

自然环境因素对小麦品质的影响

蒋礼玲^{1,2}, 张怀刚¹ (1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 综述了自然环境因素中纬度、海拔、土壤、光照、温度、水分等对小麦品质的影响, 并提出了今后应加强的 5 个方面工作。

关键词 小麦; 自然环境因素; 品质

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2005)03 - 0488 - 03

Effect of Natural Environment Factor on Wheat Quality

JIANG Li-ling et al (Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001)

Abstract In this paper, the number of research results about effects of natural environmental factors on wheat quality at home and abroad was summarized. The effects of altitude, latitude, soil conditions, light, temperature and water were mainly reviewed. On the basis of this summarization, we pointed out that 5 items of work should be done in the future.

Key words Wheat; Natural environmental factor; Quality

小麦品质是一个比较复杂的综合性状^[1], 不仅受品种基因型的控制, 而且还受环境因素及其互作的影响^[2,3]。环境因素包括人为因素和自然环境因素。有关人为因素对小麦品质影响的报道较多, 而自然环境因素是非可控因素, 且对品质的影响是多因素的综合作用, 相关研究报道比较分散。笔者拟对现有研究成果进行总结, 以期对深入研究自然环境因素对小麦品质的影响提供较全面的信息。

1 地理生态环境对小麦品质的影响

1.1 纬度

小麦籽粒蛋白质和面筋含量与纬度呈正相关。在北纬 23°00' ~ 45°41' 范围内, 纬度每升高 1°, 小麦籽粒蛋白质含量增加 0.54 个百分点^[4]。李鸿恩等指出, 小麦籽粒蛋白质含量与纬度呈极显著正相关, 在我国 31°51' ~ 45°41' 范围内, 纬度每升高 1°, 籽粒蛋白质含量增加 0.442 个百分点^[5]。林素兰对辽春 10 号在我国东北、华北、华东和西北 8 个试验点的研究表明: 籽粒蛋白质含量在黑龙江、辽宁北部的高纬度地区高于江苏低纬度地区, 沉降值也是高纬度地区较高, 江苏、青海相对低一些^[6]。郭天财等对代表 3 种筋型的 6 个小麦品种在河南省 5 个纬度点 (32° ~ 36°N) 种植, 除个别纬度点外, 籽粒蛋白质含量、湿面筋含量、形成时间、评价值、延伸性、抗延伸性、最大延伸性都有随纬度升高逐渐增加的趋势, 吸水率呈降低趋势, 多数品质性状在中国信阳 (32°N) 与驻马店 (33°N) 间有一个明显的分界线^[7]。马冬云等以代表 3 种不同筋力的小麦品种在河南省 5 个纬度点 (32° ~ 36°N) 种植, 研究发现反映籽粒淀粉糊化特性的峰值、低谷、最终粘度均随纬度从高到低呈逐渐下降趋势, 所有品种的淀粉糊化指标均在纬度 32°N 的信阳试验点表现为最低^[8]。

1.2 海拔

籽粒蛋白质含量和面筋含量等品质性状有随海拔升高而下降的趋势。在 20 世纪 80 年代, 我国主要小麦区的品质测定结果表明, 各品种的籽粒蛋白质和赖氨酸含量均随海拔增加而降低, 二者表现负相关^[4]。张怀刚在黄土高原西部的甘肃省河西走廊 3 个海拔高度 (1 700、1 900 和 2 400 m)

种植高原 602 小麦, 结果其籽粒蛋白质含量随海拔升高而下降, 与高原 338 小麦在青藏高原 3 个海拔高度 (2 100、2 400 和 2 900 m) 地区的表现一致^[11]。芦静等对新疆不同生态环境下的小麦品质进行了测定, 结果表明各小麦品种的籽粒蛋白质含量和湿面筋含量随海拔升高有所下降, 小麦面团理化指标下降也较明显; 对种植在石河子、奇台、昭苏和额敏的优质品种新春 8 号进行的籽粒蛋白质含量、湿面筋含量、形成时间、稳定时间和最大强度分析表明, 在新疆高海拔地区种植的小麦综合品质随海拔的升高而逐渐下降^[9]。Rharrabi 等对地中海地区的硬粒小麦品质进行分析得出, 低海拔地区的粒大、角质率较高的籽粒具有较高的蛋白质含量, 而且透明度较高^[10]。而在低纬度的云南省结果却不完全一致。于亚雄等选取云南生产上推广的 7 个小麦品种在 3 个海拔高度 (昆明 1 960 m、文山 1 272 m、芒市 914 m) 进行试验, 结果显示: 出粉率、形成时间和稳定时间明显表现为中、低海拔生态点高于高海拔生态点, 而蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值和评价值则表现为高、中海拔生态点高于低海拔生态点^[11]; 其中硬粒小麦品种“780”在相同栽培条件下, 蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、耐揉指数等随海拔高度的升高而升高, 出粉率、吸水率等随海拔高度的升高而降低, 稳定时间、弱化度、和面时间、断裂时间等表现为中海拔高于低海拔、高海拔^[12]。海拔对小麦品质指标的影响不一致, 可能是品种基因型和其他自然环境综合作用的结果。

1.3 土壤条件

土壤质地、腐殖质及养分在小麦品质形成中也起重要作用^[13]。小麦籽粒蛋白质含量随土壤的粘重程度增加而增加, 质地越重其蛋白质含量越高。王绍中等对 60 个试验点的小麦 (相同品种) 蛋白质含量与土壤质地种类进行了分析, 结果表明随土壤质地由砂—砂壤—中壤 (重壤), 小麦蛋白质含量由 10.4% 上升到 14.9%; 但土壤继续变粘, 蛋白质含量又有所下降^[14]。土壤表层的腐殖质通过化学作用或微生物降解, 流失到土壤中, 增加了土壤肥力, 从而改善了作物品质^[15]。土壤的营养状况对小麦品质有直接影响, 土壤硝态氮的多少是决定小麦蛋白质含量的关键^[13]。

2 气象因素对小麦品质的影响

2.1 温度

在适宜范围内, 温度升高有利于品质改善。春季地温 (8 ~ 20 °C) 每升高 1 °C, 籽粒蛋白质含量平均增加 0.4

基金项目 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (KSCX2-SW-304); 青海省重大科技招标项目 (2001-N-110-02); 中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程领域项目 (CXL-Y2002-6)。

作者简介 蒋礼玲 (1980 -), 女, 青海平安人, 硕士研究生, 从事小麦品质遗传与改良研究。

收稿日期 2005-01-24

个百分点^[16],原因是适宜的地温有利于根系对氮素的吸收。开花—成熟期温度越高(25~32℃),蛋白质含量越高,与面团特性呈正相关^[17~19]。芦静等也曾报道,开花—成熟期间的日平均气温较高,可以促进籽粒蛋白质含量的提高,特别是灌浆期间的日平均气温与籽粒蛋白质含量呈极显著正相关^[9]。同时发现,灌浆期间日平均气温在30℃以下,随温度升高,面团强度随之增强,面包烘烤品质得到改良^[20]。

采用盆栽试验研究了气温对春小麦籽粒品质的影响,将春小麦生育后期(抽穗—蜡熟期)的气温分别控制在5~15、15~20和20~25℃,结果发现籽粒蛋白质含量和蛋白质质量随受控温度等级的提高而提高,即在较低温度下蛋白质含量最低,在较高温度下湿面筋含量较高^[1]。李宗智等分析我国小麦籽粒蛋白质含量和沉降值与气候条件的关系发现,年均气温较常年升高1℃,蛋白质含量提高0.286个百分点,沉降值增加0.55 ml;抽穗—成熟期间日均气温每升高1℃,蛋白质含量增加0.435个百分点,沉降值增加1.09 ml^[20]。Mikhaylenko等在1995、1996和1997年将18个品种(系)种植在Lind(日均温14.8℃)和Fairfield(日均温12.6℃)2个地点,结果Lind点的面粉蛋白质含量和SDS沉降值要比Fairfield点的高^[21]。到目前为止,籽粒灌浆期温度对蛋白质组分及其氨基酸组成的影响的报道较少^[22]。一般认为,温度在适度范围内升高,蛋白质中的赖氨酸、缬氨酸和苏氨酸含量降低,谷氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸增加^[14]。

而当温度超过临界温度,则小麦品质降低。Blumenthal等发现,在灌浆期间短时间高温(1h,35℃)就可导致面包体积减小,面团强度变弱,面团形成时间缩短,加工品质变差^[23,24]。Stone和Nicolas对75个小麦品种的研究发现,小麦开花后短时间高温胁迫(日最高40℃,3d)就可以使小麦品质变劣,面条膨胀势变小^[25]。Randall等报道,在籽粒成熟期,如果日最高温度超过32℃,面包体积减小。整个籽粒成熟期间高于32℃的天数值大于8,其温度效应值得注意,如果这个值达到25~30,其影响就非常剧烈。因为当温度在到达临界温度之前的范围内升高时,面团拉力增强,而当温度值高于临界值,则面团拉力降低。另外,研究表明:田间样品的面团拉力与籽粒蛋白质浓度呈极显著正相关,二者都与籽粒形成期的极端最高温(T_{max})呈极显著正相关,与极端最低温(T_{min})呈极显著负相关,而25~32℃的适度高温与面筋弹性呈正相关^[18,19]。Rharrabi等和Graybosh等研究表明,面粉的SDS沉降值与灌浆期间32℃以上的高温时数呈负相关^[26,27]。原因可能是小麦籽粒灌浆期间遇高温,其醇溶蛋白的合成速度比麦谷蛋白快,醇溶蛋白占蛋白质的比例升高,使麦谷蛋白/醇溶蛋白的比值降低^[23],一般表现为加工品质变劣,故反映加工品质的SDS沉降值较小。但不同品种对高温的反应有一定差异。在温度升高到32℃以上时,有些品种的籽粒蛋白质含量降低,也有些品种的蛋白质含量升高,这可能与粒重降低的幅度有关^[18,23]。另一方面,生育后期低温对品质也有负面影响。罗忠新等研究表明,德阳地区小麦抽穗至成熟期的气温较低决定了其小麦蛋白质含量较低,淀粉含量较高^[28]。吴东兵等对西藏和北京异地种植小麦的品质变化进行分析得出,西藏小麦品种的品质性状参数低于内

地品种,其原因主要是西藏小麦籽粒蛋白质形成过程中日均气温大部分地区不足20℃,有些地区只有14~18℃^[29]。

2.2 光照 光照对小麦品质的影响小于温度,其研究结果也不尽一致。国外有人认为光照不足有利于提高籽粒蛋白质含量,有人认为籽粒蛋白质含量与抽穗—乳熟期间的累计日照时数有很高的相关性^[30]。我国小麦生态研究认为,小麦籽粒蛋白质含量与日照时数呈负相关,籽粒蛋白质含量较高的地区,开花—成熟期间的平均日照时数都较少,光照相对不足,影响光合强度和碳水化合物的积累,蛋白质含量相对提高^[31]。林素兰等报道,长日照有利于蛋白质的积累^[6]。另有报道,出苗—抽穗期间高辐射强度能提高蛋白质含量,北方13省区小麦全生育期平均日照总时数高于南方12省,前者比后者小麦蛋白质含量高2.05个百分点,说明长日照有利于小麦籽粒蛋白质形成和积累^[32]。小麦抽穗至成熟期的日照时数不仅影响小麦籽粒的蛋白质含量,而且影响面筋的弹力。试验结果表明,小麦抽穗至成熟期的日照时数多,小麦蛋白质含量高,此期日照时数相差25.6h的条件下,获日照时数多的春小麦面筋弹力为20mm,少的仅7mm^[28]。而在具有丰富光能资源的青海高原,尤其是柴达木盆地,太阳辐射和日照时数是最高的地区之一,但蛋白质含量却比平原地区低(春小麦籽粒平均蛋白质含量只有10.51%),这可能是由于小麦灌浆期间,光照充足,白天气温适中,利于光合作用;昼夜温差大,利于光合产物的积累,从而形成高的千粒重,获得高的籽粒产量,造成籽粒蛋白质含量与质量降低,品质较差^[1]。

2.3 水分 水分是影响小麦品质的重要因素^[33,34],主要表现在生育后期^[35],抽穗—成熟期间,土壤水分的差异对小麦品质有显著影响。国内外研究一致认为,降雨量或土壤水分含量与小麦品质呈负相关,降水量对品质的影响涉及到其他环境因子如施肥、光照、气温等^[29]。Smike研究表明,在小麦成熟前40~55d内,降水量与籽粒蛋白质含量呈极显著负相关,每1.25ml的降水量可导致籽粒蛋白质含量平均降低0.75个百分点,过多的降水会降低面筋的弹性,影响小麦的加工品质^[13]。Sosuisk的实验表明,增加水分胁迫程度可提高蛋白质含量^[14]。Dubetz等也认为,抽穗时的水分胁迫可增加蛋白质含量^[36]。Souza等研究表明,降水量低的季节作物产量降低,但蛋白质含量增加^[37]。Ozturk等分析了不同生长阶段水分胁迫对冬小麦品质的影响,持续水分胁迫的处理其籽粒蛋白质含量比对照(完全灌溉)增加18.1%,沉降体积增加16.5%,湿面筋含量增加21.9%,而籽粒产量则降低7.5g^[38]。国内有研究表明,干旱有利于土壤氮的积累,从而有利于籽粒蛋白质的形成,北方麦区的小麦籽粒皮薄,角质率、蛋白质含量、出粉率高与其干燥的气候有关;南方麦区麦粒皮厚、灰分高、蛋白质含量低、出粉率低与其湿润的气候有关。德阳小麦全生育期月平均相对湿度72%~84%,空气湿润,致使麦粒皮厚,蛋白质含量较低,出粉率较低^[28]。另有报道,在雨养麦田,籽粒建成期间土壤水分(来自灌水或降水)每增加25mm,籽粒蛋白质含量下降0.4~0.8个百分点^[39]。土壤水肥不足,籽粒产量下降,而蛋白质含量增加,但在旱区先行降水(或灌溉)籽粒产量会显著提高,而蛋白质含量可能下降,二

者呈负相关,在土壤供氮不足的情况下这种倾向更明显^[29]。总之,土壤水分含量高对小麦品质有一定不利影响,但若能与施氮肥结合,可以在增产的同时,做到蛋白质含量少减甚至有所增加。

3 展望

研究自然环境因素对小麦品质的影响,将是我国优质小麦栽培与育种的重要研究课题。但要使这方面的研究继续发展,有新的突破,笔者认为应注意以下几方面的工作。

3.1 采取人工模拟的方法 过去在研究方法上多采用多点多年的样品测定,针对某一主要自然环境因素,运用数学统计方法获得相应的结论。所获得的研究结果不仅有某一主要自然环境因素外的其他因素对品质作用,而且还包含了自然环境因素与基因型和人为因素间的互作效应。因此,应加强对某些自然环境单因素、多因素及互作的研究。实际上,纬度、海拔等地理生态环境也是通过气象因素对品质产生影响,所以应采取人工模拟方法控制光、温、水、土等因子,研究单因子或多因子对小麦品质的影响,特别注意因子间的互作效应。

3.2 加强加工品质研究 过去的研究工作关于自然环境因素对蛋白质含量的影响研究较多,对面团的流变学特性也有研究,但对加工品质研究较少,今后应加强对自然环境因素对加工品质影响的研究。

3.3 加强作用机理研究 深入探讨光、温、水、土等因子对小麦品质的作用机理,从生理生化上阐明内在变化规律。

3.4 注重选育资源高效利用型品种 选育可高效利用光、温、水、养分等的优质品种,或耐胁迫(如耐高温、耐寒、耐旱、耐脊等)的优质高产品种。

3.5 注重研究成果的应用 一方面要做好优质小麦品种种植区域规划,充分发挥自然环境因素对品质提高的效能;另一方面,在特定的区域,结合栽培措施(如控制水分、供给肥料、补充光照等)在一定程度上对自然环境因子进行调控,使之朝着有利于品质改善的方向发展。

参考文献

- 张怀刚. 青海高原春小麦籽粒品质特点[A]. 陈集贤主编. 青海高原春小麦生理生态[C]. 北京:科学出版社,1994. 159 - 184.
- 朱金宝,刘广田. 基因型与环境对小麦烘烤品质的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(6): 679 - 684.
- 阎俊,何中虎. 基因型、环境及其互作对黄淮麦区小麦淀粉品质性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 14 - 19.
- 金善宝. 小麦生态理论与应用[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1992. 168 - 169.
- 李鸿恩,张玉良. 我国小麦种质资源主要品质特性鉴定结果及评价[J]. 中国农业科学, 1995, 28(5): 29 - 37.
- 林素兰. 环境条件及栽培技术对小麦品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 1997, (2): 30 - 31.
- 郭天财,张学林,樊树平等. 不同环境条件对三种筋型小麦品质性状的影响[J]. 应用生态学报, 2003, (6): 917 - 920.
- 马冬云,郭天财,王晨阳,等. 不同筋力小麦品种在不同生态环境下籽粒淀粉糊化特性分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 798 - 802.
- 芦静,吴新元,张新忠. 生态环境和栽培条件对新疆小麦品质的影响及其改良途径[M]. 新疆农业科学, 2003, 40(3): 163 - 165.
- Rharabti Y, Rojo C, Villegas D, et al. Durum wheat quality in Mediterranean environments. Quality expression under different zones, latitudes and water regions across Spain[J]. *Field Crops Research*, 2003, 80: 123 - 131.
- 于亚雄,张廷华,陈坤玲,等. 生态环境和栽培方式对小麦品质性状的影响[J]. 西南农业学报, 2001, 14(2): 14 - 17.
- 于亚雄,杨金华,陈坤玲,等. 云南不同生态环境对硬粒小麦品质的影响[J]. 作物研究, 2001, 4: 19 - 21.
- 徐兆飞,张惠叶,张定一. 小麦品质及其改良[M]. 北京:气象出版社, 2000. 192 - 195.
- 章练红,王绍中,李运景,等. 小麦品质研究概述与展望[J]. 国外农学—麦类作物, 1994, (6): 42 - 44.
- Jules J, Robert W S, Frank W W, et al. *Plant Science*[M]. San Francisco:W H Freeman and Company, 1974. 219 - 240.
- 庄巧生. 小麦育种理论与实践的进展[M]. 北京:科学普及出版社, 1987.
- Finnery K F, Fryer H C. Effect on loaf volume of high temperature during the fruiting period of wheat[J]. *Agronomy Journal*, 1958, 50: 28 - 34.
- Randall P J, Moss H J. Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality[J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1990, 41: 603 - 617.
- Wrigley C W, Blumenthal C, Gras P W, et al. Temperature variation during grain filling and changes in wheat grain quality[J]. *Australian Journal of Plant* 20 金善宝主编. 中国小麦学[M]. 北京:中国农业出版社, 1996. 925 - 926.
- Mikhaylenko G G, Czuchajowska Z, Baik B-K, et al. Environmental influences on flour composition, dough rheology, and baking quality of spring wheat[J]. *Cereal Chemistry*, 2000, 77(4): 507 - 511.
- Daniel C, Triboi E. Effect of temperature and nitrogen on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition[J]. *Journal of Cereal Science*, 2000, 32: 45 - 56.
- Blumenthal C S, Bekes F, Batey I L, et al. Interaction of grain quality results from wheat variety trials with reference to higher temperature stress[J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1991, 42: 325 - 334.
- Blumenthal C S, Barlow E W R, Wrigley L W. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins[J]. *Journal of Cereal Science*, 1993, 18: 2 - 21.
- Stone P J, Nicolas M E. Wheat cultivars vary widely in the response of grain yield and quality of short period of post-anthesis heat stress[J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1994, 21: 887 - 900.
- Rharabti Y, Villegas D, Rojo C, et al. Durum wheat quality in Mediterranean environments. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters[J]. *Field Crops Research*, 2003, 80: 133 - 140.
- Graybosh R A, Peterson C J, Baerziger P S, et al. Environmental modification of hard red winter flour protein composition[J]. *Journal of Cereal Science*, 1995, 22: 45 - 51.
- 罗忠新,杨功德. 德阳气候对小麦品质影响的探讨[J]. 四川气象, 2001, (15): 40 - 41.
- 吴东兵,曹广才,强小林,等. 西藏和北京异地种植小麦的品质变化[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2195 - 2199.
- 王旭清,王发宏. 栽培措施和环境条件对小麦籽粒品质的影响[J]. 山东农业科学, 1999, (1): 52 - 55.
- 曹广才,王绍中. 小麦品质生态[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1994.
- 张增敏. 黑龙江省小麦品质问题及对策[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1994.
- Gutieri M J, Ahmad R, Stark J C, et al. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels[J]. *Crop Science*, 2000, 40: 631 - 635.
- Gutieri M J, Stark J C, O'Brien, et al. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit[J]. *Crop Science*, 2001, 41: 327 - 335.
- 顾克军,杨四军,张恒敢,等. 栽培措施对小麦籽粒主要加工品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(5): 1 013 - 1 016, 1 046.
- Dubetz S, Bole T B. Effects of moisture stress at early heading and of nitrogen fertilizer on three spring wheat cultivars[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1973, 53: 1 - 5.
- Souza E J, Martin J M, Gutieri M J, et al. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality[J]. *Crop Science*, 2004, 44: 425 - 432.
- Ozturk A, Aydin F. Effects of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat[J]. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 2004, 190: 93 - 99.
- 秦武发,李宗智. 生态因素对小麦品质的影响[J]. 北京农业科学, 1989, (4): 21 - 25.