



胡沙沙,胡海军,吴映霞,等.生物炭对连作障碍影响的研究进展[J].黑龙江农业科学,2023(9):143-146,147.

生物炭对连作障碍影响的研究进展

胡沙沙,胡海军,吴映霞,张家春,金小珍,周清莲

(遵义师范学院 资源与环境学院,贵州 遵义 563006)

摘要:为改善连作土壤障碍,多种活性物质被应用于连作土壤中,其中生物炭因其孔隙结构丰富、含碳率高、理化性质稳定、比表面积大等特点在培肥改土、提高土壤生产力、改善土壤结构等方面取得了一系列研究成果。本文从生物炭的概念及特点、连作障碍发生的原因、生物炭对连作土壤理化性质及微生物的影响效果等方面展开综述,对生物炭施用缓解土壤连作障碍的效果做出总结,并对生物炭在今后的土壤理化性质改良等方面的研究进行展望。

关键词:生物炭;连作障碍;土壤理化性质;微生物

连作障碍(Continuous Cropping Obstacles)是指近缘或同一植物多年连作后,即便正常管理,也会大范围出现生长状况差、产量低、品质劣、病虫害严重的现象^[1]。日本称之为忌地现象、连作障碍或连作障碍,欧美国家称之为再植问题或再植病害,我国惯称为“重茬问题”^[2]。

近年来,由于集约化农田的出现、耕地面积有限、经济利益驱使等诸多原因,致使许多地区出现连年种植同一或亲缘作物的情况,加之对连作土壤疏于改良和保护,加剧了土壤结构的破坏,从而导致土壤肥力和土壤结构遭受到许多危害,如土壤营养物质的偏耗、有毒物质的积累等,使连作土壤的生产力急剧下降。夏梅梅等^[3]分析 1989—2018 年我国生物炭的研究现状发现,我国连作障碍科研项目研究经费的主要来源以国家级的基金项目为主导,一定程度上说明国家对作物连作障碍领域的研究给予了较大重视和支持,也说明连作障碍的影响不容易小觑。

我国土壤连作障碍的发生具有一定的地域性,北方地区显著多于南方地区,故可在一定程度上认为连作障碍多发于旱田,水田相对较少。此外,连作现象在空间和时间上有很大的跨度,一方面,早在公元前 300 年就发现了连作现象的存在,

随之而来的连作障碍也难以避免;另一方面,连作普遍存在于世界各地,在亚洲的日本、中国和印度等国家分布面积较大^[4]。

生物炭(Biochar)作为一种土壤改良剂,能改善土壤理化性质,可应用于农业、储存及碳收集,不同于传统的燃料木炭。传统制备生物炭的方法在土窑中进行,俗称闷炭。由于闷炭生产周期长,对环境危害严重,且生物炭品质不高。近年来,随着技术与设备的升级,生物炭的制备方法由闷炭转变为以热解碳化和水热碳化为主要形式,即在氧浓度较低的环境下,将草、木材、玉米秆或其它农植物废料经过高温裂解碳化烧制而成^[5]。

如今,随着研究的深入,生物炭的制备不再局限于稻壳、秸秆,还涌现出污泥基生物炭^[6]、氮掺杂虾壳生物炭等各种功能不一的生物炭类型,值得关注的是生物炭的来源和制备技术对其具体作用效果有一定影响^[7]。生物炭还因其特殊的理化性质,对土壤理化性质、土壤酶活性和土壤微生物均有促进作用,故可以在一定程度上减轻土壤的连作障碍,促进作物根系生长、加快作物光合速率,增加其产量和经济效益。

连作障碍是土壤恶化,农作物减产的一个典型例子,由于生物炭对土壤的理化性质和微生物群落具有一定作用。本文章将从连作障碍的发生原因、生物炭对土壤连作障碍修复作用等方面进行总结,以期生物炭在连作障碍修复及土壤理化性质改良方面的应用提供参考。

1 连作障碍发生的原因

1.1 土壤养分偏耗

作物对土壤矿质营养元素的吸收具有一定的选择性,长期在同一区域土壤种植同源或亲缘作物会使得土壤某一元素匮乏,需求量少的矿质营养元素则逐年富集,进而出现土壤养分偏耗^[8]。

收稿日期:2023-05-21

基金项目:大学生创新创业训练计划项目(202210664002);贵州省教育厅特色领域项目(黔教合 KY 字[2020]058);2021 年学术新苗培养及创新探索项目(遵师 XM[2021]1 号-3);2021 年乡村振兴专项(贵州省教育厅专项科研资金)项目(黔科合 KY 字[2012]017-1);遵义师范学院服务地方产业革命项目(遵师 CXY[2021]03 号)。

第一作者:胡沙沙(2001—),女,本科生,专业方向为农业资源与环境。E-mail:909761288@qq.com。

通信作者:胡海军(1983—),男,博士,教授,从事作物栽培耕作、植物养分利用、山地特色农业及生物炭资源的利用等研究。E-mail:282915563@qq.com。

侯慧等^[4]对土壤连作障碍发生机理研究指出,随着种植年限叠加,土壤全氮、全磷、有机质含量显著下降,土壤速效钾和速效磷呈现显著增加,但土壤碱解氮含量极低。经济作物辣椒同样面临连作问题,郭红伟等^[9]研究指出,连作辣椒土壤中的氮、磷、钾养分均呈现出不同程度的富集现象,并逐步出现次生盐渍化,随着连作年限增加次生盐渍化程度加重,导致土壤的理化性状、透气透水性变差,保水保肥能力下降。李娟丽等^[10]研究发现,土壤连作障碍多发于设施农业,设施农业种植的经济作物在管理过程中需要大量补给氮、磷、钾等元素,对有机肥和微肥的补给量存在不足,造成土壤中养分失调,进而会导致作物营养失调甚至发生病害。杨阳等^[11]对连作党参根际土壤理化性质进行研究得出,党参根际有机碳、全磷、全氮和盐分的含量随着连作年限的延长而增加。土壤连作障碍的产生常常伴随不同种类矿质营养元素出现偏耗和富集现象,由于作物种类不同所产生的富集或偏耗也存在一定的差异性,故针对土壤连作障碍的修复工作,还应充分考虑到实际土壤状况。

1.2 土传病害和化感自毒作用

土壤连作障碍的直观表象可视作土传病害的发生和植株发育不良,其致病源在于作物根系分泌物和腐解物中存在的酚酸类化感物质引起土壤微生态的失衡,进而导致土壤中病原菌大量繁殖而引发严重的土传病害^[12]。酚酸类物质的抑制作用主要表现在抑制土壤的硝化过程,从而影响氮素形态的转化;降低叶绿素含量,减少作物光合产物;抑制植物根系对土壤养分的吸收;抑制过氧化物酶、过氧化氢酶的活性,损坏细胞的完整性^[13]。自毒作用是一种生长抑制现象,主要发生在作物种内。连作环境下土壤中最容易积累自毒物质,自毒物质主要包括植物和微生物分解根系或植物残茬等产生的部分化学物质。自毒物质在同种植物间会产生负面影响,其主要表现为破坏植物细胞壁、改变细胞结构以及抑制细胞分裂,从而使作物体内生长素、脱落酸等激素含量、酶的功能及活性、运输氨基酸和合成蛋白质等受到影响^[10]。王芳等^[14]对茄子的连作障碍研究表明,连作对茄子幼苗生长、株高、叶片展开、侧根数、主根长和总根长均表现出显著抑制作用,其研究还指出,茄子连作障碍是土传病虫害和化感物质共同作用的结果。此外,烟草等忌连作作物也会在不同程度上表现出自毒作用^[15]。

1.3 土壤微生物群落失衡

土壤微生物群落失衡指随着连作年限的延长,土壤微生物群落的丰富度和多样性显著下降,相对丰度显著变化。短年限连作条件下对土壤细

菌均匀度、多样性的增加有一定影响,但伴随着连作年限持续增加,土壤微生物的群落结构会愈发趋同化^[16]。另外,土壤微生物的群落结构一定程度上决定了土壤的健康状况,土壤生物群落的结构变化可视为土壤健康变化的预警生态指标。线虫是土壤动物中数量较多、功能相对丰富的一类,影响着土壤养分循环、有机质分解以及病害的发生,当连作障碍出现时可发现线虫的数量明显低于正常耕植土壤^[17]。连作还会明显降低土壤放线菌和细菌数量,增加土壤病原真菌数量,土壤还会由细菌型向真菌型转变^[16]。“真菌型”土壤会加重土壤病害主要是由于连作使某些特定微生物种群富集,如植物病原真菌,极不利于土壤微生物种群平衡,且易导致植物根部发生病害。此外,“细菌型”土壤的肥力水平明显高于“真菌型”土壤,也会影响土壤生产力^[18]。何志刚等^[19]研究发现,硝化细菌数量与土壤连作年限呈显著负相关关系,而氨化细菌则随着土壤连作年限的增加呈现先增加后降低的变化趋势,由两种氮素生理群微生物随着土壤连作年限的增加的变化可知,土壤向植物供氮能力随连作年限的增加逐渐下降。陈钰栋等^[20]研究指出,经济作物连作相较于其他用途作物会显著影响根系土壤微生物群落结构和多样性。综上可知,土壤连作障碍的出现极大地影响了土壤微生物的群落结构和数量构成,使得土壤微生物群落结构向失调的方向发展。

2 生物炭对连作障碍的影响

从连作障碍的产生机理以及生物炭对土壤理化性质和土壤微生物的影响,可明确生物炭在对连作障碍的破除方面具有一定的发展前景。

李荫萍^[21]对设施农业连作障碍产生原因进行了剖析,明确指出土壤若有连作障碍会表现出土壤板结、土壤盐渍化和酸化、土壤环境变差等一系列变化。姜红芝^[22]研究指出,连作障碍发生机理与土壤养分失衡、土壤次生盐渍化、土壤生物学环境恶化、土壤微生物和土壤酶活性变化等相关联。杨晋燕等^[13]研究发现,长期连作还会导致植物根系分泌的酚酸类物质积累,从而对植物产生自毒作用。宋延静等^[23]研究发现,生物炭具有羧基、羟基、脂族双键等结构,其独特的结构决定了它特殊的性质,如改善土壤环境、改良土壤等。此外,孔隙结构丰富、含碳率高、理化性质稳定、比表面积大,作为生物炭固有特点,是其能够用于还田改土、改善土壤理化性质的重要结构基础^[24]。生物炭还因其特殊的理化性质,对土壤理化性质、土壤酶活性和土壤微生物均有促进作用。从这些研究结果中可以看出,生物炭在一定程度上可以减轻土壤的连作障碍,并且生物炭作为秸秆还田的

有效途径,不仅实现了生产废弃资源的合理利用,而且发挥了改善土壤理化性质和微环境的作用。

2.1 生物炭对连作土壤理化性质的影响

一方面,由于生物炭由植物秸秆等废弃物高温裂解而来,含一定营养元素、微量元素以及矿物质等营养成分,能够与土壤发生离子交换,或直接被植物吸收,能够改善土壤性质与肥力,如土壤容重、土壤孔隙度、土壤饱和导水率、土壤 pH、土壤 EC 值以及土壤养分含量(有机质、速效磷、速效钾)等^[25-29]。另一方面,由于连作而加剧的土壤结构破坏,进而导致土壤营养物质偏耗、有毒物质积累等问题日益突出。基于生物炭以上特殊性质及功能,近年来多作为土壤改良剂被引入连作障碍的修复中。但根据前人的研究成果来看,其主要集中在对连作土壤 pH、EC 值、土壤养分、土壤酶活性以及土壤微生物群落结构等方面进行研究。周冉冉等^[30]研究指出,生物炭可缓解因连作而引起的土壤酸化问题,提高土壤 pH。刘勇成^[31]研究烤烟连作下生物炭对石灰性土壤微环境修复发现,烤烟长期连作会显著降低连作土壤的 pH、有机质、碱解氮含量,显著提高速效磷和速效钾的含量,向该连作土壤中施加适宜的生物炭整体上可使土壤 pH、有机质、速效磷和速效钾含量升高。王昆艳等^[32]研究稻壳炭对三七连作土壤理化性质和细菌群落结构的影响,得出与刘勇成^[31]相似的结论,即施用生物炭后,三七连作土壤 pH 与有机质、铵态氮、有效磷含量显著提高。同样,赵林艳^[33]指出,施用稻壳炭、橡胶木炭和烟秆炭均显著提高了三七连作土壤 pH、有效磷和有效钾含量。娄洁^[34]研究也指出,番茄、甜椒和茄子 3 种蔬菜秸秆生物炭均能提高温室黄瓜连作土壤 pH 和 EC 值,增加土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量,且随着生物炭用量增加效果更明显。综上可知,由于连作障碍引起的土壤养分偏耗问题是可以通通过施加生物炭进行缓解的,但生物炭对土壤理化性质和肥力的影响依旧存在一些限制因素,如土壤类型、生物炭类型、生物炭制备工艺、生物炭施用量以及生物炭在土壤中的作用时间等,可以确定的是整体上呈现促进作用,故在具体运用于农业生产活动中时,也应根据实际情况确定生物炭的施用量、种类等影响因素。

2.2 生物炭对连作土壤酶活性的影响

酶活性可以反映土壤的综合状态以及农作物对土壤环境的适应性,是土壤营养元素供应速率的体现^[35]。已有研究表明生物炭的施用可增大土壤微生物的丰度和多样性,从而增加微生物分泌的酶量。这是因为生物炭能够增加土壤中的营

养元素(如 N、P、K、Na 等)及有机质含量,为微生物的生长发育提供充足的物质基础。由于连作而导致的土壤养分偏耗、化感自毒效应以及微生物群落结构的变化,均会导致土壤酶活性降低。根据生物炭的以上相关性性质进而将生物炭运用于连作土壤中具有重要意义。大量研究表明,生物炭可以提高连作土壤中的蔗糖酶、脲酶和磷酸酶等活性。刘勇成^[31]研究发现,不同生物炭处理在烤烟各个时期对土壤酶活性的影响有一定差异,但整体上土壤蔗糖酶、碱性磷酸酶和脲酶活性呈现升高的趋势。娄洁^[34]研究发现,黄瓜连作土壤中蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶随着番茄、甜椒和茄子秸秆生物炭用量增加呈现先增加后降低的趋势,即在生物炭适宜的施用范围内,3 种蔬菜秸秆生物炭可以提高土壤蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶活性。刘英浩^[36]研究生物炭配施腐植酸对苹果连作土壤及苹果幼苗的影响得出,改性生物炭可显著提高部分土壤酶活性,其中脲酶活性提高了 93.1%,蔗糖酶活性提高了 40.4%,磷酸酶活性提高了 22.1%,过氧化氢酶活性提高了 71.3%。综上可知,生物炭对于连作土壤酶活性的提高具有显著作用,且具有广泛的应用价值。

2.3 生物炭对连作土壤微生物的影响

杨敏等^[37]研究发现,生物炭能在一定程度上提高烤烟根际土壤微生物群落的多样性与丰富度,即生物炭对植烟土壤有一定的改良与提质效应,有利于创造健康的根际微生态环境,减缓化感自毒作用引起的连作障碍。武春成等^[38]研究发现,生物炭连续施入连作土壤较单次施入处理,土壤中的细菌数量以及细菌与真菌的比值得到显著提高,同时显著降低了真菌和尖孢镰刀菌数量,并提高土壤微生物多样性和代谢活性。武菊平等^[16]的研究结果指出,在连作辣椒幼苗期生物炭可增加非根际土壤细菌数量,在开花期则能降低根际土壤真菌数量和增加根际及非根际土壤放线菌数量。综上,生物炭可通过影响土壤微生物群落结构进而改善土壤性质,使生物炭在连作土壤肥力改良上具有一定的指示意义,但生物炭原料的不同对土壤微生物群落结构的影响存在一定差异。目前相关研究发现,以花生壳、玉米秆、杨木屑、山核桃蒲壳、小麦秸秆为原料的生物炭,可提高土壤微生物 PLFA(磷脂脂肪酸)总量以及各组分 PLFA 含量、群落多样性及恢复微生物活性,而以竹屑作为原料的生物炭则起相反作用。

3 小结与展望

综上所述,生物炭的还田施用能够改善土壤结构、pH、土壤微生物群落结构、土壤阳离子交换量,提升土壤肥力、土壤酶活性。可见,生物炭在

改良因连作而引起的土壤生产障碍方面具有一定的应用前景,但目前国内的相关研究较少,且存在一些不可规避的问题:生物炭的使用目前仍缺乏统一的评判标准,使用时仍然需要进行实地调查以及必要的试验分析,以根据土壤类型及其相关本底值确定生物炭的施用量。研究发现,生物炭虽然能改善土壤相关理化性质,但基于生物炭的制备工艺、原料等的不同,其作用效果存在差异性,故在使用时还应进行适当的统计分析或区域试验。另外,生物炭总体上改善了土壤理化环境,但还需长期的实地研究来最终确定生物炭影响的程度。生物炭是一个广义的范围,目前生物炭的原料广泛多样,方法不尽相同,潜在风险未知,应用价值不明等,这些问题均阻碍生物炭更深入的理论与应用推广。但对于占中国总耕地面积70%以上的中低产田而言,尤其是对于因连作导致的理化性质恶化引起的障碍性土壤而言,废弃生物质炭化还田改善土壤质量、提高作物产量、解决区域性生态问题,是一个值得引起高度重视的发展方向。

参考文献:

- [1] 张仕祥,过伟民,李辉信,等.烟草连作障碍研究进展[J].土壤,2015(5):823-829.
- [2] 陈小翠,张小微,覃成,等.辣椒连作障碍发生原因与绿色防控研究进展[J].耕作与栽培,2018(6):63-66,62.
- [3] 夏梅梅,钟宛凌,欧阳里山,等.1989—2018年国内作物连作障碍研究现状:基于CNKI的文献计量学分析和科学知识图谱研究[J].农学学报,2021(3):46-54.
- [4] 侯慧,董坤,杨智仙,等.连作障碍发生机理研究进展[J].土壤,2016(6):1068-1076.
- [5] 罗培,韦黎华,王宏,等.生物炭在土壤修复中应用的研究进展[C]//中国环境科学学会2022年科学技术年会.环境工程技术创新与应用分会场论文集(二).2022:352-359.
- [6] 龚迎莉,孙煜璨,杨婷.污泥基生物炭改性及重金属吸附性能研究进展[C]//中国环境科学学会2022年科学技术年会.环境工程技术创新与应用分会场论文集(二).2022:604-611,306.
- [7] YUAN J H, XU R K, ZHANG H. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(3):3488-3497.
- [8] 翁佩莹,郑红艳.作物连作障碍的成因与机制及其消减策略[J].亚热带植物科学,2020(2):157-162.
- [9] 郭红伟,郭世荣,刘来,等.辣椒连作对土壤理化性状、植株生理抗性 & 离子吸收的影响[J].土壤,2012(6):1041-1047.
- [10] 李娟丽,曹卫贤,贺立虎.设施栽培土壤连作障碍成因分析及其修复措施[J].杨凌职业技术学院学报,2020(1):6-9.
- [11] 杨阳,李海亮,马凯丽,等.连作对党参根际土壤理化性质、微生物活性及群落特征的影响[J/OL].环境科学:1-15 [2023-03-16]. <https://doi.org/10.13227/j.hjkk.202211100>.
- [12] 陈玲,董坤,杨智仙,等.连作障碍中化感自毒效应及间作缓解机理[J].中国农学通报,2017(8):91-98.
- [13] 杨晋燕,赵永伟,董宁禹,等.烟草连作障碍产生的原因及防治方法[J].现代农业科技,2021(4):101-103.
- [14] 王芳,王敬国.连作对茄子苗期生长的影响研究[J].中国生态农业学报,2005(1):85-87.
- [15] 谭小兵,朱媛,杨焕文,等.烤烟根系分泌物自毒效应研究[J].西南农业学报,2018,31(7):1518-1522.
- [16] 武菊平,霍捷,杜佳燕,等.生物炭负载枯草芽孢杆菌缓解辣椒连作土壤障碍研究[J].河北农业大学学报,2022(4):64-70,85.
- [17] 王进闯,王敬国.大豆连作土壤线虫群落结构的影响[J].植物营养与肥料学报,2015(4):1022-1031.
- [18] 刘来,黄保健,孙锦,等.大棚辣椒连作土壤微生物数量、酶活性与土壤肥力的关系[J].中国土壤与肥料,2013(2):5-10.
- [19] 何志刚,王秀娟,董环,等.日光温室辣椒连作不同年限土壤微生物种群变化及酶活性研究[J].中国土壤与肥料,2013(1):38-42.
- [20] 陈钰栋.连作烟草根系微生物生态特征与绿色修复措施研究[D].泰安:山东农业大学,2022.
- [21] 李荫萍.设施农业连作障碍产生原因及综合防治措施[J].种子科技,2022(10):88-90.
- [22] 姜红芝.设施蔬菜连作障碍影响及解决办法[J].种子科技,2022(1):100-102.
- [23] 宋延静,龚骏.施用生物炭对土壤生态系统功能的影响[J].鲁东大学学报(自然科学版),2010(4):361-365.
- [24] 陈温福,张伟明,孟军.农用生物炭研究进展与前景[J].中国农业科学,2013(16):3324-3333.
- [25] BLANCO-CANQUI H. Biochar and soil physical properties[J]. Soil Science Society of America Journal, 2017, 81(4):687-711.
- [26] ZWIETEN L V, KIMBER S, MORRIS S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility[J]. Plant and Soil, 2010, 327(1):235-246.
- [27] HAEFELE S M, KONBOON Y, WONGBOON W, et al. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems[J]. Field Crops Research, 2011, 121(3):430-440.
- [28] LÜ Y D, XU L Q, GUO X H, et al. Effect of biochar on soil physiochemical properties and bacterial diversity in dry direct-seeded rice paddy fields[J]. Agronomy, 2022, 13(1):4.
- [29] STEINER C. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil[J]. Plant and Soil, 2007, 291(1):275-290.
- [30] 周冉冉,马司光,张文晶,等.生物炭与生物基质对设施黄瓜连作土壤改良效果研究[J].江西农业大学学报,2021,43(3):537-546.
- [31] 刘勇成.烤烟连作下生物炭对石灰性土壤微环境修复研究[D].绵阳:西南科技大学,2023.
- [32] 王昆艳,官会林,赵林艳,等.稻壳炭对三七连作土壤理化性质和细菌群落结构的影响[J].西南农业学报,2022,35(9):2107-2113.
- [33] 赵林艳.不同生物质炭对三七连作障碍的消减效应与机制研究[D].昆明:云南师范大学,2023.
- [34] 姜洁.蔬菜秸秆生物炭制备及其改良黄瓜连作土壤的效果研究[D].泰安:山东农业大学,2023.
- [35] 汪远品,王小东,梁晓竹,等.黔东低产田土壤酶活性特征及其在土壤肥力研究中的意义[J].贵州农业科学,1988(2):26-29,25.
- [36] 刘英浩.生物炭配施腐植酸对苹果连作土壤及苹果幼苗的影响[D].泰安:山东农业大学,2023.
- [37] 杨敏,和明东,殷杰,等.生物炭对连作烤烟根际土壤酚酸类物质及微生物群落结构的影响[J].福建农业学报,2020(1):103-110.
- [38] 武春成,周国彦,曹霞,等.连作土壤连续施入生物炭对黄瓜品质及根区微生态的影响[J].江苏农业科学,2022(9):143-147.



徐婷,王玉杰,常大军,等.国审玉米新品种富尔 2101 的选育及栽培技术[J].黑龙江农业科学,2023(9):147-152.

国审玉米新品种富尔 2101 的选育及栽培技术

徐 婷¹,王玉杰²,常大军²,王俊强¹,韩业辉¹,周 超¹,马宝新¹,李 铁³

(1. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 齐齐哈尔市富尔农艺有限公司,黑龙江 齐齐哈尔 161000; 3. 黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 151000)

摘要:为推广玉米新品种富尔 2101,本文介绍了富尔 2101 的选育过程、产量表现、特征特性及高产栽培技术。该品种是富尔农艺公司以 W015N 为母本,以 HL896-1 为父本杂交选育而成。2016—2017 年进行多点品种比较试验,两年平均产量为 12 558.82 kg·hm⁻²,比对照品种郑单 958 平均增产 7.2%。2018—2019 年参加绿色通道东北中晚熟春玉米组区域试验,两年平均产量为 11 477.23 kg·hm⁻²,比对照品种郑单 958 增产 4.6%。2019 年同时参加绿色通道东北中晚熟组春玉米生产试验,平均产量为 11 588.94 kg·hm⁻²,比对照品种郑单 958 增产 5.8%。2022 年通过国家农作物品种审定委员会审定(审定编号:国审玉 20226024)。该品种具有高产、稳产、广适、优质、抗病等特点,适宜在东北中晚熟春玉米类型区域种植。

关键词:玉米;富尔 2101;品种选育;栽培技术

近年来随着我国玉米的生产和消费增长速度加快,玉米(*Zea mays* L.)已成为我国第一大粮食作物,对保障国家粮食安全有重要的作用^[1]。我国是世界第一大玉米进口国,同时也是世界第二大玉米生产国,玉米的安全生产在全球供需中起着关键作用^[2]。据国家统计局统计,2021 年玉米播种面积达 4 332 万 hm²,总产量 27 255 万 t,分

别占我国粮食播种面积和总产量的 36.85% 和 39.91%。目前我国玉米的单产只有美国玉米单产的 60%^[3],十三五期间全国玉米单产年均增加 1.40%,年均增加量 84.6 kg·hm⁻²^[4]。我国玉米产量与美国差距较大的主要原因是我国玉米种质资源多样性匮乏,缺少具有突破性的优质高产玉米新品种。选育与推广高产、优质玉米新品种是提高粮食产量的重要措施之一^[5]。黄勇等^[6]研究显示,单位面积产量对于粮食增产的贡献水平逐渐高于播种面积对总产的影响,进而说明了增加单产对于提高粮食总产量的重要作用。闫琰^[7]指出中国粮食生产实践证明良种的增产贡献率在 33.80% 左右;美国等发达国家则达到 40.00% 左右^[8]。

收稿日期:2023-03-12

基金项目:黑龙江省中国科学院关义新玉米遗传育种工作室;黑龙江省应用技术与开发计划项目(GA20B102-06);黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2023-1-C013);齐齐哈尔市科技局创新激励项目(CNYGG-2022039,CNYGG-2022033)。

第一作者:徐婷(1983—),女,硕士,助理研究员,从事玉米育种研究。E-mail:30606079@qq.com。

Research Progress on the Effects of Biochar on Continuous Cropping Obstacles

HU Shasha, HU Haijun, WU Yingxia, ZHANG Jiachun, JIN Xiaozhen, ZHOU Qinglian

(College of Resources and Environment, Zunyi Normal University, Zunyi 563006, China)

Abstract: In order to improve soil barriers in continuous cropping, many active substances were applied to continuous cropping soil, among which biochar has achieved a series of research results in improving soil fertility, productivity, and structure due to its rich pore structure, high carbon content, stable physicochemical properties, and large specific surface area. This article reviewed the concept and characteristics of biochar, the causes of continuous cropping obstacles, and the effects of biochar on the physical and chemical properties of continuous cropping soil and microorganisms. It summarized the effectiveness of biochar application in breaking soil continuous cropping obstacles, and prospected for research on the improvement of soil physical and chemical properties using biochar in the future.

Keywords: biochar; continuous cropping disorder; soil physicochemical properties; microorganism