

评述与展望

Review and Progress

黑麦, 源自大自然的珍宝

李慧霞^{1,2} 黎建辉^{1,2*} 宣佳^{1,2} 蔡仁祥^{1,2*}

1 浙江农林大学暨阳学院生命科学研究所, 诸暨, 311800; 2 诸暨市翠溪生物技术研究院, 诸暨, 311800

* 通信作者, Garen@cuixi.org, cairenxiang@cuixi.org

摘要 黑麦是禾本科黑麦属的一种禾谷类作物, 拉丁学名为 *Secale cereale* L., 是欧洲人民日常主食面包的主要原料, 特别是在中世纪时期。其主要产地在东欧、中欧和北欧, 其它地方如北美、南美、大洋洲、土耳其、哈萨克斯坦和中国北方均有零散分布。黑麦因其广泛的多样性, 潜在的特有基因, 以及具有的优良性状(如: 耐贫瘠和耐寒), 使其具有很高的作物改良潜力, 优质小麦品种黑小麦(\times Triticosecale)和 *Secale.cereanum* 就是其中的佼佼者。时至今日, 作为黑色食品的一员, 黑麦因含有黑色素, 具高营养、高滋补、高免疫之功能而身价倍增。

关键词 黑麦, 黑麦属, 作物改良, 黑色食品

Rye, a Treasure from Nature

Huixia Li^{1,2} Jianhui Li^{1,2*} Jia Xuan^{1,2} Renxiang Cai^{1,2*}

1 Institute of Life Science, Jiyang College of Zhejiang A&F University, Zhuji, 311800, China; 2 Cuixi Academy of Biotechnology, Zhuji, 311800

* Corresponding author, Garen@cuixi.org, cairenxiang@cuixi.org

DOI: 10.5376/faa.cn.2020.10.0002

Abstract Rye is a cereal crop belonging to Genus *Secale* of the family of Gramineae with the Latin name as *Secale cereale* L., which is a staple ingredient in bread for European people, especially in the middle ages. The main producing areas of rye are in Eastern Europe, Central Europe and Northern Europe, and there are scattered rye distributions in other places such as North America, South America, Oceania, Turkey, Kazakhstan and northern China. Rye has a high potential for crop improvement due to its wide diversity, potentially endemic genes, and its excellent traits (eg, tolerance to cold and cold), high quality wheat varieties of Triticale (\times *Triticosecale*) and *Secale. Cereanum* is one of the best. Today, as a member of black food, rye is worthy of melanin, which is highly nutritious, highly nourishing, and highly immune.

Keywords Rye, *Secale*, Crop improvement, Black food

黑麦(*Secale cereale* L.)是禾本科(Gramineae)黑麦属(*Secale*)成员, 与面包小麦(*Triticum aestivum* L.)和大麦(*Hordeum vulgare* L.)有关。由于它耐贫瘠又耐寒, 被驯化后迅速传播到东欧和北欧, 现在广泛种植于高纬度和高海拔的地区。在罗马帝国的时代, 黑麦在欧洲很多不适宜种植小麦的地方成了主要的粮食

作物, 等到了中世纪已经取代了大麦成为欧洲的第二大谷物, 大多被用来做成日常的主食——面包。直至十八世纪, 因英国的圈地运动和产业革命使小麦的产量急剧升高, 黑麦逐渐衰落(Brown, 1991; Overton, 1996; Brien, 2010)。与小麦相比, 黑麦的食用价值在那时完全没有竞争力, 简单地说就是不好吃, 到了现

本文首次发表在 Field Crop 上, 现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License, 协议对其进行授权, 再次发表与传播

收稿日期: 2020 年 4 月 13 日; 接受日期: 2020 年 4 月 17 日; 发表日期: 2020 年 4 月 17 日

引用格式: 李慧霞, 黎建辉, 宣佳, 蔡仁祥, 2020, 黑麦, 源自大自然的珍宝, 美洲农业研究前沿, 10 (2): 1-4 (doi: 10.5376/faa.cn.2020.10.0002) (Li H.X., Li J.H., Xuan J., and Cai R.X., 2020, Rye, a treasure from nature, Meizhou Nongye Yanjiu Qianyan (Front in American Agriculture), 10(2): 1-4 (doi: 10.5376/faa.cn.2020.10.0002))

代,全世界黑麦的年产量只有小麦的几十分之一。

现在黑麦主要产地在东欧、中欧和北欧,主要黑麦种植带从德国北部经波兰、乌克兰、白俄罗斯、立陶宛和拉脱维亚进入俄罗斯中部和北部。世界其他地方如北美(加拿大和美国)、南美(阿根廷、巴西和智利)、大洋洲(澳大利亚和新西兰)、土耳其、哈萨克斯坦和中国北方均有零散分布。

1 黑麦形态学特征

黑麦(图 1)为一年生或两年生草本植物,秆丛生,高约 100 cm,具 5~6 节,于花序下部密生细毛。叶鞘常无毛或被白粉;叶舌长约 1.5 mm,顶具细裂齿;叶片长 10~20 cm,宽 5~10 mm,下面平滑,上面边缘粗糙。穗状花序长 5~10 cm,宽约 1 cm;穗轴节间长 2~4 mm,具柔毛;小穗长约 15 mm(除芒外),含 2 小花,此 2 小花近对生均可育,另 1 极退化的小花位于延伸的小穗轴上,两颖几相等,长约 1 cm,宽约 1.5 mm,具膜质边,背部沿中脉成脊,常具细刺毛;外稃长 12~15 mm,顶具 3~5 cm 长的芒,具 5 条脉纹,沿背部两侧脉上具细刺毛,并具内褶膜质边缘;内稃与外稃近等长。颖果长圆形,淡褐色,长约 8 mm,顶端具毛。

2 黑麦全球产量

从 2012 年至 2017 年,世界黑麦产量从 2012 年的 14 496 411 公吨下降至 2017 年的 13 733 883 公吨(表 1)。在前十位黑麦生产国中,有 4 个国家产量上升,例如,俄罗斯黑麦产量从 2012 年的 2 131 571 公吨上升至 2017 年的 2 547 006 公吨,中国黑麦产量从 2012 年的 650 009 公吨上升至 2017 年的 1 332 240 公吨;有 6 个国家产量下降,例如,德国黑麦产量从 2012 年的 3 878 400 公吨下降至 2017 年的 2 737 382 公吨;波兰黑麦产量从 2012 年的 2 888 135 公吨下降至 2017 年的 2 673 631 公吨(表 1)。大多数黑麦在



图 1 黑麦穗子及籽粒

Figure 1 Panicle and grains of rye

当地消费或仅出口到邻国,而不是运往世界各地。

3 黑麦的利用价值

3.1 黑麦面粉

黑麦常被精制成面粉(图 2),用于制作面包。黑麦面粉中的麦醇溶蛋白含量高,而谷蛋白含量低,因此,它的谷蛋白含量低于小麦粉。但是黑麦面粉含有较高比例的可溶性纤维,还富含钙、铁、锌、硒等多种微量元素,其中硒元素是普通小麦的 3 倍以上,长期食用能提高免疫力,对便秘、缺钙、高血压、高血脂、冠心病、糖尿病及各种肿瘤等富贵病具有一定的食疗作用。烷基间苯二酚是存在于小麦和黑麦的麸皮层(例如果皮、种皮和糊精层)中的大量酚醛树脂质(0.1~0.3%的干重)(Suzuki et al., 1999)。黑麦面包,包括粗裸麦面包,是用黑麦面粉制成的,是北欧和东欧广泛食用的食品(Prättälä et al., 2001)。此外,黑麦也用于制作脆面包。

表 1 前十位黑麦生产国(<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, 2019 年 3 月 14 日检索)

Table 1 Top ten rye producers (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Retrieved March 14, 2019)

国家	2017 (metric ton)	2012 (metric ton)
Country	2017 (公吨)	2012 (公吨)
德国	2 737 382	3 878 400
Germany		
波兰	2 673 631	2 888 135
Poland		
俄罗斯	2 547 006	2 131 571
Russia		
中国	1 332 240	650 009
China		
丹麦	723 198	384 402
Denmark		
白俄罗斯	669 848	1 082 402
Belarus		
乌克兰	507 853	676 810
Ukraine		
土耳其	320 003	370 000
Turkey		
加拿大	300 386	336 597
Canada		
美国	246 295	166 172
United States		
全球总计	13 733 883	14 496 411
World Total		



图2 黑麦面粉
Figure 2 Rye flour

3.2 酿酒

黑麦同样可用来制作各种酒精饮料。世界名酒威士忌(Whisky, Whiskey),是一种由大麦、小麦、黑麦、玉米等谷物酿制,在橡木桶中陈酿多年后,调配成43度左右的烈性蒸馏酒。英国人称之为“生命之水”。按照产地可以分为:苏格兰威士忌、爱尔兰威士忌、美国威士忌和加拿大威士忌四大类。

根据加拿大国家法律规定,加拿大威士忌的制作,原料必须是谷物(玉米,黑米为主),经两次蒸馏用木桶陈酿。上市的酒必须陈6年以上,如果少于6年必须在标签上注明。加拿大威士忌酒味道独特,气味清爽,口感轻快、爽适。当然威士忌还包含黑麦威士忌(Rye Whisky),也称裸麦威士忌,顾名思义,以黑麦为主要原料酿制,颜色呈琥珀色,具有较为浓郁的口感,因此不太受现代人的喜爱(图3)。黑麦同样也可用于酿制黑麦啤酒,德国作为全球最大的黑麦产地,很大一部分黑麦都作为啤酒的原料。

3.3 育种

黑麦因其广泛的多样性,以及潜在的特有基因,使其具有很高的作物改良潜力(Schlegel, 2006; Maraci et al., 2018)。在葡萄牙北部,为了更好地了解它们的



图3 威士忌
Figure 3 Whisky

差异,学者对14个不同的*Secale cereale*群体进行了分析,研究发现,贮藏蛋白的多样性和总体遗传变异性都很大,这是一个很有用的信息,因为科学家可以利用其多样性进行育种,以培育出优良的小麦品种或黑麦品种(Ribeiro et al., 2012)。

此外,黑麦的优良性状也可用于改良其他有用植物(如小麦)的某些性状。小麦与黑麦异花授粉后,其授粉能力显著提高,因为黑麦染色体4R的加入不仅增加了小麦花药的大小,同时也增加了花粉粒的数量(Nguyen et al., 2015)。改良小麦的同时,*Secale cereale*的最佳特性也可以与另一种多年生黑麦杂交,特别是*S. montanum* Guss,培育出具有双亲优良性状的杂交黑麦品种*Secale cereanum*。*Secale cereanum*可以在所有环境中生长,甚至在土壤条件较差的情况下也能生长,并能保护土壤免受侵蚀。此外,*Secale cereanum*中含有可消化的纤维和蛋白质,已用于饲料的改良(Sipos and Halász, 2007)。

另一种长寿食物黑小麦(*×Triticosecale*)是小麦(*Triticum*)和黑麦(*Secale*)的杂交品种,有益寿麦之称。在19世纪末,首次在苏格兰和德国的实验室中培育(Stace, 1987)。黑小麦与*Secale cereanum*一样具备双亲优良性状,不仅具备了小麦的产量和籽粒品质,还具备了黑麦对病害和环境(包括土壤条件)的耐受性。甚至,黑小麦还具备着超越双亲的营养价值,例如黑小麦的氨基酸总量和必需氨基酸含量均比普通小麦更高(Larter, 2012)。Sell等(1962)发现黑小麦可以用作饲料谷物,后来的研究发现它的淀粉特别容易消化。

关于物种多样性、基因组(Bauer et al., 2017)和*Secale cereanum*与其他物种杂交的能力等对于科学家来说都是非常有用的信息,因为他们试图培育出各种植物物种,这些物种将来能够在不给环境留下负面影响的情况下养活人类。

3.4 其它

黑麦易生易长、叶片宽大、产草量高。黑麦草秋季播种,冬春季割草利用,它的苗期生长非常旺盛,播种4~6周后就可刈割或放牧利用,以后每隔20~30d收割一次。在南方整个冬闲期(4~5个月),可割草4~5次,亩产鲜草7000~12000Kg,显著地高于其它2倍体品种,适合冬闲田轮作。

黑麦草质柔嫩,适口性好,是牛、羊、兔、猪、鹅、鱼等喜食的牧草。营养价值高、饲养效果显著,幼嫩的黑麦草蛋白含量可高达20%以上,与紫花苜蓿接近,且粗纤维含量较低,因而消化率和能量含量明显

高于紫花苜蓿。此外,黑麦草富含多种矿物质和微量元素,家畜家禽喂食这种草,不但增加了日增重,还节约了精饲料,降低了养殖成本。

黑麦同样是良好的轮作作物,因其具有庞大而浅的须根系,腐烂后能有效提高土壤肥力,促进下茬作物的生长。

4 黑麦从何而来?

黑麦形态特征与小麦相似,其实是人工选择的结果。小麦被驯化至今已经有一万年的历史,而黑麦的驯化要晚得多,从现有的证据上来看,黑麦被驯化很有可能只是一场意外。

根据现在的假说,野生的黑麦本来只是古代中东到东欧地区小麦田中的杂草,农民在种植小麦的过程中会把它们及时拔除,但有一些黑麦的突变体外观和小麦相似,就成了除草过程中的漏网之鱼,年复一年的除草工作就充当了自然选择,让幸免于难的黑麦和小麦长得越来越像,在一些环境恶化变得不适宜种植小麦的田地中,身强体健的黑麦就取代了小麦在荒地中生长,然后被当成农作物保留了下来。事实是这样的吗?那黑麦的祖先是谁?是怎么演化的?则需广大研究者进一步研究探讨。

作者贡献

李慧霞负责文献收集、初稿写作;黎建辉负责论文构思、稿件修改和最终定稿;宣佳负责稿件的英文翻译及修改和校对;蔡仁祥进行论文修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由诸暨市翠溪生物技术研究院《翠溪创新研发项目基金》资助。海南省热带农业资源研究所方宣钧博士对论文收稿进行了深入细致的审读和有益的建议,作者在此深表感谢。

参考文献

Bauer E., Schmutzer T., Barilar I., Mascher M., Gundlach H.,

- Martis M.M., Twardziok S.O., Hackauf B., Gordillo A., Wilde P., Schmidt M., Korzun V., Mayer K.F., Schmid K., Schön C.C., and Scholz U., 2017, Towards a whole-genome sequence for rye (*Secale cereale* L.), *Plant Journal for Cell & Molecular Biology*, 89(5): 853-869
- Brien, P.K.O., 2010, *Agriculture and the industrial revolution. Economic History Review*, 30(1): 166-181
- Brown R., 1991, *Society and Economy in Modern Britain 1700-1850*, London: Routledge
- Larter E.N., 2012, *Triticale, Agriculture, The Canadian Encyclopedia*
- Maraci Ö., Özkan H., and Bilgin R., 2018, Phylogeny and genetic structure in the genus *Secale*, *PloS one*, 13(7): e0200825
- Nguyen V., Fleury D., Timmins A., Laga H., Hayden M., Mather D., and Okada T., 2015, Addition of rye chromosome 4R to wheat increases anther length and pollen grain number, *Theoretical and Applied Genetics*, 128(5): 953-964
- Overton M., 1996, *Agricultural revolution in england: the transformation of the agrarian economy (1500-1850)*, cambridge: cambridge university press, 258-578
- Prattälä R., Ville E., and Mykkänen H., 2001, The consumption of rye bread and white bread as dimensions of health lifestyles in finland. *Public Health Nutrition*, 4(3): 813-819
- Ribeiro M., Seabra L., Ramos A., Santos S., Pinto-Carnide O., Carvalho C., and Igrejas G., 2012, Polymorphism of the storage proteins in portuguese rye (*Secale cereale* L.) populations, *Hereditas*, 149(2): 72-84
- Schlegel R., 2006, Rye (*Secale cereale* L) a younger crop plant with bright future, In: Sing R. J., Jauhar P, editor. *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Vol II Cereals*. Boca Raton: CRC Press, pp.365±94
- Sell J.L., Hodgson G.C., and Shebeski L.H., 1962, Triticale as a potential component of chick rations, *Canadian Veterinary Journal La Revue Veterinaire Canadienne*, 42(2): 158-166
- Sipos T., and Halász E., 2007, The role of perennial rye (*Secale cereale* X *S. montanum*) in sustainable agriculture, *Cereal Research Communications*, 35(2): 1073-1075
- Stace C.A., 1987, Triticale: A Case of Nomenclatural Mis-treatment, *Taxon*, 36 (2): 445-452
- Suzuki Y., Esumi Y., and Yamaguchi I., 1999, Structures of 5-alkylresorcinol-related analogues in rye. *Phytochemistry (Oxford)*, 52(2): 281-289