

旱地小麦全膜覆土穴播技术肥料效应研究

郭振斌¹, 刘广才², 李诚德², 高应平³

(1. 永登县农业技术推广中心, 甘肃 永登 730300; 2. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020;

3. 庄浪县农业技术推广中心, 甘肃 庄浪 744600)

摘要: 采用多点田间小区试验研究了不同旱作区小麦全膜覆土穴播技术的肥料效益。结果表明, 全膜覆土穴播技术能显著提高小麦肥料利用率和肥料利用效率。全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾肥利用率最高分别为 44.3%、24.7%、37.9%, 平均分别为 38.7%、21.0%、29.1%, 较露地条播分别增加 8.6、5.1、6.6 个百分点; 全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾肥料利用效率最高分别为 14.8、25.0、13.1 kg·kg⁻¹, 平均分别为 12.9、21.2、12.3 kg·kg⁻¹, 较露地条播分别增长 29.0%、31.7%、23.0%。全膜覆土穴播技术能增强小麦对土壤养分的吸收利用能力, 显著提高缺素区小麦的相对产量, 从而降低氮、磷、钾施肥依从度。全膜覆土穴播小麦缺氮、缺磷、缺钾区相对产量最高分别为 60.0%、54.7%、89.7%, 平均为 58.7%、52.7%、88.8%, 较露地条播分别增加 3.7、3.9、2.7 个百分点; 全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾施肥依从度最高分别为 42.6%、49.5%、11.9%, 平均为 41.3%、47.3%、11.2%, 较露地条播分别减少 3.7、3.9、2.7 个百分点。

关键词: 旱地小麦; 全膜覆土; 穴播; 肥料效应

中图分类号: S512.1; S158.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)04-0163-06

Fertilizer effects of whole plastic-film mulching combined with soil overlying and bunch planting of dry-land wheat

GUO Zhen-bin¹, LIU Guang-cai², LI Cheng-de², GAO Ying-ping³

(1. Yongdeng Agro-technical Extension Center of Gansu, Yongdeng, Gansu 730300, China;

2. Gansu Agro-technology Extension Station, Lanzhou 730020, China;

3. Zhuanglang Agro-technical Extension Center of Gansu, Zhuanglang, Gansu 744600, China)

Abstract: Field plot experiments were employed to investigate fertilizer effects of the technique of whole plastic-film mulching combined with soil overlying and bunch planting of dry-land wheat. The results showed that, compared with no-mulching cultivation (CK), whole plastic-film mulching combined with soil overlying and bunch planting (WFM) increased fertilizer use rate and efficiency remarkably. Under the treatment of WFM, the highest use rate of N, P and K fertilizer was 44.3%, 24.7% and 37.9% respectively, and the average use rate was 38.7%, 21.0% and 29.1% respectively, being 8.6%, 5.1% and 6.6% higher compared with CK. Under the treatment of WFM, the highest use efficiency of N, P and K fertilizer was 14.8, 25.0 kg·kg⁻¹ and 13.1 kg·kg⁻¹ respectively, and the average use efficiency was 12.9, 21.2 kg·kg⁻¹ and 12.3 kg·kg⁻¹ respectively, being 29.0%, 31.7% and 23.0% higher compared with CK. The technique of WFM could improve the absorbing ability of wheat to soil nutrients and increase the relative-yield remarkably in nutritional deficiency zone, thus reducing the fertilization adherence of wheat. Under the treatment of WFM, the highest relative-yield of wheat in N, P and K deficiency zone was 60.0%, 54.7% and 89.7% respectively, and the average relative-yield was 58.0%, 52.7% and 88.8% respectively, being 3.0%, 3.9% and 2.7% higher compared with CK. Under the treatment of WFM, the highest adherence degree of wheat to N, P and K fertilizer was 42.6%, 49.5% and 11.9% respectively, and the average adherence degree was 41.3%, 47.3% and 11.2% respectively, being 3.0%, 3.9% and 2.7% higher compared with CK.

收稿日期: 2013-09-22

基金项目: “旱地全膜覆土穴播免耕多茬种植技术研究与示范”项目(甘农科技[2007]05 号); “旱地小麦全膜覆土穴播免耕多茬种植集成技术研究与示范推广”项目(2011GB2G100005, 1105NCNA096)

作者简介: 郭振斌(1960—), 男, 甘肃永登人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。E-mail: guotianmei@126.com。

通信作者: 刘广才(1966—), 男, 推广研究员, 博士, 主要从事旱作农业技术的研究与推广工作。E-mail: lgc633@163.com。

Keywords: dry-land wheat; whole plastic-film mulching combined with soil overlying; bunch planting; fertilizer effect

在中国,小麦是仅次于水稻的第二大粮食作物,小麦产量的高低对国家粮食安全和社会经济发展及人民生活水平提高都具有极其重要的作用^[1]。小麦是甘肃第一大粮食作物,也是群众的主要口粮^[2]。近年来,由于种植业结构调整,加之小麦种植效益较低,小麦面积持续下降,导致省内小麦供需矛盾突出^[2]。在种植面积不能增加的情况下,提高单产将是小麦总产增加面临的核心问题^[2]。全膜覆土穴播技术是我国旱作农业又一重大创新技术,是旱地小麦栽培的又一场革命。该技术集成覆盖抑蒸、膜面播种穴集雨、留膜免耕多茬种植等技术于一体,能够有效解决旱地小麦等密植作物生长期缺水 and 产量低而不稳的问题,集雨保墒、增温效果显著^[3],可使旱地小麦平均产量达到 4 500 kg·hm⁻²以上,平均较露地条播小麦增产 1 500 kg·hm⁻²以上,增产幅度达到 40%以上^[3-7],适用于年降水量 300~600 mm 地区的小麦、胡麻、谷子、青稞、莜麦等旱地密植作物^[2-3]。目前,机引旋耕覆膜覆土机、覆膜覆土播种机、覆膜覆土施肥播种机等系列配套农机具已经研发成功,可以实现整地、施肥、镇压、铺膜、覆土、穴播等多个技术环节的一次完成,有效解决了小麦全膜覆土穴播技术中的机械化作业问题,提高了作业效率和作业质量,甘肃省全膜覆土穴播小麦推广面积已经达到 13.3 万公顷。为了探讨土壤水热改善情况下全膜覆土穴播小麦肥料利用和土壤养分吸收的机理,2011—2012 年连续 2 年围绕全膜覆土穴播小麦肥料高效利用等核心问题,开展了大量的试验研究与探索,以期旱地小麦全膜覆土穴播技术大面积推广提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概况及供试土壤

2011—2012 年试验设在甘肃省中东部旱作农业区具有代表性的永登县连城镇、庄浪县南坪乡、张家川梁山乡,分别代表 350 mm、450 mm、550 mm 3 个降雨区域,开展了不同栽培模式小麦肥料效应试验研究。3 个试验区概况分别为:海拔 1 940、1 520、1 415 m,无霜期 138、149、166 d,年平均气温 6.7℃、8.0℃、8.2℃,日照时数 3 288、2 986、2 690 h,≥10℃的有效积温为 2 156℃、2 775℃、3 116℃,年太阳辐射总量 161、135.8、119 kJ·cm⁻²;年降雨量 356、461、546 mm,而年蒸发量为 2 116、1 865、1 632 mm,是降雨量的 3

~5 倍;供试土壤为灰钙土、黄绵土、黑垆土,地类为旱川、旱梯田,前茬均为小麦,耕层土壤 pH 值 8.4、8.2、7.9,有机质含量 10.4、12.6、13.0 g·kg⁻¹,全氮 0.65、0.71、0.86 g·kg⁻¹,碱解氮 36.8、44.2、49.0 mg·kg⁻¹,有效磷 14.9、19.6、23.5 mg·kg⁻¹,速效钾 128.1、139.5、142.0 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

采用栽培模式与施肥水平二因素随机区组设计,共设两种栽培方式,即全膜覆土穴播(M₁)、露地条播(M₀);五个施肥水平:N₀P₀K₀、N₀P₁K₁、N₁P₀K₁、N₁P₁K₀、N₁P₁K₁(N₀、P₀、K₀ 分别表示不施氮、磷、钾肥,N₁、P₁、K₁ 分别表示按标准用量施用氮、磷、钾肥),包括 M₁N₀P₀K₀、M₁N₀P₁K₁、M₁N₁P₀K₁、M₁N₁P₁K₀、M₁N₁P₁K₁、M₀N₀P₀K₀、M₀N₀P₁K₁、M₀N₁P₀K₁、M₀N₁P₁K₀、M₀N₁P₁K₁ 共 10 个处理(见表 1)。施肥量:施 N 量年降雨量 350 mm 的旱作区为 120.0 kg·hm⁻²、年降雨量 450 mm 的旱作区为 150.0 kg·hm⁻²、年降雨量 550 mm 的旱作区为 180.0 kg·hm⁻²,N:P₂O₅:K₂O=1:0.7:0.3。小区面积为 4.8 m×8 m=38.4 m²,四次重复(一个重复作为取样区),随机区组排列。

全膜覆土穴播首先用 1.2 m 的地膜全地面平铺(不开沟压膜,下一幅膜与前一幅膜紧靠对接,膜与膜之间不留空隙、不重叠),上面均匀撒一层 0.5~1.0 cm 的土(在膜侧就地取土,取土时不要挖坑,边取边利用耙耧器整平),然后用手推小麦穴播机播种,播种深度 3~5 cm,行距 16 cm,穴距 12 cm,每穴 8~12 粒(永登 9 粒,通渭 10 粒,庄浪 11 粒),播种量为 460~570 万粒·hm⁻²。露地条播(CK),行距 16 cm,播种量为 460~570 万粒·hm⁻²。供试冬小麦品种为适宜当地栽培的抗旱抗倒伏品种,为京农 411、兰天 21、兰天 26。露地条播冬小麦按当地适应期播种,全膜覆土穴播冬小麦较露地条播推迟 5~7 d 播种。肥料为过磷酸钙、二胺及尿素,全部磷肥及氮肥按小区称量于播前混合均匀撒在地表,一次深耕翻入地下做底肥。

1.3 测定项目及数据分析

1.3.1 肥料利用率与缺肥区相对产量计算公式

肥料利用率(%)=(完全施肥区作物吸收养分量-缺素区作物吸收养分量)/肥料施用量×100%=[(完全施肥区产量-缺素区产量)/100×100kg 产量所需养分数量]/肥料施用量×100%。N、P、K 缺素区产量分别为 N₀P₁K₁、N₁P₀K₁、N₁P₁K₀ 处理的产

量,完全施肥区产量为 $N_1P_1K_1$ 处理的产量。每 100 kg 小麦籽粒吸收氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)的量按 3.00、0.99、2.90 kg^[7] 计算。按露地条播、全膜覆土穴播分别计算 N、P、K 肥料利用率。

缺素区相对产量(%) = 缺素区产量/完全施肥区产量 × 100%。
施肥依从度(%) = 100% - 缺素区相对产量(%)。

表 1 不同区域不同栽培模式小麦肥料效应试验处理

Table 1 Treatments of fertilizer effect experiment of wheat under different planting modes

处理编号 Code of treatment	栽培方式 Planting mode	施肥水平 Fertilizing level			
		N /(kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	K ₂ O /(kg·hm ⁻²)	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
1	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	0	0	0	1:0.7:0.3
2	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	0	84 ~ 126	36 ~ 54	
3	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	120 ~ 180	0	36 ~ 54	
4	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	120 ~ 180	84 ~ 126	0	
5	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	120 ~ 180	84 ~ 126	36 ~ 54	
6	露地条播 No mulching	0	0	0	
7	露地条播 No mulching	0	84 ~ 126	36 ~ 54	
8	露地条播 No mulching	120 ~ 180	0	36 ~ 54	
9	露地条播 No mulching	120 ~ 180	84 ~ 126	0	
10	露地条播 No mulching	120 ~ 180	84 ~ 126	36 ~ 54	

1.3.2 肥料利用效率计算 肥料利用效率(kg·kg⁻¹) = (完全施肥区产量 - 缺素区产量)/施肥量,即农学效率。

1.3.3 产量测定 按小区收获,单收单打,测定生物产量和籽粒产量。

1.3.4 考种 成熟期每小区取 10 株考种。测定株高、分蘖数、单株有效分蘖数、单株穗粒数、单株穗粒重;亩穗数、穗粒数、经济系数、千粒重、容重。

1.3.5 统计分析 对肥料施用量试验数据进行回归分析,对肥料利用率试验数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 全膜覆土穴播模式小麦的氮、磷、钾肥料利用率

试验研究得出,全膜覆土穴播小麦氮肥利用率最高为 44.3%,平均为 38.7%,较露地条播增加 8.6 个百分点,增长 28.6%;小麦磷肥利用率最高为 24.7%,平均为 21.0%,较露地条播增加 5.1 个百分点,增长 32.1%;小麦钾肥利用率最高为 37.9%,平均为 35.7%,较露地条播增加 6.6 个百分点,增长 22.7%(表 2)。三个试验点结果表明,全膜覆土穴播技术较露地条播均能显著提高小麦氮、磷、钾肥料利用率。小麦氮、磷、钾肥料利用率均增加 20% 以上,特别是磷肥利用率增幅最高。这是由于小麦全膜覆土穴播技术保墒效果好,土壤水分含量高、增温

效果明显,使得小麦地上部植株生长旺盛、地下部根系发达,对土壤养分吸收量增加、肥料利用率显著提高。

从不同降水区域研究结果看,随降雨量减少,全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾肥料利用率增加,这一趋势与全膜覆土穴播技术降水利用率一致^[4]。三个试验点年降雨量从 550 mm 降至 350 mm,氮肥利用率平均增加 10.5 个百分点,磷肥利用率增加 6.6 个百分点,钾肥利用率增加 4.4 个百分点。说明降雨量越少,全膜覆土穴播小麦对土壤养分吸收效果更显著,肥料利用率更高。

2.2 全膜覆土穴播模式小麦的氮、磷、钾肥料利用效率

试验研究表明,全膜覆土穴播小麦氮肥利用效率最高为 14.8 kg·kg⁻¹,平均为 12.9 kg·kg⁻¹,较露地条播增加 2.9 kg·kg⁻¹,增长 29.0%;小麦磷肥利用效率最高为 25.0 kg·kg⁻¹,平均为 21.2 kg·kg⁻¹,较露地条播增加 5.1 kg·kg⁻¹,增长 31.7%;小麦钾肥利用效率最高为 13.1 kg·kg⁻¹,平均为 12.3 kg·kg⁻¹,较露地条播增加 2.3 kg·kg⁻¹,增长 23.0%(表 3)。三个试验点试验结果表明,全膜覆土穴播技术能显著提高小麦氮、磷、钾肥料利用效率即农学效率,肥料利用效率增长率平均在 20% ~ 30%,特别是磷肥利用效率增幅最高。这是由于全膜覆土穴播小麦土壤水热条件好,促进了土壤养分的吸收,使得单位施肥量的增产量较露地条播小麦显著增加。

同时,由于磷肥移动性差,全膜覆土穴播小麦土壤水分含量高、增温效果明显,使得小麦地上部植株生长旺盛、地下部根系发达,促进了磷肥利用效率的显著提高。

表 2 不同区域不同栽培模式小麦肥料利用率

Table 2 Fertilizer use rate of wheat under different planting modes in different experiment spots

试验点 Experiment spot	栽培模式 Planting mode	施肥量 Rate of fertilizer application /(kg·hm ⁻²)			经济产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)				肥料利用率 Fertilizer use rate /%		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₁ P ₁ K ₁	N ₀ P ₁ K ₁	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₁ K ₀	N	P	K
永登连城 Liancheng, Yongdeng County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	120.0	84.0	36.0	3961.5	2188.5	1864.5	3490.5	44.3	24.7	37.9
	露地条播 No mulching	120.0	84.0	36.0	2956.5	1623.0	1497.0	2556.0	33.3	17.2	32.3
庄浪南坪 Nanping, Zhuanglang County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	150.0	105.0	45.0	4573.5	2679.5	2420.3	4022.5	37.9	20.3	35.5
	露地条播 No mulching	150.0	105.0	45.0	3234.0	1753.5	1545.0	2782.5	29.6	15.9	29.1
张家川梁山 Liangshan, Zhangjiachuan County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	180.0	126.0	54.0	5074.5	3046.5	2776.5	4450.5	33.8	18.1	33.5
	露地条播 No mulching	180.0	126.0	54.0	3717.0	2080.5	1863.0	3232.5	27.3	14.6	26.0
平均 Average	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	150.0	105.0	45.0	4536.5	2638.2	2353.8	3987.8	38.7	21.0	35.7
	露地条播 No mulching	150.0	105.0	45.0	3302.5	1819.0	1635.0	2857.0	30.1	15.9	29.1

表 3 不同区域不同栽培模式小麦肥料利用效率

Table 3 Fertilizer use efficiency of wheat under different planting modes in different experiment spots

试验点 Experiment spot	栽培模式 Planting mode	施肥量 Rate of fertilizer application /(kg·hm ⁻²)			经济产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)				肥料利用效率 Fertilizer use efficiency /(kg·kg ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₁ P ₁ K ₁	N ₀ P ₁ K ₁	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₁ K ₀	N	P	K
永登连城 Liancheng, Yongdeng County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	120.0	84.0	36.0	3961.5	2188.5	1864.5	3490.5	14.8	25.0	13.1
	露地条播 No mulching	120.0	84.0	36.0	2956.5	1623.0	1497.0	2556.0	11.1	17.4	11.1
庄浪南坪 Nanping, Zhuanglang County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	150.0	105.0	45.0	4573.5	2679.5	2420.3	4022.5	12.6	20.5	12.2
	露地条播 No mulching	150.0	105.0	45.0	3234.0	1753.5	1545.0	2782.5	9.9	16.1	10.0
张家川梁山 Liangshan, Zhangjiachuan County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	180.0	126.0	54.0	5074.5	3046.5	2776.5	4450.5	11.3	18.2	11.6
	露地条播 No mulching	180.0	126.0	54.0	3717.0	2080.5	1863.0	3232.5	9.1	14.7	9.0
平均 Average	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	150.0	105.0	45.0	4536.5	2638.2	2353.8	3987.8	12.9	21.2	12.3
	露地条播 No mulching	150.0	105.0	45.0	3302.5	1819.0	1635.0	2857.0	10.0	16.1	10.0

研究表明,随降雨量减少,全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾肥料利用效率增加,这一结果与全膜覆土穴播技术的降水利用效率的趋势是一致的^[4]。三个试验点年降雨量从 550 mm 降至 350 mm,氮肥利用效率平均增加 3.5 kg·kg⁻¹,磷肥利用效率增加 6.8 kg·kg⁻¹,钾肥利用效率增加 1.5 kg·kg⁻¹。说明在降雨量较少情况下,全膜覆土穴播小麦对土壤养分吸收效果更显著,单位施肥量增产量更高,氮、磷、钾

肥料利用效率更高。

2.3 全膜覆土穴播模式小麦缺素区相对产量分析

缺素区相对产量是反映土壤本身养分供给能力大小的重要指标。研究三个试验点得出,全膜覆土穴播小麦缺氮区相对产量最高为 60.0%,平均为 58.0%,较露地条播增加 3.0 个百分点,增长 5.5%;缺磷区相对产量最高为 54.7%,平均为 52.7%,较露地条播增加 3.9 个百分点,增长 8.0%;缺钾区相对产量最高为 89.7%,平均为 88.8%,较露地条播

增加 2.7 个百分点,增长 3.1%(表 4)。结果表明,全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾缺素区相对产量明显高于露地条播小麦。这是由于小麦全膜覆土穴播技术水热条件好,土壤水分含量高、增温效果明显,显著促进了小麦生长发育,使得小麦地下部根系发达,根系数量和根长均显著增加,从而土壤养分的吸收量显著提高,提高了土壤养分的吸收利用能力,显著增加了氮、磷、钾缺素区小麦的相对产量。

表 4 不同区域不同栽培模式小麦缺素区相对产量及施肥依从度分析

Table 4 Relative yield and fertilization adherence of wheat under different planting modes in different experiment spots												
试验点 Experiment spot	栽培模式 Planting mode	经济产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)				相对产量 Relative yield /%			施肥依从度 Fertilization adherence/%			
		N ₁ P ₁ K ₁	N ₀ P ₁ K ₁	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₁ K ₀	N ₀ P ₁ K ₁	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₁ K ₀	N ₀ P ₁ K ₁	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₁ K ₀	
永登连城 Liancheng, Yongdeng County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	3961.5	2188.5	1864.5	3490.5	55.2	50.5	88.1	44.8	49.5	11.9	
	露地条播 No mulching	2956.5	1623.0	1497.0	2556.0	54.9	48.6	85.5	45.1	51.4	14.5	
庄浪南坪 Nanping, Zhuanglang County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	4573.5	2679.5	2420.3	4022.5	58.6	52.9	88.6	41.4	47.1	11.4	
	露地条播 No mulching	3234.0	1753.5	1545.0	2782.5	54.2	47.8	86.0	45.8	52.2	14.0	
张家川梁山 Liangshan, Zhangjiachuan County	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	5074.5	3046.5	2776.5	4450.5	60.0	54.7	89.7	40.0	45.3	10.3	
	露地条播 No mulching	3717.0	2080.5	1863.0	3232.5	56.0	50.1	87.0	44.0	49.9	13.0	
平均 Average	全膜覆土穴播 Whole mulching with soil overlying	4536.5	2638.2	2353.8	3987.8	58.0	52.7	88.8	42.0	47.3	11.2	
	露地条播 No mulching	3302.5	1819.0	1635.0	2857.0	55.0	48.8	86.1	45.0	51.2	13.9	

从不同降水区域小麦氮、磷、钾缺素区相对产量结果看,均表现为全膜覆土穴播小麦 > 露地条播小麦。同时,全膜覆土穴播小麦、露地条播小麦均表现为:缺磷区相对产量 < 缺氮区相对产量 < 缺钾区相对产量,特别是缺钾区相对产量无论全膜覆土穴播小麦还是露地条播均在 85% 以上。表明试验区域缺磷、少氮、钾较富裕,磷、氮养分是限制小麦生产的最主要因子。

2.4 全膜覆土穴播模式小麦施肥依从度分析

施肥依从度是指相对于缺素区的施肥区相对产量,反应了作物对某种肥料的依赖程度,是衡量施肥对产量贡献大小的重要指标。研究三个试验点得出,全膜覆土穴播小麦氮肥依从度最高为 44.8%,平均为 42.0%,较露地条播减少 3.0 个百分点,降低 6.7%;磷肥依从度最高为 49.5%,平均为 47.3%,较露地条播减少 3.9 个百分点,降低 7.6%;钾肥依从度最高为 11.9%,平均为 11.2%,较露地条播减

少 2.7 个百分点,降低 19.4%(表 4)。结果表明,全膜覆土穴播小麦氮、磷、钾施肥依从度明显低于露地条播。这是由于小麦全膜覆土穴播技术水热条件好,水肥耦合效应促进了小麦对土壤本身养分的吸收利用,相对减少了小麦对施肥的依赖程度。

从不同降水区域氮、磷、钾施肥依从度结果看,均表现为全膜覆土穴播小麦 < 露地条播小麦。同时,全膜覆土穴播小麦、露地条播小麦均表现为:钾肥依从度 < 氮肥依从度 < 磷肥依从度,这与小麦氮、磷、钾缺素区相对产量结果是相反的。表明,小麦对磷肥、氮肥的依赖程度高,生产上应把重施、施足磷、氮肥料作为提高小麦产量的重要措施。

3 讨 论

关于小麦土壤肥料效应已有大量研究,侯占领等^[8]研究了河南省高肥力土壤小麦肥料效应,结果也得出,氮肥利用率随施肥水平的提高而降低,当施

N 水平为 $105.0 \sim 420.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 则氮肥利用率为 $55.9\% \sim 22.7\%$ 。刘广才^[9]利用盆栽试验在栗钙土不同含水量情况下研究发现, 当土壤含水量保持在田间持水量的 50%、60%、70%、89% 情况下, 氮肥利用率分别为 40.1%、48.8%、53.9%、59.6%, 磷肥利用率分别为 14.0%、16.3%、18.1%、23.2%。说明相同施肥水平下增加土壤含水量, 能提高小麦对氮、磷、钾肥料的利用率, 对磷肥利用率的提高比氮肥更明显。刘广才^[10]在安定区黑垆土春小麦上研究了不同肥料品种的肥料利用率, 结果表明, 施用普通磷酸钙 + 尿素, 氮肥利用率为 39.8%、磷肥利用率为 16.1%; 施用磷酸一铵 + 尿素, 氮肥利用率为 42.6%、磷肥利用率为 16.6%; 施用磷酸二铵 + 尿素, 氮肥利用率为 44.4%、磷肥利用率为 17.1%。说明不同肥料其利用率不同, 在等量氮、磷养分下, 氮、磷肥料利用率表现为磷酸二铵 + 尿素 > 磷酸一铵 + 尿素 > 普通磷酸钙 + 尿素。

但关于全膜覆土穴播小麦土壤肥料效应研究较少。袁伟等^[11]研究了陇东旱塬区黑垆土全膜覆土穴播冬小麦肥料效益, 结果得出, 氮、磷、钾肥料利用率均随施肥水平的提高而逐渐降低, 其中氮肥利用率为 17.6% ~ 33.6%, 磷肥利用率为 13.6% ~ 30.8%, 钾肥利用率为 11.3% ~ 31.3%。张平良等^[12]研究了定西市安定区半干旱区全膜覆土穴播小麦高产施肥技术, 结果得出, 全膜覆土穴播小麦最高产量施肥量为 N $180.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 P_2O_5 $180.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 K_2O $90.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。许婷等^[13]研究了不同肥料处理下全膜覆土穴播小麦的养分累积规律, 结果表明, 全膜覆土穴播各施肥处理小麦产量与其 N、P、K 养分吸收量均高于露地种植; 成熟期, 全膜覆土穴播配方施肥处理小麦植株吸氮、磷、钾量比露地穴播小麦分别增加 48.3%、39.7%、53.3%。说明全膜覆土穴播种植抑蒸保墒作用有效提高了小麦肥料的利用率。本研究在不同降水区域试验研究得出, 全膜覆土穴播小麦氮肥利用率平均为 38.7%, 较露地条播增加 8.6 个百分点; 磷肥利用率平均为 21.0%, 较露地条播增加 5.1 个百分点; 钾肥利用率平均为 35.7%, 较露地条播增加 6.6 个百分点。本研究还得出, 全膜覆土穴播小麦氮肥利用效率平均为 $12.9 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $2.9 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 29.0%; 磷肥利用效率平均为 $21.2 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $5.1 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 31.7%; 钾肥利用效率平均为 $12.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $2.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 23.0%。表明, 全膜覆土穴播技术大幅度提高了旱

地小麦肥料利用率和肥料利用效率, 在旱地小麦肥料高效利用关键技术方面取得重大突破。

4 结 论

1) 全膜覆土穴播技术增温、保墒效果好, 能有效促进小麦生长发育, 显著提高小麦氮、磷、钾肥料利用率。全膜覆土穴播小麦氮肥利用率最高为 44.3%, 平均为 38.7%, 较露地条播增加 8.6 个百分点; 磷肥利用率最高为 24.7%, 平均为 21.0%, 较露地条播增加 5.1 个百分点; 钾肥利用率最高为 37.9%, 平均为 35.7%, 较露地条播增加 6.6 个百分点。

2) 全膜覆土穴播技术改善了土壤水热条件, 能显著提高小麦氮、磷、钾肥料利用效率。全膜覆土穴播小麦氮肥利用效率最高为 $14.8 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $12.9 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $2.9 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 29.0%; 磷肥利用效率最高为 $25.0 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $21.2 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $5.1 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 31.7%; 钾肥利用效率最高为 $13.1 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $12.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较露地条播增加 $2.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增长 23.0%。

3) 全膜覆土穴播技术能增强小麦对土壤养分的吸收利用能力, 显著提高氮、磷、钾缺乏区小麦相对产量。全膜覆土穴播小麦缺氮区相对产量最高为 60.0%, 平均为 58.0%, 较露地条播增加 3.0 个百分点; 缺磷区相对产量最高为 54.7%, 平均为 52.7%, 较露地条播增加 3.9 个百分点; 缺钾区相对产量最高为 89.7%, 平均为 88.8%, 较露地条播增加 2.7 个百分点。

4) 全膜覆土穴播技术的水肥耦合效应促进了小麦对土壤本身养分的吸收利用, 相对减少了小麦对施肥的依赖程度, 从而降低了氮、磷、钾施肥依从度。全膜覆土穴播小麦氮肥依从度最高为 44.8%, 平均为 42.0%, 较露地条播减少 3.0 个百分点; 磷肥依从度最高为 49.5%, 平均为 47.3%, 较露地条播减少 3.9 个百分点; 钾肥依从度最高为 11.9%, 平均为 11.2%, 较露地条播减少 2.7 个百分点。

参 考 文 献:

- [1] 崔金梅, 郭天财, 朱云集, 等. 小麦的穗[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 290-301.
- [2] 李 福, 李城德, 刘广才, 等. 甘肃发展旱地全膜覆土穴播技术的重要意义[J]. 农业科技与信息, 2010, (23): 3-4, 27.

以上 4 年个例不仅体现底墒及透雨的重要作用,也体现同期累计降水对土壤墒情的影响。底墒是具有预测意义的因子,与第二年土壤湿度相关关系显著,对土壤湿度的影响时间长、层次深,主要影响期以春播期前期为主,后期由于影响因子增多、关系复杂而导致相关关系下降,底墒是辽西地区干旱的主要持续性影响因子;透雨具有短期缓解旱情的作用,虽然与土壤湿度关系并不十分显著,但对某旬的土壤墒情有缓解作用,主要影响期以春播期中后期为主,并不能长时间影响土壤湿度,且与透雨强度(降水量)有关,是干旱的短期影响因子;累计降水多少直接影响春播期后期土壤墒情的长期变化,对土壤墒情具有气候背景作用,是干旱的背景性影响因子。

3 结论与讨论

利用辽西地区春播期的土壤湿度及气象要素资料进行分析,得到以下主要结论:

- 1) 辽西地区近 30 年春旱频率有增加的趋势,降水与土壤湿度时间序列的年际、年代际变化并不完全一致,同期降水不是影响土壤湿度的唯一因子。
- 2) 辽西春播期(4、5 月)土壤湿度主要与前秋降水、底墒存在显著正相关关系,且与底墒关系更为显著;5 月土壤湿度与同期气温存在负相关关系,与同期降水存在正相关关系。
- 3) 辽西地区的干旱程度与前秋降水和底墒关系最为显著,原因是由于北方特有的封冻雨,秋季降水储存在土壤里,随着冬季到来,气温下降,水分封

冻在土壤里,当第二年春季到来,随着气温升高,解冻返浆,土壤变得湿润。底墒则体现了封冻雨的多少,直接影响第二年的土壤干旱程度。

4) 个例分析表明,底墒是具有预测意义的因子,是辽西春播期干旱的主要持续性影响因子,透雨具有短期缓解旱情的作用,是短期影响因子;累积降水对土壤墒情具有很大的气候背景作用,是背景性影响因子。

参 考 文 献:

[1] 薛 炯,王 涛,吴 薇,等.中国北方农牧交错区沙漠化发展过程及其成因分析[J].中国沙漠,2005,25(3):320-328.

[2] 郭绍礼.辽西河流域沙漠化土地的形成和演变[J].自然资源,1980,(4):67-72.

[3] 朱震达.试论中国北方农牧交错地区沙漠化土地整治的可能性和现实性[J].地理科学,1984,4(3):179-206.

[4] 薛 炯,王 涛.从系统论角度看沙漠化与可持续发展问题[J].中国沙漠,2000,20(4):404-408.

[5] 乌云娜,裴 浩,白美兰.内蒙古土地沙漠化与气候变化和人类活动[J].中国沙漠,2002,22(3):292-297.

[6] 郭维栋,马柱国,姚永红.近 50 年中国北方土壤湿度的区域演变特征[J].地理学报,2003,58(增刊):83-90.

[7] 马柱国,魏和林,符淙斌.中国东部区域土壤湿度的变化及其与气候变率的关系[J].气象学报,2000,58(3):278-287.

[8] 左志燕,张人禾.中国东部春季土壤湿度的时空变化特征[J].中国科学 D 辑:地球科学,2008,38(11):1428-1437.

[9] 李 琛,沈新勇,李伟平.东北地区土壤湿度的诊断分析[J].安徽农业科学,2010,38(9):4696-4700.

[10] 李 辑,龚 强.东北地区夏季气温变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(1):6-10.

[11] 阎 琦,吕晓丹,朱 宇,等.1951—2005 年鞍山气候变化特征分析[J].气象与环境学报,2007,23(6):15-19.

(上接第 168 页)

[3] 李 福,刘广才.甘肃省小麦全膜覆土穴播技术的增产效果[J].农业科技与信息,2011,(23):3-4.

[4] 李 福,刘广才,李城德,等.旱地小麦全膜覆土穴播技术的土壤水分效应[J].干旱地区农业研究,2013,31(4):73-78,98.

[5] 何春雨,周祥椿,杜久元,等.全膜覆土免耕穴播栽培技术对冬小麦产量效应的研究[J].农业现代化研究,2010,31(6):746-749.

[6] 侯慧芝,吕军峰,张绪成,等.陇中半干旱区全膜覆土穴播小麦的土壤水分及产量效应[J].作物杂志,2010,(1):21-25.

[7] 刘晓伟,何宝林,康恩祥,等.播种方式对旱区冬小麦产量及土壤水分、土壤温度的影响[J].作物杂志,2011,(5):77-81.

[8] 侯占领,牛银霞.许昌市高肥力土壤小麦肥效试验研究[J].中国农技推广,2011,27(11):33-35.

[9] 刘广才.土壤水分含量与春小麦营养关系的研究[J].甘肃农业科技,1994,(2):25-27.

[10] 刘广才.磷酸一铵肥效试验研究[J].甘肃农业科技,1995,(专辑):121-122.

[11] 袁 伟,薛福元.泾川县旱塬区全膜覆土穴播冬小麦“3414”施肥试验[J].甘肃农业科技,2013,(2):27-29.

[12] 张平良,郭天文,侯慧芝,等.半干旱区全膜覆土穴播小麦高产施肥技术研究[J].作物杂志,2011,(6):99-101.

[13] 许 婷,张平良,郭天文,等.全膜覆土穴播小麦养分积累规律及其水分利用效率研究[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):22-27.