



基于文献计量的白三叶草栽培技术

沈良英 王福军 刘彦培 蔡明 罗富成 钟声 牟兰 黄必志

Research progress of white clover forage cultivation techniques based on bibliometrics

SHEN Liangying, WANG Fujun, LIU Yanpei, CAI Ming, LUO Fucheng, ZHONG Sheng, MU Lan, HUANG Bizhi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0125>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于CiteSpace中国草牧业研究的文献计量分析

Bibliometric analysis of grass-based livestock husbandry in China

草业科学. 2021, 38(5): 976 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0618>

基于2010-2019年文献计量的燕麦研究现状

Analysis of the current research status of oats based on bibliometrics from 2010 to 2019

草业科学. 2020, 37(6): 1160 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0511>

基于文献计量分析的植物多倍体诱导研究进展

Research progress of plant polyploidy induction: A bibliometric analysis

草业科学. 2021, 38(10): 2050 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0212>

基于文献计量分析的披碱草属植物研究进展

Bibliometric-based analysis of advances in research on *Elymus*

草业科学. 2021, 38(9): 1793 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0165>

模拟轮牧条件下黄土高原三叶草产量与营养品质的预测

Prediction of forage yield and quality of clover in Loess Plateau under simulated rotational grazing

草业科学. 2019, 36(8): 2050 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0380>

苜蓿花叶病毒和白三叶草花叶病毒复合侵染对本氏烟中5种激素含量的影响

Effects of alfalfa mosaic virus and white clover mosaic virus co-infection on the contents of five endogenous hormones in *Nicotiana benthamiana*

草业科学. 2021, 38(11): 2255 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0017>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0125

沈良英, 王福军, 刘彦培, 蔡明, 罗富成, 钟声, 牟兰, 黄必志. 基于文献计量的白三叶草栽培技术. 草业科学, 2023, 40(4): 1027-1038.

SHEN L Y, WANG F J, LIU Y P, CAI M, LUO F C, ZHONG S, MU L, HUANG B Z. Research progress of white clover forage cultivation techniques based on bibliometrics. Pratacultural Science, 2023, 40(4): 1027-1038.

基于文献计量的白三叶草栽培技术

沈良英¹, 王福军¹, 刘彦培², 蔡明², 罗富成¹, 钟声², 牟兰³, 黄必志²

(1. 云南农业大学动物科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省草地动物科学研究院, 云南 昆明 650212;
3. 西南林业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 为深入探究白三叶 (*Trifolium repens*) 在草学研究领域中的发展脉络, 从主观判断转向客观计量, 该研究以 CNKI 和 Web of Science 核心合集为数据来源, 借助 VOSviewer 和 CiteSpace 软件对白三叶草栽培研究的文献进行计量分析。结果表明, 关于白三叶栽培技术研究的发文量呈现“初期缓慢、中期迅速、后期趋减”的趋势, 西北农林科技大学、四川农业大学和甘肃农业大学是国内的主要研究机构。经过生成期、转折期和成熟期 3 个阶段, 白三叶栽培技术的研究主题逐步从牧草资源开发和生态适应性向果园生草转移, 其主要研究趋势为提高牧草产量和发展草业是白三叶的研究基础, 新西兰等国家在该领域发挥了重要作用; “土壤微生物多样性”、“果园生草”及“果园碳氮循环”是未来白三叶牧草栽培的研究重点。

关键词: 白三叶; 文献计量; 研究热点; 内容分析; 果园生草; 栽培技术; 提质增效

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2023)04-1027-12

Research progress of white clover forage cultivation techniques based on bibliometrics

SHEN Liangying¹, WANG Fujun¹, LIU Yanpei², CAI Ming², LUO Fucheng¹, ZHONG Sheng², MU Lan³, HUANG Bizhi²

(1. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, Yunnan, China;

2. Academy of Grassland and Animal Sciences, Kunming 650212, Yunnan, China;

3. College of Landscape Architecture and Horticulture Sciences, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: To explore the development context and research hotspot of white clover (*Trifolium repens*) cultivation research and turn from subjective judgment to objective measurement, this study quantitatively analyzes literature ranging from 1980 to 2022 year on white clover cultivation research from Web of Science and the China National Knowledge Infrastructure using Vosviewer and CiteSpace software. The results showed that the number of papers on white clover cultivation showed a trend of “slow in the initial stage, rapid in the middle stage, and decreasing in the later stage.” The Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, Sichuan Agricultural University, and Gansu Agricultural University were the leading institutions in China research on this topic. As research on white clover cultivation has matured, the research topics have gradually shifted from forage resource development and ecological adaptability to orchard grass growing technology with three dominant research trends. Improving the forage yield and developing grassland industry are the research basis of white clover, with New Zealand and other countries playing an important role in this field. The future

收稿日期: 2022-01-28 接受日期: 2022-04-27

基金项目: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-37); 云南省基础研究计划青年项目 (202101AU070143); 兴滇英才支持计划青年人才项目; 云南省院士工作站 (202305AF150154); 国家重点研发“云南迪庆社区饲草稳产提质关键技术研究 (2018YFD0502402-4)”

第一作者: 沈良英 (1995-), 男, 云南宣威人, 在读硕士生, 主要从事草类种质资源与利用研究。E-mail: slycmd@163.com

通信作者: 蔡明 (1986-), 男, 河南柘城人, 副研究员, 博士, 主要从事饲草资源开发利用与评价研究。E-mail: mingcaiok@163.com

共同通信作者: 牟兰 (1988-), 女, 山东高密人, 讲师, 博士, 主要从事植物抗逆生理研究。E-mail: mulan1016@163.com

research focuses of white clover cultivation are “soil microbial diversity”, “interplanting grass in orchard”, and “orchard carbon and nitrogen cycle.”

Keywords: white clover; bibliometric; research hotspot; content analysis; interplanting grass; cultivation techniques; improve quality and efficiency

Corresponding author: CAI Ming E-mail: mingcaiok@163.com

MU Lan E-mail: mulan1016@163.com

白三叶草 (*Trifolium repens*) 为常见豆科三叶草属植物, 源自欧洲、北非和亚洲西部, 在我国温带及亚热带地区均有栽培, 是世界上分布最广、栽培最多的豆科牧草之一, 也是我国南方混播草地的重要豆科牧草之一^[1-2]。白三叶具有营养丰富、优质高产、绿肥兼饲用、固土固氮、耐粗放管理和抗逆性强等特性, 因其具有重要的经济、生态和社会效益而备受草学研究领域关注^[3-4]。

在国家“粮改饲”政策和“粮—经—饲”三元种植结构优化发展的背景下, 围绕白三叶的种子萌发、栽培管理和生理特征等已有大量研究^[5-7]。然而, 关于白三叶栽培技术缺乏比较分析和系统整合, 对白三叶栽培的研究还存在空白。及时总结白三叶栽培管理的发展趋势, 进而掌握未来研究方向显得极为重要。文献计量知识图谱分析评估科研发展趋势是最直观的方法, 使文献数据可视化, 避免主观性归纳总结的缺陷, 已多次应用到植物研究领域^[8-11]。因此, 通过 VOSviewer、CiteSpace 和 RStudio 软件, 对 CNKI 和 Web of Science 进行文献检索, 从多维度探究白三叶草栽培技术的基础背景、科研现状和发展态势, 旨在为今后白三叶种质资源的创新性研究和技术推广提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 数据来源

为了确保纳入数据来源的可信度和研究价值, 选用权威数据库 Web of Science 核心合集集中的 SSCI、SCI-Expanded、A&HCI、CPCI-S、CPCI-SSH 和 ESCI 六大引文索引作为数据来源, 将检索式设置为 TI = (“*Trifolium repens*”) 进行标题检索, 文献检索类型设置为“Article”和“Review”, 语种设置为“English”, 检索时间段为 1980—2022 年, 最终可检索到文献 919 篇, 用 Web of Science 网页功能的“全记录与引用的参考文献”格式导出 txt 文本格式。国内学者中

文文献选用 CNKI 数据库, 主题词为“白三叶”或“白车轴草”, 关键词为“白三叶”, 时间检索范围 1980—2022 年, 对数据进行整合分析选取有效文献数量为 1776 篇, 用 CNKI 网页的 RefWorks 格式导出, 文献检索时间为 2022 年 1 月 2 日。

1.2 研究方法

本研究借助可视化软件 VOSviewer (V1.6.15) 和 CiteSpace (V5.8.R3), 对近 42 年关于白三叶草栽培技术的文献进行文献计量与图谱分析: 1) 利用发文量、文献高被引和关键词共现网络分析, 从论文发表时间、文献引用量表征该领域研究的基础研究。2) 通过对研究机构、国家、发文期刊的分析, 揭示白三叶草栽培的研究力量分布与合作关系。3) 通过关键词的突现, 表征我国白三叶草栽培的研究热点。4) 运用关键词共现分析反映白三叶草栽培的研究程度, 时线分析主题演化过程。

2 结果与分析

2.1 白三叶栽培的发文量统计

2.1.1 文献时序与被引分析

文献时序可清晰地反映各年度某一研究领域的科研产出程度, 发文量能够表明该领域的研究活跃度程度。从文献数量上看, 1980—2022 年 Web of Science 发文量整体趋势波动不大, 年均发文量仅 21.9 篇, 在 1997 年达到最大的发文量 37 篇 (图 1)。而我国 CNKI 发文量在 1980—2000 年均发文量相对较少, 年均发文量为 19.9 篇; 2001—2016 年发文量迅速增加, 论文数从 35 篇增长至 76 篇, 年均发文量 68.75 篇, 论文数一直处于较高水平, 2014 年达到最大年发文量 81 篇; 2017 年以后, 年发文量小幅升高后呈现大幅下降趋势。

分别对数据库中前 5 篇高被引文献进行分析 (表 1), 国外主要集中在“土壤微生物多样性”“种群

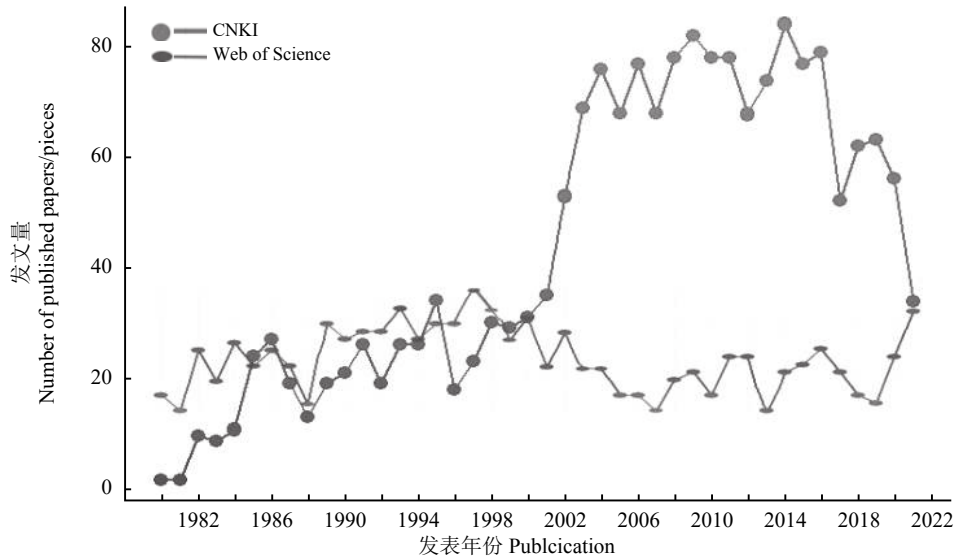


图1 1980—2022年白三叶植物研究发文量

Figure 1 Number of published papers on *Trifolium repens* from 1980 to 2022

统计”和“植物生长形态”研究领域,作者分别来自新西兰、英国等;而我国白三叶高被引文献研究方向主要为“化感作用”“土壤性状”和“果园生草”。

近42年白三叶草的发文量具有波动性,国内学者关于白三叶研究发表的论文数量增长呈现“初期缓慢、中期迅速、后期趋减”的趋势且维持在较高水平。可以预见,随着育种技术和分子生态学的发展,有关白三叶的科研论文数量将会持续增长。

2.2 白三叶栽培的主要研究机构

2.2.1 研究机构发文量分析

本研究统计了Web of Science和CNKI数据库中发文量前十的研究机构(表2),其中发文量和总被引次数较多的都是新西兰农业研究所和西北农林科技大学,说明这两所机构对白三叶研究贡献较大,备受学者欢迎,具有较高的国际影响力。

2.2.2 国家合作关系分析

在Web of Science数据库中白三叶发文量排名前5的国家依次是新西兰(76篇)、澳大利亚(39篇)、英国(35篇)、美国(34篇)、中国(26篇),占Web of Science总发文量(4468篇)的47%,可见这几个国家的学者对白三叶草的关注度和研究成果较多。我国在Web of Science的发文量排名相对较高,体现出我国在白三叶研究方面具有一定的影响力;图2颜色渐变为暖绿色,说明我国在Web of Science发文较新。图2中国家间线条粗细体现了国际合作强度,合作交流越密切则线条越粗,可见

新西兰与澳大利亚联系较为紧密,中国与美国国际学术合作关系较强。国家之间联系越强,合作关系就越紧密,白三叶相关研究的成果也就越多。

2.2.3 发文期刊及被引分析

对白三叶草栽培的文献刊载期刊进行统计分析,能更好帮助科研人员针对性选择期刊进行检索查阅。从文献总数来看,《New Zealand Journal of Agricultural Research》(50篇)、《Annals of Botany》(48篇)和《草业科学》(140篇)载文量较多。从平均被引次数上看,国际期刊方面,《Journal of Experimental Botany》、《Annals of Botany》和《Journal of Agricultural Science》等表现不错;国内期刊方面,《草业学报》《草地学报》《中国草地学报》《草业科学》等表现较佳,说明这些期刊在学术界影响力较大且期刊复合影响因子较高(表3)。

2.3 白三叶栽培的研究热点及趋势

2.3.1 关键词共现网络分析

关键词可直接反映研究的主题,同种颜色代表相同的聚类,重复出现次数较高的关键词在一定程度上可以看作是该领域的研究热点,关键词共现网络中圆圈显示越大^[12]。因此,可以看出国内外白三叶草栽培的研究方向主要集中在果园生草、化感作用、种间竞争、非生物胁迫、固氮作用和生氰作用等方面(图3)。

2.3.2 关键词突现变化分析

突现词(burst terms)是指在较短时间内出现频

表1 白三叶研究被引频次前5的高被引次数文献
Table 1 Top five most cited papers on *Trifolium repens*

数据库 Database	排名 Ranking	文献名 Title	第一作者 First author	第一作者单位 First organization	次数 Citation
Web of Science	I	Natural re-seeding and <i>Trifolium repens</i> demography in grazed hill pastures. II. Seedling appearance and survival	CHAPMAN D F	Institute for Animal and Grassland Production, Hurley, Maidenhead, Berks	23
	II	The dynamics of <i>Trifolium repens</i> in a permanent pasture I. The population dynamics of leaves and nodes per shoot axis	SACKVILLE H N R	Unit of Plant Population Biology, School of Biological Sciences	18
	III	Morphology of white clover (<i>Trifolium repens</i> L.) plants in pastures under intensive sheep grazing	BROCK J L	Grasslands Division, DSIR, Palmerston North, New Zealand	14
	IV	Nutrient responses and macronutrient composition of some <i>Trifolium repens</i> x <i>Trifolium uniflorum</i> interspecific hybrids	NICHOLS S N	AgResearch, Ruakura Research Centre, Private Bag 3 123, Hamilton 3 240, New Zealand.	14
	V	World checklist of white clover varieties	CARADUS J R	Grasslands Division, DSIR, Private Bag, Palmerston North, New Zealand	12
CNKI	I	生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响 Study on allelopathy and natural degeneration phenomena of artificial grassland on alpine meadow	刘蝴蝶 LIU Hudie	山西运城市农业局 Agricultural Office, Yuncheng City, Shanxi Province	250
	II	渭北黄土高原旱地果园生草对土壤物理性质的影响 Effects of different herbage on soil quality characteristics of non-irrigated apple orchard in Weibei Loess Plateau	李会科 LI Huike	西北农林科技大学 Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology	240
	III	生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响 Effects of grass growth on soil properties of dryland apple orchard in Loess Plateau	李会科 LI Huike	西北农林科技大学 Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology	170
	IV	薇甘菊的化感作用研究 Allelopathic potential of <i>Mikania micrantha</i>	邵华 SHAO Hua	中国科学院 Chinese Academy of Sciences	165
	V	黄土高原旱地苹果园生草对果园小气候的影响 Effect of grass planting on the microclimate of apple orchard in the dryland area of Loess Plateau	李会科 LI Huike	西北农林科技大学 Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology	148

次变化较大的词汇,即发表文献中重复出现次数较多的关键词,能更好反映各阶段研究趋势^[13]。利用 CiteSpace 突现监测功能分析 CNKI 文献,得到白三叶 24 个重点突现关键词,并由此确定白三叶草栽培研究的前沿领域。在白三叶突现词中(表 4),突现强度最高达 20.90,最低为 4.89。根据被引突现词及时间分布特点,可划分为 3 个阶段。第 1 阶段(1980—2000 年)关键词变化率最高的分别是“红三叶”“栽培草地”“鲜草产量”“产草量”和“鸭茅”;第 2 阶段(2000—2016 年),关键词“紫花苜蓿”“引种”和“新西兰”的影响周期长达 15 年;第 3 阶段(2017 年以后),关键词“种子萌发”“化感作用”和“果园生草”的持续性最强。

2.3.3 关键词阶段演化分析

聚类分析是一种探索性数据挖掘技术,从文献标题、关键词和摘要名词性短语中识别出聚类标签, CiteSpace 通过对数似然比 (LLR) 算法来保证聚类内标签的唯一性和同质性,同时选择标签进行聚类以分析研究领域中的突出术语、背景、趋势及其相关性^[13-14]。为了阐明我国不同时期的白三叶栽培的研究重点,进行关键词聚类分析。时线图将聚类包含的关键词按时间顺序从左到右依次展现,最右侧标注的关键词是聚类标签,表明了在不同时间段内,白三叶持续受到关注的研究主题。

我国白三叶栽培研究的领域时间跨度大、范围广泛,主题具有时序性。可依据主题持续时间长度划

表2 文献发文量前排名靠前的10家研究机构
Table 2 Top 10 research institutions ranked by number of papers published

国外机构 Foreign institution	地点 Site	发文量 Article	被引用量 Total citation	平均被引次数 Average citation	国内机构 Domestic institution	发文量 Article	总被引次数 Total citation	平均被引次数 Average citation
新西兰农业研究所 Agresearch New Zealand	新西兰 New Zealand	121	2220	18.3	西北农林科技大学 Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology	101	2132	21.1
阿伯里斯特威斯大学 Aberystwyth University	威尔士 Wales	74	1212	16.4	四川农业大学 Sichuan Agricultural University	87	910	10.5
科学与工业研究局 Department of Scientific and Industrial Research (DSIR)	新西兰 New Zealand	50	852	17.0	甘肃农业大学 Gansu Agricultural University	54	566	10.5
梅西大学 Massey University	新西兰 New Zealand	47	1061	22.6	中国农业大学 China Agricultural University	51	682	13.4
国家农业研究所 National Research Institute for Agriculture (INRAE)	法国 France	46	1167	25.4	湖北省农业科学院 Hubei Academy of Agricultural Sciences	46	326	7.1
苏黎世联邦理工学院 ETH Zurich	瑞士 Switzerland	29	1241	42.8	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	46	571	12.4
英国哥伦比亚大学 University of British Columbia	加拿大 Canada	26	769	29.6	兰州大学 Lanzhou University	38	484	12.7
新南威尔士州第一产业局 NSW Department of Primary Industries	澳大利亚 Australia	22	376	17.1	内蒙古农业大学 Inner Mongolia Agricultural University	36	336	9.3
纽卡斯尔大学 Newcastle University	英国 England	21	427	20.3	湖南农业大学 Hunan Agricultural University	34	249	7.3
联邦科学与工业研究组织 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	新西兰 New Zealand	19	357	18.8	南京农业大学 Nanjing Agricultural University	32	667	20.8

分为3个阶段,第1阶段(1980—2000年)生成期,第2阶段(2001—2016年)转折期,第3阶段(2017年以后)成熟期。第1阶段研究热点为饲草资源开发,人为因素占主导地位,有“繁殖栽培”“养护管理”“栽培品种试验”“发芽试验”“免耕播种”“建植技术”和“放牧强度”等关键词,可以发现提高饲草产量、草坪建植和牧草生产是这一时期的研究热点。第2阶段研究热点为饲草生态环境适应性,“引种栽培”“炼苗移栽”“生物技术”“组织培养”“营养品质”“抗旱性”、“抗寒性”和“耐盐性”等关键词可以看出这一阶段更加注重环境对饲草的影响。第3阶段研究热点为“林间种草”“生草栽培”“人工生草”“套种”

和“化感作用”。

从关键词阶段演化来看,第1阶段与我国该时期的草业政策背景有关,如“加速开发南方草坡,积极发展草原畜牧业”“改造和建设草原”等。因此,大量学者围绕白三叶“育种繁殖”和“栽培管理”等基础性饲草资源利用的主题进行了研究。由于第1阶段对草地资源的开发,出现了生态环境破坏和饲草资源管理不当的问题,第2阶段主要是培育优质高产牧草。这与我国食物营养结构、粮食安全、生态环境保护、草原生态息息相关。第3阶段与该时期的农业政策有关,如我国将“农业结构调整、发展草牧业”作为当前推进农业发展的重要任务,在饲草生

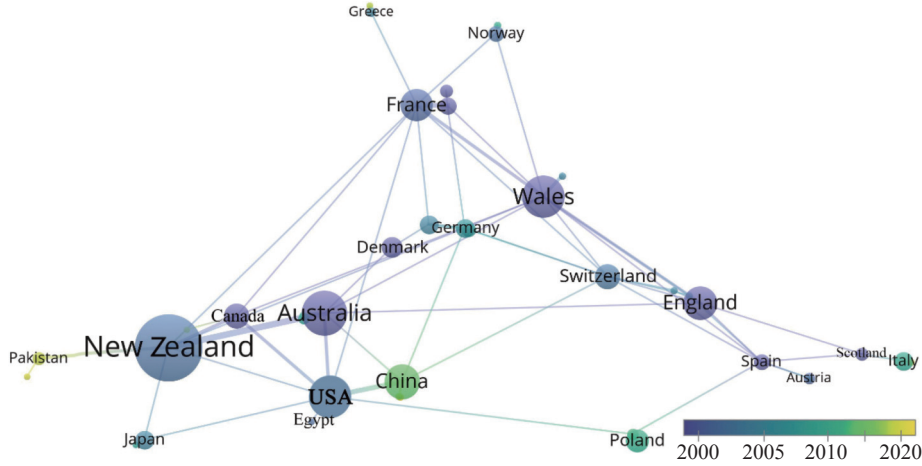


图2 Web of Science 文献中的国家或地区合作关系

Figure 2 Cooperative relationships among countries or sites in the Web of Science

表3 文献发文量前六位的期刊

Table 3 Top 6 most active journals by publications

数据库 Database	期刊 Journal	发文量 Number of published papers	被引频次 Citation frequency	平均被引次数 Citations per paper
Web of Science	New Zealand Journal of Agricultural Research	50	516	10.32
	Annals of Botany	48	1335	27.81
	Plant and Soil	40	999	24.98
	Grass and Forage Science	37	514	13.89
	Journal of Experimental Botany	34	990	29.12
	Journal of Agricultural Science	27	433	26.80
CNKI	《草业科学》 Pratacultural Science	140	1356	9.69
	《草地学报》 Acta Agrestia Sinica	84	1690	20.12
	《草业与畜牧》 Grassland and Prataculture	80	244	3.05
	《草原与草坪》 Grassland and Turf	78	395	5.06
	《中国草地学报》 Chinese Journal of Grassland	76	892	11.74
	《草业学报》 Acta Prataculturae Sinica	53	1430	26.98

产、草牧业发展的同时，带动农民增收以提高经济效益。在该阶段的名词性术语也体现出白三叶目前研究比较重视提质增效以及转型发展草牧业。

3 讨论

在我国第1阶段的突现词中，由于红三叶是白三叶研究参照的重点和代表性牧草，突现词“红三叶”也就最早出现。另外，在白三叶早期研究中，主要以牧草产量测试生产试验为主，“鲜草产量”“产草量”突现时间也就较早。而“鸭茅”成为了早期研究热点，是由于白三叶和鸭茅在发展草牧业^[15-16]、

草地资源开发利用^[17]、饲草栽培技术^[18]、混播^[19-20]和牧草引种^[21-23]等方面具有重要研究和推广利用价值。也从侧面反映出，国内在当时已开始形成以草地建设与牧草生产为主的意识，开始从草种引种、良种繁育、草地建设和牧草产量等基础工作抓起。利用人工种草和提高牧草产量成为我国该阶段重要研究领域，而且突现词整体上与第1阶段中演化路径相呼应。在第2阶段的突现词中，紫花苜蓿由于营养丰富，适口性好而被誉为“牧草之王”，也是我国种植面积最大的人工牧草^[24]。引种是当前种质资源建设的途径之一，自20世纪80年代以来，我

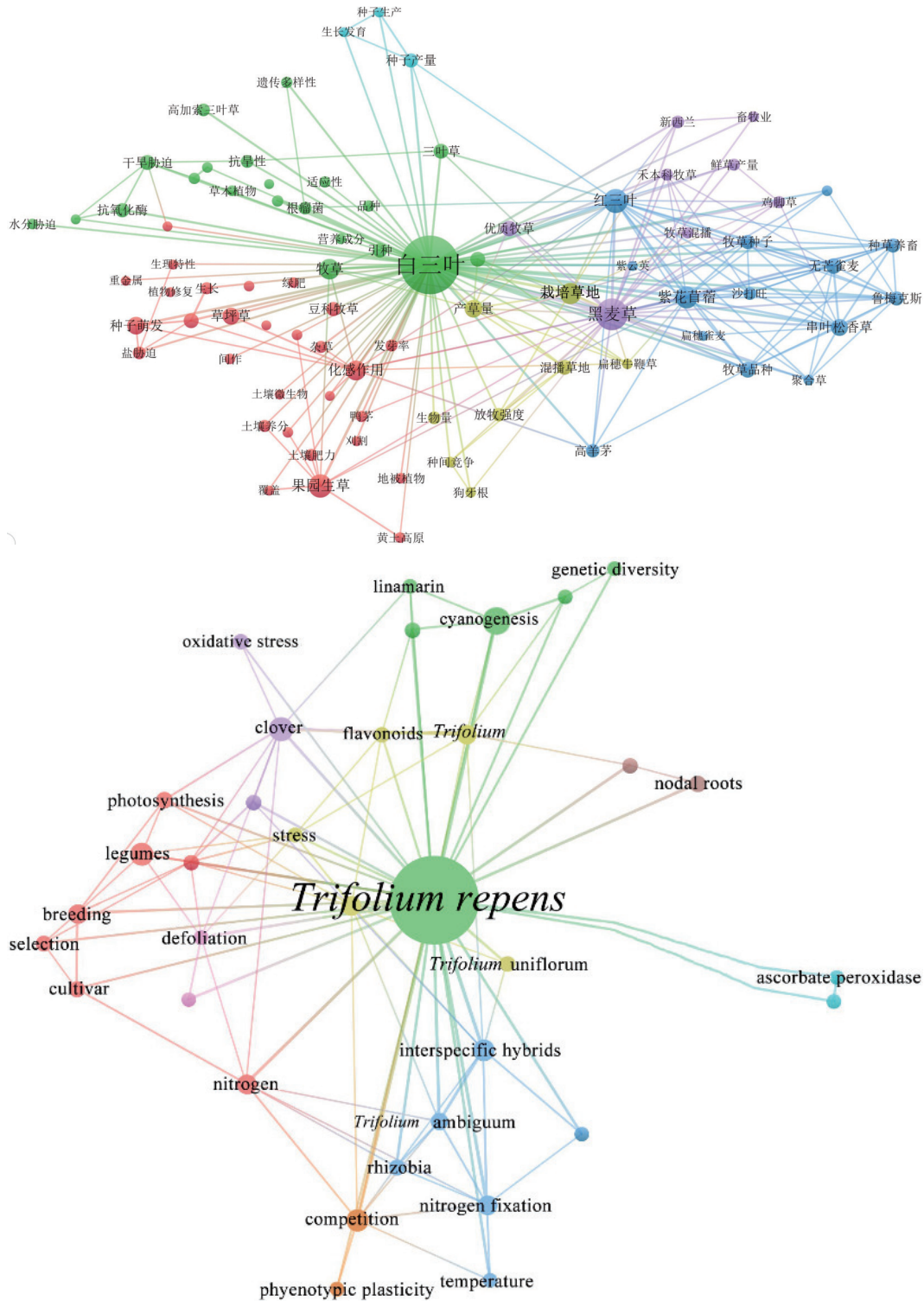


图 3 CNKI 和 Web of Science 关键词共现网络
 Figure 3 Keyword co-occurrence network in the CNKI and Web of Science

国开始引进牧草品种和野生驯化栽培品种, 75% 以上的草种依靠进口。而新西兰是白三叶种子生产效率以及产量均较高的国家, 占世界总产量的 60%^[25]; 该国自主选育出白三叶和红三叶品种, 改善了牧草

种子依赖进口的状况, 对该国的种子产业发展起到了推动作用; 南方草山草坡以建设中国“新西兰”模式为范式, 借鉴以白三叶与黑麦草为主体的混播草地试验示范建设, 以点带面提高牧草的品质与产

表4 CNKI文献前24个高突现关键词
Table 4 Top 24 keywords with the strongest citation bursts in the CNKI

关键词 Keyword	年份 Year	强度 Strength	起始年 Start	终止年 End	突现时间1980—2022 Burst time 1980 to 2022
红三叶 <i>Trifolium pratense</i>	1980	20.90	1980	1994	
栽培草地 Artificial grassland	1980	7.96	1980	1994	
鲜草产量 Fresh grass yield	1980	6.56	1980	1994	
产草量 Grass yield	1980	6.45	1980	1994	
鸭茅 <i>Dactylis glomerata</i>	1980	5.36	1980	1994	
新西兰 New Zealand	1980	8.06	1985	1999	
种子产量 Seed yield	1980	5.15	1985	1999	
黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	1980	7.02	1990	1999	
引种 Introduction	1980	5.43	1995	2009	
鲁梅克斯 <i>Rumex patientia</i>	1980	9.81	2000	2004	
紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	1980	8.26	2000	2014	
无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	1980	6.76	2000	2004	
抗氧化酶 Antioxidant enzymes	1980	6.88	2005	2019	
草坪草 Turfgrass	1980	5.85	2005	2019	
盐胁迫 Salt stress	1980	5.45	2005	2014	
种子生产 Seed breeding	1980	5.38	2005	2009	
抗旱性 Drought resistance	1980	5.32	2005	2019	
种子萌发 Seed germination	1980	8.06	2010	2022	
化感作用 Allelopathy	1980	7.93	2010	2022	
苹果园 Apple orchard	1980	7.20	2010	2019	
果园生草 Orchard grass	1980	5.82	2010	2022	
干旱胁迫 Drought stress	1980	5.28	2010	2019	
重金属 Heavy metal	1980	5.08	2015	2019	
土壤养分 Soil nutrient	1980	4.89	2015	2022	

量,并且这种混播栽培模式在我国云贵等地被广泛采纳并应用^[26]。因此,新西兰草牧业的发展模式和影响力值得我国适宜的地区借鉴和学习。第3阶段突现词说明,近年来,白三叶研究热点主要集中在果园种草^[27-30]、土壤有机质含量变化规律^[31-34]、土壤微生物活性探究^[35-38]、种草模式对土壤有机碳含量的研究^[39-43]、化感作用^[44-45]和种子萌发^[46-47]等。一方面,近几年“中央1号文件”多次提到“加快发展草牧业”“有序推进‘粮改饲’”工作进展、实施草田合理间作轮作耕作制度和推广种养结合典型模式,促进“三元种植结构调整政策”“发展草食畜牧业”“推动种养结合、农牧循环发展”等。另一方面,在国家乡村振兴战略大力发展前提下,提高果农的经济收入

变得尤为重要。因此,“果园生草”在该时期突现强度较大,体现了白三叶草在研究重心上的转变,也反映了我国生态文明建设不断深化的趋势。

4 结论和展望

本研究采用 VOSviewer 和 CiteSpace 可视化软件,检索 CNKI 和 Web of Science 数据库,重点对我国白三叶栽培技术的研究文献(1980—2022年)进行统计分析,得出以下结论,并提出建议和展望。

1) 近年来,我国在白三叶牧草混播、化感作用及果园生草等方面开展了大量且卓有成效的工作,但与国外相比,我国在分子遗传机制研究方面略显不足。

2) 除新西兰、澳大利亚、英国、美国和中国之外, 其他国家对于白三叶的研究还较少, 今后应通过加强国家、机构及作者等层面的沟通交流方面, 重视白三叶的研究, 结合国情, 借鉴和学习新西兰草牧业的先进发展模式, 积极推进草牧业的发展。

3) 我国各阶段的研究重点、方向和技术各不相同, 这与我国草牧业的发展背景息息相关。国内学者早期比较侧重地方白三叶种质资源建设, 将草产业与果园产业相结合, 提高饲草的经济效益; 而国外学者注重植物生理学、牧草遗传学和分子生态学层面的基础研究。

4) 国内外白三叶草的研究主要集中在果园生草、化感作用、种间竞争、非生物胁迫、固氮作用和生氰作用等方面。有关“种子萌发”“化感作用”“果园生草”和“土壤养分”等的研究是白三叶近几年的

关注热点; “土壤微生物多样性”及“草原碳氮循环”等将是今后白三叶相关研究的重点方向。

5) 为推进种业振兴和草业发展计划, 首先, 我国应该加快选育具有地方优良特性的白三叶品种; 其次, 研究完善白三叶应对非生物环境胁迫的响应对策; 再次, 加强白三叶遗传多样性的分子机制研究; 最后, 合理利用白三叶生物特性, 以提高草产业的经济、生态和社会效益。

6) 随着国家对草牧业的日益重视, 白三叶育种进程的不断加快, 未来研究重点将会从白三叶栽培技术的基础理论研究过渡到分子技术的研究和应用, 从地上白三叶的生长发育特征研究过渡到地下根际生物的胁迫响应机制研究, 从白三叶的土壤理化性质研究过渡到果园的碳氮循环研究, 进而为我国碳达峰和碳中和的环境保护战略提供理论支持。

参考文献 References:

- [1] 沈益新, 董宽虎. 饲草生产学. 北京: 中国农业出版社, 2003.
SHEN Y X, DONG K H. Forage Production. Beijing: China Agricultural Press, 2003.
- [2] 赵桂琴, 王锁民, 任继周. 白三叶转基因及其生态适应性研究进展. *生态学报*, 2004(3): 592-598.
ZHAO G Q, WANG S M, REN J Z. Research progress on genetic transformation and ecological adaptability in white clover. *Acta Ecologica Sinica*, 2004(3): 592-598.
- [3] 余婷. 白三叶根系分泌物的化感作用研究. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2013.
YU T. Study on allelopathic of white clover (*Trifolium repens* L.) root exudates. Master Thesis. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2013.
- [4] 黄玉梅, 张凯, 孙凌霞. 白三叶入侵对城市草坪生态系统土壤动物的影响. *生态学报*, 2018, 38(23): 8489-8499.
HUANG Y M, ZHANG K, SUN L X. Effects of *Trifolium repens* invasion on soil animals in an urban turf ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(23): 8489-8499.
- [5] 方媛. 牧草种质资源与育种研究概况. *安徽农学通报*, 2021, 27(20): 26-27.
FANG Y. Research overview on forage germplasm resources and breeding. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2021, 27(20): 26-27.
- [6] 卢欣石. “粮改饲”推进草牧业发展. *畜牧产业*, 2018(4): 5-7.
LU X S. "Grain to Feed" promotes the development of grass animal husbandry. *Animal Agriculture*, 2018(4): 5-7.
- [7] 吴永洁, 王元素, 李莉. 国内白三叶研究进展. *种子*, 2015, 34(7): 46-51.
WU Y J, WANG Y S, LI L. Research advancement on *Trifolium repens* in China. *Seed*, 2015, 34(7): 46-51.
- [8] 吴文江, 王磊, 孟海军, 揭波, 陈国秀. 基于文献计量学的中国作物富硒研究现状分析. *农学学报*, 2021, 11(12): 109-117.
WU W J, WANG L, MENG H J, JIE B, CHEN G X. Current situation of selenium-enriched crops research in China based on bibliometric. *Journal of Agriculture*, 2021, 11(12): 109-117.
- [9] NEDERHOF A J. Bibliometric monitoring of research performance in the Social Sciences and the Humanities: A Review. *Scientometrics*, 2006, 66(1): 81-100.
- [10] 古丽君, 段廷玉. 光叶紫花苜蓿研究状况的文献分析: 基于CNKI数据库的文献计量. *草业学报*, 2021, 30(11): 221-228.
GU L J, DUAN T Y. Current status of research on *Vicia villosa* var. *glabrescens* as indicated by a bibliometric analysis using the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database. *Acta Prataculturae Sinica*, 2021, 30(11): 221-228.
- [11] ZHAO D X, ARSHAD M, WANG J, TRIANTAFILIS J. Soil exchangeable cations estimation using Vis-NIR spectroscopy in different depths: Effects of multiple calibration models and spiking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2021, 182: 105990.

- [12] BORNMANN L, MUTZ R. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2015, 66(11): 2215-2222.
- [13] 王双蕾, 韩航, 冯金朝, 石莎. 基于文献计量学分析沙冬青属植物的研究进展. 中央民族大学学报(自然科学版), 2020, 29(1): 24-35.
WANG S L, HAN H, FENG J C, SHI S. A bibliometric appraisal of research on *Ammopiptanthus*. *Journal of Minzu University of China (Natural Science Edition)*, 2020, 29(1): 24-35.
- [14] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017.
LI J, CHEN C M. CiteSpace: Text Mining and Visualization in Scientific Literature. Beijing: Capital University of Economics and Business Press, 2017.
- [15] 张芸兰. 江西省“三草”资源的开发利用. 中国草原, 1987(4): 10-12.
ZHANG Y L. Development and utilization of "Three Grasses" resources in Jiangxi Province. *Grassland of China*, 1987(4): 10-12.
- [16] 王俊德. 积极开展人工种草促进牧业发展. 河南农业科学, 1986(5): 28-31.
WANG J D. Actively carry out artificial grass planting to promote the development of animal husbandry. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 1986(5): 28-31.
- [17] 贾慎修. 利用遗传资源进行牧草品种改良. 中国草原, 1985(1): 74-81.
JIA S X. Using genetic resources to improve forage varieties. *Grassland of China*, 1985(1): 74-81.
- [18] 刘强. 人工种草与舍饲养羊应用技术研究. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2004.
LIU Q. Research of applied technologies in forage planting and goat confinement feeding. Master Thesis. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2004.
- [19] 王铎, 田雨龙, 张鸿建, 张庆庆, 陈柯如, 李州. 胺鲜酯对铬胁迫下白三叶种子萌发特性的影响. 草业科学, 2021, 38(10): 1986-997.
WANG D, TIAN Y L, ZHANG H J, ZHANG Q Q, CHEN K R, LI Z. Effects of diethyl aminoethyl hexanoate on seed germination characteristics of white clover under chromium stress. *Pratacultural Science*, 2021, 38(10): 1986-997.
- [20] 周娟娟, 魏巍, 谢文栋, 严俊, 王有侠, 何世丞. 燕麦植株浸提液对垂穗披碱草种子萌发和幼苗生长的化感作用. 中国草地学报, 2021, 43(8): 18-25.
ZHOU J J, WEI W, XIE W D, YAN J, WANG Y X, HE S C. Allelopathy effect of oat (*Avena sativa*) aqueous extracts on seed germination and seedling growth of *Elymus nutans*. *Chinese Journal of Grassland*, 2021, 43(8): 18-25.
- [21] 胡明. 南方低山丘陵区牧草引种试验初报. 中国草地, 1989(1): 57-60.
HU M. Preliminary report on forage introduction experiment in low mountain and hilly area of South China. *Grassland of China*, 1989(1): 57-60.
- [22] 肖凤辉. 牧草引种试验报告. 中国草地学报, 1988(4): 50-52.
XIAO F H. The experimental report on forages introduction trials. *Chinese Journal of Grassland*, 1988(4): 50-52.
- [23] 呼天明, 李宏斌, 杨武祥, 李军, 王建忠. 秦岭山区牧草引种试验研究. 家畜生态, 1993(4): 11-14.
HU T M, LI H B, YANG W X, LI J, WANG J Z. An introduction test of forages in Qinlin Mountain area. *Ecology of Domestic Animal*, 1993(4): 11-14.
- [24] 吴凡. 无芒隐子草和白花草木樨全基因组及其关键性状相关功能基因研究. 兰州: 兰州大学博士学位论文, 2021.
WU F. Study on whole genome sequencing and functional genes of key traits in *Cleistogenes songorica* and *Melilotus albus*. PhD Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2021.
- [25] KALTON R R, BARKER R E, WELTY R E. Seed Production//Seed Production Cool-Season Forage Grasses. Wisconsin: John Wiley and Sons, Ltd, 1996: 383-411.
- [26] 于应文, 徐震, 苗建勋, 冉繁军, 赵怀波. 混播草地中多年生黑麦草与白三叶的生长特性及其共存表现. 草业学报, 2002(3): 34-39.
YU Y W, XU Z, MIAO J X, RAN F J, ZHAO H B. The growing characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*) and their coexisted behave performance in mixed pasture. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002(3): 34-39.
- [27] 梁秀华. 果园生草应用实践及生态效应探析. 现代园艺, 2011(21): 47-48.
LIANG X H. Application practice and ecological effect of grass in orchard. *Modern Horticulture*, 2011(21): 47-48.
- [28] 焦晓东, 岳亚峰, 李严松, 王海波. 有机苹果栽培中的果园杂草管理. 河南农业, 2008(7): 31.
JIAO X D, YUE Y F, LI Y S, WANG H B. Orchard weed management in organic apple cultivation. *Agriculture of Henan*, 2008(7): 31.
- [29] 张立新, 赵志励. 渭北旱原红富士苹果园不同降水年型水分管理模式研究. 干旱地区农业研究, 2001(1): 26-32.
ZHANG L X, ZHAO Z L. Research on water management pattern in Fuji apple orchard under different annual precipitations on

- Weibei rainfed highland. *Agricultural Research in The Arid Areas*, 2001(1): 26-32.
- [30] 齐鑫山. 三种农业生态工程模式构建及其应用技术试验研究. 济南: 山东大学博士学位论文, 2005.
QI X S. Experimental study on the construction of three agricultural ecological engineering models and their application technology. PhD Thesis. Ji'nan: Shandong University, 2005.
- [31] 程滨, 赵瑞芬, 滑小赞, 王森, 王钊. 果园绿肥对土壤生境调控的研究进展. *天津农业科学*, 2021, 27(12): 59-62.
CHENG B, ZHAO R F, HUA X Z, WANG S, WANG Z. Research progress of green manure mulching between rows of orchard on soil habitat regulation. *Tianjin Agricultural Science*, 2021, 27(12): 59-62.
- [32] 陆亚楠, 高露, 杨勇, 万仲武, 宋丽华. 不同培肥模式对灵武长枣种植园土壤特性和果实品质与产量的影响. *新疆农业科学*, 2021, 58(12): 2282-2299.
LU Y N, GAO L, YANG Y, WAN Z W, SONG L H. Effects of different fertilization models on soil characteristics and fruit characters of *Ziziphus Jujube* cv. Lingwu Changzao. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2021, 58(12): 2282-2299.
- [33] 肖力婷, 杨慧林, 黄文新, 付学琴. 生草栽培对南丰蜜橘园土壤微生物群落结构与功能特征的影响. *核农学报*, 2022, 36(1): 190-200.
XIAO L T, YANG H L, HUANG W X, FU X Q. Effects of grass cultivation on soil microbial community structure and functional characteristics in Nanfeng tangerine orchard. *Journal of Nuclear Agriculture Sciences*, 2022, 36(1): 190-200.
- [34] 李佩洪, 曾攀, 龚霞, 唐伟, 陈政. 生草对花椒园土壤养分及微生物丰度的影响. *四川林业科技*, 2021, 42(4): 73-77.
LI P H, ZENG P, GONG X, TANG W, CHEN Z. Effects of sod-culture on soil nutrients and microbial abundance in *Zanthoxylum bungeanum* plantation. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2021, 42(4): 73-77.
- [35] 林峰, 杨殿林, 王华玲, 王慧, 刘红梅, 刘惠芬. 猕猴桃园生草对土壤微生物多样性的影响. *江苏农业科学*, 2020, 48(10): 293-297.
LIN F, YANG D L, WANG H L, WANG H, LIU H M, LIU H F. Effect of inter-row planting grasses on soil microbial diversity in kiwifruit orchard. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(10): 293-297.
- [36] 杨伟. 基于SWOT分析的彬州市樱桃产业发展初步研究. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2019.
YANG W. The research of Binzhou city cherry preliminary industry development based on swot analysis. Master Thesis. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2019.
- [37] 杜毅飞. 渭北苹果园生草土壤微生物群落变化特征研究. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2016.
DU Y F. Study on the change characteristics of microbial community in grass soil in Weibei apple orchard. Master Thesis. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2016.
- [38] 杜毅飞, 方凯凯, 王志康, 李会科, 毛鹏娟, 张向旭, 王婧. 生草果园土壤微生物群落的碳源利用特征. *环境科学*, 2015, 36(11): 4260-4267.
DU Y F, FANG K K, WANG Z K, LI H K, MAO P J, ZHANG X X, WANG J. Carbon source utilization characteristics of soil microbial community for apple orchard with interplanting herbage. *Environmental Science*, 2015, 36(11): 4260-4267.
- [39] 黄田田. 饲用油菜高丹草间作结合施肥对饲草产质量及土壤有机碳组分的影响. 呼和浩特: 内蒙古农业大学硕士学位论文, 2020.
HUANG T T. Intercropping and fertilization of forage rape with sorghum in feed rapeseed effect of yield quality and soil organic carbon composition. Master Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2020.
- [40] 黄圣杰, 陈俊朴, 陈涛, 方从刚, 黄成毅. 不同覆盖模式对樱桃园土壤团聚体及碳氮的影响. *水土保持研究*, 2022, 29(1): 44-50.
HUANG S J, CHEN J P, CHEN T, FANG C G, HUANG C Y. Effects of different coverage modes on aggregates and carbon and nitrogen of soil in cherry orchard. *Research of Soil and Water Conservation*, 2022, 29(1): 44-50.
- [41] 丁婷婷, 段廷玉. 果园绿肥对果树-土壤-微生物系统影响研究进展. *果树学报*, 2021, 38(12): 2196-2208.
DING T T, DUAN T Y. Research progress on the influence of orchard green manure on fruit tree soil-microbe system. *Journal of Fruit Science*, 2021, 38(12): 2196-2208.
- [42] 李青梅, 王华玲, 张玲玲, 张艳军, 赵建宁, 杨殿林, 王慧. 白三叶草和鼠茅草对果园土壤微生物和线虫群落的影响差异. *植物营养与肥科学报*, 2021, 27(6): 1055-1067.
LI Q M, WANG H L, ZHANG L L, ZHANG Y J, ZHAO J N, YANG D L, WANG H. Cover cropping with white clover and ratten grass impacts soil microbial and nematode communities. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2021, 27(6): 1055-1067.
- [43] 乌达木, 范茂攀, 赵吉霞, 李孝梅, 李永梅. 不同种植模式下坡耕地红壤团聚体有机碳矿化特征. *农业环境科学学报*, 2021, 40(7): 1519-1528.
Wudamu, FAN M P, ZHAO J X, LI X M, LI Y M. Organic carbon mineralization characteristics of red soil aggregate fractions in sloping farmland with different planting patterns. *Journal of Agro-Environment Science*, 2021, 40(7): 1519-1528.

- [44] 牛欢欢, 王森森, 贾宏定, 陈桂华. 光叶紫花苕子浸提液对4种牧草种子萌发过程的化感作用. *草业学报*, 2020, 29(9): 161-168.
NIU H H, WANG S S, JIA H D, CHEN G H. Allelopathic effects of extracts of *Vicia villosa* on the germination of four forage seeds. *Acta Prataculturae Sinica*, 2020, 29(9): 161-168.
- [45] 杨小妮, 白小明, 李萍, 康瑞卿, 郑万菊, 田晓岚. 白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾的化感作用. *草原与草坪*, 2022, 42(3): 100-106.
YANG X N, BAI X M, LI P, KANG R Q, ZHENG W J, TIAN X L. Allelopathy effect of aqueous extracts from different parts of white clover on kentucky bluegrass. *Grassland and Turf*, 2022, 42(3): 100-106.
- [46] 马银山, 常妍, 王含睿, 贾云凤, 李文英, 漆瑞强. 天仙子种子浸提液对黑麦草种子萌发和幼苗生长的化感作用. *草地学报*, 2021, 29(8): 1697-1703.
MA Y S, CHANG Y, WANG H R, JIA Y F, LI W Y, QI R Q. The allelopathy of *Hyoscyamus niger* seed extract on seed germination and seedling growth of *Lolium perenne*. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(8): 1697-1703.
- [47] 张鹤山, 王志勇, 张志飞, 田宏, 熊军波, 陆娇云, 刘洋. 铜胁迫下白三叶种子萌发及根系生长研究. *种子*, 2020, 39(12): 13-16.
ZHANG H S, WANG Z Y, ZHANG Z F, TIANG H, XIONG J B, LU J Y, LIU Y. Study on effects of copper stress on seed germination and root growth of white clover. *Seed*, 2020, 39(12): 13-16.

(责任编辑 张瑾)

2023年3月国际市场主要畜产品与饲料价格分析

3月国际饲料价格除苜蓿粉外, 其他饲料价格均下降; 畜产品市场价格除牛奶和猪肉外, 其他畜产品价格均上涨。

一、国际饲料价格除苜蓿粉外, 其他饲料价格均下降

3月份苜蓿粉的平均价格为426.04 USD·t⁻¹, 环比上涨1.44%。玉米、大豆、高粱、豆粕、菜籽、豆粉和棉籽饼的平均价格分别为250.74、547.47、315.96、521.99、590.99、478.54和452.83 USD·t⁻¹, 环比分别下降4.96%、2.48%、3.85%、4.09%、6.60%和3.13%。

二、畜产品市场价格除牛奶和猪肉外, 其他畜产品价格均上涨

3月份牛奶和猪肉的市场价格为0.36和1.58 USD·kg⁻¹, 环比分别下降2.52%和1.90%。瘦肉猪、育肥牛、欧盟鸡肉和牛肉市场价格分别为1.79、4.21、3.38和5.58 USD·kg⁻¹, 环比分别上涨0.36%、1.92%、1.48%和3.27%。

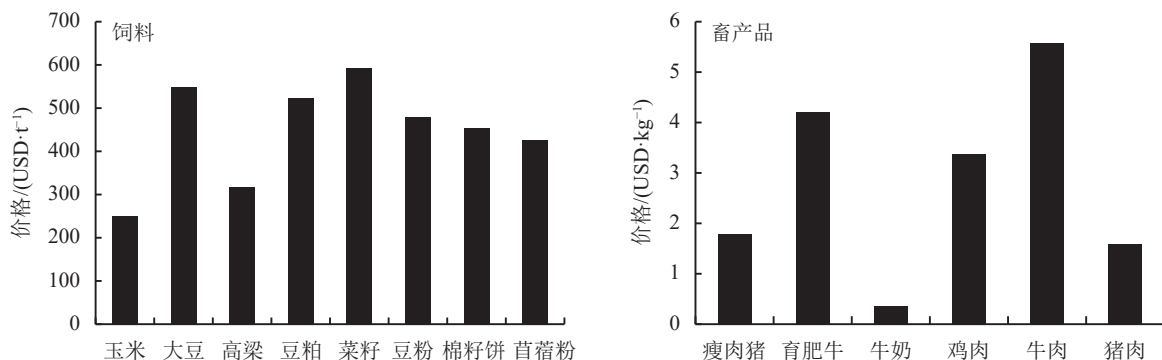


图1 2023年3月国际市场主要饲料与畜产品价格

数据来源: 国际市场商品价格网 <http://price.mofcom.gov.cn/>; 鸡肉 <http://www.indexmundi.com/>; 牛肉 <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=beef>; 猪肉 <http://www.thepigsite.com/>; 货币汇率 <http://qq.ip138.com/hl.asp>。

(兰州大学草地农业科技学院 谢凯丽 整理)