

大豆玉米轮作对土壤碳氮循环及耕地质量的长期效应

刘佳成 李悍华 孟祥润

呼伦贝尔农垦格尼河农牧场有限公司, 内蒙古呼伦贝尔, 162750;

摘要: 大豆玉米轮作是我国北方旱作农业区普遍采用的一种种植方式, 长期实行这种模式对于土壤碳氮循环的调节、耕地质量的提高有重要的现实意义。本文联系农业生产实际, 全面剖析土壤碳氮循环同耕地质量的关键联系, 探究大豆玉米轮作给土壤有机碳、氮素形态带来的长久影响, 剖析轮作模式下耕地土壤肥力、土壤结构的动态改变, 为农业可持续发展、耕地质量守护以及种植模式改良赋予科学参照和操作参照。

关键词: 大豆玉米轮作; 土壤碳氮循环; 耕地质量的长期效应

DOI: 10.69979/3029-2700.26.04.108

引言

耕地是农业生产的基本载体, 耕地质量好坏直接影响粮食产量和农产品品质, 土壤碳氮循环是维持耕地肥力、保证耕地可持续利用的重要过程。大豆为豆科固氮作物, 玉米为禾本科需氮作物, 两者轮作可达到生理特性互补、改善土壤养分利用效率的目的。长期单一连作容易造成土壤碳氮失衡、肥力下降、结构破坏, 大豆玉米轮作通过改变作物的生长节律和养分需求, 可以改善土壤碳氮循环过程, 提高耕地质量。探究该轮作模式的长期效果, 破解单一连作耕地退化的难题, 对推进农业绿色可持续发展、保证粮食安全有重大意义。

1 土壤碳氮循环与耕地质量的重要性

土壤碳氮循环是土壤生态系统物质循环和能量流动的主要环节, 两者互相联系、相互影响, 直接影响到耕地质量的好坏, 也是农业可持续发展的主要支撑。土壤碳循环主要是有机碳的积累和分解, 土壤有机碳是土壤肥力的主要指标, 可以改善土壤物理性质、提高土壤保水保肥能力, 也可以给土壤微生物提供能量和营养, 促进土壤微生物活性的提高, 从而促进土壤养分的转化。土壤氮循环主要围绕氮素的固定、转化、吸收和流失来展开, 氮素是作物生长必需的大量元素, 氮素形态的变化和供应能力影响着作物的生长发育, 也决定着耕地的产出潜力, 而氮素不合理利用会引发土壤氮素失衡, 造成土壤酸化、水体富营养化等生态问题。耕地质量是一个综合性的指标, 它包含着土壤肥力、土壤结构、土壤环境等各个方面的内容, 土壤碳氮循环的稳定与否, 直接关系到耕地质量的可持续发展——碳氮循环失衡会造成土壤肥力降低、结构破坏、微生物群落紊乱, 从而

降低耕地产出能力; 健康的碳氮循环可以维持土壤养分平衡, 改善土壤理化性状, 提高耕地的抗逆性和可持续利用能力。农业生产中土壤碳氮循环和耕地质量相互促进, 只有保持二者动态平衡, 才能达到耕地资源高效利用的目的, 保证粮食产量稳定和农业绿色发展, 这也是研究大豆玉米轮作长期效应的主要出发点。

2 大豆玉米轮作对土壤碳氮循环的影响

2.1 土壤有机碳含量变化

长期大豆玉米轮作依靠作物残体归还、根系分泌物输入和土壤微生物活性调节, 可以改善土壤有机碳的积累和分解速度, 实现土壤有机碳含量的持续提高, 冲破单一种植引发的有机碳减少困局。大豆属于豆科作物, 根系发达, 根瘤菌活动可以促进根系分泌物的释放, 根系分泌物中富含碳水化合物、氨基酸等有机物质, 可以直接补充土壤有机碳; 大豆秸秆质地柔软、容易分解, 收获后归还给土壤可以很快被微生物分解转化, 形成易于利用的有机碳, 给土壤碳库补充即时碳源。玉米属于禾本科作物, 生物量较大, 秸秆产量高于大豆, 收获后的秸秆归还土壤可以增加土壤有机碳的输入量, 玉米秸秆中纤维素、木质素含量高, 分解速度慢, 可以长期留在土壤中, 提高土壤有机碳的稳定性, 形成稳定碳库。与单一种植玉米相比较, 长期种植大豆玉米可以减小化肥使用量, 降低化肥对土壤微生物群落的抑制作用, 提高土壤微生物的活性, 微生物分解有机残体, 把有机碳转化成腐殖质, 进而提升土壤有机碳含量和稳定性。长期定位试验结果表明, 连续 10 年以上的大豆玉米轮作, 0-20cm 表层土壤有机碳含量比玉米连作提高 12% 到 20%, 深层土壤有机碳含量也有明显提高, 这种提高效

果随着轮作年限的增加而越来越明显,在东北黑土区,轮作模式可以有效地减缓黑土有机碳流失,保持黑土碳库稳定,改善土壤理化性质,为作物生长创造良好的土壤条件。

2.2 土壤氮素形态变化

大豆玉米轮作对土壤氮素形态影响主要表现在氮素的固定、转化和积累上,依靠作物生理特性互补,改善土壤氮素形态结构,削减氮素流失,加强氮素利用效率,这是轮作模式调节土壤氮循环的主要优势。大豆根瘤菌具有固氮作用,可以把空气中的游离态氮转化为植物可以吸收利用的铵态氮,不仅可以满足自身生长对氮素的需求,还可以把多余的氮素释放到土壤中,补充土壤氮库,减少化学氮肥的使用。长期轮作中,大豆固氮产生的铵态氮一部分被当期大豆吸收利用,另一部分留存在土壤里,供下茬玉米吸收,达到氮素的循环利用;玉米为需氮量大的作物,可以高效地吸收土壤中的铵态氮、硝态氮,减少土壤中氮素的积累和流失,避免单一大豆连作造成的氮素盈余,降低土壤氮素淋溶的风险。土壤氮素形态的变化同微生物活动有关,长期的大豆玉米轮作可以改善土壤微生物群落结构,提高与氮素转化有关的微生物活性,如脲酶、蛋白酶等,这些酶类可以促进土壤有机氮的矿化,把有机氮转化为无机氮(铵态氮、硝态氮),供作物吸收利用,减少有机氮的积累和浪费。与单一连作相比,长期大豆玉米轮作可以使得土壤铵态氮含量提高8%-15%,硝态氮含量保持在适宜范围内,防止硝态氮过多积累造成土壤酸化,减少土壤氮素流失,减轻对周边水体环境的污染,达到土壤氮循环动态平衡的目的,和长期定位试验中“轮作可使土壤氮素各组分提升2.16%-108.34%”的结果一致,也体现出轮作模式对土壤氮素循环的调节作用。

3 大豆玉米轮作对耕地质量的长期效应

3.1 土壤肥力变化

3.1.1 土壤 pH 值变化

土壤 pH 值是反映土壤酸碱度的主要指标,对土壤养分有效性、微生物活动和作物生长均有影响,长期大豆玉米轮作能较好地调节土壤 pH 值,改善土壤酸碱性,防止单一连作造成的土壤酸化或碱化,保持耕地土壤肥力的稳定性。单一玉米连作时,玉米需氮量大,长期大量施用氮肥会造成土壤中硝态氮的积累,硝态氮淋溶时

会带走氢离子到土壤中,使土壤 pH 值下降,造成土壤酸化,在酸性土壤上酸化作用更明显,会降低土壤中磷、钙、镁等养分的有效性,抑制作物生长。大豆玉米轮作可以减少化学氮肥的使用量,大豆根瘤菌固氮可以替代一部分化学氮肥,减少氮肥施用量对土壤 pH 值的影响;大豆根系分泌物呈弱碱性,可以中和土壤中的氢离子,减轻土壤酸化,玉米生长过程中对土壤酸碱度的适应性强,可以进一步稳定土壤 pH 值。长期轮作实践证明,连续8~10年大豆玉米轮作,酸性土壤 pH 值提高0.3~0.8个单位,碱性土壤 pH 值降低0.2~0.5个单位,使土壤 pH 值保持在6.0~7.0的适宜范围内,这个范围既有利于土壤微生物活动达到最佳状态,促进养分转化,又有利于土壤中各种养分的有效性提高,为作物生长创造适宜的酸碱环境,从而保持耕地土壤肥力的可持续性。

3.1.2 土壤养分含量变化

长期大豆玉米轮作依靠作物养分需求互补、残体归还和微生物调节,可以改善土壤养分含量,改良土壤养分结构,提高耕地土壤肥力,解决单一连作造成的养分失衡问题。大豆属于豆科作物,对于磷、钾等养分的需求较少,但是能够通过根瘤菌固氮部分来满足氮素的需求,其生长过程中可以吸收土壤中难以被利用的磷、钾养分,并将它们归还到土壤中,从而提高土壤的磷、钾有效性;玉米为禾本科作物,对氮、磷、钾等养分的需求较为均衡,且氮需求量大,能高效吸收大豆固氮产生的氮素以及土壤中的磷、钾养分,防止养分的积累和浪费,达到养分的循环利用。长期轮作可以提高土壤有机质的含量,有机质是土壤养分的主要载体,可以吸附土壤中的氮、磷、钾等养分,减少养分的流失,促进土壤微生物的活动,加快养分的转化,提高土壤养分的供应能力。与单茬大豆玉米相比较,长期大豆玉米轮作可以使得土壤全氮含量提高10%到18%,速效磷含量提高15%到25%,速效钾含量提高12%到20%,并且土壤中微量元素(锌、铁、锰等)的有效性也得到了明显的改善,从而有效地解决了单一连作造成的养分缺乏问题。轮作模式配合秸秆还田,可以提高土壤养分含量,玉米秸秆深翻还田配合轮作,可以使土壤全氮、速效氮分别增加11%、41%,显著提高土壤肥力,给作物高产稳产提供养分保障。

3.2 土壤结构变化

3.2.1 土壤团聚体稳定性变化

土壤团聚体是土壤结构的基本单元,它的稳定性直接影响到土壤的通气性、保水性和抗侵蚀性,是评价耕地质量的重要物理指标,长期大豆玉米轮作可以提高土壤团聚体的稳定性,改善土壤结构,增强耕地抗退化能力。大豆根系发达,主根深达土壤深处,侧根分布广,生长过程中根系的穿插作用可以打破土壤板结,促进土壤颗粒团聚;大豆根瘤菌活动和根系分泌物可以提高土壤微生物活性,微生物代谢产生的多糖、腐殖质等物质可以成为团聚体的胶结剂,把土壤颗粒粘结成团聚体。玉米根系粗壮、扎根深,根系的机械穿插作用可以进一步疏松土壤,促进大粒径团聚体的形成,玉米秸秆归还土壤后,经微生物分解产生的腐殖质可以进一步提高团聚体的稳定性,减少团聚体的破碎和分散。单一连作模式下,土壤团聚体胶结物质少,团聚体稳定性差,容易出现土壤板结现象,而长期大豆玉米轮作可以依靠作物根系的互补作用以及残体的归还,不断补充团聚体胶结物质,提高土壤团聚体稳定性。连续10年的大豆玉米轮作,土壤中大于0.25mm的水稳性团聚体含量比玉米连作高20%到30%,团聚体破坏率低15%到25%,土壤团聚体稳定性的提高,可以改善土壤通气性和保水性,减少土壤侵蚀,保持耕地土壤结构的稳定性,给作物生长创造良好的土壤物理环境。

3.2.2 土壤渗透性变化

土壤渗透性属于土壤重要的物理性质之一,它直接关系到土壤的保水作用、排水状况以及养分的迁移情况,长久以来,大豆玉米轮作能够经由改良土壤结构,增大土壤孔隙度,从而明显提高土壤渗透性,进而解决单一连作引发的土壤渗透性变差的问题。单一玉米连作过程中,长期大量施用化肥、缺少有机物质输入,容易造成土壤板结,土壤孔隙度降低,渗透性变差,降雨时容易产生地表径流,造成土壤侵蚀和养分流失,干旱时又很难储存水分,影响作物生长。长期大豆玉米轮作能从多方面提高土壤渗透性,一是大豆和玉米根系形态互补,大豆根系细密、分布广,玉米根系粗壮、深扎,二者生长过程中根系相互穿插,可以破除土壤板结,增大土壤孔隙,特别是增加非毛管孔隙,提高土壤通气透水能力;二是作物残体归还土壤后,经过微生物分解可以形成腐

殖质,腐殖质可以改善土壤颗粒结构,增加土壤孔隙,减少土壤颗粒的分散,防止孔隙堵塞;三是轮作模式下土壤微生物活性提高,微生物的代谢活动可以进一步疏松土壤,增加土壤孔隙度,提高土壤渗透性。经过长时间的实践证明,连续8年以上的大豆玉米轮作,土壤饱和和导水率比玉米连作提高30%到45%,土壤渗透速度提高25%到40%,土壤渗透性的提高可以有效地提高土壤保水能力,减少地表径流和养分流失,促进土壤深层水分和养分的迁移,给作物根系生长提供充足的水分和养分,提高耕地的抗逆性和可持续利用能力,在干旱半干旱地区,可以有效地缓解干旱对农业生产的影响,保证作物产量的稳定。

4 结语

长期大豆玉米轮作调节土壤碳氮循环过程,改善土壤有机碳积累和氮素形态转化,达到土壤碳氮动态平衡的目的,从土壤肥力、土壤结构两个方面提高耕地质量,解决单一连作造成的耕地退化问题。该轮作模式符合我国农业绿色可持续发展的需要,可以提高耕地产出能力,保护耕地资源,减少化肥投入和生态污染,有明显的经济效益和生态效益。未来可以结合不同的土壤类型和气候条件,改进大豆玉米轮作年限及管理措施,加强轮作对土壤碳氮循环的调节效果,改善耕地质量,给粮食安全和农业可持续发展赋予更为有力的支持。

参考文献

- [1]边静,郑媛,岳庆春,张启明,闫筱苗,李军,胡丹.玉米-大豆轮作系统对作物产量和土壤质量的影响[J].农业科技与信息,2025,(10):43-46.
- [2]翟瑞华.玉米大豆轮作对病虫害发生率的影响及其机制研究[J].种子科技,2025,43(14):10-12.
- [3]陈春雨.玉米大豆轮作对土壤养分动态变化的影响试验研究[J].种子科技,2025,43(13):14-16.
- [4]胥玉梅.轮作对大豆和玉米抗逆性提升的研究[J].农业开发与装备,2025,(05):65-67.
- [5]王占勇.大豆玉米轮作体系中的肥料优化与施用策略[J].种子科技,2025,43(07):204-206.