

麦长管蚜(*Sitobion avenae* F.)危害对春小麦面粉品质性状及面团流变学特性的影响

师桂英¹ 尚勋武^{1,*} 王化俊^{1,2} 马小乐¹ 胡秉芬¹ 李昌盛¹

¹甘肃农业大学农学院, 甘肃兰州 730070; ²甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃兰州 730070

摘要: 选用 2 个抗麦长管蚜(*Sitobion avenae* F.)小麦材料及 4 个感蚜材料, 利用人工接种方法研究了该蚜虫危害对小麦面粉品质的影响。结果表明, 蚜虫取食对面粉颗粒度没有显著影响, 但可引起小麦面粉灰分含量显著增加, 蛋白质含量、SDS 沉降值、面团筋力、膨胀指数、面团延伸性、面团弹性、弹性指数显著降低, 从而降低面粉品质。抗蚜小麦 04-9284、C272 及感蚜硬质小麦甘春 20 部分品质指标不发生变化或变化程度低于其他 3 个感蚜软质小麦。5 个软质小麦蚜量高峰值与膨胀指数、面团弹性、SDS 沉降值、面团筋力和蛋白质含量品质的降低幅度呈正相关, 相关系数分别为 0.9968、0.9619、0.9310、0.9108 和 0.8886, 均达显著水平; 与灰分含量、面团延伸性和弹性指数相关性不显著。甘肃兰州拉面专用品种甘春 20 在高密度蚜虫危害后, 面粉品质下降, 但依然符合该专用粉的最适品质要求。

关键词: 抗蚜性; 小麦; 面粉品质; 籽粒硬度; 蚜虫

Responses of Flour Quality and Dough Rheological Properties to *Sitobion avenae* F. Inoculated in Spring Wheat

SHI Gui-Ying¹, SHANG Xun-Wu^{1,*}, WANG Hua-Jun^{1,2}, MA Xiao-Le¹, HU Bing-Fen¹, and LI Chang-Sheng¹

¹ College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; ² Gansu Provincial Key Laboratory of Crop Genetic & Germplasm Enhancement, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: *Sitobion avenae* F., one of the important aphid species infesting spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in western China, causes not only yield loss but also quality degradation of wheat flour. In the authors' earlier studies, two wheat lines with high resistance to *S. avenae*, 04-9284 and C272 were screened out from 521 accessions. Another five highly susceptible cultivars (lines) were also identified, including a specific cultivar "Guanchun 20" for Lanzhou hand-stretched noodles. The aims of the present study were to compare quality differences of resistant and susceptible wheat lines inoculated with aphids, and to assess the contributions of grain hardness and gliadin to aphid resistance. The lines 04-9284 and C272 (soft grain) were used as resistant lines, and four cultivars (lines), Ganchun 20 (hard grain) as well as Ganchuan 18, C162, and C167 (soft grain with specific ω gliadin in grains after aphid infecting) were susceptible to *S. avenae*. After artificial inoculation with *S. avenae* on 5 June, the density of aphid population was measured from 15 June to 20 July at an interval of 6–7 d. Flour quality and dough rheological properties were determined after grain maturing. The mean density of aphid population at peak occurrence was 4.3-fold higher in susceptible lines than in resistant lines. Aphid infecting resulted in no significant change in flour granule ($t = 0.4312$, $P = 0.68$), but induced significant increase in ash content ($t = 2.9207$, $P = 0.03$) and reductions in protein content ($t = 2.5444$, $P = 0.05$), SDS sedimentation value ($t = 4.5736$, $P = 0.01$), strength ($t = 4.2517$, $P = 0.01$), swelling ($t = 6.6691$, $P = 0.00$), extensibility ($t = 3.1826$, $P = 0.02$), tenacity ($t = 3.6653$, $P = 0.01$), and index of elastic ($t = 2.8750$, $P = 0.03$). In susceptible lines Ganchun 18, C162, and C167, aphid infecting significantly reduced quality parameters mentioned above excluding flour gradual and ash content. Ganchun 20 showed less influence than the other three susceptible lines, its protein content, swelling, and extensibility reduced insignificantly, and the other parameters decreased slightly. In resistant lines 04-9284 and C272, there were significant variations after aphid infecting only in strength and extensibility with much smaller values than those in the three susceptible lines. Correlation analysis showed that the peak aphid density in the five lines with soft grain was positively correlated with the decrease percentages of quality parameters, such as swelling ($r = 0.9968$, $P < 0.01$), tenacity ($r = 0.9619$, $P < 0.01$), SDS sedimentation, strength ($r = 0.9108$, $P < 0.05$), and protein content

本研究由甘肃省自然科学基金(0710RJZA094), 甘肃省农牧厅协作项目(034061), 甘肃农业大学中青年创新基金(GAU-CX0520)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 尚勋武, E-mail: shangxunwu@163.com

第一作者联系方式: E-mail: shigy@gsau.edu.cn

Received(收稿日期): 2008-11-19; Accepted(接受日期): 2009-06-25.

($r = 0.8886$, $P < 0.05$). With respect to the hard-grain cultivar Ganchun 20, the flour quality was still qualified for processing hand-stretched noodles even at the high density of 214.67 aphids per tiller. Field investigation showed that the peak density of *S. avenae* on Ganchun 20 was 122.36–154.33 heads per tiller in common years, which is much fewer than that in this study. Therefore, Ganchun 20 is not degraded seriously in flour quality under normal occurrence of *S. avenae* and possesses a relative stability of quality in response to the infecting of aphid.

Keywords: Aphids resistance; Wheat; Flour quality; Grain hardness; Aphid

蚜虫在谷类作物上普遍发生,通过直接取食及传播病毒对其产量及品质产生影响^[1]。麦长管蚜(*Sitobion avenae* F.)是中国北方春小麦主要的穗部蚜虫,可危害小麦穗部及叶部,叶部危害以旗叶为主。该虫繁殖能力极强^[2],在适宜发生季节最易达到侵染危害水平,虫口密度为单茎 20~25 头时即可造成小麦减产^[3],达到 25 头时可引起小麦品质降低^[4]。蚜虫危害可造成小麦植株矮化,分蘖减少,籽粒数、穗重、千粒重降低。一般减产 40%左右,严重时可达 70%以上,甚至绝收。甘肃省河西地区是麦蚜常灾区,麦长管蚜是该区的麦蚜优势种群^[5]。2002—2006 年,笔者从该区 521 份春小麦中筛选获得 2 份麦长管蚜高抗材料(04-9284 及 C272)及甘春 20 等 5 份高感材料^[6]。其中甘春 20 号是甘肃农业大学育成的优质强筋硬质红春小麦,作为兰州拉面专用品种在生产中应用。

有关蚜虫危害对小麦品质的影响,目前的研究主要集中于蛋白质^[4,7-8]。蛋白质含量和质量是影响小麦面粉品质的重要因素,麦谷蛋白和麦醇溶蛋白是蛋白质的基本成分,麦谷蛋白决定面团的弹性及力度,麦醇溶蛋白决定面团的延展性,二者共同决定面团的流变特性^[8]。麦双尾蚜(*Diuraphis noxia*)、禾谷缢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)、麦长管蚜、麦无网长管蚜(*Metopolophium dirhodum*)取食可造成小麦(MV 17)麦谷蛋白及醇溶蛋白含量增加,二者含量比值下降^[9]。后 3 种蚜虫中,以麦双尾蚜取食所引起的麦谷蛋白及醇溶蛋白含量比值下降最大,麦长管蚜最小^[4]。麦长管蚜危害可引起软质小麦 Mv Magdalena 的醇溶蛋白和总蛋白含量增加,麦谷蛋白与醇溶蛋白含量比值降低,但对硬质小麦 Mv Magvas 没有明显影响^[7]。麦长管蚜危害还可增加小麦面粉烟酸与硫胺素含量^[3]。对小麦加工品质受麦蚜的影响,仅李巧丝等报道在自然条件下豫麦 47 受到麦长管蚜和禾谷缢管蚜复合种群危害,随着蚜量的增加,面团稳定时间及湿面筋(%)降低,面粉吸水率略有增加,面团形成时间和粗蛋白(干基%)变化不大^[10]。

小麦低分子量麦谷蛋白中的一些亚基与面团流变学特性相关^[11],但醇溶蛋白亚基与面团流变学特性关系的研究未见报道。笔者对所筛选到的 2 个麦长管蚜高抗材料及 5 个高感材料籽粒醇溶蛋白进行 A-PAGE 分析,结果表明,麦长管蚜取食可诱导感虫材料甘春 18、C162、C167 醇溶蛋白亚基发生变化^[5]。鉴于此,本研究选用上述抗蚜性不同、籽粒硬度不同、麦长管蚜取食后醇溶蛋白质亚基变化不同的 6 个小麦品系为材料,研究该蚜虫危害对小麦面粉品质、面团流变学特性的影响。研究结果对于明确麦长管蚜对抗感小麦品质影响的差异,探讨籽粒硬度和籽粒醇溶蛋白亚基在小麦抗蚜性中的作用,理解和改良甘春 20 小麦品质的稳定性有一定意义。

1 材料与方法

1.1 材料

6 份材料均由甘肃农业大学小麦育种课题组提供。其中甘春 20、甘春 18 为本课题组育成品种。04-9284 为地方农家品系、C272、C162、C167 是从 CIMMITY 引进的高代品系。04-9284 及 C272 为麦长管蚜抗虫材料,甘春 20、甘春 18、C162、C167 为感蚜材料^[6]。

1.2 田间设计与人工接虫处理

利用感虫品系 C167 繁殖蚜虫。田间自然感虫后,于 5 月下旬搭建尼龙网室繁殖蚜虫供人工接种。将实验材料播种于尼龙网室中。每份材料播 6 行,行长 1 m、行距 20 cm。试验为随机区组设计,3 次重复。于 2006 年 3 月 20 日播种,4 月 16 日喷洒有机磷农药杀死网室中的虫源。6 月 5 日人工接种蚜虫,每小区随机接种 30 个成穗单茎,每单茎于穗部接种麦长管蚜无翅型孤雌胎生蚜 5 头。6 月 15 日进行第 1 次调查,后每隔 6~7 d 调查 1 次。参考蔡青年等的调查方法^[12],采用 5 点取样,每点 10 个成穗单茎,共 50 个,计算成穗单茎蚜虫平均虫口密度。

1.3 取样与品质指标

收获后分小区考种，分析小麦品质。以另一网室中未接虫的相应处理作为对照。采用CD1 仿工业实验磨(法国Tripette & Renaud公司)按“二皮二心”方法磨粉，出粉率 65%。采用近红外谷物测定仪NIR Perten 8620 (瑞典PERTON公司)按ICC-202 方法测定蛋白质含量、灰分含量、颗粒度。按AACC56-51 方法测定SDS-沉淀值。采用吹泡—稠度粉质仪Alveograph (法国Tripette & Renaud公司)按ICC-121 方法测定面团筋力、面团弹性、面团延伸性、面团膨胀指数和弹性指数(I.e. = P_{200}/P , P_{200} 指面团块下吹入 200 mL的气体时面团的弹性)等面团流变学指标。

1.4 数据分析

用 SPSS16.0 进行基本统计量计算和相关分析。按 t 测验成对比较各品质指标平均值；利用 LSD 法进行某一调查时间各品系蚜虫虫口密度多重比较和每一品系各品质指标比较。

2 结果与分析

2.1 人工接种后各品系蚜虫种群数量动态变化

各品系虫口密度随时间的变化规律基本一致。接种初期虫口基数低，虫口密度增加缓慢，接种 15 d 后，各品系虫口密度介于每穗 10.7~21.7 头。后随虫口基数增加，虫口密度迅速增加，至 7 月 1 日，即接种 26 d 后达到最大值。高峰期之后，由于植株营养条件恶化，虫口密度急剧下降，至 7 月 13 日接近于 0，7 月 20 日全部为 0。感蚜品系虫口密度远高于抗蚜品系。4 个感蚜品系及 2 个抗蚜品系平均虫口密度峰值分别为每穗 188.3 头和 38.33 头，分别是虫口基数的 37.7 倍和 7.7 倍，感蚜品系虫口密度是抗蚜品系的 4.3 倍(表 1)。

表 1 不同春小麦品种(系)灌浆期人工接种麦长管蚜后的虫口密度

Table 1 Dynamics density of *Sitobion avenae* after artificial inoculation in spring wheat during grain filling

品种 Genotype	调查日期 Sampling date (month/day)					
	6/20	6/26	7/1	7/7	7/13	7/20
甘春 18 Ganchun 18	21.67±1.56 a	134.67±15.88 a	214.67±5.51 a	29.33±2.89 a	0.00±0.00 d	0.00±0.00 a
C167	20.02±1.67 a	124.67±10.94 a	195.00±22.65 ab	25.33±1.53 a	2.02±0.86 c	0.00±0.00 a
甘春 20 Ganchun 20	16.67±1.54 b	88.30±9.54 b	176.67±14.04 bc	16.00±2.00 b	4.23±0.80 b	0.00±0.00 a
C162	14.67±1.45 b	84.04±12.17 b	169.00±13.08 c	15.00±2.65 b	5.45±0.40 a	0.00±0.00 a
C272	10.70±1.98 c	28.33±2.50 c	40.68±2.32 d	6.94±1.64 c	2.12±0.20 c	0.00±0.00 a
04-9284	11.33±1.78 c	30.11±4.36 c	36.00±1.73 d	4.00±1.73 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 a

同列标以不同字母的数值间达0.05水平显著差异($P < 0.05$)。

Means within a column followed by different letters are significantly different at 0.05 probability level.

穗部接蚜 5 d 后，叶片上即可观察到蚜虫，但虫口密度很低，仅占总蚜量的 5.12%~5.21%。之后，叶部蚜量比例有所增加，但穗部蚜量始终占绝对优势。在危害高峰期，4 个感蚜材料穗部蚜虫占总蚜量的 85.73%~86.40%，2 个抗蚜材料穗部蚜虫占总蚜量的 74.07%和 75.78%。高峰期后，叶片营养条件恶化，叶部蚜虫数量剧减，穗部蚜虫数量比例激增，至 7 月 7 日，所有材料穗部蚜虫占总蚜量比例达到 95.00%~95.79%。7 月 13 日，蚜虫仅在穗部零星发生，叶部虫口密度为 0 (图 1)。

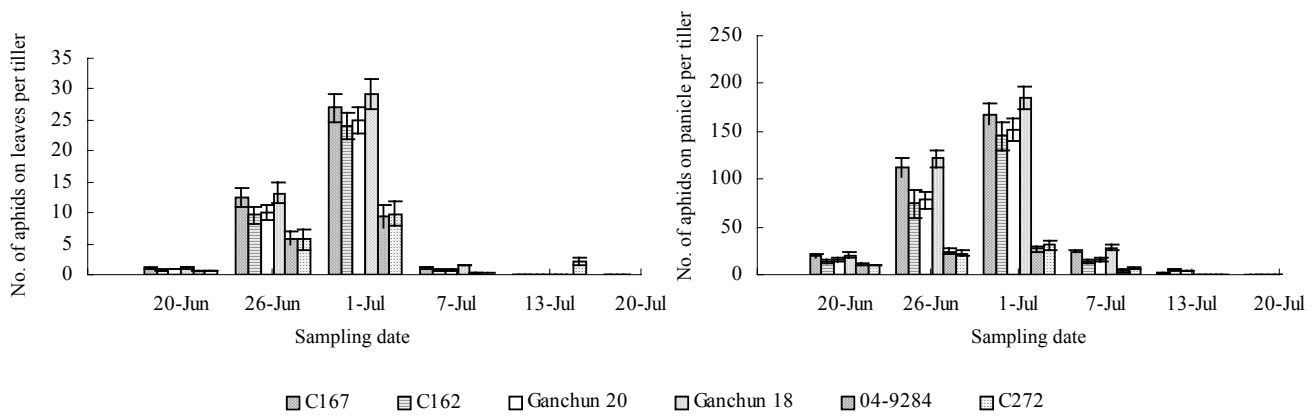


图1 不同春小麦品种(系)灌浆期人工接种麦长管蚜后穗部及叶片的虫口密度

Fig.1 Dynamics density of *Sitobion avenae* after artificial inoculation on spike and leaf of spring wheat during grain filling

2.2 蚜虫危害对面粉品质的影响

蚜虫取食后,面粉颗粒度没有显著变化,灰分含量显著增加,而其余7项品质指标均下降,其中蛋白质含量、面团延伸性、弹性指数下降达显著水平,SDS沉降值、面团筋力、膨胀指数、面团弹性下降达极显著水平(表2)。

表2 麦长管蚜危害对春小麦品质性状的影响

Table 2 Effect of *Sitobion avenae* infecting on flour quality parameters of spring wheat

面粉品质指标 Quality parameter	蚜虫取食 Aphid feeding	对照 Control	t-value	P-value
蛋白质含量 Protein content (%)	10.30±1.17	10.98±1.02	2.5444	0.05
颗粒度 Granule (%)	54.97±3.67	55.26±4.07	0.4312	0.68
SDS沉降值 SDS sedimentation value (mL)	35.39±6.53	39.60±6.54	4.5736	0.01
灰分 Ash(%)	0.91±0.14	0.78±0.05	2.9207	0.03
面团筋力 Strength (MJ)	169.77±83.51	199.35±83.54	4.2517	0.01
膨胀指数 Swelling (mL)	17.52±2.22	19.38±1.80	6.6691	0.00
面团延伸性 Extensibility (mm)	67.77±17.32	76.95±12.11	3.1826	0.02
面团弹性 Tenacity (mm)	80.17±20.76	90.18±20.09	3.6653	0.01
弹性指数 Index of elastic	26.97±15.80	32.83±14.24	2.8750	0.03

在6个供试材料中,04-9284、C272及甘春20的部分品质指标不发生变化或变化幅度低于其他材料。蚜虫危害后,蛋白质含量、颗粒度在2个抗蚜小麦及甘春20中不变,在另外3个材料中下降显著;SDS沉降值、面团弹性、弹性指数在2个抗蚜小麦中不变,在另外4个感蚜小麦中显著下降;面团延伸性在甘春20中不变,在另外5个材料中显著下降;所有材料面团筋力降低,2个抗蚜小麦及甘春20面团筋力下降显著,另外3个感蚜材料面团筋力下降极显著(表3)。

表 3 麦长管蚜危害对抗蚜性不同春小麦材料品质性状的影响

Table 3 Effect of *Sitobion avenae* infecting on flour quality of spring wheat genotypes with different levels of aphid resistance

品种 Genotype	蛋白质 Protein content (%)		颗粒度 Granule (%)		SDS 沉降值 SDS sedimentation (mL)		灰分 Ash (%)	
	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照
	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control
04-9284	9.83±0.91	10.10±0.10	51.67±1.53	51.33±2.08	28.32±0.37	30.73±2.00	0.92±0.04**	0.84±0.03
C272	10.82±0.73	10.73±0.64	56.46±3.79	54.33±2.52	36.57±1.50	37.75±1.48	0.77±0.01*	0.74±0.03
甘春 20 Ganchun 20	12.07±0.08	12.27±0.15	61.00±1.00	63.00±1.00	47.13±1.12*	50.57±1.59	0.87±0.03**	0.75±0.04
甘春 18 Ganchun 18	9.07±0.15**	9.93±0.21	52.67±1.16	55.00±1.70	36.30±1.30**	42.23±1.19	0.93±0.04**	0.74±0.03
C162	9.13±0.31*	10.67±0.68	56.33±3.79	55.33±2.52	32.57±2.50*	37.74±1.48	0.79±0.01*	0.76±0.01
C167	10.93±0.61*	12.20±0.26	51.67±1.15	52.67±2.08	31.47±2.20**	38.60±0.89	1.15±0.04**	0.85±0.05

品种 Genotype	面团筋力 Strength (MJ)		膨胀指数 Swelling (mL)		面团延伸性 Extensibility (mm)		面团弹性 Tenacity (mm)		弹性指数 Index of elastic	
	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照
	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control
04-9284	115.57±5.27*	129.33±5.51	19.80±0.85	21.30±0.61	84.57±2.23*	92.03±3.78	89.50±3.29	91.75±1.85	19.80±1.31	21.27±1.10
C272	148.79±3.51*	169.79±7.62	18.90±0.90	20.20±1.85	73.67±1.05*	78.73±3.84	78.26±2.03	83.23±5.26	18.10±1.59	21.70±1.76
甘春 20 Ganchun 20	324.33±8.62*	340.67±1.53	19.13±1.85	20.13±0.50	78.73±2.84	81.43±1.36	113.33±2.86*	121.20±3.93	52.30±1.57*	55.63±1.18
甘春 18 Ganchun 18	187.33±3.21**	232.33±8.32	14.47±1.00*	16.70±0.90	55.30±4.25*	63.33±1.53	83.23±7.26**	104.52±1.50	21.93±1.77*	27.53±1.96
C162	157.33±2.09**	213.33±5.77	17.70±1.11*	20.34±0.78	75.67±4.04*	84.67±2.89	58.31±3.21**	70.20±2.03	39.70±2.95*	45.30±0.61
C167	85.27±2.74**	110.67±5.03	15.13±0.61**	17.63±0.38	38.70±1.61*	61.53±5.50	58.31±3.21*	70.20±4.02	10.00±2.59*	25.53±1.56

*和**表示处理与对照间达0.05和0.01水平显著差异。

* and ** indicate significant differences between the treatment and the control at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

2.3 蚜量高峰值与各品质性状降低幅度之间的相关性分析

蚜虫危害后抗蚜小麦 04-9284、C272 及甘春 20 部分品质指标不发生变化或变化幅度低于其他材料，而甘春 20 为硬质小麦，其余 5 个材料为软质小麦，故排除甘春 20，仅分析其余 5 个软质小麦各品质性状降低幅度与蚜量高峰值的相关性。结果表明，膨胀指数、面团弹性下降幅度与蚜量极显著正相关性($P<0.01$)，蛋白质含量、SDS 沉降值、面团筋力降低幅度与蚜量显著正相关性($P<0.05$)，与蚜量的相关性由强到弱依次为膨胀指数、面团弹性、SDS 沉降值、面团筋力、蛋白质含量。灰分含量、面团延伸性及弹性指数与蚜量不相关(表 4)。

表4 蚜量高峰值与小麦品质性状降低幅度的相关系数
Table 4 Correlation coefficients between peak aphid density and decrease rate of flour quality parameter

品质指标 Parameter of quality	<i>r</i>
蛋白质含量 Protein content (%)	0.8886*
SDS 沉降值 SDS sedimentation (mL)	0.9310*
灰分 Ash (%)	-0.7755
面团筋力 Strength (MJ)	0.9108*
膨胀指数 Swelling (mL)	0.9968**
面团延伸性 Extensibility (mm)	0.6519
面团弹性 Tenacity (mm)	0.9619**
弹性指数 Index of elastic	0.6655

品质指标下降率 = (未接虫对照的品质指标 - 接虫处理的品质指标) / 未接虫对照的品质指标 × 100%。

Decrease rate = (measurement of control - measurement of treatment) / measurement of control × 100%. * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

3 讨论

如果对供试6份小麦材料的所有单茎进行人工接种，工作量大，无法在短时间内完成。但由于麦长管蚜繁殖速度快，在实验室可控条件下，接种后单头雌蚜平均繁殖率最高可达 12.87 ± 1.50 头，生育天数介于 $5.75 \pm 0.25 \sim 7.20 \pm 0.20$ d^[2]；在小麦穗部每茎接种麦长管蚜5头，7 d后，MV17上的虫口密度为每茎55.6头^[4]，19 d后，Mv Magvas上的虫口密度为每茎190头^[7]，因此本研究采用网室局部接种，即将所有供试材料种植于同一网室中，在灌浆期(6月5日)每材料随机接种30穗，每穗接种5头。供试6份材料具有抗生性与抗寄居性兼而有之的抗感机制^[6]，网室阻止蚜虫向网室外迁飞及天敌捕食，网室内有翅蚜可以自由迁飞，选择寄居。至6月底7月初，小麦处于乳熟期，各品系虫口密度均达到高峰。

麦长管蚜在小麦灌浆期可危害小麦穗部及叶部。喜光、特嗜穗部是麦长管蚜重要的生物学习性^[4]。小麦进入乳熟期后，叶片营养状况恶化，蚜虫聚集于穗部，直至乳熟期结束^[13]。小麦灌浆期至乳熟期正是蛋白质的积累时期，环境因子对蛋白质含量及组成影响最大^[14]，麦长管蚜每茎25头即可降低麦谷蛋白与醇溶蛋白的比值^[4]。本试验中，两个抗蚜品系虫口密度高峰值分别为每成穗单茎40.7头和36头，两品系面粉品质下降，进一步说明低水平的麦长管蚜危害即可引起小麦品质下降。

甘春 20 是甘肃农业大学育成的优质强筋硬质红春小麦，作为甘肃兰州拉面专用粉的优质原料，在甘肃河西春麦区及内蒙古、宁夏等河套灌区大面积推广种植^[15]。本研究结果表明，每成穗单茎 214.67 头的虫口密度可引起其SDS沉降值、面团筋力、面团弹性下降，灰分含量增加，造成其面粉品质总体下降。但根据孟宪刚等^[15]关于兰州拉面专用粉最适品质指标要求的研究结果，其品质依然符合兰州拉面专用粉的最适品质要求。2004—2006 年，笔者在甘肃河西麦区调查表明，以麦长管蚜为优势种群的穗部蚜虫流行高峰期，甘春 20 上的虫口密度为每成穗单茎 122.36~154.33 头^[5]。因此，在一般年份，蚜虫危害对其品质不会产生实质性影响。这为进一步研究甘春 20 的品质稳定性提供了基础信息。

在本研究所涉及的4个感虫材料中，甘春20为硬质小麦，其余3个为软质小麦。蚜虫危害对甘春20的品质影响小于其他3个软质感蚜材料，甘春20在蚜虫危害后蛋白质含量、膨胀指数、面团延伸性及面团筋力不变或变化幅度低于其余3个软质小麦。BASKY等^[7]也有类似报道，软质小麦Mv Magdalena在麦长管蚜危害后籽粒蛋白质组成发生变化，但硬质小麦Mv Magvas未受影响。蚜虫是刺吸式昆虫，取食时将口针插入植物内部，在韧皮部细胞中穿刺，吸食植物汁液。胡想顺等^[16-17]根据麦长管蚜及禾谷缢管蚜的取食行为

刺探电位图谱(EPG),认为细胞间的阻力在小麦抗蚜性中有重要作用。因此,籽粒硬度可以视为寄主植物对付外在攻击的防御屏障,籽粒硬度大,给蚜虫口针在细胞间穿刺造成机械障碍。这也许是硬质小麦品质下降可低于软质小麦的原因之一。本研究还表明,蚜虫取食对面粉颗粒度没有影响。由于小麦面粉颗粒度反映小麦籽粒硬度,是蛋白质品质指标之一,其测定值越大籽粒硬度越大^[18],因此推测,蚜虫危害可能对籽粒硬度影响较小。Zhang等^[19]也认为,籽粒硬度主要受基因型影响,环境对其影响较小。籽粒硬度是小麦品质性状的主要指标,籽粒硬度影响面粉颗粒度、淀粉损伤度、面团水化度等,进而影响面团流变学特点^[20]。本试验仅采用了1个硬质小麦材料,对蚜虫取食前后籽粒的硬度也未测定。另一方面,小麦籽粒外有护颖包裹,对护颖在穗部蚜虫口针穿刺中的作用尚不明确。有关籽粒硬度在小麦抗蚜性中的作用尚需进一步研究。

4 结论

6个抗蚜性不同的春小麦材料受到麦长管蚜危害后面粉品质普遍降低,但是抗蚜小麦04-9284、C272及感蚜硬质小麦甘春20品质降低程度总体低于其他3个感蚜软质小麦。在甘肃河西麦区,小麦穗部蚜虫的发生流行一般不会对广泛栽培的甘肃兰州拉面专用品种甘春20的品质产生实质性影响。

References

- [1] Hoffman T K, Kolb F L. Effects of barley yellow dwarf virus on root and shoot growth of winter wheat seedling grown in aeroponic culture. *Plant Dis*, 1997, 81: 497-500
- [2] Özder N. Development and fecundity of *Sitobion avenae* on some wheat cultivars under laboratory conditions. *Phytoparasitica*, 2002, 30: 434-436
- [3] Lee G, Stevens D J, Stokes S, Wratten S D. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and bread making quality. *Ann Appl Biol*, 1981, 98: 169-178
- [4] Basky Z, Fonagy A. Glutenin and gliadin contents of flour derived from wheat infested with different aphid species. *Pest Manag Sci*, 2003, 59: 426-430
- [5] Shi G-Y(师桂英). Screening and evaluation for resistance to aphid (*Sitobion avenae* F.) and the resistant mechanism of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. PhD Dissertation of Gansu Agricultural University, 2006. pp 7-9 (in Chinese with English abstract)
- [6] Shi G-Y(师桂英), Shang X-W(尚勋武), Wang H-J(王化俊), Ma X-L(马小乐). Screening for resistance to aphid (*Sitobion avenae* F.) of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. *J Lanzhou Univ (Nat Sci)* (兰州大学学报:自然科学版), 2008, 44(5): 40-43 (in Chinese with English abstract)
- [7] Basky Z, Fonagy A. The effect of aphid infection and cultivar on the protein content governing baking quality of wheat. *J Sci Food Agric*, 2007, 87: 2488-2494
- [8] Basky Z, Fonagy A, Kiss B. Effect of aphid feeding on the glutenin, gliadin and total protein contents of wheat flour. *Acta Phytopathol Entomol Hung*, 2006, 41: 153-164
- [9] Basky Z, Fonagy A, Kiss B. Baking quality of wheat flour affected by cereal aphids. *Cereal Res Commun*, 2006, 34: 1161-1166
- [10] Li Q-S(李巧丝), Wu Y-Q(武予清), Li S-J(李素娟), Liu A-Z(刘爱芝), Liu Y-Y(刘媛媛). Effect of aphid feeding on bread baking quality of wheat. *Plant Prot* (植物保护), 2003, 29(1): 43-45 (in Chinese)
- [11] Meng X-G(孟宪刚), Shang X-W(尚勋武), Zhang G-S(张改生), Lu J-L(路建龙), Shang L-P(尚立平). Effect of low molecular gluten subunits LMW GS on dough rheological properties. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 2004, 24(6): 959-965 (in Chinese with English abstract)
- [12] Cai Q-N(蔡青年), Zhang Q-W(张青文), Wang Y(王宇), Zhou M-Z(周明祥). Effects of the secondary substances on wheat resistance to *Sitobion avenae* F. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2003, 36(8): 910-915 (in Chinese with English abstract)
- [13] Tottman D R, Broad H. Decimalcode for the growth stages of cereals. *Ann Appl Biol*, 1987, 110: 683-687
- [14] Johansson E, Prieto-Linde M L, Svensson G, Jonsson J O. Influences of cultivar, cultivation year and fertilizer rate on amount of protein groups and amount and size distribution of mono- and polymeric proteins in wheat. *J Agric Sci*, 2003, 140: 275-284
- [15] Meng X-G(孟宪刚), Shang X-W(尚勋武), Zhang G-S(张改生), Chai S-X(柴守玺). Wheat flour quality requirement for Lanzhou hand stretched noodles: I. The relationship between the noodles quality and the general quality of wheat flour. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2005, 31(4): 481-486 (in Chinese with English abstract)
- [16] Hu X S, Zhao H Y, Hu Z Q, Li D H, Zhang Y H. EPG comparison of *Sitobion avenae* (Fab.) feeding behavior on three wheat varieties. *Agric Sci China*, 2008, 7: 180-186
- [17] Hu X-S(胡想顺), Zhao H-Y(赵惠燕), Hu Z-Q(胡祖庆), Li D-H(李东鸿), Zhang Y-H(张宇红). Comparison of *Rhopalosiphum padi*. Feeding behavior on seedlings of three wheat varieties. *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 2007, 50(11): 1105-1110 (in Chinese with English abstract)
- [18] Brett F C. Genetic implication soft kernel NIR hardness on milling and flour quality in bread wheat. *Sci Food Agric*, 1994, 65: 125-132
- [19] Zhang Y, He Z H, Ye G Y. Milling quality and protein properties of autumn-sown Chinese winter wheats evaluated through multi-location trials. *Euphytica*, 2005, 143: 209-222
- [20] Oda S, Komae K, Yasue T. Relation between starch granule protein and endosperm softness in Japanese wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Jpn J Breed*, 1992, 42: 161-165