

# 基于文献计量学的青稞研究现状与热点分析

姜静雨<sup>1</sup>, 仁青卓玛<sup>2</sup>, 拉毛才旦<sup>1</sup>, 刘亚洲<sup>1\*</sup>, 胡云<sup>3</sup>

(1. 西藏自治区食品药品检验研究院, 西藏 拉萨 850000; 2. 西藏自治区拉萨市堆龙德庆区农业机械监理与技术推广服务站, 西藏 拉萨 851400; 3. 西藏农牧学院, 西藏 林芝 860000)

**摘要:** 为全面了解青稞领域研究现状以及未来的研究方向, 本文采用文献计量法对 Web of Science 核心合集数据库以及中国知网(CNKI) 学术期刊数据库中 2001—2021 年青稞领域 500 篇英文文献和 1 921 篇中文文献, 利用 CiteSpace 和 VOSviewer 等可视化软件, 绘制青稞研究领域知识图谱, 进行数据统计和知识图谱分析。结果表明, 从发文趋势图可看出, 全球范围内青稞领域文献数量虽有波动, 但整体呈现上升趋势; 主要研究机构有西藏自治区农牧科学院、西藏农牧学院和中国科学院等; 高频关键词突现表明未来研究热点将聚集在青稞育种、栽培技术、营养成分以及工艺优化等研究方面。通过其综合分析, 可以为我国科研人员了解青稞相关的研究动态和研究方向、为青稞进一步开发、创新和应用提供理论支撑。

**关键词:** 青稞; 文献计量; 研究热点

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

## Research Status and Hotspot Analysis of Highland Barley with Bibliometrics

JIANG Jingyu<sup>1</sup>, Renqingzhuoma<sup>2</sup>, Lamaocaidan<sup>1</sup>, LIU Yazhou<sup>1\*</sup>, HU Yun<sup>3</sup>

(1. Institute of Food and Drug Inspection, Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China; 2. Agricultural Machinery Supervision and Technology Promotion Service Station in Duilongdeqing District, Tibet Lhasa 851400, China; 3. Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Tibet Linzhi 860000, China)

**Abstract:** In order to comprehensively understand the current research status and future research directions in the field of highland barley, this article uses bibliometric methods to draw a knowledge graph of highland barley research field from the Web of Science core collection database and the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) academic journal database with 500 English and 1921 Chinese literature from 2001 to 2021. Visualization software such as CiteSpace and VOSviewer are used to conduct data statistics and knowledge graph analysis. The results show that from the trend graph of publications, it can be seen that although the number of literature in the field of barley has fluctuated globally, the overall trend is on the rise. The main research institutions include the Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Tibet College of Agriculture and Animal Husbandry and the Chinese Academy of Sciences. The emergence of high-frequency keywords indicates that future research hotspots will focus on barley breeding, cultivation techniques, nutritional composition, and process optimization. Through its comprehensive analysis, it can provide theoretical support for Chinese researchers to understand the research trends and directions related to highland barley, and provide further development, innovation, and application of highland barley.

**Key Words:** Highland barley; bibliometrics; research hotspots

青稞, 属禾本科植物, 称裸大麦, 也称米大麦、裸麦、元麦, 是大麦变种之一<sup>[1]</sup>, 其具有耐干旱、耐

高寒、易栽培、抗逆性较强等特点, 主要分布在海拔较高的地区, 最高种植海拔可达 4 500 m<sup>[2]</sup>。目前, 青稞不仅是青藏高原地区主要的农作物, 也被多数国家用作喂养牲畜的饲料, 因此, 青稞品种鉴定、病虫害防控以及遗传多样性的研究广受国内外学者的关注。青稞中蛋白质和纤维素含量较多, 而脂肪、糖类含量低, 并且富含多酚、花青素等抗氧化物质, 是典型的营养均衡的粮食作物, 对食品加工具有重要意义<sup>[3-5]</sup>。

收稿日期: 2023-08-10

基金项目: 西藏自治区自然科学基金重点项目(XZ202301ZR0022G)。

作者简介: 姜静雨(1991-), 女, 助理工程师, 主要从事食品安全检验与食品营养成分分析, E-mail: 1601816562@qq.com;

\*为通讯作者: 刘亚洲(1993-), 男, 助理工程师, 主要从事食品安全检验与食品营养成分分析, E-mail: 214511248@qq.com。

文献计量学是利用数学、统计学以及文献学等方法定量分析书籍和其他传播媒介,利用统计分析来揭示其数量特征和潜在规律的一门交叉学科<sup>[6-8]</sup>。本研究采用文献计量方法和可视化分析,对2001—2021年来与青稞有关的文献进行梳理,通过对发文趋势、作者、机构、关键词等进行分析,最后借助关键词突现性对该领域的知识演进及热点趋势进行分析,为青稞领域进一步研究提供参考方向。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源与检索策略

选取中国知网(CNKI)学术期刊数据库和Web of Science(WOS)核心合集数据库为文献源,CNKI数据库的检索式:篇名=青稞;检索时间为2001—2021年;检索日期是2022年10月20日。检索文献来源类别为全部期刊;通过数据清洗及规范化处理,检索到中文文献1 921篇。

WOS数据库的检索式:检索字段为“主题”,检索主题为“hulless barley”或“highland barley”,进行检索;时间范围:2001年1月1日至2021年12月31日;文献类型限定为论文(Articles)和综述论文(Review Articles),通过数据清洗及规范化处理,检索到英文文献500篇。

### 1.2 研究方法

通过Origin 9.8软件对关于青稞整体发文趋势、作者发文量以及机构发文量进行发展趋势分析。利用Excel 2016软件,从高引文章的角度对检索文献进行时间和空间分布的统计描述。CiteSpace 5.8.R3的参数设置参考郝毫等<sup>[9]</sup>的方法,同样的方法把文本导入VOSviewer 1.6.18软件中,进行参数设置,生成关键词共现知识图谱。借助知识图谱梳理归纳青稞的研究热点与发展态势<sup>[10]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 发文趋势分析

分析文献的产出篇数随年份的变化,可在一定程度上了解青稞研究领域的发展速度<sup>[11]</sup>。本文检索了CNKI和WOS数据库2001—2021年发表关于青稞领域研究文献,分别筛选得到1 921和500篇。图1直观反映了文献年度发文量变化情况,无论是WOS还是CNKI关于青稞的研究虽有波动但均呈现逐年增加的趋势。CNKI数据库的发文量变化情

况可分为3个阶段:2001—2005年CNKI数据库中有关青稞领域的相关研究正处于初步探索阶段。5年内累计发文104篇,这一个阶段研究主要围绕青稞新品种的选育以及相应栽培技术措施提升青稞的产量,在此基础上青稞营养成分的提取也逐渐引起广大学者关注。2006—2013年该阶段的发文速度明显增加,8年发文487篇,这一阶段研究热点主要围绕青稞制品加工工艺优化、功能成分提取应用等。2014—2021年与第二阶段相比,青稞的关注度进一步增加,8年累计发文1 330篇,说明以青稞为代表的谷物食品研究愈来愈受到学术界的关注。这期间主要围绕青稞功能性产品的开发与改进、青稞种质资源遗传多样性、 $\beta$ -葡聚糖的提取及应用等。WOS数据库中从2001—2015年在青稞领域的研究较少,共发文225篇,年均发文15篇。这期间主要围绕青稞作为饲料成分,对动物的生理功能影响研究颇多。从2016年开始呈现稳定上升趋势,逐渐提高对青稞的物理化学性质以及生物活性的关注度。总体而言,国内外学者对青稞研究的关注程度呈上升趋势,且中文发文量较英文发文量的增长速率更加显著,已逐步占据该领域主导地位。

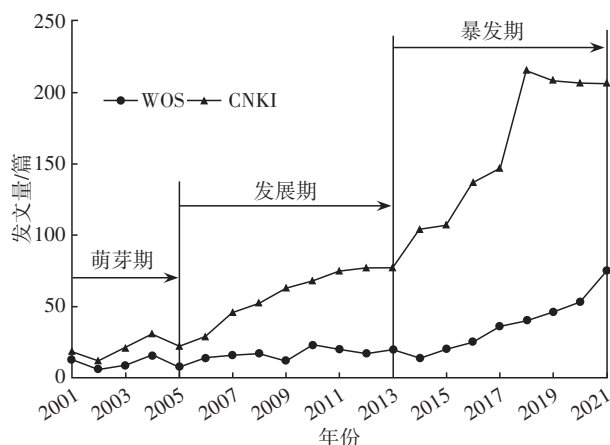


图1 2001—2021年CNKI与WOS数据库中青稞年发文量统计

### 2.2 作者分析

青稞研究领域发文量排名前10名的作者机器合作网络共现图谱见图2和图3,作者共现网络图谱反映了该领域内作者间合作频率<sup>[12]</sup>,作者间的共被引关系可反映作者在研究领域的相关性<sup>[13]</sup>。

图2反映了青稞领域近20年来中文发文量排名前10位的高产作者及其发文情况及作者之间合作关系。发文量40篇及以上的作者共有3位。其中尼玛扎西的发文量(57篇)排名第一,他先后参与主持选育出了20多个春青稞优异新品种,主要

致力于作物遗传育种<sup>[14]</sup>、从事青稞分子育种理论<sup>[15]</sup>与高产栽培理论<sup>[16]</sup>等方面的研究和探索。吴昆仑的发文量(56篇)排名第二,他主要开展麦类作物农艺性状<sup>[17]</sup>、品质性状<sup>[18]</sup>和抗逆性<sup>[19]</sup>等方面的分子生物学及遗传改良研究。与之相比,强小林的篇均被引频次最高达16.36次,位居第一,表明其同行认可度较高,他一直致力于西藏青稞优良品种选育<sup>[20]</sup>、生产技术及其加工技术<sup>[21]</sup>研究实践,其所主持选育的“藏青25”,成为β-葡聚糖高含量的大

麦品种<sup>[22]</sup>,推动了青稞科研学科的建设<sup>[23]</sup>。有关青稞的文献中尼玛扎西发文量最多,相关研究的合作大多是以尼玛扎西为核心展开,形成了较为集中的合作网络,其由尼玛扎西、曾兴权、原红军、唐亚伟等组成,致力于青稞的栽培技术和遗传育种的研究。同时也出现了以吴昆仑、姚晓华、白羿雄等为主的青海大学研究团队,其主要围绕青稞的品质改良以及抗逆性的研究方向。

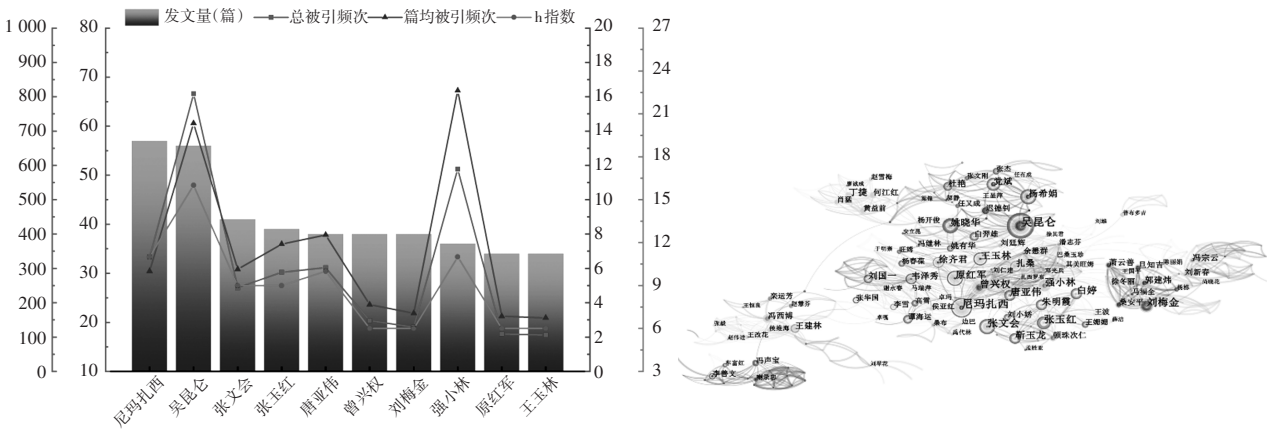


图2 青稞领域CNKI核心作者发文量以及合作关系示意图

如图3所示,WOS数据库发文量位居前3的作者是徐齐君、原红军和王玉林,他们3个都是来自同一个机构西藏自治区农牧科学院。该团队主要围绕青稞的遗传育种<sup>[24]</sup>、高产以及抗逆性<sup>[25]</sup>等基础研究,为研发出青稞功能性食品做出了卓越的贡献。来自加拿大的Rossnagel, Brian G.的发文量排名第6(13篇),但其总被引频次418次、篇均被引频次32.15次和h指数为11均排名第一,研究内容包括青稞淀粉物理化学性质<sup>[26]</sup>、生物活性物质对动物

消化系统的影响<sup>[27]</sup>等。徐齐君、原红军和王玉林3位作者均处于联系中心的位置,是合作网络中与外界联系较多的主要作者,也是牵头进行青稞研究的主要作者,这与发文数量统计结果相一致;同时,三者间形成了较为错综的青稞多领域科研合作关系网络。此外,其他学者的研究相对独立,仅在团队内部形成了较为密切的合作网络,鲜有跨团队交流。

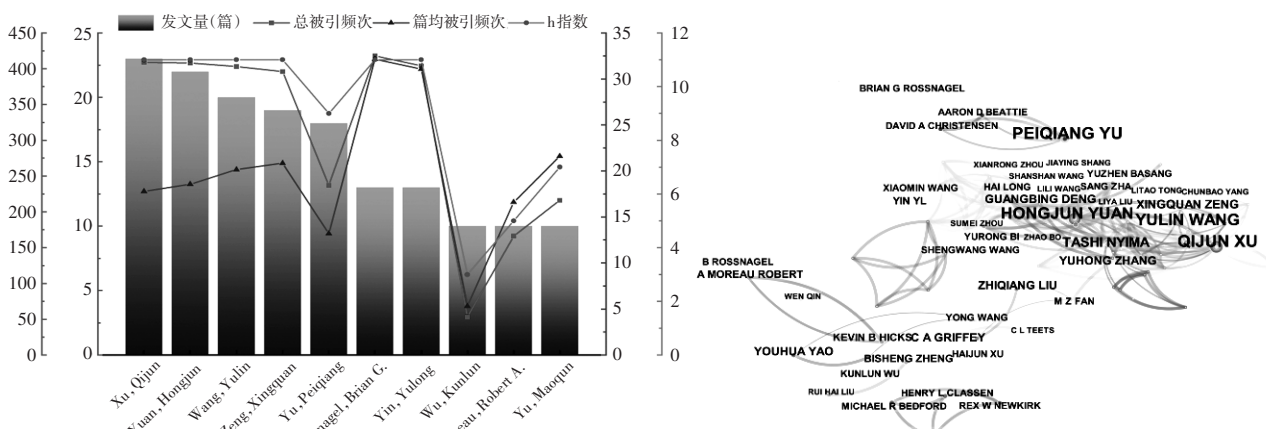


图3 青稞领域WOS核心作者发文量以及合作关系示意图



2.3 机构分析

研究机构之间的有效合作能通过信息共享、加强交流来提高成果产出,同时反映了青稞领域的核心机构与关联机构合作关系<sup>[28]</sup>。结合图4分析,西藏自治区农牧科学院、西藏农牧学院和青海大学是CNKI数据库文献量排名前三位的机构。西藏自治区农牧科学院作为该领域的核心代表,其研究成果在中文期刊占据领先地位。通过CiteSpace对英文发文机构进行可视化分析,生成CNKI机构共线图。

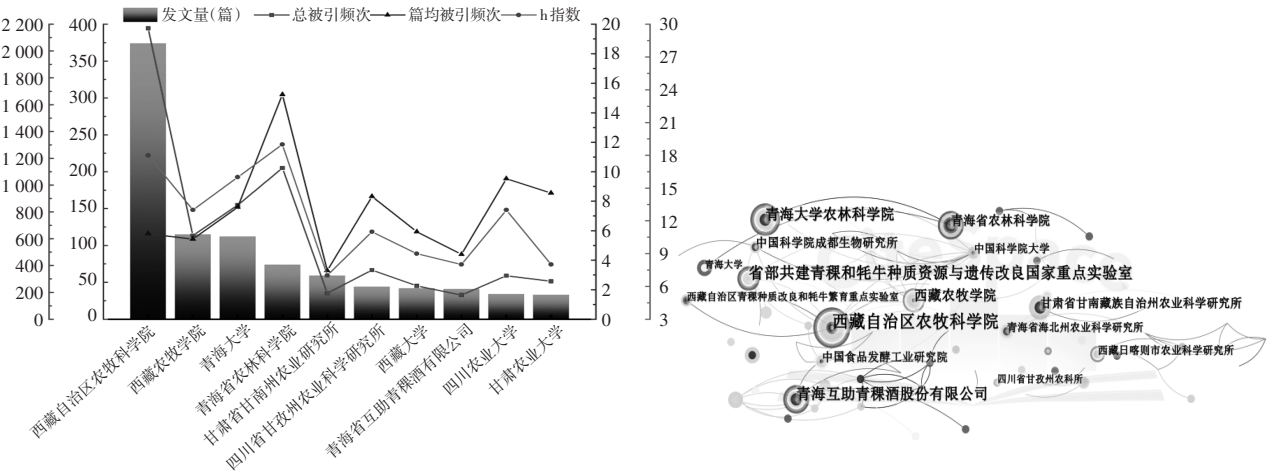


图4 青稞领域CNKI机构发文量以及合作关系示意图

由图5可知,Chinese Academy of Sciences、University of Saskatchewan 和 Tibet Acad Agr & Anim Husb Sci 等是WOS数据库中文献量排名前3的主要研究机构。排名前十的研究机构都是青稞领域的中坚力量,对促进青稞领域研究发挥着积极重要的作用。通过VOSviewer对英文发文机构进行可

视化分析,生成WOS机构共线图。从合作关系看,合作最广泛的是tibet acad agr & anim husb sci,其次为state key lab hullless barley & yak germplasm reso lhasa。目前该领域合作范围不够广泛,未成统一性、整体性体系。

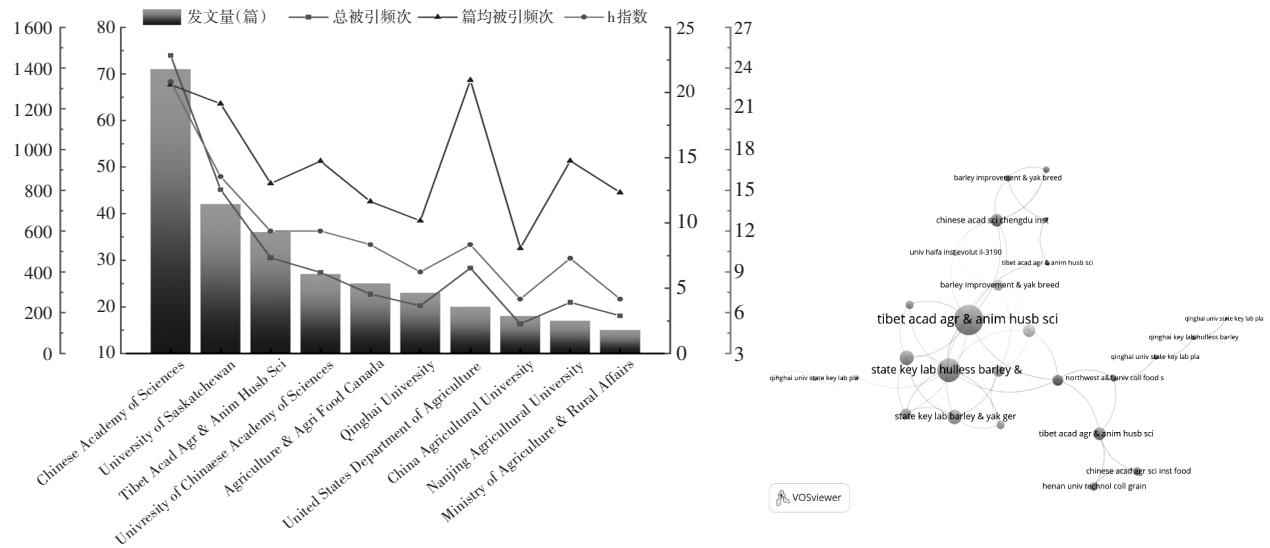


图5 青稞领域WOS机构发文量以及合作关系示意图

2.4 高被引文章分析

文章的被引频次是衡量文章质量的重要指标,并且也能反映出学者在该领域的学术影响力<sup>[29]</sup>。青稞研究领域高被引文章分析见表1、2。如表1所示,从被引频次分析CNKI数据库中的文献可以看出,被引总频次多达1 207次。CNKI库中被引频次最高的文献为臧靖巍等作者所著《青稞的成分研究及其应用现状》,其被引频次多达227次,该文主要围绕青稞、青稞主要成分的研究近况以及青稞产品的加工利用现状并指出青稞今后的研究方向进行了论述。从文章被引年限来看,大部分被引文章都发布于2010年以前,且大多数被引用文章为综述性论文,占被引总量的80%。被引用的高质量文章都发布于2008年左右,同时也说明论文的引用存在一定程度的滞后性,影响该领域研究人员对青稞研究热点的判断。

表1 青稞领域被引频次最高的CNKI文章分布

排名	题目	第一作者	刊名(影响因子)	出版年份	被引频次
1	青稞的成分研究及其应用现状 <sup>[30]</sup>	臧靖巍	中国食品添加剂(1.282)	2004	227
2	青稞特性及在食品中的应用 <sup>[31]</sup>	吕远平	食品科学(2.862)	2005	160
3	青稞特有营养成分分析与开发利用现状调查研究报告 <sup>[32]</sup>	洛桑旦达	西藏科技(0.218)	2001	139
4	青稞β-葡聚糖研究进展 <sup>[33]</sup>	张峰	粮食与油脂(1.241)	2003	128
5	青藏高原区域青稞生产与发展现状 <sup>[34]</sup>	强小林	西藏科技(0.218)	2008	109
6	拉萨河谷地区青稞农田生态系统服务功能的评价——以达孜县为例 <sup>[35]</sup>	赵海珍	自然资源学报(6.098)	2004	96
7	青稞功能元素与食品加工利用简述 <sup>[36]</sup>	吴昆仑	作物杂志(2.079)	2008	91
8	不同青稞品种的营养品质评价 <sup>[37]</sup>	徐菲	麦类作物学报(1.979)	2016	88
9	青稞淀粉理化特性的研究 <sup>[38]</sup>	郑学玲	中国粮油学报(1.748)	2011	86

续表

排名	题目	第一作者	刊名(影响因子)	出版年份	被引频次
10	利用SRAP标记研究四川高原青稞育成品种的遗传多样性 <sup>[39]</sup>	杨平	遗传(1.775)	2008	83

根据被引频率分析WOS数据库中的文献,详见表2。在WOS中,被引频次最高的10篇文章主要围绕青稞的物理化学性质、生理活性及遗传育种等方面的研究,表明该研究内容是国际上的热点领域。被引次数最多的文章是《Barley grain with adhering hulls is controlled by an ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway》,作者是来自日本的Taketa,S,该文章被引频次为205次,2008年发表在Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America期刊上。Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America和Journal of Agricultural and Food Chemistry两个期刊共有5篇文章位于前10,以上均属于一区权威期刊,具有较高的国际公认度和影响力。

2.5 关键词分析

关键词共现分析是通过某个领域关键词共同出现在同一篇文献进行分析,然后了解该领域中不同方向或主题间的联系<sup>[47]</sup>。如图6所示,青稞领域关键词WOS数据库中共检索出2 710个关键词,设定最小共线次数为5,并筛选掉与本研究无关的关键词后,得到英文关键词138个。出现频次较高的关键词,β-葡聚糖(beta-glucan)、消化率(digestibility)、淀粉(starch)、蛋白质(protein)、大麦(barley)、酶(enzyme)和品种(varieties)等关键词在青稞相关文献中与其他关键词共现的次数较多,能够代表当下国际社会的研究热点。β-葡聚糖(beta-glucan)、大麦(barley)及消化率(digestibility)间的连线较多、较粗,相关研究领域较为紧密。青稞领域CNKI数据库中共检索出共有5 813个关键词,设定最小共线次数为10,并筛选掉与本研究无关的关键词后,得到中文关键词136个。β-葡聚糖、栽培技术、营养成分、黑青稞和春青稞等关键词在青稞相关文献中与其他关键词共现的次数较多,表明以上研究主题在国内一直作为研究热点。

表2 青稞领域被引频次最高的WOS文章分布

排名	题目	第一作者	刊名(影响因子)	出版年份	被引频次
1	Barley grain with adhering hulls is controlled by an ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway <sup>[40]</sup>	Taketa,S	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (12.779)	2008	205
2	Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs <sup>[41]</sup>	Omogbenigun,FO	Journal of Animal Science (3.338)	2004	121
3	Effects of supplementing diets containing hull-less barley varieties having different levels of non-starch polysaccharides with beta-glucanase and xylanase on the pHysiological status of the gastrointestinal tract and nutrient digestibility of weaned pigs <sup>[42]</sup>	Yin,YL	Livestock Production Science (1.651)	2001	114
4	In vitro and in vivo antioxidant activity of poly-pHenols extracted from black highland barley <sup>[43]</sup>	Shen,YB	Food Chemistry(9.231)	2016	107
5	Barley Grain Constituents, Starch Composition, and Structure Affect Starch in Vitro Enzymatic Hydrolysis <sup>[26]</sup>	Asare,EK	Journal of Agricultural and Food Chemistry(5.895)	2011	100
6	The draft genome of Tibetan hullless barley reveals adaptive patterns to the high stressful Tibetan Plateau <sup>[24]</sup>	Zeng,XQ	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (12.779)	2015	99
7	The effect of different carbohydrase and protease supplementation on apparent (ileal and overall) digestibility of nutrients of five hull-less barley varieties in young pigs <sup>[44]</sup>	Yin,YL	Livestock Production Science (1.651)	2001	89
8	Effect of barley and oat cultivars with different carbohydrate compositions on the intestinal bacterial communities in weaned piglets <sup>[27]</sup>	Pieper,R	FEMS Microbiology Ecology (4.519)	2008	79
9	Phenolic compounds of barley grain and their implication in food product discoloration <sup>[45]</sup>	Quinde-Axtell,Z	Journal of Agricultural and Food Chemistry(5.895)	2006	74
10	Analysis of volatile compounds from various types of barley cultivars <sup>[46]</sup>	Cramer,ACJ	Journal of Agricultural and Food Chemistry(5.895)	2005	73

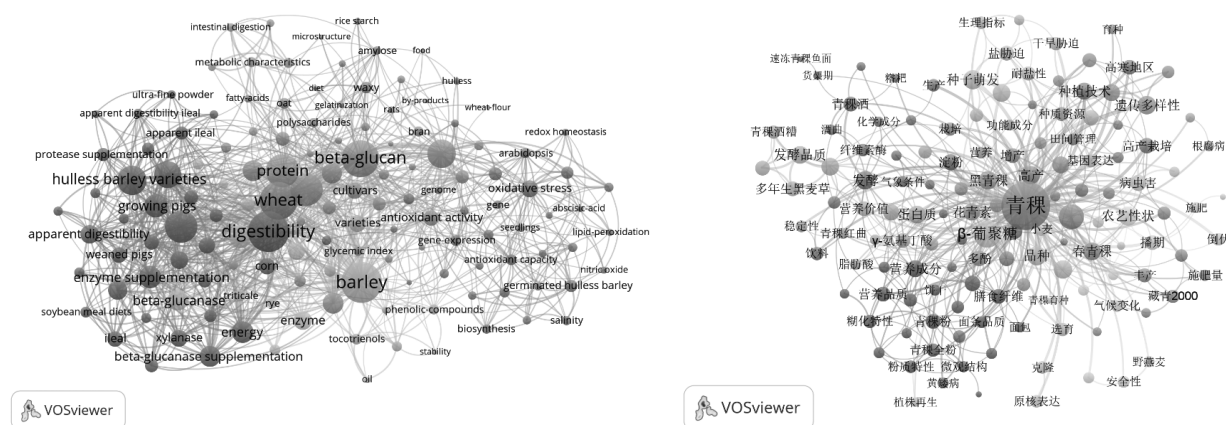


图6 青稞领域关键词共现网络分析图

2.6 研究热点与发展态势分析

关键词突现强度能反映出研究领域的热点特征。利用CiteSpace软件分析显示2001—2021年20年期间WOS和CNKI数据库中关于青稞文献的突现词,如图7所示。2001—2021年期间WOS数据库中检索到前10个关于青稞文献的突现词,与青稞相关的关键词突现可分为2部分,2001—2012年期间突现关键词中“葡聚糖酶补充剂(beta glucanase supplementation)”持续时间最长。在2015—2021年期间主要突现的关键词中品质(quality)、物理化学性质(pHysicochemical property)、抗氧化活性(antioxidant activity)、盐胁迫(salt stress)和新陈代谢(metabolism),将会成为近年来青稞领域新的研究方向。有关CNKI数据库中青稞的关键词突现可分为3部分,2001—2010年期间关键词的突现主要是青稞秸秆的利用以及新品种的研发,是突现持

续时间较长的关键词。2011—2015年期间主要突现关键词围绕青稞产品的研发以及营养成分的提取,比如:蛋白质、β-葡聚糖等。2016—2021年期间主要突现关键词是病虫害研究、栽培技术的提升以及工艺优化上。基于突现检测强度分析,青稞的生物活性成分研究以及病虫害的防治技术仍会得到持续关注。

综上,根据20个与青稞领域相关度最高的关键词及学术文献产出情况,归纳出如下青稞研究领域的研究热点:①青稞育种及栽培技术研究:种质资源遗传多样性分析、新品种培育、病虫害防控等;②青稞营养成分及生物活性研究:青稞β-葡聚糖的提取工艺优化以及预防慢性疾病等生理作用方面的研究;③青稞制品工艺优化:青稞酒、面食、饮品等相关制品的工艺优化以保健产品的研发也是未来研究热点之一。

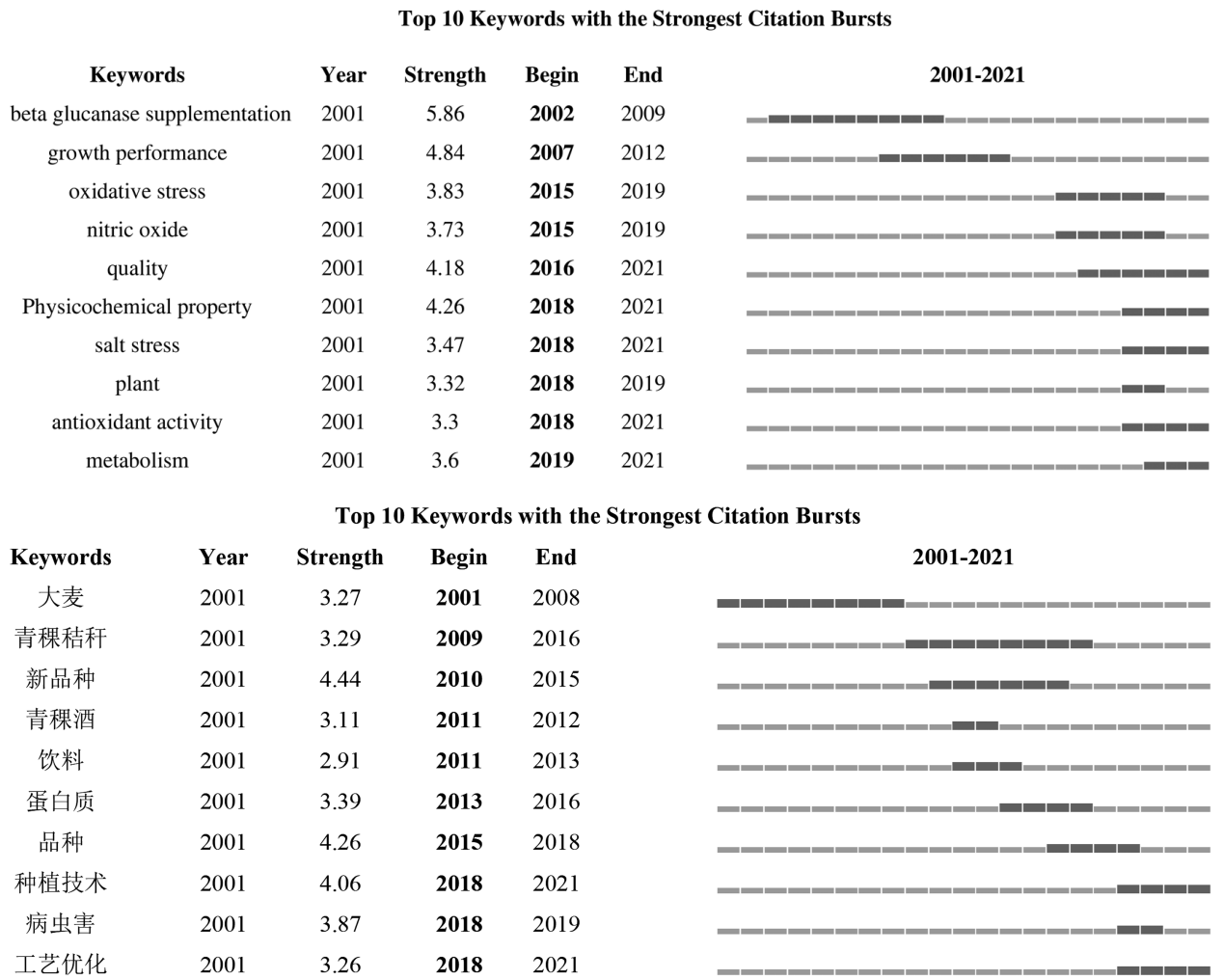


图7 青稞文献关键词突现图



### 3 结论

从过去20多年对中英文文献计量分析中可以看出,目前国内外在这一领域的研究发展迅速,文献数量与质量有了显著提升。高频关键词的分析表明未来的热点将聚集在食品科学的研究上,并且青稞 $\beta$ -葡聚糖、栽培技术、营养成分、淀粉等关键词在依然是该领域的研究热点。继续优化青稞 $\beta$ -葡聚糖的提取工艺、加工工艺技术改进,开发青稞的营养、保健、药用等多种用途,深度挖掘青稞的资源价值,将成为今后科研人员的研究热点。综上所述,本文梳理了青稞的发展脉络,分析了未来与有关青稞研究的发展趋势,也为我国谷物行业的健康快速发展奠定基础,为进一步研究提供新的思路。

#### 参考文献:

- [1] 胡敏.不同储藏条件下西藏青稞品质劣化机制的研究[D].长沙:中南林业科技大学,2017.
- [2] 夏虎,晏熙玥,卢利聃,等.青稞的营养功能及其高值化利用研究进展[J].食品工业科技,2022,43(20):403-413.
- [3] 魏然,梁昕.藏区青稞产业发展策略研究[J].农村经济与科技,2022,33(6):48-50.
- [4] 邓鹏,张婷婷,王勇,等.青稞的营养功能及加工应用的研究进展[J].中国食物与营养,2020,26(2):46-51.
- [5] 向卓亚,夏陈,杨开俊,等.青稞麸皮营养成分及提取物抗氧化活性研究[J].食品与机械,2019,35(12):163-168.
- [6] 朱敏,梁朝晖,姚林,等.学术引用信息可视化方法综述[J].计算机科学,2022,49(4):88-99.
- [7] 贺宇玉,曾子逸,王卉,等.国内外辣味科学研究的文献计量分析[J].中国食品学报,2022,22(1):424-438.
- [8] 任海伟,蔡早宁,王希,等.基于文献计量学的白酒窖泥研究进展与发展态势分析[J].食品科学,2023,44(7):267-275.
- [9] 郝毫,范殊琮,陈琛.基于文献计量的食品天然多酚研究进展分析[J].食品工业科技,2023,44(3):325-335.
- [10] 杨睿,王应宽,王宝济.基于WoS文献计量学和知识图谱的农业机器人进展与趋势[J].农业工程学报,2022,38(1):53-62.
- [11] 肖鹏飞.全球黄曲霉毒素研究的文献计量学分析[J].食品科学,2022,43(15):378-388.
- [12] 陈和敏,肖文芳,陈和明,等.基于CiteSpace的兰花保鲜研究进展及可视化分析[J].中国农学通报,2023,39(1):151-164.
- [13] 欧悦,陈明堃,柯玉洁,等.基于CiteSpace兰科植物功能基因的研究进展[J].植物遗传资源学报,2022,23(3):654-669.
- [14] 曾兴权,王玉林,徐齐君,等.利用SSR引物分析西藏青稞种质资源的遗传多样性[J].麦类作物学报,2013,33(2):260-267.
- [15] 徐齐君,王玉林,原红军,等.西藏青稞品种甘农大7号白粉菌诱导早期应答基因SSH文库的构建及分析[J].大麦与谷类科学,2017,34(5):8-12,17.
- [16] 尼玛扎西,禹代林,唐亚伟,等.大幅度提高青稞单产有效保障青稞安全[J].西藏科技,2013(2):5-7.
- [17] 姚晓华,吴昆仑.PEG预处理对青稞种子萌发和幼苗生理特性的影响[J].西北植物学报,2012,32(7):1403-1411.
- [18] 刘新红,杨希娟,吴昆仑,等.青稞品质特性及加工利用现状分析[J].农业机械,2013(14):49-53.
- [19] 王凯,赵小红,姚晓华,等.茎秆特性和木质素合成与青稞抗倒伏关系[J].作物学报,2019,45(4):621-627.
- [20] 孟凡磊,赵亚斌,强小林,等.不同地区大麦品种农艺性状比较与西藏青稞品种改良[J].麦类作物学报,2006,26(5):175-178.
- [21] 强小林,顿珠次仁,张文会,等.青稞 $\beta$ -葡聚糖生理功效、提取技术及其新产品研发[J].西藏科技,2010(2):6-9,25.
- [22] 编者.青稞育种专家强小林[J].中国农业信息,2008(12):1.
- [23] 编者.强小林同志生平简介[J].西藏农业科技,2018,40(1):2.
- [24] ZENG X Q, LONG H, WANG Z, et al. The Draft Genome of Tibetan Hulless Barley Reveals Adaptive Patterns to the High Stressful Tibetan Plateau [J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112(4): 1095-1100.
- [25] YUAN H J, ZENG X Q, YANG Q F, et al. Gene Coexpression Network Analysis Combined with Metabonomics Reveals the Resistance Responses to Powdery Mildew in Tibetan Hulless Barley [J].Scientific Reports, 2018, 8: 14928.
- [26] ASARE E K, JAISWAL S, MALEY J, et al. Barley Grain Constituents, Starch Composition, and Structure Affect Starch in Vitro Enzymatic Hydrolysis [J].Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(9):4743-4754.
- [27] PIEPER R, JHA R, ROSSNAGEL B, et al. Effect of Barley and Oat Cultivars with Different Carbohydrate Compositions on the Intestinal Bacterial Communities in Weaned Piglets [J].FEMS Microbiology Ecology, 2008, 66(3):556-566.
- [28] 闫鉴,魏丽萍,郜毓堃,等.基于文献计量学对黑果腺肋花楸的可视化分析[J].食品与发酵工业,2022,48(14):354-360.
- [29] 张仕林,杨海峰,惠林冲,等.基于文献计量分析洋葱研究热点与趋势[J].中国农业大学学报,2022,27(4):118-134.
- [30] 臧靖巍,阚建全,陈宗道,等.青稞的成分研究及其应用现状[J].中国食品添加剂,2004(4):43-46.
- [31] 吕远平,熊荣君,贾利蓉,等.青稞特性及在食品中的应用[J].食品科学,2005,26(7):266-270.
- [32] 洛桑旦达,强小林.青稞特有营养成分分析与开发利用现状调查研究报告[J].西藏科技,2001(8):55-64,54.
- [33] 张峰,杨勇,赵国华,等.青稞 $\beta$ -葡聚糖研究进展[J].粮食与油脂,2003,16(12):3-5.
- [34] 强小林,迟德钊,冯继林.青藏高原区域青稞生产与发展现状[J].西藏科技,2008(3):11-17.
- [35] 赵海珍,李文华,马爱进,等.拉萨河谷地区青稞农田生态系统服务功能的评价——以达孜县为例[J].自然资源学报,2004, 19(5):632-636.
- [36] 吴昆仑.青稞功能元素与食品加工利用简述[J].作物杂志, 2008(2):15-17.
- [37] 徐菲,党斌,杨希娟,等.不同青稞品种的营养品质评价[J].麦类作物学报,2016,36(9):1249-1257.



- [38] 郑学玲,张玉玉,张 杰.青稞淀粉理化特性的研究[J].中国粮油学报,2011,26(4):30-36.
- [39] 杨 平,刘仙俊,刘新春,等.利用SRAP标记研究四川高原青稞育成品种的遗传多样性[J].遗传,2008,30(1):115-122.
- [40] TAKETA S, AMANO S, TSUJINO Y, et al. Barley Grain with Adhering Hulls is Controlled by an ERF Family Transcription Factor Gene Regulating a Lipid Biosynthesis Pathway [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105(10):4062-4067.
- [41] OMOGBENIGUN F O, NYACHOTI C M, SLOMINSKI B A. Dietary Supplementation with Multienzyme Preparations Improves Nutrient Utilization and Growth Performance in Weaned Pigs [J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(4):1053-1061.
- [42] YIN Y L, BAIDOO S K, SCHULZE H, et al. Effects of Supplementing Diets Containing Hulless Barley Varieties Having Different Levels of Non-Starch Polysaccharides with B-Glucanase and Xylanase on the Physiological Status of the Gastrointestinal Tract and Nutrient Digestibility of Weaned Pigs [J]. Livestock Production Science, 2001, 71(2-3):97-107.
- [43] SHEN Y B, ZHANG H, CHENG L L, et al. In Vitro and in Vivo Antioxidant Activity of PolypHenols Extracted from Black Highland Barley [J]. Food Chemistry, 2016, 194:1003-1012.
- [44] YIN Y L, BAIDOO S K, JIN L Z, et al. The Effect of Different Carbohydrase and Protease Supplementation on Apparent (Ileal and Overall) Digestibility of Nutrients of Five Hulless Barley Varieties in Young Pigs [J]. Livestock Production Science, 2001, 71(2-3):109-120.
- [45] QUINDE-AXTELL Z, BAIK B K. Phenolic Compounds of Barley Grain and Their Implication in Food Product Discoloration [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(26):9978-9984.
- [46] CRAMER A C J, MATTINSON D S, FELLMAN J K, et al. Analysis of Volatile Compounds from Various Types of Barley Cultivars [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(19):7526-7531.
- [47] 王 耕,周腾禹.基于文献计量分析的区域生态安全研究热点与趋势[J].生态学报,2019,39(18):6950-6957.