lr	lt	ls	lt	ls	ms	ls
平安 0658 Ping'an 0658	la	ma	la	la	lr	la	mt	mt	ht	mt	ls	mt
漯麦 906 Luomai 906	lr	la	ha	lr	la	lr	ls	lt	mt	lt	mt	lt
百农 4199 Bainong 4199	lr	ha	lr	la	la	la	hs	lt	lt	ls	lt	ls
豫农 186 Yumai 186	la	ma	la	la	la	lr	ls	ls	lt	ms	ms	ls
淮麦 1403 Huaimai 1403	ma	ma	mr	la	la	lr	—	—	—	—	—	—
濮兴 0369 Puxing 0369	la	ma	lr	lr	la	la	hs	ms	ms	hs	ls	ls
郑麦 16 Zhengmai 16	la	lr	ha	lr	la	la	lt	ls	mt	lt	mt	mt
西农 528 Xinong 528	la	la	mr	ma	ma	lr	ht	ls	mt	lt	lt	hs
黎丰 6 号 Lifeng 6	la	la	lr	la	ma	ma	hs	hs	hs	hs	lt	mt
涡麦 1212 Womai 1212	la	lr	ma	ma	la	lr	ht	ht	ht	mt	mt	hs
YF167	la	ma	ha	lr	lr	la	mt	mt	mt	ms	lt	mt
郑大 1501 Zhengda 1501	ma	ma	la	lr	lr	la	—	—	—	—	—	—
YF169	la	lr	la	lr	ma	ha	ht	mt	mt	ms	mt	mt
安科 1405 Anke 1405	la	la	la	ma	la	lr	—	—	—	—	—	—
丰德存麦 24 Fengdecunmai 24	la	lr	la	la	la	ma	lt	ls	mt	lt	mt	ht
济麦 43 Jimai 43	la	la	la	la	la	ma	ms	ms	lt	ms	lt	mt
淮麦 304 Huaimai 304	ma	ma	lr	mr	ma	ma	—	—	—	—	—	—
西农 20 Xinong 20	ma	la	lr	la	la	la	ht	ht	ht	mt	mt	mt
西农 733 Xinong 733	ma	la	mr	lr	ha	ma	ls	ms	hs	ls	mt	mt
普冰 01 Pubing 01	ma	ha	lr	la	la	lr	lt	lt	hs	ms	ls	ls
金麦 1 号 Jinmai 1	la	ma	lr	la	ma	la	ls	ls	ls	ms	lt	ls
盈满 208 Yingman 208	lr	lr	ma	ma	la	la	ms	hs	mt	lt	lt	lt
郑麦 151 Zhengmai 151	ma	ha	la	ma	lr	lr	—	—	—	—	—	—
存麦 11 号 Cunmai 11	ma	ma	mr	ma	ma	lr	—	—	—	—	—	—
驻麦 762 Zhumai 762	la	la	mr	ha	ma	ha	ls	ls	hs	ms	lt	mt
YF170	ma	la	la	lr	la	ha	ht	mt	mt	ms	ls	mt
瑞华 14040 Ruihua 14040	la	ma	ha	la	lr	la	—	—	—	—	—	—
瑞华 516 Ruihua 516	ha	la	ma	lr	la	lr	ht	mt	ht	mt	ht	ht
益科麦 1506 Yikemai 1506	ma	la	ha	lr	la	la	ls	ms	mt	ms	ms	ms
百农 589 Bainong 589	ha	lr	la	ma	la	ma	ms	ls	mt	ls	ls	mt
天麦 116 Tianmai 116	lr	ha	ha	lr	la	lr	ms	lt	ht	lt	lt	mt
淮麦 1196 Huaimai 1196	ma	ma	lr	la	ha	lr	ms	ls	hs	hs	ls	hs
烟 1212 Yan 1212	ma	la	lr	mr	ma	ha	lt	hs	ms	ms	mt	ht
万丰 269 Wanfeng 269	la	lr	lr	la	ma	ha	—	—	—	—	—	—
瑞华 521 Ruihua 521	la	ma	ha	la	la	lr	ht	ht	ht	ht	ht	ht
淮麦 20 Huaimai 20	la	ma	ha	la	la	la	ls	lt	ht	lt	mt	mt
济 954072 Ji 954072	la	ha	ha	la	lr	ma	—	—	—	—	—	—
郑麦 103 Zhengmai 103	la	la	ma	ma	ma	la	mt	mt	ht	mt	mt	mt
嘉麦 208 Jiamai 208	la	ha	ha	la	la	ma	ms	ls	mt	lt	lt	mt

续表 2 Continued

品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜等级 Resistance grade						耐蚜等级 Tolerance grade					
	曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan			曹新庄 Caoxinzhuang			一站 Yizhan		
	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12	4-23	5-02	5-11	4-24	5-03	5-12
保丰 14511 Baofeng 14511	ma	ha	la	ma	la	lr	ls	ms	ls	lt	ls	ms
济麦 52 Jimai 52	lr	lr	ma	ma	ma	ha	ls	hs	mt	lt	mt	ht
明麦 2 号 Mingmai 2	ha	ha	ha	la	lr	lr	mt	mt	ht	ht	ht	ht
瑞华 592 Ruihua 592	lr	ha	ha	lr	ma	ha	mt	ht	ht	ht	ht	ht
济南 17 Jinan 17	ma	ma	ha	ma	la	ha	ls	ls	mt	ls	lt	mt
西农 916 Xinong 916	la	ha	ha	ma	lr	la	mt	mt	ht	ls	ls	lt
中农麦 4007 Zhongnongmai 4007	ha	ma	ha	ma	ma	lr	ht	mt	ht	ht	ht	mt
瑞友 1506 Ruiyou 1506	ha	ha	ha	la	lr	lr	ht	mt	ht	ht	ht	ht
瑞华 549 Ruihua 549	ma	ha	ha	ha	la	lr	lt	lt	ht	mt	lt	ls
泰麦 601 Taimai 601	ha	ha	ha	ha	ha	la	ht	mt	ht	ht	ht	ht
西农 511 Xinong 511 (CK1)	lr	la	lr	lr	lr	lr	lt	mt	lt	ht	ht	ls
西农 511 Xinong 511 (CK2)	la	ha	la	lr	la	lr	lt	mt	mt	lt	mt	mt
西农 511 Xinong 511 (CK3)	lr	la	lr	lr	ma	ha	lt	mt	mt	lt	mt	ht
西农 511 Xinong 511 (CK4)	lr	ma	la	lr	lr	ma	mt	ht	ht	lt	lt	ht

hr: 高抗; mr: 中抗; lr: 低抗; la: 低适; ma: 中适; ha: 高适。ht: 高耐; mt: 中耐; lt: 低耐; ls: 低感; ms: 中感; hs: 高感。-: 数据遗失。hr: High resistance; mr: middle resistance; lr: low resistance; la: low adaptable; ma: middle adaptable; ha: high adaptable. ht: High tolerance; mt: middle tolerance; lt: low tolerance; ls: low susceptible; ms: middle susceptible; hs: high susceptible。 -: Data missing.

2.5 成株期小麦抗蚜性和耐蚜性评价结果的验证

2.5.1 成株期小麦抗蚜性的人工接蚜验证

人工辅助接蚜条件下,4月20日抗蚜组16个小麦品种(系)依然被鉴定为抗蚜的小麦品种(系)有11个,分别为郑麦132、瑞华523、泰禾麦2号、中颖8号、洛麦27、丰德存麦21号、山农116、西农511、泉麦31、漯麦26和濮麦1165,其他5个小麦品种(系)均表现为感蚜;在4月28日仅郑麦132和山农116表现为低抗,抗蚜组其他14个小麦品种(系)均表现为适蚜性;在5月6日仅郑麦132和泰禾麦2号表现为低抗,抗蚜组其他14个小麦品种(系)均表现为适蚜性。而适蚜组(CK)除瑞华592有1次调查为低抗外,其他11个小麦品种(系)3次调查均为适蚜性(表3)。

抗蚜组和适蚜组(CK)的3次抗蚜指数总体均值之间差异极显著($t=-6.80, df=26, P<0.01$),其中4月20日抗蚜组和适蚜组(CK)的抗蚜指数之间差异极显著($t=-9.48, df=26, P<0.01$),4月28日抗蚜组和适蚜组(CK)的抗蚜指数之间差异极显著($t=-2.76, df=26, P=0.01$),而5月6日抗蚜组和适蚜组(CK)的抗蚜指数之间差异不显著($t=-1.72, df=26, P=0.10$,图

1-A),同时该日期下有蚜株蚜害级别均值均超过了3级,表明成株期抗性减弱是普遍现象。

2.5.2 成株期小麦耐蚜性的人工接蚜验证

人工辅助接蚜条件下,耐蚜组12个小麦品种(系)的千粒重损失率范围为4.06%~15.94%,均值为10.22%,感蚜组14个小麦品种(系)的千粒重损失率范围为19.21%~33.19%,均值为26.11%。4月20日瑞华523表现为中感,泰禾麦2号和西农511表现为低感,其他9个小麦品种(系)均表现为耐蚜性;在4月28日中育1428表现为中感,其他11个小麦品种(系)均表现为耐蚜性;5月6日中育1428、泰禾麦2号和西农511表现为低感,其他9个小麦品种(系)均表现耐蚜性。在3个调查时间感蚜组(CK)12个小麦品种(系)均表现感蚜(表4)。

耐蚜组和感蚜组(CK)的3次耐蚜指数总体均值之间均差异极显著($t=-7.98, df=24, P<0.01$),其中在4月20日($t=-7.15, df=24, P<0.01$)、4月28日($t=-6.76, df=24, P<0.01$)、5月6日($t=-8.28, df=24, P<0.01$)耐蚜组和感蚜组(CK)的耐蚜指数之间也差异极显著(图1-B),表明耐蚜性 is 更稳定的遗传表型形状。

表 3 2022 年人工辅助接蚜条件下成株期小麦品种(系)的抗蚜指数和抗蚜性水平
Table 3 Resistance index and resistance grade of the wheat varieties (lines) to *Sitobion miscanthi* at the adult stage
under artificially assisted aphid infestation in 2022

分组 Group	品种(系) Wheat variety (line)	抗蚜指数 Resistance index			抗蚜性分级 Resistance grade		
		4-20	4-28	5-06	4-20	4-28	5-06
抗蚜组 Resistant varieties (lines)	郑麦 132 Zhengmai 132	0.824	0.814	0.881	lr	lr	lr
	瑞华 523 Ruihua 523	0.898	1.015	1.011	lr	la	la
	泰禾麦 2 号 Taihemai 2	0.771	1.081	0.873	lr	la	lr
	中颖 8 号 Zhongying 8	0.810	0.921	1.011	lr	la	la
	洛麦 27 Luomai 27	0.886	0.975	0.965	lr	la	la
	众麦 99 Zhongmai 99	0.931	0.961	0.993	la	la	la
	丰德存麦 21 号 Fengdecunmai 21	0.846	0.908	1.030	lr	la	la
	山农 116 Shannong 116	0.879	0.894	1.039	lr	lr	la
	LS018R	0.984	0.935	1.030	la	la	la
	西农 511 Xinong11	0.878	1.068	1.008	lr	la	la
	泉麦 31 Quanmai1	0.832	0.935	1.067	lr	la	la
	漯麦 26 Luomai 26	0.822	1.148	0.937	lr	la	la
	民丰 266 Minfeng 266	0.948	0.921	1.039	la	la	la
	濮麦 1165 Pumai 1165	0.886	0.988	1.048	lr	la	la
	赛德麦 8 号 Saidemai 8	0.997	0.948	1.039	la	la	la
	丹麦 118 Danmai 118	0.925	1.055	1.030	la	la	la
	均值 Mean	0.882	0.973	1.000			
适蚜组(CK) Adaptable varieties (lines)	瑞华 592 Ruihua 592	1.085	1.121	0.946	la	la	lr
	黎丰 6 号 Lifeng 6	1.209	1.068	0.974	la	la	la
	泰麦 601 Taimai 601	1.088	1.055	0.891	ma	la	la
	瑞华 549 Ruihua 549	1.133	1.121	1.123	la	la	la
	丰德存麦 24 Fengdecunmai 24	1.017	1.202	1.085	ma	la	la
	西农 733 Xinong 733	1.197	1.268	1.039	ma	la	la
	济南 17 Jinan 17	1.305	1.001	1.021	la	la	la
	郑麦 103 Zhengmai 103	1.064	0.948	1.067	la	la	la
	中农麦 4007 Zhongnongmai 4007	1.140	0.921	1.123	la	ma	la
	盈满 208 Yingman 208	1.266	1.028	1.058	la	ma	la
	百农 589 Bainong 589	1.233	1.028	1.169	la	la	la
	烟 1212 Yan 1212	1.106	1.055	1.039	ma	la	la
	均值 Mean	1.154	1.068	1.111			

hr: 高抗; mr: 中抗; lr: 低抗; la: 低适; ma: 中适; ha: 高适。hr: High resistance; mr: middle resistance; lr: low resistance; la: low adaptable; ma: middle adaptable; ha: high adaptable.

3 讨论

小麦成株期抗蚜性和耐蚜性的田间评估过程繁琐,周期长,费工费力,且评估结果往往不稳定。室内条件下苗期小麦可以精确地控制蚜量,易于操作,是小麦抗蚜性评估的常用方法(Gebretsadik et al., 2022; Zhang KX et al., 2022),但这种条件下获得的抗蚜性状很可能只是抗蚜性相关基因的表达,这些抗蚜相关性状很容易在田间条件下被掩盖或者丢

失,从而失去应用价值(贾继增等,2015),如洛桑试验站获得的转蚜虫报警素(*E*)- β -法尼烯(*E β f*)基因的小麦品种在田间种植时未能表现出室内的抗虫效果(Bruce et al., 2015);所以田间鉴定依然是小麦抗蚜性和耐蚜性评估的金标准,特别是麦蚜严重发生的年度。我国一些优秀的抗逆性骨干小麦品种如小偃 6 号就是在病虫害发生严重的年份脱颖而出的。本研究鉴定的 146 个小麦品种(系)自 2018 年至 2022 年在陕西省关中地区连续种植,在自然感蚜情

况下仅2020年鉴定圃中荻草谷网蚜发生严重,蚜害级别可用于抗蚜性和耐蚜性评估,其他年份由于气

候或天敌原因,数据有效性差。

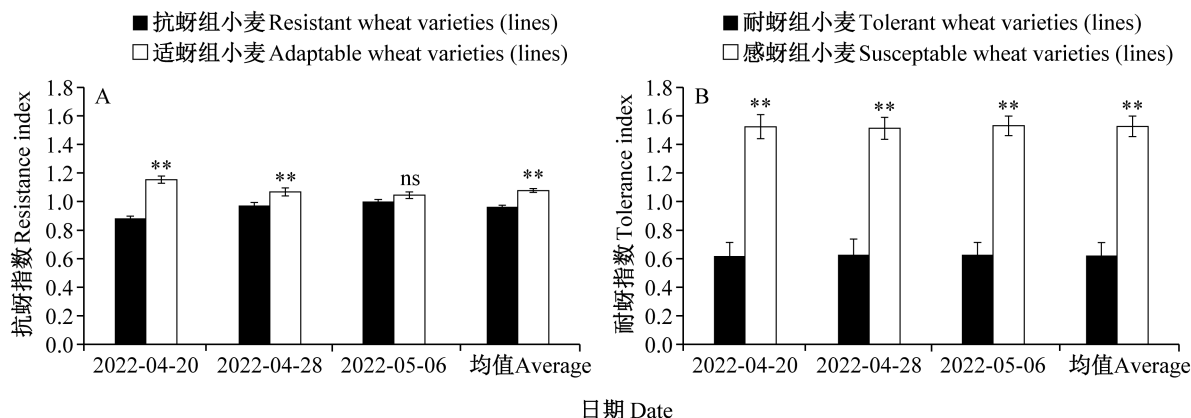


图1 2022年人工辅助接蚜条件下成株期小麦品种(系)的抗蚜指数(A)和耐蚜指数(B)

Fig. 1 Resistance index (A) and tolerance index (B) of wheat varieties (lines) at the adult stage under artificially assisted aphid infestation in 2022

图中数据为平均数±标准误。**表示对照与处理之间经 t 检验法检验差异显著($P < 0.01$)。ns表示差异不显著。Data are mean±SD. ** indicates significant difference between CK and treatment by t test ($P < 0.01$). ns indicates no significant difference.

小麦抗蚜性表型能延缓蚜虫种群发展,符合害虫综合治理的目标(Kogan, 1982)。然而,麦蚜可能通过唾液中效应子帮助其逃避寄主的免疫反应(Zhang Y et al., 2022),进而快速适应寄主抗性。另外,成株期小麦随着由营养生长转向生殖生长,其防御系统减弱,对蚜虫的抗性机理也主要转变为限制营养为主,而非化学毒害(Züst & Agrawal, 2016; Zhang et al., 2021),因此,推测成株期小麦对麦蚜抗性减弱可能是一种普遍现象。本研究未发现成株期对荻草谷网蚜高抗的小麦品种(系),仅发现山农116、泉麦31和濮麦1165对荻草谷网蚜均表现为中、低抗性;在2020年自然感蚜条件下,荻草谷网蚜均能在在这3个小麦品种(系)的穗部成功定殖,最高蚜害级别也很容易达到6级。2022年人工接蚜验证试验发现,随着时间推移,除郑麦132表现稳定的低水平抗蚜性外,抗蚜组其他小麦品种(系)均表现为低水平适蚜性,5月6日(灌浆期)小麦上蚜量达到高峰,抗蚜组与适蚜组的所有小麦品种(系)的抗蚜指数差异不显著,表明在大田以蚜量为基础进行抗蚜性评估时,即使在麦蚜严重发生年,麦蚜种群时空动态分布不均一导致的抗蚜性评估结果不准确的问题依然不能消除(胡想顺等, 2022b),同时表明成株期小麦对荻草谷网蚜的抗性减弱是一种普遍现象。

与抗蚜性相比,在抗源鉴定中小麦的耐蚜性常常被忽视,耐蚜性对麦田蚜虫的防控作用也常常被低估(Smith, 2005; Koch et al., 2016; Nalam et al.,

2019)。本研究结果表明,耐蚜性是比较抗蚜性更稳定的遗传特征。耐蚜性机制与植株光合作用和同化物合成能力增强有关(陈建明等, 2005; Peterson et al., 2017; Ramsden et al., 2017),因此,耐害性易与农作物品种选育时的丰产特性和抗逆性契合。耐蚜性小麦可容忍田间存在一定数量的蚜虫,这可为天敌昆虫提供食物,易于与生防耦合应用(Cai et al., 2009),更符合绿色植保及有害生物生态治理的理念(Altieri et al., 1983; 戈峰等, 2014; 翟保平, 2017)。生产实践中长期种植的一些优良小麦品种,如关中麦区主栽品种小偃22,其成株期有较好的耐害性(Cao et al., 2015; Hu et al., 2016),但其在麦蚜防控中的作用未受到重视,在以后的小麦抗性育种与麦蚜防控中应给予重视。本研究发现,中育1220、泰禾麦2号和瑞华1408在自然感蚜时蚜量较低(有蚜株蚜害级别累积小于12),千粒重损失率低于5.00%,人工接蚜验证亦表现出良好的耐蚜性,表明其兼具一定的耐蚜性和田间抗蚜性。在生产上,当普通小麦扬花灌浆期蚜量达到300~500头/百穗时需要进行防控(郭予元等, 1988; Carter et al., 1989; Ramsden et al., 2017),而对于这些耐蚜性小麦品种(系)的防治指标可以适当放宽。泰麦601、瑞华592、轮选166和中农麦4007在自然感蚜高蚜量(有蚜株蚜害级别累积值大于14)和人工辅助接蚜时千粒重损失率均低于15.00%,这些小麦品种(系)适合于有机农业生产。

表 4 2022 年人工辅助接蚜条件下成株期小麦品种(系)的耐蚜指数和耐蚜性水平及千粒重损失率
Table 4 Tolerance index, tolerance grade and loss rate of 1 000 grain weight of the wheat varieties (lines)
at the adult stage to *Sitobion miscanthi* under artificially assisted aphid infestation in 2022

分组 Group	品种(系) Wheat variety (line)	耐蚜指数 Tolerance index			耐蚜性分级 Tolerance grade			千粒重损失率 Loss rate of 1 000 grain weight/%
		4-20	4-28	5-06	4-20	4-28	5-06	
耐蚜组 Tolerant wheat varieties (lines)	郑品麦 25 号 Zhengpinmai 25	0.246	0.209	0.245	ht	ht	ht	4.06
	轮选 166 Lunxuan 166	0.302	0.280	0.339	mt	ht	mt	5.67
	瑞华 592 Ruihua 592	0.350	0.366	0.445	mt	mt	mt	6.88
	中农麦 4007 Zhongnongmai 4007	0.073	0.063	0.071	ht	ht	ht	7.83
	泰麦 601 Taimai 601	0.377	0.434	0.488	mt	mt	mt	8.25
	郑麦 132 Zhengmai 132	0.736	0.757	0.718	lt	lt	lt	10.98
	瑞华 523 Ruihua 523	1.360	0.652	0.672	ms	lt	lt	11.78
	瑞华 1408 Ruihua 1408	0.885	0.878	0.890	lt	lt	lt	14.19
	泰禾麦 2 号 Taihemai 2	1.026	0.744	0.945	ls	lt	ls	14.32
	中育 1428 Zhongyu 1428	0.722	1.422	0.912	lt	ms	ls	14.54
	中育 1220 Zhongyu 1220	0.866	0.895	0.894	lt	lt	lt	14.68
	西农 511 Xinong 511	1.004	0.838	0.912	ls	lt	ls	15.94
	均值 Average	0.662	0.628	0.628				10.22
感蚜组(CK) Susceptible wheat varieties (lines)	濮兴 0369 Puxing 0369	1.021	1.010	1.170	ls	ls	ls	19.21
	丰德存麦 20 号 Fengdecunmai 20	1.312	1.212	1.294	ms	ms	ms	21.04
	济麦 55 Jimai 55	1.123	1.503	1.181	ls	hs	ls	23.57
	保丰 14511 Baofeng 14511	1.439	1.190	1.303	ms	ls	ms	25.18
	涡麦 77 Womai 77	1.259	1.425	1.589	ms	ms	hs	25.39
	济麦 45 Jimai 45	1.361	1.279	1.511	ms	ms	hs	25.54
	山农 116 Shannong 116	1.629	1.626	1.437	hs	hs	ms	25.90
	徐麦 1412 Xumai 1412	1.331	1.506	1.746	ms	hs	hs	26.14
	中颖 8 号 Zhongying 8	1.834	1.640	1.533	hs	hs	hs	26.90
	众麦 99 Zhongmai 99	1.637	1.611	1.600	hs	hs	hs	27.56
	宝亮 5 号 Baoliang 5	1.486	1.700	1.666	ms	hs	hs	27.88
	丹麦 118 Danmai 118	1.715	1.529	1.607	hs	hs	hs	28.71
	LS018R	1.651	1.767	1.645	hs	hs	hs	29.39
	郑麦 5138 Zhengmai 5138	2.232	2.182	2.148	hs	hs	hs	33.19
	均值 Average	1.502	1.513	1.531				26.11

ht: 高耐; mt: 中耐; lt: 低耐; ls: 低感; ms: 中感; hs: 高感。ht: High tolerance; mt: middle tolerance; lt: low tolerance; ls: low susceptible; ms: middle susceptible; hs: high susceptible.

综上所述,我国后备主栽小麦品种(系)对荻草谷网蚜的抗性水平依然较弱,且灌浆期小麦品种(系)的抗蚜性减弱是一种普遍现象;但具有耐蚜性的小麦品种(系)较多,耐蚜性水平尚可,可作为绿色防控小麦蚜虫的备选种质资源。

参 考 文 献 (References)

- Abbas SW, Niaz U. 2019. Effect of aphid species infestation on wheat crop, *Triticum aestivum* L. and its yield. *Journal of Agricultural Science and Botany*, 3(2): 6–9
- Altieri MA, Martin PB, Lewis WJ. 1983. A quest for ecologically

- based pest management systems. *Environmental Management*, 7 (1): 91–99
- Bruce TJA, Aradottir GI, Smart LE, Martin JL, Caulfield JC, Doherty A, Sparks CA, Woodcock CM, Birkett MA, Napier JA, et al. 2015. The first crop plant genetically engineered to release an insect pheromone for defence. *Scientific Reports*, 5: 11183
- Cai QN, Ma XM, Zhao X, Cao YZ, Yang XQ. 2009. Effects of host plant resistance on insect pests and its parasitoid: a case study of wheat-aphid-parasitoid system. *Biological Control*, 49(2): 134–138
- Cao HH, Pan MZ, Liu HR, Wang SH, Liu TX. 2015. Antibiosis and tolerance but not antixenosis to the grain aphid, *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae), are essential mechanisms of resistance in a wheat cultivar. *Bulletin of Entomological Research*, 105(4): 448–455
- Carter N, Powell W, Wright AF, Ashby JE. 1989. Effectiveness of different insecticides applied at various growth stages to control aphids on winter wheat. *Crop Protection*, 8(4): 271–276
- Chen JH, Xu YG, Zhang YJ, Zhang XF, Yang J, Wang CP, Yan XF. 2022. Evaluation of resistance of wheat germplasm resources to wheat aphid in field adult stage. *China Plant Protection*, 42(11): 42–45 (in Chinese) [陈建辉, 徐永贵, 张亚婕, 张香粉, 杨静, 王春平, 闫雪芳. 2022. 小麦种质资源田间成株期麦长管蚜抗性评价. *中国植保导刊*, 42(11): 42–45]
- Chen JM, Yu XP, Cheng JA, Zheng XS, Xu HX, Lü ZX, Zhang JF, Chen LZ. 2005. Research progress of plant insect resistance. *Acta Entomologica Sinica*, 48(2): 262–272 (in Chinese) [陈建明, 俞晓平, 程家安, 郑许松, 徐红星, 吕仲贤, 张珏锋, 陈列忠. 2005. 植物耐虫性研究进展. *昆虫学报*, 48(2): 262–272]
- Dara SK. 2019. The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1): 12
- Ge F, Ouyang F, Zhao ZH. 2014. Ecological management of insects based on ecological services at a landscape scale. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3): 597–605 (in Chinese) [戈峰, 欧阳芳, 赵紫华. 2014. 基于服务功能的昆虫生态调控理论. *应用昆虫学报*, 51(3): 597–605]
- Gebretsadik KG, Zhang Y, Chen JL. 2022. Screening and evaluation for antixenosis resistance in wheat accessions and varieties to grain aphid, *Sitobion miscanthi* (Takahashi) (Hemiptera: Aphididae). *Plants*, 11(8): 1094
- Guo YY, Cao YZ, Li SG, Wu YQ, Liu AZ, Hu Y. 1988. Preliminary study on the harm of wheat aphid mixed population to wheat heading stage and its dynamic control index. *Plant Protection*, 14 (3): 2–5 (in Chinese) [郭予元, 曹雅忠, 李世功, 武予清, 刘爱芝, 胡毅. 1988. 麦蚜混合种群对小麦穗期的危害和动态防治指标初步研究. *植物保护*, 14(3): 2–5]
- Hu XS, Li GK, Zhang ZF, Zhao HY, Liu TX. 2022a. Tolerance of wheat to the grain aphid *Sitobion avenae* and evaluation method: a review. *Journal of Plant Protection*, 49(4): 983–993 (in Chinese) [胡想顺, 李广阔, 张战凤, 赵惠燕, 刘同先. 2022a. 小麦对麦长管蚜的耐害性及评估方法. *植物保护学报*, 49(4): 983–993]
- Hu XS, Li JW, Peng JF, Zhao HY, Liu TX. 2022b. Grain aphid *Sitobion miscanthi*: damage on wheat yield components and its ecological control. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 38(12): 110–118 (in Chinese) [胡想顺, 李靖文, 彭静凤, 赵惠燕, 刘同先. 2022b. 麦长管蚜对小麦产量成分的影响与生态防控. *中国农学通报*, 38(12): 110–118]
- Hu XS, Liu YJ, Wang YH, Wang Z, Yu XL, Wang B, Zhang GS, Liu XF, Hu ZQ, Zhao HY, et al. 2016. Resistance of wheat accessions to the English grain aphid *Sitobion avenae*. *PLoS ONE*, 11 (6): e0156158
- Hu XS, Zhao HY. 2014. The reviews of wheat resistant mechanism to cereal aphid in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(6): 1459–1469 (in Chinese) [胡想顺, 赵惠燕. 2014. 我国小麦抗蚜机理研究进展. *应用昆虫学报*, 51(6): 1459–1469]
- Jia JZ, Gao LF, Zhao GY, Zhou WB, Zhang WJ. 2015. Crop genomics and crop science revolutions. *Scientia Agricultura Sinica*, 48 (17): 3316–3347 (in Chinese) [贾继增, 高丽锋, 赵光耀, 周文斌, 张卫健. 2015. 作物基因组学与作物科学革命. *中国农业科学*, 48(17): 3316–3347]
- Jiang X, Zhang Q, Qin YG, Yin H, Zhang SY, Li Q, Zhang Y, Fan J, Chen JL. 2019. A chromosome-level draft genome of the grain aphid *Sitobion miscanthi*. *GigaScience*, 8(8): giz101
- Koch KG, Chapman K, Louis J, Heng-Moss T, Sarath G. 2016. Plant tolerance: a unique approach to control Hemipteran pests. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1363
- Kogan M. 1982. Plant resistance in pest management.//Metcalf RL, Luckmann WH. *Introduction to insect pest management*. New York: John Wiley and Sons, pp. 93–134
- Larsson H. 2005. A crop loss model and economic thresholds for the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), in winter wheat in southern Sweden. *Crop Protection*, 24(5): 397–405
- Liu XL, Wang CY, Wang YJ, Zhang H, Ji WQ. 2014. Screening and evaluation of different wheat varieties for resistance to English grain aphid *Sitobion avenae* at seedling and adult-plant stages. *Journal of Plant Protection*, 41(2): 216–224 (in Chinese) [刘新伦, 王长有, 王亚娟, 张宏, 吉万全. 2014. 不同小麦品种资源苗期和成株期麦长管蚜抗性鉴定和分析. *植物保护学报*, 41(2): 216–224]
- Morales-Hojas R, Sun JX, Alvira Iraizoz F, Tan XL, Chen JL. 2020. Contrasting population structure and demographic history of cereal aphids in different environmental and agricultural landscapes. *Ecology and Evolution*, 10(18): 9647–9662
- Nalam V, Louis J, Shah J. 2019. Plant defense against aphids, the pest extraordinaire. *Plant Science*, 279: 96–107
- Nguyen HDD, Nansen C. 2018. Edge-biased distributions of insects: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(1): 11
- Painter RH. 1958. Resistance of plants to insects. *Annual Review of Entomology*, 3: 267–290
- Peterson RKD, Varella AC, Higley LG. 2017. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. *PeerJ*, 5: e3934
- Ramsden MW, Kendall SL, Ellis SA, Berry PM. 2017. A review of economic thresholds for invertebrate pests in UK arable crops. *Crop*

- Protection, 96: 30–43
- Shi ZL, Zheng WY, Yi QY, Ma AP, Xu GY. 1999. A study on field selecting technique of wheat varieties for resistance to wheat aphid. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 14(1): 98–101 (in Chinese) [史忠良, 郑王义, 尹青云, 马爱萍, 许钢垣. 1999. 冬小麦抗蚜品种田间筛选技术研究. 华北农学报, 14(1): 98–101]
- Simon AL, Caulfield JC, Hammond-Kosack KE, Field LM, Aradottir GI. 2021. Identifying aphid resistance in the ancestral wheat *Triticum monococcum* under field conditions. *Scientific Reports*, 11(1): 13495
- Smith CM. 2005. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Dordrecht: Springer
- Stout MJ. 2013. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. *Insect Science*, 20(3): 263–272
- Teetes GL. 2006. Plant resistance to insects: a fundamental component of IPM.//Radcliffe EB, Hutchison WD, Cancelado RE. Radcliffe's IPM world textbook, St. Paul, MN: University of Minnesota
- Wang MF, Yang HM, Liu JQ, Lei ZS, Wu ZQ, Yuan GH, Chen JL. 2010. Effect of aphid damage on wheat yield and quality in Yellow and Huai valleys winter wheat region. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 39(4): 16–20 (in Chinese) [王美芳, 杨会民, 刘进前, 雷振生, 吴政卿, 原国辉, 陈巨莲. 2010. 黄淮冬麦区小麦品种抗蚜性鉴定及蚜虫对小麦产量和品质的影响. 河南农业科学, 39(4): 16–20]
- Xia YL, Yang QH. 1990. A study on fuzzy recognition method for identifying the plant resistance to insect. *Journal of Plant Protection*, 17(2): 155–161 (in Chinese) [夏云龙, 杨奇华. 1990. 植物抗虫性鉴定的模糊识别方法研究. 植物保护学报, 17(2): 155–161]
- Zhai BP. 2017. From IPM to EPM: China approaches for rice pest management. *Journal of Plant Protection*, 44(6): 881–884 (in Chinese) [翟保平. 2017. 从IPM到EPM: 水稻有害生物治理的中国路径. 植物保护学报, 44(6): 881–884]
- Zhang GX. 1998. Fauna of agricultural and forestry aphids in Northwest China. Beijing: Chinese Environmental Science Press, pp. 429, 432 (in Chinese) [张广学. 1998. 西北农林蚜虫志. 北京: 中国环境科学出版社, pp. 429, 432]
- Zhang KX, Li HY, Quandahor P, Gou YP, Li CC, Zhang QY, Haq IU, Ma Y, Liu CZ. 2022. Responses of six wheat cultivars (*Triticum aestivum*) to wheat aphid (*Sitobion avenae*) infestation. *Insects*, 13(6): 508
- Zhang Y, Liu XB, Fu Y, Crespo-Herrera L, Liu H, Wang Q, Zhang YM, Chen JL. 2022. Salivary effector Sm9723 of grain aphid *Sitobion miscanthi* suppresses plant defense and is essential for aphid survival on wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(13): 6909
- Zhang ZF, Lan H, Cao HH, Hu XS, Fan YL, Song Y, Wu LJ, Liu TX. 2021. Impacts of constitutive and induced benzoxazinoids levels on wheat resistance to the grain aphid (*Sitobion avenae*). *Metabolites*, 11(11): 783
- Zhou MZ. 1992. Principle and application of crop insect resistance. Beijing: China Agricultural University Press (in Chinese) [周明祥. 1992. 作物抗虫性原理及应用. 北京: 中国农业大学出版社]
- Züst T, Agrawal AA. 2016. Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. *Nature Plants*, 2: 15206

(责任编辑:张俊芳)