

“水肥秸秆一体化”农田微生态系统构建

高国金

(黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163316)

摘要:为解决我国干旱半干旱地区农业生产中的农田高效节水灌溉、水肥一体化施肥、秸秆覆盖还田等技术发展中存在的主要问题,通过采用农机与农艺相结合的方法,提出了构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统这一集成配套技术体系的研究思路。围绕“水肥秸秆一体化”农田微生态系统这一中心,对其概念内容、构建方式、组成等进行了初步探讨;对根区等高覆盖灌溉、根区等高覆盖灌溉施肥、秸秆覆盖还田等关键技术进行了说明和分析;并对“水肥秸秆一体化”农田微生态系统研究前景进行了展望。

关键词:水肥秸秆一体化;农田微生态系统;根区等高覆盖灌溉

中图分类号:S276 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)11-0058-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.11.0058

目前,就我国干旱半干旱地区的农业种植业发展现状看,普遍存在气候干旱、土壤瘠薄、水资源贫乏、化肥利用率低、粮食产量低而不稳等突出问题。针对这些问题众多学者长期以来做了大量研究工作,并取得了许多研究成果,对促进我国干旱半干旱地区的农田高效节水灌溉提高水资源利用率、水肥一体化施肥提高化肥利用率、秸秆覆盖还田提高土壤肥力等方面的技术进步起到了重要作用。在农田高效节水灌溉提高水资源利用率的研究方面,我国已经研究总结出了许多适合各自区域生态特点的农田高效节水灌溉技术模式。其中具有代表性的有:膜下滴灌技术^[1-2]、田间微集雨节水技术^[3]、作物分根区交替灌溉节水技术^[4-6]等。在秸秆覆盖还田提高土壤肥力的研究方面,研究了秸秆覆盖还田的效应与技术。提高土壤肥力质量、改善土壤结构、增加土壤蓄水保水能力、降低土壤水分的无效蒸发、提高土壤含水量和作物的水分利用效率等构成秸秆覆盖还田的主要效应;覆盖方式、覆盖期、覆盖还田量及氮磷化肥配施构成秸秆覆盖还田技术的主体^[7-10]。秸秆覆盖被认为是雨养农业区有效增加土壤蓄水量和提高作物产量的重要技术措施^[11]。免耕秸秆覆盖是中国北方玉米种植区有效的保墒增产措施^[12]。在水肥一体化施肥提高化肥利用率的研究方面,我国自20世纪70年代中期开始引进微灌技术,但是灌溉企业发展起步较晚,水肥一体化施肥技

术的应用也只有二十几年的时间,但发展势头迅猛,目前我国水肥一体化施肥技术已经进入一个研究、生产、推广并进发展的高峰期^[13]。我国水肥一体化施肥技术主要采用滴灌、微喷、小管出流、渗灌等微灌方式,是在作物的根系分布区域内的土壤中进行局部灌溉,使得水肥更加紧密地联系在一起,是一项高度节水、节肥的现代农业新技术^[14-17]。

通过一项集成配套技术把农田高效节水灌溉、水肥一体化施肥、秸秆覆盖还田三大技术难题放在一起加以解决的还鲜见报道。本文通过农机与农艺的深度融合,提出构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统研究思路,把农业生产实践中普遍存在的农田高效节水灌溉、水肥一体化施肥、秸秆覆盖还田三大技术难题放在一起加以解决,探讨这一系统的配套技术和方法。依靠科技进步转变农业发展方式,“藏粮于地、藏粮于技”,为我国干旱半干旱地区发展现代生态循环农业提供新的模式与方法。

1 “水肥秸秆一体化”农田微生态系统的内容

“水肥秸秆一体化”农田微生态系统的主要内容是:利用专用秸秆覆盖还田机械进行秸秆捡拾、原垄沟开沟、打埂制作微小的水平沟面、秸秆覆盖还田等田间作业;利用专用的灌溉施肥机械在覆盖秸秆的微小水平沟面上进行根区等高覆盖灌溉、根区等高覆盖灌溉施肥。通过这些措施使土壤、水、肥、秸秆、作物形成一个有机整体,构建起“水肥秸秆一体化”农田微生态系统,使农业生产所需的水、肥、地力等要素条件的改善和提高具有

收稿日期:2016-09-29

作者简介:高国金(1964-),男,黑龙江省大庆市人,高级农艺师,从事土壤改良与农田节水灌溉研究。E-mail: gaogj2016@126.com。

人为可控性,使农业生产进入工业化管理时代,迈向天人合一、管理可控、资源节约利用循环利用、发展可持续、旱涝保收、高产稳产的现代生态循环农业。

2 “水肥秸秆一体化”农田微生态系统的构建过程和可行性分析

2.1 “水肥秸秆一体化”农田微生态系统的构建过程

垄作条件下构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统包括 5 个环节:第 1 个环节是秸秆的捡拾环节。在联合收获机收获玉米的同时将玉米秸秆粉碎并铺放在地面上,在第 2 年春季播种前,利用专用秸秆覆盖还田机械(已申报专利)把上一年秋季玉米收获时已经粉碎的玉米秸秆捡拾起来,并传输到秸秆收集装置中,为秸秆覆盖还田提供原料来源。第 2 个环节是制作微小的水平沟面。在已经捡拾了秸秆的地方利用上述专用秸秆覆盖还田机械在原垄沟进行隔沟开沟作业(不是每个原垄沟都进行重新开沟,而是对原垄沟进行隔沟重新开沟),同时在新开起的垄沟内进行打土埂作业,并根据地面坡度的大小确定土埂的间距,把新开起的垄沟改造成为几米至十几米长的微小水平沟面。制作微小水平沟面的目的是为以后接纳灌溉水或雨水提供蓄水场所,避免产生地表径流,为实施等高灌溉打下农艺基础。第 3 个环节是秸秆覆盖还田。利用上述的专用秸秆覆盖还田机械把已经捡拾起来的秸秆覆盖在制作好的微小水平沟面内(把两条垄的秸秆覆盖在一个垄沟内),并对覆盖在微小水平沟面内的秸秆进行镇压,同时把新开起的垄沟两侧的松散土壤覆盖在秸秆上。这种秸秆隔沟覆盖方法不仅可以实现玉米秸秆全量还田,而且还为以后的灌溉和降雨的水分利用、减少地表蒸发等起到重要作用,为实施覆盖灌溉打下农艺基础。第 4 个环节是根区等高覆盖灌溉。在覆盖有秸秆的微小水平沟面上利用专用灌溉施肥机械(已获得发明专利)进行隔沟灌溉,这种灌溉方法适用于作物全生育期特别是生育后期水肥管理;这种灌溉方法有微小的水平沟面提供蓄水场所,避免产生地表径流,可以实现定点、定量灌溉,是本研究提出的根区等高灌溉的依据;这种灌溉方法有玉米秸秆覆盖在微小的水平沟面上,减少地表蒸发、增加土壤蓄水保墒能力、同时又为促进秸秆的腐解提供了充足水分保证,是本研究提

出的根区覆盖灌溉的依据。第 5 个环节是根区等高覆盖灌溉施肥。结合作物不同生育阶段的需肥特性,利用上述专用灌溉施肥机械结合根区等高覆盖灌溉将化肥溶于水中,进行“水肥一体化”分期施肥。



图 1 “水肥秸秆一体化”农田微生态系统

Fig. 1 Farmland micro-cosystem on integrative straw-fertilization planting

2.2 “水肥秸秆一体化”农田微生态系统构建的可行性分析

构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统这一综合技术模式的形成,主要来源于始终坚持农机与农艺相结合的思维方法,针对生产中存在的问题研究农艺措施,根据农艺要求研制机械设备,最终通过机械设备的操作来实施农艺措施,达到便捷高效解决问题的目的。目前,与本研究有关的专用机械有两种:即专用的灌溉施肥机械和专用的秸秆覆盖还田机械。“水肥秸秆一体化”农田微生态系统的构建过程包括秸秆捡拾、微小水平沟面制作、秸秆覆盖还田、根区等高覆盖灌溉、根区等高覆盖灌溉施肥等 5 个环节,利用本项目研制的专用秸秆覆盖还田机械可以一次性完成秸秆捡拾、微小水平沟面制作、秸秆覆盖还田等前 3 个环节的田间作业,作业效率明显高于秸秆翻埋还田,作业成本明显低于秸秆翻埋还田;利用本项目研制的专用灌溉施肥机械可以在作物全生育期内重复进行根区等高覆盖灌溉、根区等高覆盖灌溉施肥等后 2 个环节的田间作业,特别适用于作物生育后期水肥管理,灌水量略高于滴灌,灌溉作业效率明显高于喷灌,灌溉作业成本明显低于喷灌,在作物全生育期内采用“水肥一体化”施肥技术,可以显著提高化肥利用率和降低化肥施用量,降低肥料投入成本。同时,以上两款专用机械的造价也不会很高,加之国家对秸秆还田、高标准农田水利建设等扶持力度的增加,农民采用“水肥秸秆一体化”农田微生态系统这一综合技术模式的费用将不会有大幅度的增加,而高产稳产、可持续发展

的技术效果可以长久地给农民带来实惠。

3 “水肥秸秆一体化”农田微生物生态系统的组成

3.1 根区等高覆盖灌溉技术

根区等高覆盖灌溉是在有农作物秸秆覆盖的微小水平沟面上利用小管出流方法进行的灌溉。其特点是:①采用微小的水平沟面可以保证灌溉土壤的水平度,能够适应农田不平整的现状,在灌溉或降雨时避免产生大的径流,增加土壤的渗水量,确保了土壤水分分布均匀。同时,为定点、定量灌溉打下良好基础。②采用小管出流方法进行灌溉,使灌溉的控制管理更加精准,可以实现定点、定量的非充分局部灌溉。③采用农作物秸秆作为保水覆盖物,有效解决了地面灌溉或降雨后因地表土壤水分蒸发造成的土壤水分的二次浪费问题,增加土壤的蓄水量,提高土壤的保水能力和水资源的利用率。④根区等高覆盖灌溉属于微灌类型,并因其出水口孔径较大而具有极强的抗堵性,甚至不用考虑堵塞问题。所以,可以很容易地解决滴灌施肥中很棘手的堵塞问题,使根区等高覆盖灌溉施肥具有更强的适应性和更好的稳定性。⑤根区等高覆盖灌溉具有用水量少、灌溉效率高的特点。灌溉用水量略高于滴灌,随着专用灌溉施肥机械的研制应用,农田大面积根区等高覆盖灌溉将具有比喷灌还要高的作业效率。⑥与我国现行应用面积较大的膜下滴灌比,具有成本低、污染少、作用全面、增收效果好等优势。

根区等高覆盖灌溉方法是在作物根区土壤的局部灌溉,土壤水分运动规律发生了很大变化。开展根区等高覆盖灌溉条件下土壤水分运动规律及利用效率的研究,可以为根区等高覆盖灌溉的灌溉制度、根区等高覆盖灌溉施肥制度的制定提供理论基础和方法。需要开展的研究内容包括:根区等高覆盖灌溉方法对作物根区土壤水分分布特性、土壤水分蒸散量、作物产量、水分利用效率等的影响,土壤水势控制对作物根区土壤水分的影响,根区等高覆盖灌溉施肥方法的水分生产效率研究等。

3.2 根区等高覆盖灌溉施肥技术

根区等高覆盖灌溉施肥是指利用灌溉施肥机械设备将灌溉水输送到覆盖有农作物秸秆的微小水平沟中,在作物根系分布区域内的土壤中进行局部灌溉,同时也将溶于灌溉水中的肥料输送到

作物根区土壤中,适时适量地满足作物对水分和养分需求。与传统的大水漫灌不同,根区等高覆盖灌溉施肥使作物根区土壤一直保持局部湿润状态,引起土壤水分状况和根区土壤环境产生极大改变,并深刻影响着肥料在土壤中的分布、移动和转化,使得水肥更加紧密地联系在一起。根区等高覆盖灌溉施肥开辟了作物养分管理的新天地,使作物养分管理进入了微观时代和融入了工业化管理,增强了人们对农业种植生产控制的水平和能力。根区等高覆盖灌溉施肥除了具有滴灌施肥的减少施肥量、增加施肥次数和可控性施肥的基本特点外,还具有其特殊优势:①性能更加稳定和全面。在小管出流灌溉方法中,因其出水口孔径较大而具有极强的抗堵性,甚至不用考虑堵塞问题。所以,根区等高覆盖灌溉施肥具有更强的适应性和更好的稳定性。采用覆盖有农作物秸秆的微小的水平沟面既确保了土壤水分、肥料分布均匀,又减少了土壤水分蒸发、提高了土壤保水保肥能力。②为秸秆覆盖还田创造了良好的水肥环境。灌溉和施肥为农作物秸秆的腐解提供了适宜的水分和氮素供应条件,使旱区农业大面积农田秸秆覆盖还田具有可行性。

“水肥秸秆一体化”农田微生态系统条件下的根区等高覆盖灌溉施肥技术研究,需要密切结合根区等高覆盖灌溉方法带来的土壤水分分布、含量的变化,以及根区等高覆盖灌溉施肥带来的施肥方法的变化,重点研究根区等高覆盖灌溉施肥条件下土壤养分特别是氮、磷、钾、钙等的空间运移和分布规律;根区等高覆盖灌溉施肥条件下作物需水、需肥规律和水肥互作机理;土壤养分、盐分调控机理、监测(或诊断)方法;根区等高覆盖灌溉施肥技术中的肥料品种间及肥料与其它因素的相互作用、营养母液配制过程中的反应原理和配制方法(肥料品种的选择、搭配比例);根区等高覆盖灌溉条件下不同施氮量对作物产量的影响。

3.3 秸秆覆盖还田技术

在我国干旱半干旱区农业生产中,缺水已成为最重要的限制因子,一方面是自然降雨较少,且如遇大雨因土壤板结、渗水性差、持水能力弱而导致产生较大的径流流失;另一方面是雨季与夏季高温并行,土壤接纳的大部分雨水又因裸土表面蒸发而损失掉,地表土壤水分蒸发造成的第二次浪费使本已干旱缺水的局面更加陷入僵局。即使

在有灌溉条件的地方,也同样存在灌后地表大量蒸发造成二次浪费问题。因此,如何提高土壤肥力质量、改善土壤结构、增加土壤蓄水保水能力、降低土壤水分的无效蒸发、提高土壤含水量和作物的水分利用效率是旱作农业区的重要研究课题。

“水肥秸秆一体化”农田微生态系统条件下的秸秆覆盖还田技术研究,采用农机与农艺相结合的方法,使用专用秸秆覆盖还田机械实施秸秆覆盖还田作业,同时又将农作物秸秆作为减少土壤水分蒸发的覆盖物,有效解决了灌溉后或降雨后土壤水分蒸发造成的第二次浪费问题,提高了土壤保水保肥能力;使用专用灌溉施肥机械实施根区等高覆盖灌溉和根区等高覆盖灌溉施肥作业,为农作物秸秆的腐解提供适宜的水分和氮素供应条件,为秸秆覆盖还田创造了良好的水肥环境,使旱区农业大面积农田生产进行秸秆覆盖还田具有可行性。开展“水肥秸秆一体化”农田微生态系统条件下的秸秆覆盖还田技术研究,首先要进行不同覆盖方式(隔沟覆盖、全沟覆盖)对农作物秸秆腐解、水肥资源高效利用、田间管理、农作物生长发育及产量等方面影响的研究,明确适合本地生态特点和农业生产实际的最佳秸秆覆盖方式;其次是进行更深层次的秸秆覆盖还田作用机理(包括秸秆覆盖还田对土壤肥力、土壤微生物、土壤酶活性等影响机理)的研究。

3.4 “水肥秸秆一体化”农田微生态条件下作物栽培管理综合技术

“水肥秸秆一体化”农田微生态系统的构建,需要建立一个全新的农业种植技术体系。首先是土壤中水的环境、水的运作规律发生了重要变化;其次是施肥方法和施肥量的改变;第三是土壤耕作、作物品种、种植密度、病虫害防治等都随着水、肥的变化而改变。在这些技术变化中,水和肥的变化最为突出,由于水和肥的关系更为密切,又具有很高的技术要求,所以,水、肥管理是这一技术体系中的核心技术。

4 展望

中国传统农业粗放生产是靠拼资源高消耗、拼农资高投放而带来农产品高产出,同时也产生大量农业废弃物,加之化肥、农药、农膜等过量投入而带来严重的面源污染、白色污染。同时,我国农业还要长期应对耕地资源、水资源日趋紧缺,干

旱频发,生态环境破坏和资源条件约束等主要问题的挑战,解决之道还要依靠转变农业发展方式。中国农业发展必须由依靠资源和物质投入真正转移到依靠科技进步上来。要依靠科技进步来解决耕地减少、水资源紧缺、生态环境恶化等环境资源挑战,不断提高中国农业综合生产能力,保障粮食安全和农产品质量安全;要利用现代科技成果转变农业发展方式、创新农业生产的组织管理方式、增强农产品国际竞争力。

通过开展“水肥秸秆一体化”农田微生态系统研究,逐步完善这一系统的配套技术和方法,全面深入地探讨构建这一系统在农田高效节水灌溉、创新施肥方法、实施秸秆覆盖还田对长期、稳定的改善土壤质量、提高土地、水、肥资源的利用效率、改善生态环境、提高经济效益等方面的重要作用。使这一生态模式成为我国干旱半干旱地区解决协调人口、资源、环境的矛盾问题,发展节水、低碳、可持续的现代旱区农业的一种重要途径。我国的旱作农业每年都要遭受程度不同的旱灾危害,特别是幅员辽阔的干旱地区,既具有气候干旱、土壤瘠薄、水资源贫乏、化肥利用率低、粮食产量低而不稳等不利因素,又具有充足的光照资源、较高的积温和具有高产潜力的品种等有利因素。充分发挥好这一地区得天独厚的有利因素的长板功能,通过构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统,大力改善这一地区的不利因素的短板功能,即可事半功倍地大幅度提升整体功能。农业生产实践也说明,在我国干旱地区的农业生产条件如灌溉、肥料等有了明显改善,为更充分地利用当地温度、光照资源优势提供了现实可能性。“水肥秸秆一体化”农田微生态系统的核心是灌溉,采用非充分局部灌溉技术中的根区等高覆盖灌溉方法,可根据作物的水分需求及时进行定点定量灌溉,使农田灌溉成为一种管理手段,而不是以往的救灾手段。再辅助于分期少量多次的水肥一体化施肥、秸秆覆盖还田培肥地力、选用良种、及时防治病虫害、加强整地和田间管理等技术措施,加之干旱地区得天独厚的充足的光照资源和较高的积温资源等优势,我国的旱作农业,特别是干旱地区的农业,粮食产量将有大幅度甚至成倍增长。通过构建“水肥秸秆一体化”农田微生态系统,使我国传统的旱作农业无论在生产方式和生产技术上,还是在管理方式上都要进行一次跨越式的变革,由

传统的旱作农业向现代生态循环农业发展。

参考文献:

- [1] 马富裕,周治国,郑重,等.新疆棉花膜下滴灌技术的发展与完善[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):202-208.
- [2] 李文惠,尹光华,谷健,等.膜下滴灌水氮耦合对春玉米产量和水分利用效率的影响[J].生态学杂志,2015,34(12):3397-3401.
- [3] 王慧里,田涛,王建永,等.旱区农业雨水资源利用与生态系统可持续性:2013 干旱农业和生态系统可持续性国际会议综述[J].生态学杂志,2014,33(11):3127-3136.
- [4] 康绍忠,张建华,梁宗锁,等.控制性交替灌水——一种新的农田节水调控思路[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):1-6.
- [5] 王金凤.控制性根系分区交替灌溉对玉米根区土壤微生物及作物生长的影响[J].中国农业科学,2006,39(10):2056-2062.
- [6] 梁宗锁,石培泽.隔沟交替灌溉对玉米根系分布和产量的影响及其节水效益[J].中国农业科学,2000,33(6):26-32.
- [7] 杜守宇,田恩平,温敏,等.秸秆覆盖还田的整体功能效应与系列化技术研究[J].干旱地区农业研究,1994(2):88-94.
- [8] 张树兰,Lars L,同延安.渭北旱塬不同田间管理措施下冬小麦产量及水分利用效率[J].农业工程学报,2005,21(4):20-24.
- [9] Huang Y,Chen L D,Fu B J,et al. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects[J]. Agric Water Management,2005,72:209-222.
- [10] 朱钟麟,卿明福,郑家国,等.免耕和秸秆覆盖对小麦、油菜水分利用效率的影响[J].西南农业学报,2005,18(5):565-568.
- [11] 宋晓,李瑜玲,陈莉,等.秸秆覆盖还田对农田土壤蓄水能力及粮食产量的影响[J].河北农业科学,2014,18(6):42-44.
- [12] 李静静,李从峰,李连禄,等.苗带深松条件下秸秆覆盖对春玉米土壤水温及产量的影响[J].作物学报,2014,40(10):1787-1796.
- [13] 彭世琪,吴勇.灌溉施肥初级教程[M].北京:中国农业出版社,2010.
- [14] 孙文涛,孙占祥,王聪翔,等.滴灌施肥条件下玉米水肥耦合效应的研究[J].中国农业科学,2006,39(3):563-568.
- [15] 黄丽华,沈根祥,钱晓雍,等.滴灌施肥对农田土壤氮素利用和流失的影响[J].农业工程学报,2008,24(7):49-53.
- [16] 侯振安,李品芳,龚江,等.不同滴灌施肥策略对棉花氮素吸收和氮肥利用率的影响[J].土壤学报,2007,44(4):702-708.
- [17] 栗岩峰,李久生,饶敏杰.滴灌施肥时水肥顺序对番茄根系分布和产量的影响[J].农业工程学报,2006,22(7):205-207.

Construction of Farmland Micro Ecosystem Base on Integrative Straw-Fertigation Planting Technology

GAO Guo-Jin

(Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316)

Abstract: In order to solve the existing problems of high efficient water-saving irrigation, fertigation, covering of fields with the straws in the agricultural production in arid and semi-arid regions, the measures on integrative straw-fertigation planting technology were raised. Based on the principle of feasibility, practicality and operability, the method of combination of agricultural machinery and agronomic technology were mainly adopted; a high-yield comprehensive techniques system was established. As integrative straw-fertigation planting technology on construction of micro ecosystem of farmland could be well taken for exploration, the preliminary discussion related theories, construction and composition of the key technologies were carried on. The root-zone same height covering irrigation, root-zone same height covering irrigation fertilization and covering of fields with the straws were analyzed and explained. Finally, the future of integrative straw-fertigation planting technology was focused on.

Keywords: integrative straw-fertigation planting technology; micro ecosystem of farmland; root-zone same height covering irrigation