

doi:10.3969/j.issn.1674-8530.18.1068



保水剂与氮磷肥配施对雨养玉米生长的影响



王瑜

王瑜¹, 魏琛琛¹, 杨培岭^{1*}, 廖人宽², 魏榕¹, 杨凤茹¹

(1. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048)

摘要: 在旱地农业中,为了能够实现增产的同时提高水肥利用效率以及缓解面源污染,以夏玉米为研究对象,采用正交试验设计,研究土壤保水剂(SAP)与氮磷肥配施下大田不同深度土壤的肥力水平及玉米生长和养分利用效率,探寻产量最优的保水剂与氮磷肥配施应用模式.结果表明:3种因素对不同深度土壤的肥力水平及玉米生长和养分利用效率的影响效应不一致,SAP主要影响土壤水氮和作物养分,氮磷肥主要影响土壤养分和作物生物量;在本试验条件下,当SAP 45 kg/hm²和氮肥 120 kg/hm²配施再结合钾肥 120 kg/hm²时,获得最大玉米产量 1.27 kg/m²,相较于未施加SAP和氮磷钾肥的对照组,产量可以提高8%,同时达到最大氮肥偏生产力 105.83 kg/kg.

关键词: 保水剂;氮磷肥配施;土壤肥力水平;玉米产量;养分利用效率

中图分类号: S143;S154.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2018)09-0903-06

王瑜, 魏琛琛, 杨培岭, 等. 保水剂与氮磷肥配施对雨养玉米生长的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(9): 903-908.

WANG Yu, WEI Chenchen, YANG Peiling, et al. Effects of super absorbent polymer and nitrogen-phosphorus fertilizers on growth of rain-fed maize[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering (JDIME), 2018, 36(9): 903-908. (in Chinese)

Effects of super absorbent polymer and nitrogen - phosphorus fertilizers on growth of rain-fed maize

WANG Yu¹, WEI Chenchen¹, YANG Peiling^{1*}, LIAO Renkuan², WEI Rong¹, YANG Fengru¹

(1. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. China Institute of Water and Civil Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China)

Abstract: In order to improve water and fertilizer use efficiencies while crop yield is kept increasing and to slow down surface pollution in dry land farming, a field study was conducted by orthogonal design of experiment to clarify effects of super absorbent polymer (SAP) and nitrogen - phosphorus fertilizers (NPF) on fertility levels at different depths of soil, maize growth and nutrient use efficiency of rain-fed maize in the field. SAP and NPF application modes were sought for the optimal maize yield. The results show that the effects of three factors on fertility at different depths of soil, maize growth and nutrient use efficiency are inconsistent. SAP mainly affects soil fertility and crop nutrients, but NPF mainly influences soil nutrients and crop biomass. Under the conditions of this experiment, the maximum maize yield of 1.27 kg/m² appears when SAP is in 45 kg/hm² dose, and nitrogen and phosphorus fertilizers are in 120 kg/hm² and 120 kg/hm² doses, respectively. The maximum increment in maize yield is 8% compared with the treatment without SAP and NPF, while the nitrogen fertilizer has

收稿日期: 2018-04-28; 修回日期: 2018-06-01; 网络出版时间: 2018-07-13

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20180713.1338.042.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51379210)

第一作者简介: 王瑜(1995—),女,甘肃庆阳人,硕士研究生(wangyucau@cau.edu.cn),主要从事化学节水与土壤碳氮循环研究.

通信作者简介: 杨培岭(1958—),男,内蒙古呼和浩特人,教授(yangpeiling@126.com),主要从事节水灌溉理论与新技术研究.

achieved the maximum partial factor productivity of 105.83 kg/kg.

Key words: super absorbent polymer (SAP); nitrogen and phosphorus fertilizers; fertility levels of soil; maize yield; nutrient use efficiency

在旱地农业中,作物生长及产量很大程度取决于降雨^[1].保水剂(SAP)可以在需要时反复吸释水分,储存植物生长所必需的水分.在农业生产中,粮食增产主要依靠化肥,但是长期大量施用会使土壤出现板结、速效养分和有机质含量下降的现象,引起土壤酸化、氮肥利用率下降,加剧农田面源污染^[2-3].研究表明,施用保水剂可以有效地提高作物的水分利用效率和肥料的利用率^[4-6].

目前,国内外的学者多是只针对保水剂或将保水剂与单一肥料结合进行研究^[7-8],保水剂与氮磷肥配施的研究还比较少.文中采用正交试验设计,研究保水剂与氮磷肥配施对大田不同深度土壤的肥力水平及夏玉米生长和养分利用效率的影响效应,提出保水剂与氮磷肥配施的产量最优方案,以

期为旱地农业发展提供理论基础.

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在北京市通州试验站(116°41'2.31"E,39°42'6.93"N)内进行.试验站属于温带大陆性半湿润季风气候,平均相对湿度56.8%,多年平均降雨量600 mm左右.土壤质地为粉壤土,表1列出了土壤的基本物理及化学性质,其中 d 为土壤深度, ω 为土壤不同颗粒粒径质量分数, FC 为田间持水率, ρ 为土壤干容重, ξ 为土壤孔隙率, SHC 为土壤导水率, α 为各物质质量比.土壤颗粒粒径参照美国农业部制土壤质地三角形图进行划分.

表1 不同深度土壤的物理及化学性质
Tab.1 Physical and chemical properties of soil at different depths

d/cm	$\omega/\%$			$FC/\%$	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	$\xi/\%$	$SHC/(10^{-3} cm \cdot s^{-1})$	$\alpha/(mg \cdot kg^{-1})$						pH	
	砂粒	粉粒	黏粒					全氮	全磷	全钾	有机质	有效氮	有效磷		速效钾
(0,30]	26.153	53.431	20.416	22.95	1.32	47.01	5.290 5	1 360	1 160	19 320	18 880	141	109	99	8.08
(30,60]	22.456	72.192	5.352	18.11	1.64	37.71	3.543 0	990	810	18 930	14 370	124	43	67	8.16
(60,100]	18.435	70.406	11.158	23.42	1.41	45.03	31.645 7	530	550	18 940	9 690	69	6	62	8.16

1.2 试验材料与施用方式

试验所用SAP为北京汉力森新技术有限公司提供的聚丙烯酰胺型交联共聚物型土壤保水剂,粒径为1.6~3.5 mm的白色固体颗粒,随基肥一同于玉米播种后均匀施入作物行间,深度为(20,40] cm.试验所用玉米品种为郑单958,播种日期为2016年7月2日,采用平作方式,株距、行距分别为30,60 cm,种植密度为75 000株/hm².试验所用氮肥为纯氮质量分数为46%的尿素,分别在播前和拔节期按1:1施用.试验所用磷肥为P₂O₅质量分数为16%的过磷酸钙,试验所用钾肥为K₂O质量分数为18%的硫酸钾,均作底肥施入,生育期内不进行追肥,其中钾肥施入量是120 kg/hm²,磷肥施入量依据试验设计.

1.3 试验方法

试验区分为9个小区域,均为5 m×10 m,分别用于测试土壤水分和养分含量以及测试作物产量,小区之间设置1 m分隔带.试验采用三因素三水平的正交试验设计,3个因素分别是SAP施用量(0,45和90 kg/hm²)、氮肥施用量(0,120和240 kg/hm²)

和磷肥施用量(0,120和240 kg/hm²),3个因素的各个水平参照前人试验设置,并结合当地实际情况,选用L₉(3³)型正交表进行试验设计,不考虑交互作用,共设9个处理,每个处理设置3个重复.全生育期内通过天然降雨进行灌溉.另增设P₀小区,不施SAP和氮磷钾肥,其他处理同上.

1.4 测试项目及方法

主要测试项目有5个,具体项目及方法如下:

- 1) 采用烘干法^[9]测定土壤水分含量.
- 2) 土壤全氮、全磷、有效氮和有效磷含量的检测分别采用重铬酸钾-硫酸消化法、硫酸-高氯酸消煮法、碱解扩散法测试和碳酸氢钠法^[9].
- 3) 植物样品粉碎后,采用H₂O₂-H₂SO₄消煮后半微量蒸馏法测定玉米籽粒和植株全氮质量比,钼钒黄吸光光度法测定全磷质量比^[9].
- 4) 测定玉米地上生物量,烘干后称重.
- 5) 成熟期测试产量,玉米产量为各试验区实收测产,再按面积进行折算.

1.5 数据分析

通过Microsoft Excel进行数据处理和表格制

作,统计分析和差异显著性检验在 SPSS21.0 统计分
析软件中进行.

2 结果与分析

2.1 土壤含水率规律分析

表 2 为玉米生育期不同阶段不同深度土壤平均
质量含水率情况,可以看出,SAP 和氮磷肥配施对
(0,20] cm 土壤的平均质量含水率影响显著 ($P < 0.05$) 的时期是拔节期、灌浆期、乳熟期和成熟期,
其中在成熟期差异更显著,抽穗期没有发现显著性
差异.这可能是因为(0,20] cm 土壤的平均质量含

水率会受到降雨的影响,尤其是在雨季(8 月和 9
月).SAP 的施用量对(0,20] cm 土壤平均质量含水
率产生正向影响.P7,P8,P9 小区的(0,20] cm 土壤
平均质量含水率在生育期各个阶段均呈现较高水
平.(20,40] cm 土壤平均质量含水率方面,SAP 和
氮磷肥配施对其影响显著 ($P < 0.05$) 的时期是拔节
期和抽穗期,灌浆期、乳熟期和成熟期没有发现显
著性差异.出现这种现象一方面可能是和生育期不
同阶段根系吸水的能力有关系,另一方面可能是
SAP 主要施入在(20,40] cm 土壤,经过前期的吸水
膨胀,到了生育后期,SAP 可能会阻碍水分的渗入,
产生负向影响.

表 2 不同深度土壤的平均质量含水率
Tab.2 Mass average soil moisture at different depths

小区	$\psi / \%$											
	(0,20] cm						(20,40] cm					
	拔节期	抽穗期	灌浆期	乳熟期	成熟期	均值	拔节期	抽穗期	灌浆期	乳熟期	成熟期	均值
P0	17.00ab	12.98a	10.97b	18.99ab	17.69c	15.53	17.72ab	16.14a	11.49a	16.30a	14.51a	15.23
P1	16.40ab	11.94a	10.83b	18.76b	18.96b	15.38	17.61ab	14.28bc	11.45a	17.30a	16.17a	15.36
P2	15.87b	11.70a	9.91b	19.12ab	18.45bc	15.01	17.40ab	14.92b	11.14a	18.25a	16.32a	15.61
P3	16.12b	11.39a	11.42ab	18.65b	18.33bc	15.18	17.96a	14.17bc	12.26a	17.57a	16.94a	15.78
P4	16.83ab	12.63a	11.24ab	18.85b	18.44bc	15.60	17.47ab	13.95bc	10.89a	17.46a	15.22a	15.00
P5	16.97ab	10.87a	10.83b	19.39ab	19.51ab	15.52	17.87a	13.89bc	11.17a	16.14a	15.64a	14.94
P6	15.89b	12.74a	13.20a	18.59b	18.37bc	15.76	16.74b	13.58c	10.15a	16.28a	14.23a	14.20
P7	16.95ab	12.62a	10.70b	19.66ab	19.10ab	15.81	17.96a	13.70c	9.87a	15.54a	16.25a	14.66
P8	17.88a	12.02a	12.00ab	20.41a	19.62ab	16.39	17.37ab	14.67bc	12.11a	16.18a	15.10a	15.09
P9	17.26ab	13.06a	12.64ab	19.33ab	20.27a	16.51	17.46ab	14.37bc	11.50a	16.80a	16.30a	15.29

注:同一列中小写字母不同者表示差异具有统计学意义, $P < 0.05$,相同者表示差异不具有统计学意义,下同

图 1 为玉米不同生长阶段土壤的平均质量含水
率,可以看出,玉米生长的主要吸水时期是拔节期、
抽穗期和灌浆期,主要吸水深度是(0,40] cm.各小

区不同深度土壤的平均质量含水率从拔节期到灌
浆期的变化较大,而乳熟期到成熟期变化较小,这
与玉米生长的主要吸水时期一致.

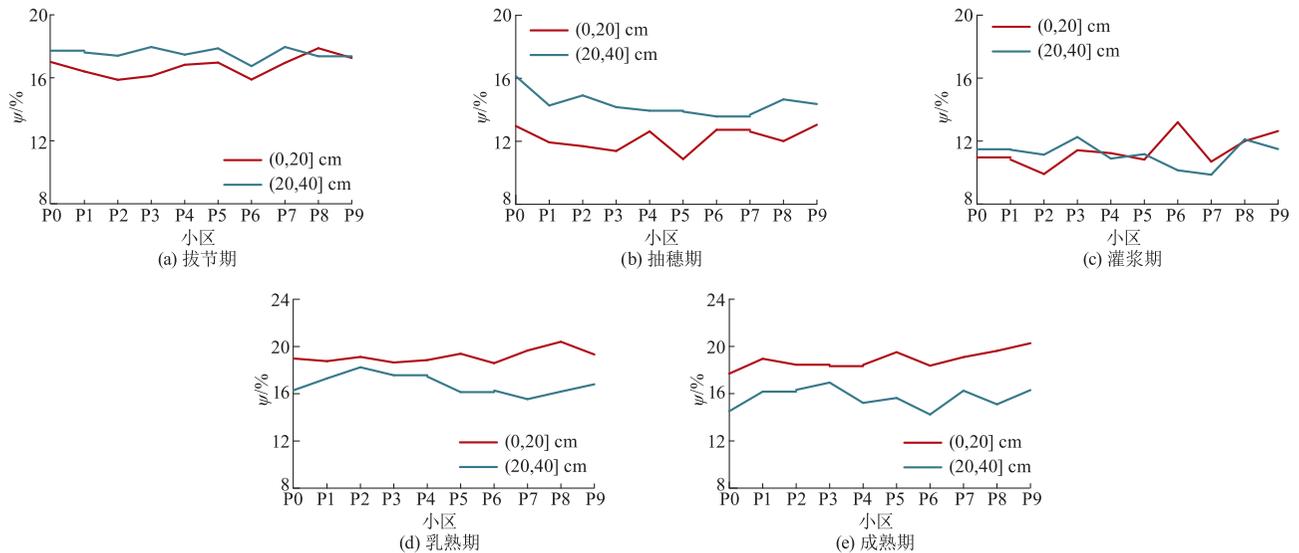


图 1 不同阶段的土壤平均质量含水率

Fig.1 Mass average soil moisture in different stages

(20,40] cm 深度土壤的平均质量含水率在拔 节期和抽穗期呈现较高水平,(0,20] cm 深度土壤

的平均质量含水率在乳熟期和成熟期呈现较高水平。

2.2 土壤和玉米养分分析

表3为玉米养分和土壤养分试验结果,可以看出:在氮素方面,SAP和氮磷肥配施对玉米籽粒、植株养分和不同深度土壤的全氮影响都具有统计学意义($P < 0.05$);P5小区的玉米籽粒的全氮平均质量比最高,达到2.47%,P7、P8和P9小区玉米籽粒的全氮平均质量比则明显较低;P8小区的植株养分和不同深度土壤的全氮平均质量比均呈现较高水平;从有效氮平均质量比看,P7小区和P8小区分别是(0,20]cm和(20,40]cm深度土壤有效氮平均质

量比最高的小区;磷素方面,SAP和氮磷肥配施对玉米籽粒、植株养分和不同深度土壤的全磷影响都具有统计学意义($P < 0.05$);P1小区玉米籽粒的全磷平均质量比最高,P7、P8和P9小区玉米籽粒的全磷平均质量比则明显较低,其中P7和P9小区玉米籽粒的全磷平均质量比都是最低;P8小区的植株养分和不同深度土壤的全磷平均质量比均呈现较高水平;从有效磷平均质量比看,SAP和氮磷肥配施对不同深度土壤的有效磷影响具有统计学意义($P < 0.05$),P8小区不同土壤深度的有效磷平均质量比均呈现较高水平,而P1、P2和P3小区不同土壤深度的有效磷平均质量比呈较低水平。

表3 作物养分和土壤养分试验结果
Tab.3 Experimental results of crop and soil nutrients

小区	$\omega(\text{氮})/\%$		$\alpha(\text{全氮})/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$		$\alpha(\text{有效氮})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		$\omega(\text{磷})/\%$		$\alpha(\text{全磷})/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$		$\alpha(\text{有效磷})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	
	玉米籽粒	植株养分	(0,20]cm	(20,40]cm	(0,20]cm	(20,40]cm	玉米籽粒	植株养分	(0,20]cm	(20,40]cm	(0,20]cm	(20,40]cm
P0	2.41a	1.08bc	1.04c	0.85c	118.55b	91.00b	0.40ab	0.19ab	0.87c	0.80b	15.90c	10.25b
P1	2.34a	1.08bc	1.10c	0.74c	133.75ab	99.00ab	0.41a	0.21ab	0.90c	0.70b	17.63c	5.75b
P2	2.32a	1.06bc	1.16c	0.89c	137.50ab	74.35b	0.38ab	0.22ab	1.03c	0.83b	27.60c	16.30b
P3	2.17a	1.09bc	1.16c	0.85c	122.50ab	87.50b	0.37ab	0.20ab	0.90c	0.79b	23.80c	9.05b
P4	2.09a	1.03c	1.16c	0.85c	111.25b	106.50ab	0.33b	0.18b	0.94c	0.80b	35.18c	22.15b
P5	2.47a	1.12b	1.33b	1.11b	128.75ab	122.00ab	0.36ab	0.20ab	1.29bc	1.09ab	96.53b	58.05ab
P6	2.28a	1.08bc	1.20bc	0.84c	114.75b	96.00ab	0.39ab	0.20ab	1.31b	0.88b	105.00b	25.55b
P7	1.30b	1.13ab	1.47a	0.92bc	156.75a	114.00ab	0.17c	0.18ab	1.63a	1.08ab	124.00ab	62.50ab
P8	1.22b	1.21a	1.51a	1.34a	146.00ab	137.00a	0.19c	0.23a	1.75a	1.40a	143.25a	77.35a
P9	1.37b	1.10bc	1.50a	1.14ab	143.50ab	120.00ab	0.17c	0.21ab	1.68a	1.19ab	127.90ab	74.20a

作物养分和土壤养水试验结果的方差分析如表4所示,可以看出,土壤养分随深度的增大而减

少,土壤养分含量和植株养分含量成正比,和玉米籽粒的养分含量成反比。

表4 作物养分和土壤养分试验结果方差分析
Tab.4 Variance analysis of experimental results

变异来源	Sig.											
			全氮		有效氮				全磷		有效磷	
	玉米籽粒	植株养分	d/cm		d/cm		玉米籽粒	植株养分	d/cm		d/cm	
			(0,20]	(20,40]	(0,20]	(20,40]			(0,20]	(20,40]	(0,20]	(20,40]
校正模型	0.000	0.006	0.000	0.003	0.170	0.191	0.000	0.298	0.000	0.006	0.000	0.004
截距	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SAP	0.000	0.007	0.000	0.002	0.030	0.035	0.000	0.485	0.000	0.001	0.000	0.000
氮肥	0.899	0.031	0.135	0.979	0.847	0.684	0.122	0.417	0.405	0.840	0.049	0.778
磷肥	0.732	0.103	0.021	0.004	0.566	0.720	0.944	0.129	0.054	0.054	0.013	0.174

由表4还可以看出,在氮素方面,SAP对玉米籽粒、植株养分和不同土壤深度的全氮平均质量比影响具有统计学意义($P < 0.05$),对玉米籽粒全氮平均质量比的具有负向影响意义,其余的都是正向影响意义;氮肥只对植株养分的全氮平均质量比影响具有统计学意义($P < 0.05$);磷肥只对不同土壤深度的全氮平均质量比影响具有统计学意义($P < 0.05$).有效氮方面,SAP对不同土壤深度的有效氮平均质量比影响都具有统计学意义($P < 0.05$),呈正向,即SAP能够提高土壤有效氮含量,有助于作

物吸收利用氮素;氮磷肥对不同土壤深度的有效氮平均质量比影响都不具有统计学意义.磷素方面,发现SAP只对玉米籽粒和不同深度土壤的全磷平均质量比影响具有统计学意义($P < 0.05$),对玉米籽粒全磷平均质量比产生负向影响意义,其余的为正向影响意义;氮磷肥对玉米籽粒、植株养分和不同土壤深度的全磷平均质量比影响都不具有统计学意义,可以看出土壤全磷比较稳定,较难受到化肥施入量的影响.有效磷方面,SAP对不同深度土壤的有效磷平均质量比影响具有统计学意义($P <$

0.05),呈正向影响意义,即SAP能够提高土壤有效磷含量,有助于作物吸收利用磷素;氮磷肥只对(0,20]cm土壤深度的有效磷平均质量比影响具有统计学意义($P < 0.05$)。

表5为SAP和氮磷肥配施下玉米养分利用效率,可以看出,P2小区的氮肥和磷肥利用效率都是最高,分别达到20.53%和10.65%。一般而言,土壤肥力水平是决定肥料利用效率高低的基本因素,即在土壤肥力水平较低时,得到高的肥料利用率和农

学效率的概率较大,反之在高肥力土壤上得到高的肥料利用率和农学效率的几率较小^[10]。本试验的肥料利用效率均较低,可能是由于试验所在地土壤肥力较高。P4小区的氮肥偏生产力,达到105.83 kg/kg;P8小区的磷肥偏生产力最高,达到105.00 kg/kg。张福锁等^[11]认为,当前我国土壤和环境养分供应量、化肥增产效益下降,评价肥料效应的适宜指标应该是氮(磷)肥偏生产力。故而P4和P8分别为氮肥、磷肥效应最高的小区。

表5 玉米氮磷肥利用效率
Tab.5 Nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency of maize

小区	M/(kg·hm ⁻²)				FUE/%		FP/(kg·kg ⁻¹)	
	施氮量	施磷量	吸氮量	吸磷量	氮肥利用效率	磷肥利用效率	氮肥偏生产力	磷肥偏生产力
P0	0	0	220.97	38.11				
P1	0	0	240.58	45.98				
P2	120	120	245.60	50.89	20.53	10.65	97.50	97.50
P3	240	240	245.59	44.09	10.26	2.49	52.50	52.50
P4	120	0	219.09	37.79	-1.56		105.83	N
P5	240	120	255.20	46.60	14.26	7.07	49.58	99.17
P6	0	240	243.90	44.71		2.75		48.75
P7	240	0	244.54	39.86	9.82		44.17	
P8	0	120	254.83	47.34		7.69		105.00
P9	120	240	243.85	45.65	19.07	3.14	90.00	45.00

2.3 玉米生物量分析

玉米生物量主要包括叶、茎和穗等,可以反映作物生长状况。图2为不同阶段的玉米生物量。

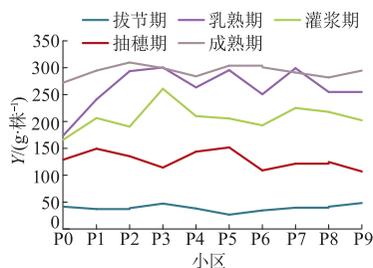


图2 不同阶段的玉米生物量
Fig.2 Maize biomass in different stages

由图2可以看出,各小区的玉米生物量在成熟期相差不大,最高值在P2小区,达309.87 g/株,最低值在P0小区,为272.31 g/株。P3小区和P0小区的玉米生物量在各个阶段分别呈现较高和较低水平,从整个生育期看,P3小区的生物量是P0小区的1.31倍。拔节期生物量的最高值出现在P9小区,相较于同时期最低值高出82%;抽穗期的生物量最高值出现在P5小区,相较于同时期最低值高出42%;灌浆期和乳熟期的生物量最高值都出现在P3小区,相较于同时期最低值分别高出57%和73%。说明SAP和氮磷肥配施可能会促进玉米提前生长,但是对玉米成熟期的生物量没有决定性作用。

2.4 玉米产量分析及最优方案分析

表6为玉米产量结果,可以看出,SAP和氮磷肥配施对玉米产量影响具有统计学意义($P < 0.05$)。P0小区是对照组,但却不是产量最小的小区。P4小区的产量最大,达到1.27 kg/m²,是最小产量小区P7的1.20倍,是对照组P0小区的1.08倍。成熟期生物量最高的小区是P2小区,其产量是1.17 kg/m²,没有达到产量最高值,因此,生物量的高低和产量不呈正比。

表6 产量试验结果
Tab.6 Experimental yield results

小区	SAP	施氮	施磷	Y/(kg·m ⁻²)			
				重复1	重复2	重复3	均值
P0				1.17	1.27	1.11	1.18ab
P1	1	1	1	1.29	1.17	1.25	1.24ab
P2	1	2	2	1.19	1.11	1.23	1.17ab
P3	1	3	3	1.31	1.28	1.20	1.26ab
P4	2	2	1	1.24	1.29	1.30	1.27a
P5	2	3	2	1.22	1.11	1.24	1.19ab
P6	2	1	3	1.16	1.25	1.09	1.17b
P7	3	3	1	1.07	1.06	1.06	1.06b
P8	3	1	2	1.18	1.25	1.35	1.26ab
P9	3	2	3	1.08	1.08	1.08	1.08b

通过表7方差分析可以发现,SAP和氮磷肥的Sig.值均大于0.05,说明SAP和氮磷肥均对玉米的产量影响不显著。故而选用正交试验中产量最大的组合P4小区为最优的试验组合,即A2B2C1组合。

表7 试验结果方差分析
Tab.7 Variance analysis of experimental results

变异来源	III 型平方和	df	均方	F	Sig.
校正模型	0.063a	6	0.010	1.452	0.245
截距	38.259	1	38.259	5299.505	0.000
SAP	0.043	2	0.022	2.989	0.073
氮肥	0.013	2	0.006	0.893	0.425
磷肥	0.007	2	0.003	0.475	0.629
误差	0.144	20	0.007		
总计	38.466	27			
校正的总计	0.207	26			

3 结 论

1) SAP 和氮磷肥配施更容易影响(0,20] cm 深度土壤的平均质量含水率,体现为蓄水现象。(20,40] cm 深度土壤的平均质量含水率比较稳定,尤其是玉米生长后期,不易受到影响,体现为截留现象。

2) SAP 和氮磷肥对土壤养分和玉米养分的影响效应不一致。P8 小区的土壤养分和植株养分均呈现较高水平,玉米籽粒中的养分则呈现较低水平。通过氮磷肥利用效率分析,P4 小区的氮肥偏生产力最高,达到 105.83%。

3) SAP 和氮磷肥配施对成熟期的玉米生物量影响较小。成熟期玉米生物量最高值出现在 P2 小区,达到 309.87 g/株,高出最低值 14%。

4) 在本试验条件下,P4 小区的试验组合是产量最优组合,即当 SAP 45 kg/hm² 和氮肥 120 kg/hm² 配施再结合钾肥 120 kg/hm² 时,获得最大玉米产量 1.27 kg/m²,相较于未施加 SAP 和氮磷钾肥的对照组,可以提高产量达 8%。

参考文献 (References)

- [1] LIAO R, YANG P, WANG Z, et al. Development of a soil water movement model for the super absorbent polymer application[J]. Soil science society of America journal, 2018, 82(2): 57-63.
- [2] 王阳, 赵兰坡, 朱孟龙, 等. 长期单施化肥对土壤有机质的影响[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(1): 45-50.
WANG Yang, ZHAO Lanpo, ZHU Menglong, et al. Effects of long-term application of chemical fertilizer on soil organic matter[J]. Journal of Jilin agricultural sciences, 2015, 40(1): 45-50. (in Chinese)
- [3] 刘钦普. 中国化肥面源污染环境风险时空变化[J].

农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1247-1253.

LIU Qipu. Spatio-temporal changes of fertilization environmental risk of China[J]. Journal of agro-environmental science, 2017, 36(7): 1247-1253. (in Chinese)

- [4] 程闯胜, 任树梅, 杨培岭, 等. 保水剂对大田雨养玉米水肥利用效率影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(6): 141-144.

CHENG Chuangsheng, REN Shumei, YANG Peiling, et al. Effects of super absorbent polymer on water and fertilizer use efficiency of farmland rainfed corn [J]. Journal of irrigation and drainage, 2014, 33(6): 141-144. (in Chinese)

- [5] BARROS A F D, PIMENTEL L D, ARAUJO E F, et al. Super absorbent polymer application in seeds and planting furrow: it will be a new opportunity for rainfed agriculture [J]. Semina ciencias agrarias, 2017, 38(4): 1703.

- [6] CANNAZZA G, CATALDO A, BENEDETTO E D, et al. Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process [J]. Water, 2014, 6(7): 2056-2069.

- [7] 黄占斌, 孙朋成, 钟建, 等. 高分子保水剂在土壤水肥保持和污染治理中的应用进展[J]. 农业工程学报, 2016, 32(1): 125-131.

HUANG Zhanbin, SUN Pengcheng, ZHONG Jian, et al. Application of super absorbent polymer in water and fertilizer conversation of soil and pollution management [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(1): 125-131. (in Chinese)

- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

- [9] EAGLE A J, BIRD J A, HORWATH W R, et al. Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices [J]. Agronomy journal, 2000, 92(6): 1096-1103.

- [10] 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(5): 915-924.

ZHANG Fusuo, WANG Jiqing, ZHANG Weifeng, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement[J]. Acta pedologica sinica, 2008(5): 915-924. (in Chinese)

(责任编辑 陈建华)