

水肥一体化条件下内蒙古优势作物 水肥利用效率及产量分析

李彬¹, 妥德宝¹, 程满金², 郭富强², 赵沛义¹

(1. 内蒙古农牧业科学院 资源环境与检测技术研究所, 呼和浩特 010031; 2. 内蒙古水利科学研究院, 呼和浩特 010081)

摘要: 利用2013–2014田间实测数据对比分析了传统种植条件下和水肥一体化条件下内蒙古优势作物(玉米、马铃薯、大豆)水肥利用效率、生长指标、产量构成因子、产量商品组成和最终产量,探讨了水肥一体化“以肥调水,以水促肥”的作用机理,最后提出了内蒙古发展水肥一体化技术存在的问题及相应对策。结果表明:相比于传统种植,水肥一体化条件下作物在高效利用水肥资源的情况下,水分利用效率提高8.50%~62.89%;肥料利用率提高16.0%~60.6%,玉米、马铃薯和大豆产量分别提高22.01%、171.60%和63.76%。总体来看,内蒙古发展水肥一体化技术意义重大,前景广阔。

关键词: 优势作物; 传统种植; 水肥一体化; 产量; 内蒙古

中图分类号: S31

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)04-0216-07

Analysis of use efficiency of water and fertilizer and yield for maincrops in Inner Mongolia under integration condition of water and fertilizer

LI Bin¹, TUO Debao¹, CHENG Manjin², GUO Fuqiang², ZHAO Peiyi¹

(1. Institute of Resources and Environment and Testing Technology, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China;

2. Inner Mongolian Research Institute on Hydraulic Sciences, Hohhot 010081, China)

Abstract: By use of field trials data from 2013 to 2014, the paper analyzed the use efficiency of water and fertilizer, growth indicators, factor of yield structure, yield of goods and final yield of three main typical crops (maize, potatoes, and soybeans) in Inner Mo water and fertilizer integration ngolia under the condition of traditional planting and water and fertilizer integration. It discussed the mechanism of action of water and fertilizer integration such as taking fertilizer to diverse water and water to fertilizer. Finally, and proposed the problems and corresponding countermeasures of integrative water and fertilizer development technology in Inner Mongolia prefecture. The results show that compared with tradition planting, the water use efficiency increases 8.50% – 62.89%, fertilizer use efficiency increases 16.0% – 60.6%, and yields of maize, potatoes, and soybeans increase 22.01%, 171.60% and 63.76% respectively under the condition of water and fertilizer integration. Overall, the development of integrative water and fertilizer technology has great significance and broad prospect.

Key words: main crop; traditional planting; integration of water and fertilizer technology; yield; Inner Mongolia

1 研究背景

内蒙古自治区是全国重要的粮食主产区和商品

粮基地,玉米、马铃薯和大豆是全区3大优势作物,其中玉米是内蒙古自治区播种面积最大、总产最高的主要作物。2008年内蒙古玉米总产量为141亿

收稿日期:2015-04-20; 修回日期:2015-05-12

基金项目:内蒙古自治区新增“四个千万亩”节水灌溉工程科技支撑项目(20121036);水利部“十二五”重大科技推广计划项目(TG1202);国家“十二五”科技支撑项目(2012BAD09B02);内蒙古农牧业创新基金项目(CXJJ2013N10)

作者简介:李彬(1982-),男,内蒙古集宁人,博士,助理研究员,主要从事节水灌溉新技术和资源环境方向的研究。

kg, 播种面积 234 万 hm^2 , 均居全国第六位^[1]; 大豆是内蒙古自治区的第二大农作物, 并且内蒙古是国家优质高油大豆主产区, 常年播种面积在 73.33 万 hm^2 左右、总产 100 万 t 左右, 大豆播种面积占全国的 8%, 仅次于黑龙江省, 位居全国第 2 位^[2]; 内蒙古马铃薯常年种植面积和总产均排在全国前 3 位, 种植面积稳定达到 66.67 万 hm^2 以上, 分别占到全国的 10% 以上, 同时马铃薯产业也是内蒙古农牧业产业化经营六大主导产业之一^[3]。然而在这些骄人成绩的背后, 内蒙古粮食生产却面临着单产水平低于全国平均水平(以大豆为例: 十一五期间内蒙古主产区大豆平均单产 1300.5 kg/hm^2 , 而全国平均为 1738.5 kg/hm^2)、灌水施肥管理粗放、水肥资源浪费严重、水肥利用效率偏低等突出问题。

针对这些突出问题, 近些年专家学者们提出了解决方案: 水肥一体化技术^[4]。水肥一体化是基于滴灌、喷灌系统发展而成的节水、节肥、高产、高效的现代农业工程技术, 可以实现水分和养分在时间上同步, 空间上耦合。水肥一体化按作物的需水需肥规律将水直接供应到作物根系范围的土壤中, 灌溉水完全通过管网输送, 减少水分在运输过程中的损耗, 提高了水分和肥料利用率。内蒙古自治区政府为贯彻中央水利工作会议精神、全面落实中央和自治区关于加快水利改革发展战略部署, 在 2011 年召开全区农牧业高效节水现场会, 启动“四个千万亩”节水灌溉工程建设。

该项工程的目标: 工程实施后, 全区节水灌溉总规模将达到 400 万 hm^2 , 农牧业灌溉用水总量控制在 150 亿 m^3 。全区粮食总产能力将稳定在 250 亿 kg 以上。在此大背景下, 使得水肥一体化技术在全区的全面推广非常迫切。本文在“四个千万亩”节水灌溉工程建设背景下, 研究水肥一体化技术对玉米、马铃薯和大豆水肥利用效率及产量的影响, 以期对内蒙古自治区水肥一体化技术的应用推广提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验于 2013–2014 年进行, 选择玉米、马铃薯和大豆为供试作物, 其中供试玉米品种为先玉 335, 马铃薯品种为夏波蒂, 大豆品种为登科 4 号。马铃薯试验地址选择在被誉为“中国薯都”的乌兰察布市商都县; 玉米试验地址选择在西辽河流域典型代

表区赤峰松山区; 大豆试验地址选择在东北典型黑土地代表区阿荣旗。

试验基施的氮、磷和钾肥分别用尿素(N 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 46%)和硫酸钾(K_2O 50%)。追施(滴灌施肥)用尿素(N 46%)、磷酸二铵(P_2O_5 44%)和氯化钾(K_2O 60%)。地膜是聚乙烯料薄膜, 厚度 0.008 mm, 宽度 1.2 m。

试验中滴灌施肥设备统一采用压差式施肥罐装置控制, 设备主要由水源、水泵、旋翼式水表、压差式施肥罐和输配水管道系统组成。滴灌毛管采用单行直线布置形式, 毛管采用内镶式滴灌带, 滴头间距为 30 cm, 滴头流量为 2.0 L/h。湿润带宽度 $D_w = 42$ cm, 直径为 $\phi 16$ mm, 滴灌工作压力 0.3 MPa。滴灌带间距设计为 120 ~ 140 cm, 考虑到耕作作物及行距发生变化, 根据实际栽培模式确定毛管间距。

2.2 试验设计

试验在水肥一体化和传统种植两种种植条件下进行。水肥一体化是根据作物需水需肥规律, 进行作物的灌溉和施肥, 具体灌水施肥制度见表 1。传统种植即当地大田中农户习惯采用的种植条件: 施肥方式为氮磷钾肥在播种前一次性施入, 当地农户称之为“一炮轰”, 施肥量与水肥一体化条件下的施肥量相同。对于大豆, 由于所在试验区旱作农田灌溉起步较晚, 且由于相应的灌溉设施不完善, 大田中农户不进行灌溉; 对于马铃薯同样由于当地生产力水平较低, 大田农户依然延续传统种植, 不进行灌溉; 对于玉米, 由于当地气候因素, 不进行灌溉, 就会面临绝收, 所以当地大田较早的引进了膜下滴灌, 故传统种植条件下的灌水制度如下表 2。

依据中华人民共和国水利行业标准《灌溉试验规范》SL13–2004^[5], 3 种作物统一采用小区面积 6.0 m × 10.0 m, 玉米采用玉米覆膜双行气吸式精播机, 按 80 cm 大垄和 40 cm 小垄的大小垄双行种植, 玉米起垄时 1 管 2 行布置, 大行距 85 cm, 小行距 35 cm, 株距 24 cm。

马铃薯栽培耕作措施采用秋深耕和春旋耕, 深松 35 cm 以上并旋耕 15 cm 以上, 采用大垄 2 行密植方式种植, 起垄宽度 40 cm, 垄高 25 cm, 株行距为 90 cm × 20 cm。大豆栽培耕作措施采用秋深耕和春深松, 深松 35 cm 以上并浅耕 15 cm 以上, 采用大垄 2 行窄沟密植方式种植, 起垄宽度 40 cm, 垄高 20 cm, 行距 60 cm, 采用穴播种植方式穴距 10 cm, 播量 4.8 ~ 5.0 kg。

表 1 水肥一体化灌溉施肥制度

作物 种类	物候期	灌水量/(m ³ ·hm ⁻²)		施肥 比例/%	施肥量/(kg·hm ⁻²)					
		2013 年	2014 年		2013 年			2014 年		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
玉米	全生育期	1380	1980	100	300	112.5	127.5	300	112.5	127.5
	播种前			40	120	112.5	51	120	112.5	51
	播种期	180	180							
	出苗期									
	大喇叭口	300	300	20	60		25.5	60		25.5
	抽雄期	300	600							
	吐丝期	300	600	20	60		25.5	60		25.5
	灌浆期	300	300	20	60		25.5	60		25.5
马铃薯	全生育期	1230	2070	100	207	84	174	207	84	174
	播种前				82.8	84	69.6	82.8	84	69.6
	播种期	90	120	40						
	出苗期									
	现蕾期	150	120	20	41.4		34.8	41.4		34.8
	开花期	285	465	20	41.4		34.8	41.4		34.8
	膨大期	600	1140	20	41.4		34.8	41.4		34.8
	收获期	105	225							
大豆	全生育期		870	100	48	57	42	48	57	42
	播种前			40	19.2	57	16.8	19.2	57	16.8
	播种期		150							
	出苗期									
	分枝期		150	30	14.4		12.6	14.4		12.6
	开花期		150							
	鼓粒期		420	30	14.4		12.6	14.4		12.6
	成熟期									

注:对于大豆,由于 2013 年为丰水年,故未进行灌溉。

表 2 传统种植玉米灌溉制度

物候期	灌水量/(m ³ ·hm ⁻²)	
	2013 年	2014 年
全生育期	900	1260
播种期	180	180
出苗期		
大喇叭口	180	180
抽雄期	180	360
吐丝期	180	360
灌浆期	180	180

2.3 测定项目及方法

玉米、马铃薯和大豆成熟后随机选取 3 株,称鲜质量后放入烘箱,在 105℃杀青 30 min,然后于 75℃

烘至恒质量。将干样粉碎后,过 0.5 mm 筛,用 H₂SO₄ - H₂O₂ 消煮,消煮液用于养分的测定:采用凯氏法测定全氮含量,用钒钼黄酸比色法测定全磷含量,用火焰分光光度法测定全钾含量^[6]。

试验按照规范进行 3 种作物的生长指标和产量构成因子的测定,详见中华人民共和国水利行业标准《灌溉试验规范》SL13 - 2004^[5]。

3 结果与分析

3.1 水肥一体化对作物水分利用效率的影响

水分利用效率为单位耗水量所生产的作物籽粒产量,用于评价一个地区农业水资源的管理、利用水平和节水农业技术措施的实施效果^[7]。由表 3 可知,水肥一体化条件下,2 年玉米和马铃薯水分利用

效率的平均值分别为 28.60 和 100.62 kg/(mm·hm²)。大豆水分利用效率为 11.68 kg/(mm·hm²)。与之对应的,传统种植条件下,玉米、马铃薯和大豆的水分利用效率分别为 26.36、61.77 和 8.14 kg/(mm·hm²)。与传统种植条件相比,水肥一体化条件下玉米、马铃薯和大豆的水分利用效率分别提高 8.50%、62.89% 和 43.49%。对于玉米、马铃薯和大豆出现的水分利用效率的提高,一方面由于灌溉水的作用,在作物的水分临界期,给予

水分的补给;另一方面由于水肥一体化技术的“以肥调水”的作用。其机理在于肥料可以促进作物生长发育,尤其是作物根系的发育,使作物对水分的吸收、转运、利用能力提高,这样扩大了作物利用水分的范围,明显减少土壤表面水分的无效蒸发量,提高土壤水分的含量,促进对深层土壤水分的利用;另外,土壤养分浓度的提高,增加了作物束缚水的含量、提高了渗透调节能力,改善作物的水分状况。这些都直接或间接地提高了作物水分利用效率。

表 3 不同种植条件下作物水分利用效率

种植条件	作物种类	年份	<i>I</i> /mm	<i>P</i> /mm	ΔW /mm	<i>ET</i> /mm	产量/ (kg·hm ⁻²)	<i>WUE</i> / (kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
水肥一体化	玉米	2013	138	309.0	-6.4	440.6	12176.6	27.6
		2014	198	261.4	-6.7	452.7	13376.3	29.6
	马铃薯	2013	123	251.6	-5.3	369.3	36174.0	97.9
		2014	207	107.8	24.5	339.3	35044.7	103.3
	大豆	2014	87	244.0	14.8	345.8	4039.2	11.7
传统种植	玉米	2013	90	309.0	-8.7	390.3	9176.0	23.5
		2014	126	261.4	15.6	403.0	11767.1	29.2
	马铃薯	2013	0	251.6	3.5	255.1	16198.5	63.5
		2014	0	107.8	59.2	167.0	10023.8	53.8
	大豆	2014	0	244.0	59.0	303.0	2466.6	8.1

3.2 水肥一体化对作物生长指标的影响

由表 4~6 可知,水肥一体化条件下玉米在灌浆期株高、茎粗和叶面积达到最大值(分别为 261.33、4.19 和 9609.17 cm²),相比于传统种植条件,水肥一体化条件下玉米的株高、茎粗和叶面积分别提高 4.67%、3.20% 和 4.81%。大豆在荚期株高、茎粗和叶面积达到最大值(分别为 106.18、8.76 和 1911 cm²),相比于传统种植条件,水肥一体化条件下大豆的株高、茎粗和叶面积分别提高 23.02%、33.13% 和 56.38%。马铃薯在盛花期株高、茎粗和叶面积达到最大值(分别为 261.33、4.19 和 9 609.17 cm²),相比于传统种植条件,水肥一体化条件下马铃薯的株高、茎粗分别提高 91.70% 和 45.28%。由于水肥一体化水肥空间上的耦合,使作物生长更为健壮、茎叶面积增加、绿色期延长,扩大了光合作用场地;另一方面光合原料充分,为促进干物质的积累、形成更多的光和产物奠定了基础。

3.3 水肥一体化对作物肥料利用效率的影响

表 7 为水肥一体化下土壤基础养分测定结果,表 8 为不同种植条件下作物肥料利用效率。由图 8

可知,在水肥一体化条件下,玉米氮磷钾肥利用率 2 年平均值分别为 33.3%、20.1% 和 49.6%。玉米氮磷钾肥农学效率分别为 11.3、20.5 和 16.2 kg/kg。马铃薯氮磷钾肥利用率 2 年平均值分别为 34.6%、19.5% 和 49.2%。马铃薯氮磷钾肥农学效率分别为 36.5、71.8 和 34.9 kg/kg。

表 4 不同种植条件下玉米生长指标

种植条件	生长指标	生育期			
		苗期	拔节期	抽穗期	灌浆期
水肥一体化	株高/cm	16.44	124.56	253.33	261.33
	径粗/mm	1.33	3.86	3.98	4.19
	叶面积/cm ²	195.55	4703.83	9145.33	9609.17
	株高/cm	15.67	121.33	238.00	249.67
传统种植	径粗/mm	1.20	3.58	3.88	4.06
	叶面积/cm ²	194.86	4579.58	8060.00	9167.83

根据 Dobermann^[8]所述观点:“粮食作物氮肥效率目标值在下述范围:氮肥利用率在 30%~50%,氮肥农学效率在 10~30 kg/kg 时较为适宜”,玉米和马铃薯的氮肥利用率和氮肥农学效率均在适宜范围内。并且水肥一体化条件下玉米和马铃薯氮磷钾

肥利用率已超过全国主要粮食作物氮、磷、钾肥利用率的平均水平(27.5%、11.6%和31.3%)。与传统种植条件相比,水肥一体化条件下玉米氮磷钾肥利用率分别提高37.04%、18.93%和31.56%,农学效率分别提高66.18%、95.27%和90.59%。

表 5 不同种植条件下大豆生长指标

种植条件	生长指标	生育期				
		分枝期	花期	荚期	鼓粒期	成熟期
水肥一体化	株高/cm	37.63	76.46	106.18	103.17	93.39
	径粗/mm	5.11	7.55	8.76	8.77	8.35
	叶面积/cm ²	1034	1503	1911	1413	966
传统种植	株高/cm	27.47	62.01	86.31	85.65	80.65
	径粗/mm	3.77	5.86	6.58	6.85	6.43
	叶面积/cm ²	665	921	1222	823	466

表 6 不同种植条件下马铃薯生长指标

种植条件	生长指标	生育期			
		分枝期	现蕾期	开花(初 花)期	开花(盛 花)期
水肥一体化	株高/cm	35.80	46.80	58.80	74.13
	茎粗/mm	1.03	1.27	1.39	1.54
传统种植	株高/cm	9.00	19.00	21.00	38.67
	茎粗/mm	0.75	0.93	0.97	1.06

大豆氮磷钾肥利用率分别为16.0%、21.6%和60.6%,农学效率分别为8.9、9.3和10.9 kg/kg。相比传统种植条件,水肥一体化条件下,大豆氮磷钾肥利用率分别提高16.79%、66.15%和27.58%,农学效率分别提高81.97、51.85和43.43 kg/kg。对于大豆其氮肥利用率较玉米和马铃薯为低,其原因在于大

豆与玉米和马铃薯的固氮方式不同,大豆所需氮肥的40%~60%来源于根瘤菌固氮。另一方面对黑土氮肥损失影响较大的是土壤pH和有机质,在一定的土壤湿度条件下,pH为5.0时,尿素NH₃态损失量为3.6%,pH为6.0时,损失量为12.6%。有机质含量高的酸性土壤,亚硝酸盐的分解相当旺盛。而从表7可知,大豆所在地阿荣旗土壤有机质比玉米和马铃薯试验地的有机质高,且为酸性土壤。大豆的钾肥利用率也较玉米和马铃薯为高,其可能原因为施用钾肥比例较小,而大豆需肥量较大,在这种情况下,可能促进大豆对钾肥的吸收^[9]。

上述作物肥料利用率和农学效率大幅提高正是由于水肥一体化技术的“以水促肥”的作用:施到土壤中的肥料被作物吸收通常经历3个过程:扩散、质流和截获^[4]。由于水肥一体化技术实现了水分和养分在时空上的同步,使得肥料进入土壤溶液的速度加快,与传统种植条件相比,加快了上述扩散和质流的过程,而且由于滴管是将养分溶液直接滴于作物根部,这使得截获过程也相应的加速。水分增加了养分的有效性,提高根系吸水的能力,影响土壤养分的转化和有效性。促进养分的迁移,提高养分的溶解、迁移速度和范围。水分避免了肥料施在较干的表土层引起的由于溶解慢、挥发损失,而终导致的肥效发挥慢等问题,同时避免了尿素态氮肥和铵态施在地表挥发损失的问题,既节约氮肥又有利于环境保护。水分促进了养分的吸收利用,从而提高养分的吸收利用效率。

表 7 土壤基础养分测定结果

作物	年份	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH 值
玉 米	2013 年	9.2		1.3	0.6	120	8.2
	2014 年	9.6	0.6	8.9	0.8	70	8.4
马铃薯	2013 年	24.2	0.7	39	15.9	82.5	8.0
	2014 年	15.9	0.5	26	17.5	80.0	8.1
大 豆	2014 年	38.1	1.0	223	12.5	175	6.0

3.4 水肥一体化对作物产量及产量构成因子和产量商品组成的影响

由于水肥一体化“以肥调水,以水促肥”的作用,使得种植的作物在高效使用水肥资源的情况下,得到增产^[10-12]。由表3可知,水肥一体化条件下玉米2年的平均产量为12 776.45 kg/hm²,比传统种植条件下提高22.01%;马铃薯2年的平均产量为

35 609.35 kg/hm²,比传统种植条件下提高171.60%;大豆产量为4 039.2 kg/hm²,比传统种植条件下提高63.76%;从产量构成因子来看(表9,10),水肥一体化对玉米产量构成因子中秃尖长和穗粒重的影响最大,与传统种植条件相比,秃尖长减小34.85%,穗粒重增加18.75%。

秃尖长的减小和穗粒重的增加使得玉米穗棒和

籽粒饱满,从而产量提高;水肥一体化对大豆产量构成因子中荚数和空荚率影响最大,与传统种植条件相比,空荚率降低14.20%,荚数增加 36.13%。空荚率的降低和荚数的增加使每株大豆上饱满的荚数

增加,从而提高产量。从产量商品率组成来看(表 11),水肥一体化对单株马铃薯商品薯重的影响高于对单株马铃薯非商品薯重,这对于马铃薯产量的提高更具经济意义^[13-14]。

表 8 不同种植条件下作物肥料利用效率

种植条件	作物种类	年份	RE / %			AE / (kg · kg ⁻¹)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
水肥一体化	玉米	2013	33.5	17.0	44.6	10.8	21.6	14.0	
		2014	33.0	23.1	54.5	11.7	19.3	18.3	
		平均	33.3	20.1	49.6	11.3	20.5	16.2	
	马铃薯	2013	36.2	16.8	50.8	34.8	75.0	27.1	
		2014	33.0	22.2	47.6	38.1	68.5	42.6	
		平均	34.6	19.5	49.2	36.5	71.8	34.9	
	大豆	2014	16.0	21.6	60.6	11.1	12.3	14.2	
	传统种植	玉米	2013	25.0	16.5	36.5	7.0	11.4	8.7
			2014	23.5	17.2	38.8	6.6	9.6	8.3
平均			24.3	16.9	37.7	6.8	10.5	8.5	
马铃薯		2013	30.5	16.5	42.2	19.6	37.7	9.1	
		2014	26.5	15.2	38.1	17.0	21.0	11.0	
		平均	28.5	15.9	40.2	18.3	29.4	10.1	
大豆		2014	13.7	13.0	47.5	6.6	8.6	9.1	

表 9 不同种植条件下玉米产量构成因子(均值)

种植条件	年份	穗重/ kg	穗长/ cm	穗周长/ cm	秃尖长/ cm	穗行数	行粒数	百粒重/ kg	穗粒重
水肥一体化	2013	0.195	16.21	15.81	0.92	15.88	31.70	0.036	0.171
	2014	0.196	16.60	16.39	0.48	16.23	36.33	0.035	0.170
	平均	0.196	16.41	16.10	0.70	16.06	34.02	0.036	0.171
传统种植	2013	0.160	15.89	15.50	1.73	15.38	29.08	0.035	0.139
	2014	0.175	16.15	15.54	0.41	15.73	34.07	0.034	0.149
	平均	0.168	16.02	15.52	1.07	15.56	31.58	0.035	0.144

表 10 不同种植条件下马铃薯产量商品率组成

种植条件	年份	单株马铃薯商品薯重/kg	单株马铃薯非商品薯重/kg	单株马铃薯总重/kg	商品率/%
水肥一体化	2013	0.680	0.108	0.788	86.30
	2014	0.611	0.153	0.764	79.96
	平均	0.646	0.131	0.777	83.14
传统种植	2013	0.302	0.051	0.353	85.60
	2014	0.120	0.047	0.167	71.90
	平均	0.211	0.049	0.260	81.15

表 11 不同种植条件下大豆产量构成因子(均值)

种植条件	年份	亩株数/株	荚数/个	荚粒数/个	百粒重/kg	空荚率/%
水肥一体化	2014	18000	32.25	2.42	0.020	5.86
传统种植	2014	16500	23.69	2.37	0.019	6.83

4 结 语

(1)相比于传统种植,水肥一体化条件下种植的作物(玉米、马铃薯和大豆)水分利用效率分别提高 8.50%、62.89% 和 43.49%。

(2)对于肥料利用效率(肥料利用率和农学效率)来说,水肥一体化条件下种植的作物较传统条件下种植的作物提高 16.0%~60.6%。

(3)在水肥一体化条件下种植的玉米、马铃薯和大豆的产量比在传统条件下种植的分别提高了 22.01%、171.60%和 63.76%。并且秃尖长的减小和穗粒重的增加是玉米增产的主要原因;空荚率的降低和荚数的增加是大豆增产的主要原因。水肥一体化对单株马铃薯商品薯重的影响高于对单株马铃薯非商品薯重。

(4)水肥一体化技术的成本较高,而农产品价格偏低,这使得农户对水肥一体化技术望而却步,农业生产本身就是一项经济活动,一项技术再好,如果农户不能产生经济效益是无法推广开来的。

(5)更为重要的是,国内缺少与水肥一体化技术配套的相关技术服务部门或公司。水肥一体化技术是一项综合管理技术,它不仅需要有专业公司负责规划、设计、安装,还需要有相关的技术培训、专用肥料供应、农化服务等。所以即使当地采用了水肥一体化技术,那么前期的设备安装和人员技术培训,后期管理和维护没有相关服务跟进,水肥一体化技术很难持续发挥作用。

这就需要相关政府部门充分发挥政府职能,给予农户经济补贴和技术支持,帮助农户前期规划建立水肥一体化系统,同时要避免当前普遍存在的“重硬件(设备),轻软件(管理)”问题,积极推进水肥一体化技术的宣传培训和示范。

参考文献:

[1] 武向良,朱玉成,赵于东,等. 内蒙古玉米产业现状分析

及政策展望[J]. 农业展望,2009,5(12):26-29.

- [2] 马日亮,李志峰. 内蒙古大豆生产形势、发展对策及栽培新技术创新性研究[C]//. 中国作物学会栽培专业委员会换届暨学术研讨会论文集,2007.
- [3] 舍楞,郑金梅,王春. 内蒙古马铃薯产业现状及发展对策[J]. 农业工程技术(农产品加工业),2012(4):20-25.
- [4] 张承林,邓兰生. 水肥一体化技术[M]. 北京:中国农业出版社,2012.
- [5] 中华人民共和国水利部. SL 13-2004 灌溉试验规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京:中国农业出版社,2008.
- [7] 段爱旺. 水分利用效率的内涵及使用中需要注意的问题[J]. 灌溉排水学报,2005,24(1):8-11.
- [8] Dobermann A. Nitrogen use efficiency-state of the art paper of the IFA[C]//. International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt, Germany,2005.
- [9] 孙振宁,段兴,谢云,等. 东北典型黑土供肥量与大豆肥料利用率[J]. 中国农学通报,2012,28(15):46-51.
- [10] 杜军,沈润泽,马术梅,等. 宁夏贺兰山东麓葡萄滴灌灌溉水肥一体化技术研究[J]. 中国农村水利水电,2013(8):65-69+72.
- [11] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [12] 崔福柱,冯瑞云,郭秀卿,等. 不同灌溉方式对玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报,2009,28(1):118-120.
- [13] 陈杨,樊明寿,高媛. 微垄覆膜沟播对阴山丘陵地区旱作马铃薯土壤水分及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(5):71-74.
- [14] 陈光荣,郭天文,高世铭,等. 水肥对旱区马铃薯水分利用率的影响[J]. 核农学报,2010,24(1):142-148.