

陇东旱塬区小麦配方施肥效应研究

史聚宝,雷宗昌

(甘肃省泾川县农业技术推广中心,甘肃 泾川 744300)

摘 要: 本研究目的在于探讨配方施肥与常规施肥对小麦生产肥料利用的影响,为合理使用化肥提供技术依据。采用田间随机区组试验,通过配方 N 187.5 kg·hm⁻², P 90.0 kg·hm⁻², K 60.0 kg·hm⁻²、N 187.59 kg·hm⁻², P 90.0 kg·hm⁻²、N 187.5 kg·hm⁻², K 60.0 kg·hm⁻²、P 90.0 kg·hm⁻², K 60.0 kg·hm⁻²和常规 N 157.5 kg·hm⁻², P 88.5 kg·hm⁻², K 88.5 kg·hm⁻²、N 157.5 kg·hm⁻², P 88.5 kg·hm⁻²、N 157.5 kg·hm⁻², K 88.5 kg·hm⁻²、P 88.5 kg·hm⁻², K 88.5 kg·hm⁻²施肥量的比较,研究氮、磷、钾肥料利用率及对产量的影响。结果表明:地膜覆盖栽培条件下,配方施肥比常规施肥小麦平均增产 537.75 kg·hm⁻²,增产 7.31%。肥料利用率提高 12.51%(其中氮肥提高 2.4%,磷肥提高 2.17%,钾肥提高 7.94%)。结论:在陇东旱塬瘠薄肥力区生产水平下,配方比例 N:P:K 为 12.5:6:4,采用地膜覆盖栽培,测土配方施肥小麦的氮肥利用率为 37.4%,磷肥利用率为 24.1%,钾肥利用率为 43.0%。常规施肥小麦的氮肥利用率为 35.0%,磷肥利用率为 21.9%,钾肥利用率为 35.1%。配方施肥与常规施肥相比,具有显著的增产效果,能显著提高肥料利用率,应大力推广应用。

关键词: 冬小麦;配方施肥;肥料利用率;产量

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A

Effects of fertilization on yield and fertilization use efficiency
of winter wheat in arid zone in Loess Plateau of eastern Gansu province

SHI Ju-bao, LEI Zong-chang

(Agro-tech Extension Center of Jingchuan County, Gansu Province, Jingchuan, Gansu 744300, China)

Abstract: In order to provide technical basis for the rational use of chemical fertilizers, field randomized block experiment was conducted to investigate the effects of prescription fertilization and conventional fertilization on wheat production and fertilizer use efficiency through the formulation N 187.5, P 90.0, K 60.0; N 187.59, P 90.0; N 187.5, K 60.0; P 90.0, K 60.0 kg·hm⁻² and conventional P 88.5, K 88.5, N 157.5; P 88.5, N 157.5; N 157.5, K 88.5; P 88.5, K 88.5 kg·hm⁻². The results showed that under plastic film mulching cultivation conditions, compared with conventional fertilization, prescription fertilization increased yield by 537.75 kg·hm⁻²(7.31%) in average. Fertilizer use efficiency increased by 12.51% (2.4% nitrogen, 2.17% phosphate, 7.94% potash). With the poor fertility of the zone in Loess Plateau of eastern Gansu, plastic film mulching cultivation, the utilization rate of nitrogen, phosphate, potash in prescription fertilization was 37.4%, 24.1%, 43.0% respectively. The utilization rate of nitrogen, phosphate, potash in conventional fertilization was 35.0%, 21.9%, and 35.1% respectively. Therefore, prescription fertilization improved yield and fertilizer use efficiency effectively.

Keywords: winter wheat; fertilizer; fertilizer utilization; yield

冬小麦是陇东地区的主要粮食作物,常年播种面积 26.7 万 hm²,占粮食播种面积的 50% ~ 55%,产量水平仅为 3 000 kg·hm⁻²[1]。多年以来,本地区农民通常凭经验盲目用肥,造成农业生产田施肥过多或偏施、滥施现象严重[2]。过量施肥易造成农田单元素肥料过剩,养分被作物吸收效率差,化学物质氮、磷、钾等固结成盐分,使土壤养分结构失调,物理性状变差[3]。此外,因土壤营养失衡,易导致小麦营养物质转化受阻,影响小麦产量和质量。这不仅造成对生态环境的污染[4],也增加了作物生产成本,降

收稿日期:2016-01-02
基金项目:部列测土配方施肥补贴资金项目(甘财农 2008[77])
作者简介:史聚宝(1957—),男,甘肃泾川人,农业推广研究员,主要从事农业技术推广和研究工作。E-mail: sjb666100@126.com。
通信作者:雷宗昌(1962—),男,甘肃泾川人,高级农艺师,主要从事农技推广和土壤肥料工作。E-mail: jclzc2011@163.com。

低作物产量和品质,减少了农业收益。

为应对生产上小麦施肥不规范情况,减少肥料浪费事件继续发生,泾川县农技中心结合陇东旱塬土壤肥力状况和小麦需肥规律,根据土壤自身保肥、供肥能力,研制并实施有机肥与化肥,氮肥与磷钾肥适量配比,建立了一套适用于旱塬土壤的平衡科学施肥方式。2005 年农业部下发的《测土配方施肥技术规范(试行)》推荐采用“3414”方案设计,本研究在 2012—2015 年“3414”试验的基础上,通过小麦田间氮肥、磷肥和钾肥的对比试验,摸清了陇东旱塬区测土配方施肥和常规施肥下小麦氮肥、磷肥和钾肥的利用现状及利用效率,可为指导大田小麦高产提供依据。

1 试验材料及方法

1.1 试验地概况

泾川县位于甘肃东部,东经 107°15′~107°45′,北纬 35°11′~35°31′之间,地处陇东黄土高原沟壑区,总面积 1 409.3 km²,海波 930~1 460 m,年平均气温 10℃,全县辖 15 个乡镇区。2012—2015 年试验连续定点设在甘肃省泾川县党原乡徐家村北纬 35°23′59″,东经 107°17′46″,海拔 1 343 m,年均降雨 553 mm,年均有效积温 3 320℃,无霜期 174 d 的旱塬区,土壤为黑垆土,肥力中等。土壤有机质 16.06 g·kg⁻¹、全氮 1.28 g·kg⁻¹、有效磷 23.3 mg·kg⁻¹、速效钾 208 mg·kg⁻¹,pH 值 8.31,前茬作物玉米。

1.2 试验材料

参试小麦品种为中麦 175,该品种早熟、抗寒、抗旱、抗倒伏,分蘖成穗率高,丰产性好且稳产,是干旱地区地膜栽培的主要品种。供试氮肥为尿素(含 N46%,中石化宁夏分公司生产),磷肥为普通过磷酸钙(含 P₂O₅≥12%,昆明晋宁金宏磷肥厂生产),钾肥为颗粒钾肥(含 K₂O≥30%,青海格尔木昆宝钾肥有限公司生产)。

1.3 试验方法

试验采用裂区设计,三次重复,主处理为常规和配方两个处理,副处理为 NPK、PK、NK、NP 共四个处理。小区面积 20 m²,长 5 m,宽 4 m。试验肥料处理见(表 1)。

试验采用地膜覆盖栽培,播前进行深耕整地,打碎土块,拾尽根茬,同时采集 0~20 cm 耕层混合土样。然后进行小区规划,按方案要求划出小区,再将各处理亩施肥量换算成小区施肥量和实物量,按小区撒施地表,再进行一次旋耕。然后再进行小区规划复位,最后采用覆膜穴播一体机进行机械播种,行距 15 cm,穴距 13.5 cm,49.5 万穴·hm⁻²,每穴 8~12

粒,播量 225 kg·hm⁻²。播种完成后对各小区垄间进行整理标记,四周设保护行。试验于 10 月 2 日整地施肥,10 月 3 日播种。6 月 30 日收获,同时采集植株样,其它管理措施同于大田。

表 1 小麦肥料试验处理				
Table 1 Different fertilizer treatment on wheat				
试验处理 Treatment		施肥量 Fertilizer amount/(kg·hm ⁻²)		
		N	P	K
配方施肥 Prescription fertilization	NPK	187.5	90.0	60.0
	NP	187.5	90.0	0
	NK	187.5	0	60.0
	PK	0	90.0	60.0
常规施肥 Conventional fertilization	NPK	157.5	88.5	88.5
	NP	157.5	88.5	0
	NK	157.5	0	88.5
	PK	0	88.5	88.5

1.4 数据采集与分析

本数据采用了 3 年的试验平均数分析,从 2012 年小麦播种至 2015 年小麦收获的结果,分年分析了籽粒和茎秆中 N、P、K 含量,采集耕层土壤(0~20 cm)分析土壤有机质、全 N 和无机 N、有效 P、有效 K。

越冬前,在小区内出苗均匀且长势旺盛的非边行区域选定 2 个 1 m 样段,调查基本苗。春季拔节前调查样段的最大分蘖;开花后测定样段的穗数,并折算成单位面积穗数。成熟期在小区内随机选取 3 个点,量取株高,计算平均株高;在非边行区随机选取 20 穗,数取穗粒数,折算每穗粒数,田间记载出苗情况以及抽穗期和成熟期。小区收获后晾晒干燥至含水量为 13%时称重,测定千粒重,小区收获总重量折合成公顷产量。计算增产率、土壤贡献率、肥料贡献率、农学效率、肥料利用率等^[5]。利用 SAS 9.3 软件对产量及其构成因素进行方差分析,采用 Excel 进行回归作图分析。

2 试验结果及分析

2.1 肥料处理对产量的影响及效益分析

试验结果汇总显示,配方施肥 NPK 区平均产量 7 895.3 kg·hm⁻²,比无 K 区平均产量 6 863.4 kg·hm⁻²增产 1 031.9 kg·hm⁻²,比无 P 区平均产量 6 163.4 kg·hm⁻²,增产 1 731.9 kg·hm⁻²,比无 N 区平均产量 5 560.1 kg·hm⁻²,增产 2 325.2 kg·hm⁻²。常规施肥 NPK 区平均产量 7 357.4 kg·hm⁻²,比无 K 区平均产量 6 116.7 kg·hm⁻²,增产 1 240.7 kg·hm⁻²、比无 P 区平均产量 5 808.3 kg·hm⁻²,增产 1 549.1 kg·hm⁻²,比无 N 区平均产量 5 521.7 kg·

hm⁻²,增产 1 835.7 kg·hm⁻²。配方施肥 NPK 区比常规施肥 NPK 区增产 501.9 kg·hm⁻²,配方施肥无 K 区比常规施肥无 K 区增产 748.7 kg·hm⁻²,配方施肥无 P 区比常规施肥无 P 区增产 357.1 kg·hm⁻²,配方施肥无 N 区比常规施肥无 N 区增产 38.4 kg·hm⁻²(表 2)。

应用方差分析对试验的显著性进行测定,配方施肥区处理间 $F = 29.51$, $> F_{0.05} = 4.76$ 和 $F_{0.01} = 9.78$,达到极显著水平。常规施肥区处理间 $F = 49.50$, $> F_{0.05} = 4.76$ 和 $F_{0.01} = 9.78$,也达到极显著水平(表 3)

从表 3 看出,本试验区组间差异不显著,主处理和副处理之间的产量差异极显著。因此,配方施肥与常规施肥存在显著差异,不同施肥处理对各小区产量也具有极显著影响。

试验结果表明,配方施肥 NPK 区比无 K 区增产 15.0%,增收 26.1%,比无 P 区增产 28.1%,增收 24.9%,比无 N 区增产 42.0%,增收 40.3%。常规施肥 NPK 区比无 K 区增产 20.3%、增收 15.8%;比无 P 区增产 26.7%、增收 23.6%;比无 N 区增产 26.7%、增收 32.3%。配方施肥 NPK 区比常规施肥 NPK 区平均增产 7.3%,增收 9.4%;配方施肥无 K 区比常规施肥无 K 区增产 12.2%、增收 12.4%;配方施肥无 P 区比常规施肥无 P 区增产 6.1%、增收 8.2%;配方施肥无 N 区比常规施肥无 N 区增产 0.7%、增收 3.1%(表 4)。配方施肥增产增收效果明显高于常规施肥,配方施肥 NPK 区产量最高,常规施肥 NPK 区产量次之,依次为配方施肥 NP 区、常规施肥 NP 区、配方施肥 NK 区、常规施肥 NK 区、配方施肥 PK 区,常规施肥 PK 区产量最低。

表 2 小麦肥料利用率试验产量汇总
Table 2 Summary of fertilizer use efficiency and test yield of winter wheat

试验处理 Test treatment		试验年度 Test the annual												3 年 平 均 Average of three years			
		2012—2013				2013—2014				2014—2015							
主处理 The main treatment	副处理 Deputy treatment	穗数 /(No.· hm ⁻²)	穗粒数	千粒重/g	产量 /(kg· hm ⁻²)	穗数 /(No.· hm ⁻²)	穗粒数	千粒重/g	产量 /(kg· hm ⁻²)	穗数 /(No.· hm ⁻²)	穗粒数	千粒重/g	产量 /(kg· hm ⁻²)	穗数 /(No.· hm ⁻²)	穗粒数	千粒重/g	产量 /(kg· hm ⁻²)
		Ears	Spike grain number	1000- grain weight	Production	Ears	Spike grain number	1000- grain weight	Production	Ears	Spike grain number	1000- grain weight	Production	Ears	Spike grain number	1000- grain weight	Production
配方施肥区 The area of applying fertilizer	NPK	782.0	29.4	40.1	7758.0	788.0	28.9	40.2	7869.0	785.7	30.1	40.5	8058.0	785.4	29.80	40.28	7895.3
	NP	740.4	27.4	38.8	6694.5	774.5	26.2	39.8	6892.5	777.8	26.8	39.1	7003.5	774.2	26.00	39.89	6863.4
	NK	748.1	24.5	38.4	6088.5	727.8	25.1	38.9	6147.0	754.7	25.3	39.0	6253.5	736.7	24.70	38.94	6163.4
	PK	708.8	23.9	38.1	5482.5	718.1	23.5	38.3	5503.5	757.7	23.4	38.2	5694.0	728.4	23.17	38.20	5560.1
常规施肥区 Conventional fertilization area	NPK	732.6	28.7	40.2	7233.0	778.1	28.1	39.9	7342.5	766.8	28.2	40.6	7497.0	761.7	28.20	40.46	7357.4
	NP	709.8	25.4	39.6	6063.0	740.1	23.5	40.8	6042.0	735.9	24.1	41.7	6244.5	735.2	23.73	40.70	6116.7
	NK	732.6	22.8	39.8	5724.0	764.3	22.9	39.4	5817.0	729.6	23.3	40.2	5884.5	747.1	22.97	39.82	5808.3
	PK	706.7	22.6	39.5	5449.5	735.5	21.7	40.4	5485.5	728.1	22.4	40.5	5629.5	723.6	22.07	40.13	5521.7

表 3 产量方差分析
Table 3 Variance analysis of yield under different treatments

变异来源 Variation resource	df	SS	MS	F	P
区组 Repetition	4	1839.4	459.8	1.5	0.275
主处理(常规施肥、配方施肥) Main treatment	1	4691.3	4691.3	14.9 ^{**}	0.002
副处理(NPK、NP、NK、PK) Minor treatment	3	64559.3	1519.8	68.3 ^{**}	0
主处理×副处理 Interaction	3	1803.1	601.0	1.9	0.182
误差 Error	12	3781.9	315.2		
总变异 Total variation	23	76675			

表 4 配方施肥产量及效益分析
Table 4 Analysis of yield and profit under treatment of prescription fertilization

处理 Treatment	NPK	PK	NK	NP
常规施肥 Conventional fertilizer/(kg·hm ⁻²)	7357.4a	5521.7d	5808.3c	6116.7b
配方施肥 Prescription fertilization/(kg·hm ⁻²)	7895.3a	5560.1d	6163.4c	6863.4b
配方施肥增产率 Yield increase rate/%	7.3	0.7	6.1	12.2
配方施肥增收 Increased profit/%	9.4	3.1	8.2	12.4

2.2 肥料处理对生育期的影响

从生育期调查看,试验各处理对其生育期无明显影响。不论是配方施肥区,还是常规施肥区,各处理生育期基本一致,只有无 N 区和无 P 区略有差异,其中配方施肥区中,无 N 区分蘖期推迟 1 d,返青期推迟 1~2 d,拔节期推迟 1~2 d、抽穗期 2~3 d、扬花期、灌浆期均推迟 1~2 d,成熟期提早 2~3 d。无 P 区分蘖期推迟 0~1 d,返青期、拔节期推迟 1 d,抽穗期、扬花期推迟 1~2 d,灌浆期推迟 1 d,成熟期提早 1~2 d。常规施肥区中,无 N 区分蘖期、返青期推迟 1~2 d,拔节期推迟 1 d、抽穗期推迟 2~3

d、扬花期、灌浆期均推迟 1~2 d,成熟期提早 2~3 d。无 P 区分蘖期推迟 0~1 d,返青期、拔节期、抽穗期、扬花期推迟 1~2 d,灌浆期推迟 1 d,成熟期提早 1~2 d(表 5)。

从表 5 看出,无 N 区和无 P 区整个生育时期均比其它区分蘖、返青、拔节、抽穗、扬花、灌浆时期推迟 1~3 d,成熟期提早 1~2 d,说明在陇东旱原瘠薄 N 少 P 缺 K 够用肥力区,N 肥和 P 肥对小麦的生产影响较大,K 肥土壤含量充足,对小麦生产影响不大,在肥料使用上尽量考虑 NPK 配方肥。

表 5 不同肥料处理生育期差异
Table 5 The effects of different fertilizer on growth period

处理 Treatment	返青期 Green period			拔节期 Jointing stage			抽穗期 Heading stage			扬花期 Yang flowering			灌浆期 Filling stage			成熟期 The mature stage		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
NPK	03-11	03-13	03-12	04-11	04-10	04-09	05-08	05-09	05-08	05-17	05-17	05-15	05-29	05-29	05-26	06-23	06-21	06-22
NP	03-12	03-13	03-12	04-10	04-12	04-09	05-07	05-09	05-08	05-17	05-18	05-16	05-28	05-29	05-26	06-23	06-22	06-21
NK	03-12	03-14	03-13	04-12	04-13	04-10	05-09	05-10	05-08	05-18	05-18	05-17	05-29	05-30	05-27	06-22	06-21	06-21
PK	03-13	03-14	03-13	04-12	04-10	05-10	05-11	05-09	05-18	05-19	05-17	05-30	05-31	05-28	06-20	06-19	06-20	

2.3 肥料处理对小麦经济性状的影响

施肥不同处理对其经济性状有较大影响。除分蘖、株高、穗长差异不显著外,配方施肥区中,NPK 区够成产量的三要素,穗数,穗粒数,千粒重比无 K (NP)区增加 11.2 万穗·hm⁻²、3.8 粒、1.4 g;分别增长 1.6%、14.6%和 1.0%。比无 P(NK)区增加 3.3 万穗·hm⁻²、5.1 粒、1.3 g;分别增长 11.5%、4.9%和 3.4%。比无 N(PK)区增加 57 万穗·hm⁻²、6.6 粒、2.1 g;分别增长 2.7%、28.5%和 5.5%。常规施肥区中,NPK 区的穗数,穗粒数,千粒重,比无 K(NP)区穗数、穗粒数、千粒重增加 1.5 万穗·hm⁻²、4.5 粒和 -0.24 g,分别增长 3.6%、19.0%和 -0.6%。比无 P(NK)区穗数、穗粒数、千粒重分别增加 1.0 万穗·hm⁻²、5.2 粒和 0.6 g,分别增长 2.0%、22.6%和 1.6%。比无 N(PK)区穗数、穗粒数、千粒重分别增加 37.5 万穗·hm⁻²、6.1 粒和 0.3 g,增长 5.3%、27.6%和 0.8%(表 6)。

结果表明,配方施肥区的总茎数、穗粒数和千粒重极显著提高;除 NK 处理外,每公顷穗数也有一定增加;株高和穗长没有显著差异。NPK 区穗数、穗粒数、千粒重分别增长 2.3%、5.7%和 -0.4%。无 K 区穗数、穗粒数、千粒重分别增长 0.4%、9.7%和 -2.0%。无 P 区穗数、穗粒数、千粒重分别增长 0.4%、7.4%和 -2.2%。无 N 区穗数、穗粒数、千粒

重分别增长 1.9%、5.0%和 -4.8%。

2.4 不同处理的肥料利用效率评价

与常规施肥相比,配方施肥中 N、P、K 对籽粒产量的提高分别是 8.7%、1.4%、-5.3%,相应的肥料贡献率分别提高 4.6%、0.8%、-5.3%,土壤贡献率提高 -4.6 %、-0.8%、3.8%,农学效率提高 0.8、1.8、3.2 kg·kg⁻¹,肥料利用率分别提高 2.4%、2.2%、7.9%。

在常规施肥和配方施肥中,三种肥料的增产率和肥料效率表现相同的趋势,其中 N 素的平均增产率、肥料贡献率、肥料利用率、土壤贡献率和农学效率分别是 37.7%、27.3%、36.2%、72.7%和 12.1 kg·kg⁻¹;P 素的平均增产率、肥料贡献率、肥料利用率、土壤贡献率和农学效率分别是 27.4%、21.5%、23.0%、78.5%和 18.4 kg·kg⁻¹;K 素平均增产率、肥料贡献率、肥料利用率、土壤贡献率和农学效率分别是 17.7%、15%、39.1%、85%和 15.6 kg·kg⁻¹(表 7)。

3 结论与讨论

1) 当前在陇东旱塬瘠薄肥力区生产水平下,采用地膜覆盖栽培,测土配方施肥小麦的氮肥利用率为 37.4%,磷肥利用率为 24.1%,钾肥利用率为 43.0%。常规施肥小麦的氮肥利用率为 35.0%,磷肥利用率为 21.9%,钾肥利用率为 35.1%。配方施

表 6 肥料处理对经济性状的影响

Table 6 The effects of fertilizer on wheat economic traits

主处理 Main treatment	副处理 Deputy treatment	总茎数/(10 ⁴ ·hm ⁻²) Total number of stem	株高/cm Plant height	穗长/cm Ear length	穗数/(10 ⁴ ·hm ⁻²) Ears	穗粒数 Spike grain number	千粒重/g Grain weight
常规 Conventional	NK	1362c	88.7a	6.1b	747ab	23.0c	39.8b
	NP	1438b	89.7a	6.3a	735bc	23.7b	40.7a
	NPK	1492a	88.3a	6.2a	762a	28.2a	40.5a
	PK	1312d	86.3b	5.7c	723c	22.1d	40.1b
配方 Formula	NK	1422c	89.0a	6.1b	736.5bc	24.7c	38.9b
	NP	1545b	90.0a	6.3a	769.5ab	26.0b	39.9a
	NPK	1566a	90.3a	6.4a	786a	29.8a	40.3a
	PK	1375d	88.0b	5.9c	729c	23.2d	38.2b
主处理显著性 Significance between main treatment		* *	ns	ns	*	* *	* *

表 7 肥料效率评价

Table 7 The evaluation of fertilizer efficiency in different treat

主处理 Main treatment	肥料类型 Fertilizer types	肥料效率评价指标 Fertilizer efficiency evaluation index				
		增产率/% Increase rate of grain yield	肥料贡献率/% Fertilizer contribution	土壤贡献率/% Soil contribution	农学效率/(kg·kg ⁻¹) Agriculture Efficiency	肥料利用率/% Fertilizer use efficiency
常规 Conventional	N	33.3	25.0	75.0	11.7	35.0
	P	26.7	21.1	78.9	17.5	21.9
	K	20.3	16.9	83.1	14.0	35.1
配方 Formula	N	42.0	29.6	70.4	12.5	37.4
	P	28.1	21.9	78.1	19.3	24.1
	K	15.0	13.1	86.9	17.2	43.0

肥与常规施肥相比,具有显著的增产效果,能显著提高肥料利用率。配方施肥条件下,肥料在土壤的残留量和损失量低,大量的肥料残留和损失主要发生在不合理常规高施肥的条件下,因此,防止过量施肥是目前高产条件下化肥管理的核心问题^[6],试验结果表明,配方施肥比常规施肥小麦平均增产 537.8 kg·hm⁻²,增产 7.3%。肥料利用率提高 12.5%,其中氮肥利用率提高 2.4%,磷肥利用率提高 2.2%,钾肥利用率提高 7.9%。

2) 依据 NPK 施肥量,通过回归计算,得出施肥量与产量的回归方程:籽粒产量 = 2944.3 + 6.4N + 18.1P + 27.4K。因此当前施肥水平下,投入单位肥料的产出中,钾肥最高,氮肥最低。但是,当前肥料水平下,N 素的增产率、肥料贡献率、肥料利用率最高,相应的土壤贡献率和农学效率都最低;P 素的增产率、肥料贡献率、土壤贡献率中等,农学效率最高,而肥料利用率最低;K 素的增产率、肥料贡献率、农学效率最小,土壤贡献率和肥料利用效率最大。欧洲 KNS(kulturbegleitende Nmin – Sollwertesystem)肥料推荐

方法是建立在土壤无机氮(N_{min} = NH₄⁺ – N + NO₃⁻ – N)测定的基础上考虑了作物生长养分吸收^[7]。中国农业大学在我国北方旱地小麦上运用 N_{min}进行氮肥推荐获得初步成功^[8]。我国农田化肥用量增长迅速,一般随施氮量的增加,氮肥利用率显著下降,而氮肥的利用率和损失率和土壤残率有升高的趋势。巨晓棠研究冬小麦轮作体系中氮肥去向时发现在一季作物生长后仍有 20.9% ~ 48.4%肥料氮残留于 0 ~ 100 cm 土层,这些残留的肥料可以为后茬作物利用^[9],因此在制定配方施肥时,应综合考虑肥料的增产潜力和肥料利用效率,使肥料效益最大化。

3) 小麦测土配方施肥是根据作物需肥规律,土壤需肥性能与肥料增产效应,在有机肥为基础的前提下,提出氮、磷、钾肥料的适宜用量和比例以及相应施肥技术的施肥方法。在陇东旱塬瘠薄肥力区地膜栽培条件下,应大力推广配方施肥技术。每公顷施氮 187.5 kg、施磷 90 kg、施钾 60 kg 的施肥水平适合目前中高肥力地块小麦的生产实际,应大力推广。

(下转第 186 页)

通过对滴灌系统中各方向排沙量的统计发现,在四种滴灌系统中滴头出水的排沙量所占比重最大,均大于进入系统泥沙总量的 85%;回流滴灌系统中毛管回流输沙总量虽然只占总量的 10% 以下,但该部分泥沙输出可能是降低毛管内泥沙沉积量的主要原因;毛管中沉积泥沙量占进入系统泥沙总量比重最高仅为 3.86%,但上述泥沙沉积将导致毛管过水断面的减小,影响毛管内水流的正常流态,极大地增加了滴头堵塞的风险。

3 结 论

本文通过滴灌实验对支状及回流滴灌系统回流管出水中含沙量和毛管沉泥数量的分析结合回流滴灌系统相对传统支状滴灌系统在布水均匀性及抗堵塞性能方面的差异得出如下实验结论:

- 1) 回流滴灌系统克里斯琴森均匀系数高于支状滴灌系统且滴头堵塞数量少于支状系统,表明回流滴灌系统运行过程中具有良好的布水均匀性和抗堵塞能力;
- 2) 回流滴灌系统毛管沉积泥沙数量低于支状滴灌系统,并随流速的提高毛管内沉积泥沙质量逐渐减少,表明回流滴灌系统可以明显降低滴灌系统内泥沙沉积总量;
- 3) 回流滴灌系统回流管排沙量随回流速度的提高逐渐增加,而支状滴灌系统则不具有毛管排沙能力,表明回流滴灌系统的毛管相较于支状滴灌系统具有良好的回流排沙性能。

参 考 文 献:

[1] Nakayama F S, Bucks D A. Water quality in drip/trickle irrigation: a review[J]. Irrigation Science, 1991,12(4):187-192.

[2] 李云开,宋 鹏,周 博.再生水滴灌系统灌水器堵塞的微生物学机理及控制方法研究[J].农业工程学报,2013,29(15):98-

107.

[3] Pei Y, Li Y, Liu Y, et al. Eight emitters clogging characteristics and its suitability under on - site reclaimed water drip irrigation[J]. Irrigation Science, 2014,32(2):141-157.

[4] 孙步功,龚 俊,辛 舟,等.滴灌用黄河水泥沙分离试验研究[J].农业工程学报,2008,24(8):51-53.

[5] 牛文全,刘 璐.浑水泥沙粒径与含沙量对迷宫流道堵塞的影响[J].排灌机械工程学报,2011,29(6):547-552.

[6] Qingsong W, Gang L, Li W, et al. Experimental study on the multi-segment regime of the water flow in drip emitters[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2010,136(4):254-260.

[7] Qingsong W, Gang L, Jie L, et al. Evaluations of emitter clogging in drip irrigation by two-phase flow simulations and laboratory experiments[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008,63(2):294-303.

[8] 吴泽广,牛文全.泥沙级配对迷宫流道滴头堵塞及毛管内泥沙沉积的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(5):223-228.

[9] Zhang J, Zhao W, Tang Y, et al. Anti-clogging performance evaluation and parameterized design of emitters with labyrinth channels[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010,74(1):59-65.

[10] LI Y, YANG P, REN S, et al. Hydraulic characterizations of tortuous flow in path drip irrigation emitter[J]. Journal of Hydrodynamics, ser. B, 2006,18(4):449-457.

[11] 刘春景,唐敦兵,何 华,等.滴灌三角形迷宫滴头水力性能稳健性分析[J].农业机械学报,2013,44(1):15.

[12] Liu H, Huang G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent[J]. Agricultural Water Management, 2009,96(5):745-756.

[13] Puig - Bargaúes J, Lamm F R. Effect of flushing velocity and flushing duration on sediment transport in microirrigation driplines[J]. Transactions of The ASABE, 2013,56(5):1821-1828.

[14] Puig - Bargaúes J, Arbat G, Elbana M, et al. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents[J]. Agricultural Water Management, 2010,97(6):883-891.

[15] 吴泽广,张子卓,张珂萌,等.泥沙粒径与含沙量对迷宫流道滴头堵塞的影响[J].农业工程学报,2014,30(7):99-108.

[16] Duran - Ros M, Puig - Bargaúes J, Arbat G, et al. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents[J]. Agricultural Water Management, 2009,96(1):67-79.

(上接第 151 页)

致谢:本文承中国农业科学院作物科学研究所肖永贵博士、甘肃省农科院旱作所李兴茂研究员指导,谨谢。

参 考 文 献:

[1] 史聚宝,刘鹏忠.中麦 175 在甘肃东旱塬陇区的高产潜力分析[J].作物杂志,2015,(2):178-152.

[2] 付云章,聂龙兴,何晓滨,等.文山州旱地红壤辣椒的土壤养分丰缺及推荐施肥指标体系研究[J].中国农技推广,2015,(11):30-33.

[3] 张 静,程 园.浅析肥料中有机质含量测定及影响因素[J].中国农技推广,2015,(12):44-46.

[4] 郑 鑫.作物营养与施肥[J].作物营养与肥料学报,2006,12(4):473-478.

[5] 李建军.作物配方施肥技术手册[M].北京:科技文化出版社,2006:713.

[6] 何传龙.春甘蓝 - 玉米 - 冬甘蓝轮作制下氮肥施用量研究[J].中国农业科学,2007,40(11):2527-2534.

[7] 廖晓勇.农田生态系统中土壤氮素行为的研究现状与展望[J].西南农业学报,2001,14(3):94-98.

[8] 巨晓棠.北京郊区冬小麦/夏玉米轮作体系中氮肥去向研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):264-270.

[9] 张俊民.论砂姜黑土的生产潜力和综合治理[C]//张俊民.砂姜黑土综合治理研究.合肥:安徽科技出版社,1988:2-11.