

滴灌条件下不同施肥处理对马铃薯水分和肥料利用率的影响

张 洋,张 荣

(青海省农林科学院 土壤肥料研究所,青海 西宁 810016)

摘要:为探讨干旱区农业发展新途径,研究在滴灌条件下不同施肥处理对马铃薯产量、产量构成要素、水分利用效率和肥料利用率的影响。结果表明: $N_3P_2K_2$ ($N\ 326.25\ kg\cdot hm^{-2}$, $P_2O_5\ 138\ kg\cdot hm^{-2}$, $K_2O\ 90\ kg\cdot hm^{-2}$) 处理下马铃薯株高、大(中)薯数、单株薯重明显提高,小薯数明显降低。在 $N_3P_2K_2$ 处理下马铃薯产量达到最高,达 $61\ 516\ kg\cdot hm^{-2}$ 。施氮量 $217.50\ kg\cdot hm^{-2}$ 处理下,氮肥利用率最高为 39.31% ;施磷量 $69\ kg\cdot hm^{-2}$ 处理下,磷肥利用率最高为 16.09% ;施钾量 $45\ kg\cdot hm^{-2}$ 处理下,钾肥利用率最高为 64.67% 。 $N_3P_2K_2$ 处理下水分利用率明显提高,达到了 $80.17\ kg\cdot hm^{-2}\cdot mm^{-1}$ 。

关键词:滴灌;干旱区;水分利用率;肥料利用率

中图分类号:S532.062

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)12-0046-06

青海省海西州位于柴达木盆地东部,该地区是我国典型的高海拔绿洲灌溉农业区。该地区气候凉爽,昼夜温差大,非常适合种植马铃薯作物,马铃薯是当地农民赖以生存的传统农作物^[1]。然而,长期以来柴达木灌区农业生产中大水漫灌现象十分普遍,使有限灌溉水资源的利用问题更为突出。且随着种植业结构调整和生产的发展,该地区化肥施用量大幅增加。但由于山旱地面积大、干旱缺水以及施肥方式落后等,肥料利用率一直在低水平徘徊,使肥料资源浪费、生产效率偏

低。因此如何高效合理利用水和肥资源开展和应用高效节水及水肥一体化技术,成为当前农业发展重要的问题之一。

滴灌施肥是基于滴灌系统发展而成的节水、节肥农业工程技术,可根据土壤特性、作物根系特征及需水规律精确调控土壤水分和养分^[2],显著提高作物的产量和水肥利用效率^[3],降低养分损失,达到高产、优质、高效的目标^[4]。为此,该文研究了滴灌施肥技术对马铃薯产量和水肥利用率的影响,以期为该地区马铃薯高效利用水肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2013年在青海省海西州乌兰县柯柯镇西沙沟村进行。试验地基本理化性状见表1。

收稿日期:2014-04-01

基金项目:青海省科技厅资助项目(2012-N-164)

第一作者简介:张洋(1984-),男,陕西省西安市人,硕士,助理研究员,从事土壤肥料方面的研究。E-mail:yangzh-123@163.com。

Application Effect of Silicon Fertilizer on Rice

ZHANG Lei, CHEN Xue-li, CHANG Ben-chao, GU Xue-jia, LI Wei-qun, WANG Shuang, WANG Xiao-jun

(Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to explore rice special fertilizer formula, taking rice as experimental materials, the application effect of the silicon fertilizer produced by Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences was conducted on rice in Sanjiang Institute experiment field. The results showed that the application of silicon fertilizer promote rice mature stage in advance and increase the capability of lodging resistance. The leaf chlorophyll content increased after the application of silicon fertilizer. According to the results that the application of silicon fertilizer was better to the accumulation of assimilate and grain filling and the decrease of blighted rate resulted in high yield. Compared with conventional fertilizer treatment, yields of silicon fertilizer I and silicon II increased 10.1% and 14.5%, respectively.

Key words: rice; silicon fertilizer; yield

(该文作者还有孙磊、李一丹、王玉峰、王英,单位同第一作者)

表 1 试验地基本理化性状
Table 1 Chemical properties of the test field

全氮/g·kg ⁻¹ Total nitrogen	全磷/g·kg ⁻¹ Total phosphorus	全钾/g·kg ⁻¹ Total potassium	碱解氮/ mg·kg ⁻¹ Alkaline nitrogen	速效磷/ mg·kg ⁻¹ Available phosphorus	速效钾/ mg·kg ⁻¹ Available potassium	有机质/ g·kg ⁻¹ Organic matter	全盐/ g·kg ⁻¹ Total salt	pH
1.03	1.77	28.21	103	20.2	267	23.25	1.4	8.2

1.2 材料

供试马铃薯品种为夏波蒂。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用 3414 方法设计,3 个因素(氮、磷、钾),4 个水平,4 次重复,随机区组排列。0 水平为不施肥,2 水平为当地常规灌溉常规施肥量,1 水平为 2 水平施肥量的一半,3 水平为 2 水平施肥量的 1.5 倍(为过量施肥水平),共

15 个处理,60 个小区,试验设 2 个空白对照(小区面积较大,消除地力的差异)施肥处理及用量见表 2。全生育期灌水量为 7 200 m³·hm⁻²。20%肥料作为基肥施入,80%肥料作为追肥滴施(苗期 20%,团棵期 30%,开花期 30%)。肥料品种为:尿素(N 46%);磷酸一铵(N 12%,P₂O₅ 46%);结晶钾(K₂O 57%)。

表 2 马铃薯施肥试验方案
Table 2 Potato fertilizing scheme

处理编号 No.	处理 Treatments	肥料用量/kg·hm ⁻² Amount of fertilizer		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1(CK)	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	138	90
3	N ₁ P ₂ K ₂	108.75	138	90
4	N ₂ P ₀ K ₂	217.50	0	90
5	N ₂ P ₁ K ₂	217.50	69	90
6(推荐施肥)	N ₂ P ₂ K ₂	217.50	138	90
7	N ₂ P ₃ K ₂	217.50	207	90
8	N ₂ P ₂ K ₀	217.50	138	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	217.50	138	45
10	N ₂ P ₂ K ₃	217.50	138	135
11	N ₃ P ₂ K ₂	326.25	138	90
12	N ₁ P ₁ K ₂	108.75	69	90
13	N ₁ P ₂ K ₁	108.75	138	45
14	N ₂ P ₁ K ₁	217.50	69	45

2013 年 4 月 28 日人工种植,9 月 28 日收获。小区面积 27 m²,每小区种植 5 垄,垄宽 0.9 m,种植密度为 73 500 株·hm⁻²,保苗密度为 69 000 株·hm⁻²。
1.3.2 测定项目及方法 收获后小区单打单收,记录收获期经济性状。利用常规分析方法^[5]测定土壤 pH、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全盐、全氮、全磷和全钾含量。马铃薯水分利用效率(WUE)^[6]=经济产量/耗水量;肥料农学利用效率=(施肥区作物产量-不施肥区作物产量)/施肥量;肥料利用率^[7]=(施肥区植株吸收的养分-未施肥区植物吸收的养份)/施肥量。

数据用 Excel 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对马铃薯产量构成因子的影响

由表 3 中可以看出,N₃P₂K₂施肥处理较其它施肥处理可以提高马铃薯株高、大(中)薯数、单株薯重,降低小薯数。N₃P₂K₂处理较推荐施肥(N₂P₂K₂)处理,株高提高了 1.68%,大(中)薯数提高了 17.14%,小薯数降低了 8.70%,单株薯重提高了 14.75%。

表 3 不同处理对马铃薯主要农艺性状的影响

Table 3 Effects of different fertilizer on potato agronomic traits

处理 Treatments	株高/cm Plant height	大(中)薯数 Number of big (middle) potatoes	小薯数 Number of small potatoes	单株薯重/g Potato weight per plant
N ₀ P ₀ K ₀ (CK)	38.2	2.6	2.4	548
N ₀ P ₂ K ₂	40.3	2.7	2.3	1010
N ₁ P ₂ K ₂	50.4	2.9	2.2	1374
N ₂ P ₀ K ₂	44.3	3.2	2.4	1247
N ₂ P ₁ K ₂	42.4	3.7	2.5	1371
N ₂ P ₂ K ₂ (推荐)	53.5	3.5	2.3	1647
N ₂ P ₃ K ₂	52.6	3.9	2.1	1690
N ₂ P ₂ K ₀	54.1	2.9	2.4	1268
N ₂ P ₂ K ₁	52.3	3.5	2.2	1630
N ₂ P ₂ K ₃	53.7	3.6	2.6	1570
N ₃ P ₂ K ₂	54.4	4.1	2.1	1890
N ₁ P ₁ K ₂	51.3	2.6	2.1	1235
N ₁ P ₂ K ₁	48.9	3.1	2.3	1234
N ₂ P ₁ K ₁	51.3	3.4	2.5	1413

2.2 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

由图 1 可以看出,空白对照(N₀P₀K₀)产量为 31 478 kg·hm⁻²,说明该地块基础肥力状况较好。不同的施肥处理马铃薯产量均高于不施肥(N₀P₀K₀)处理。在 N₃P₂K₂ 处理下产量达到最

高,为 61 516 kg·hm⁻²,较空白对照增产 30 038 kg·hm⁻²,增产率为 95.43%;较推荐施肥(N₂P₂K₂)增产 6 690 kg·hm⁻²,增产率为 12.20%。

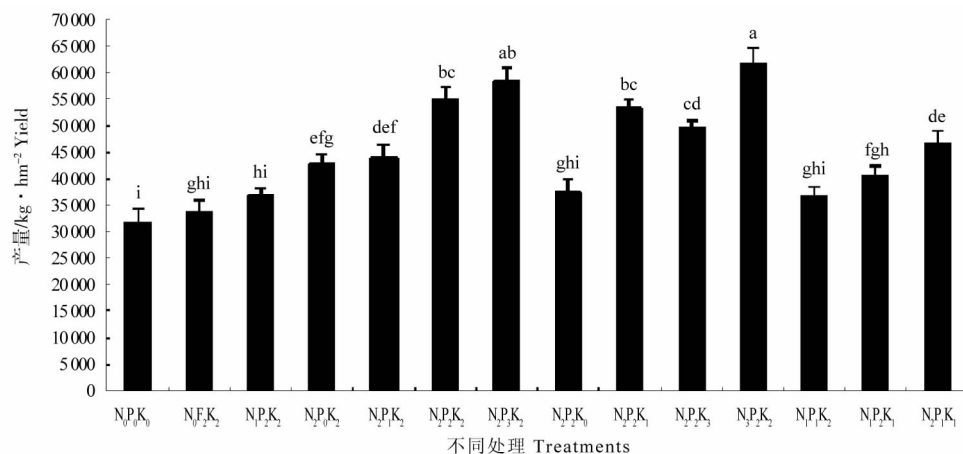


图 1 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

Fig. 1 Effect of different fertilizers on potato yield

2.3 不同施肥处理对马铃薯氮磷钾肥农学利用效率的影响

农学利用效率是施肥增产效应的综合体现,施肥量的多少、作物的种类和管理措施好坏都会影响

肥料农学利用效率的高低。由表 4 可以看出,马铃薯氮肥农学利用效率的大小为 N₂>N₃>N₁;马铃薯磷肥农学利用效率与氮肥一致,大小为 P₂>P₃>P₁;马铃薯钾肥农学利用效率大小为 K₁>K₂>K₃。

表 4 不同施肥处理对马铃薯氮磷钾肥农学利用效率的影响

Table 4 Effect of different fertilizer on N,P,K agronomic efficiency of potatoes

处理 Treatments	产量/kg·hm ⁻² Yield	肥料用量/kg·hm ⁻² Fertilizer amount	农学利用效率/kg·kg ⁻¹ Agronomic efficiency
N ₀ P ₂ K ₂	33735	/	/
N ₁ P ₂ K ₂	36795	108.75	28.14
N ₂ P ₂ K ₂	54825	217.50	96.97
N ₃ P ₂ K ₂	61515	326.25	85.15
N ₂ P ₀ K ₂	42690	/	/
N ₂ P ₁ K ₂	43920	69	17.83
N ₂ P ₂ K ₂	54825	138	87.93
N ₂ P ₃ K ₂	58230	207	75.07
N ₂ P ₂ K ₀	36525	/	/
N ₂ P ₂ K ₁	53385	45	374.67
N ₂ P ₂ K ₂	54825	90	203.33
N ₂ P ₂ K ₃	49785	135	98.22

2.4 不同施肥处理对马铃薯氮磷钾肥利用率的影响

由表 5 中可以看出,不同处理下肥料利用率的大小不同。施氮量 217.50 kg·hm⁻² (N₂P₂K₂) 处理下氮肥利用率最高,为 39.31%;施磷量

69 kg·hm⁻² (N₂P₁K₂) 处理下磷肥利用率最高,为 16.09%,且磷肥利用率随着磷肥施用量的增加呈下降趋势;施钾量 45 kg·hm⁻² (N₂P₂K₁) 处理下钾肥利用率最高,为 64.67%,且钾肥利用率随着钾肥施用量的增加呈下降趋势。

表 5 不同施肥处理对马铃薯氮磷钾肥利用率的影响

Table 5 The effects of different fertilizer on N,P,K use efficiency of potato

处理 Treatments	氮素吸收量/kg·hm ⁻² Nitrogen absorption	施氮量/kg·hm ⁻² Nitrogen application	氮肥利用率/% Nitrogen efficiency
N ₀ P ₂ K ₂	508.83	0	/
N ₁ P ₂ K ₂	533.58	108.75	22.76
N ₂ P ₂ K ₂	594.33	217.50	39.31
N ₃ P ₂ K ₂	603.18	326.25	28.92
	磷素吸收量/kg·hm ⁻² Phosphorin absorption	施磷量/kg·hm ⁻² Phosphatic application	磷肥利用率/% Phosphatic efficiency
N ₂ P ₀ K ₂	145.70	0	/
N ₂ P ₁ K ₂	156.80	69	16.09
N ₂ P ₂ K ₂	165.81	138	14.57
N ₂ P ₃ K ₂	174.49	207	13.91
	钾素吸收量/kg·hm ⁻² Potassium absorption	施钾量/kg·hm ⁻² Potassium application	钾肥利用率/% Potassium efficiency
N ₂ P ₂ K ₀	483.60	0	/
N ₂ P ₂ K ₁	512.70	45	64.67
N ₂ P ₂ K ₂	533.85	90	55.83
N ₂ P ₂ K ₃	553.35	135	51.67

2.5 不同施肥处理对马铃薯水分利用效率的影响

由表 6 可知, $N_3P_2K_2$ 处理较其它处理水分利用率明显提高, 达到了 $80.17 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。较

空白对照 ($N_0P_0K_0$) 处理, 水分利用率提高了 96.64%; 较推荐施肥 ($N_2P_2K_2$) 处理, 水分利用率提高了 15.67%。

表 6 氮磷钾肥对马铃薯水分利用率的影响

Table 6 Effect of N, P, K fertilizer on water use efficiency of potato

处理 Treatments	产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Yield	土壤贮水量(0~60 cm) Soil water storage		生育期 降雨量/mm Rainfall of growth period	灌水量/ $\text{mm} \cdot \text{hm}^{-2}$ Irrigation amount	水分利用率/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ Water use efficiency
		播前/mm Before sowing	收获/mm Harvest			
$N_0P_0K_0$	31485	128.01	177.67	102	720	40.77
$N_0P_2K_2$	33735	128.01	174.58	102	720	43.50
$N_1P_2K_2$	36795	128.01	167.71	102	720	47.03
$N_2P_0K_2$	42690	128.01	170.80	102	720	54.79
$N_2P_1K_2$	43920	128.01	165.46	102	720	55.98
$N_2P_2K_2$	54825	128.01	159.01	102	720	69.31
$N_2P_3K_2$	58230	128.01	166.41	102	720	74.31
$N_2P_2K_0$	36525	128.01	188.73	102	720	47.98
$N_2P_2K_1$	53385	128.01	181.73	102	720	69.49
$N_2P_2K_3$	49785	128.01	187.43	102	720	65.28
$N_3P_2K_2$	61515	128.01	182.67	102	720	80.17
$N_1P_1K_2$	36615	128.01	171.93	102	720	47.06
$N_1P_2K_1$	40425	128.01	189.94	102	720	53.19
$N_2P_1K_1$	46800	128.01	187.59	102	720	61.38

3 结论与讨论

在水资源严重不足和肥料施用量逐步提高的情况下, 有效提高马铃薯的单产具有十分重要的意义。对于马铃薯农艺性状的差异, 直接影响着产量的形成, 黄运好等^[8]研究可知, 采用滴灌的甘蔗农艺性状显著高于常规灌溉。该研究表明在 $N_3P_2K_2$ ($N \ 326.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $P_2O_5 \ 138 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $K_2O \ 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 施肥处理下马铃薯株高、大(中)薯数、单株薯重明显提高, 小薯数明显降低。邓兰生等^[9]研究表明, 滴灌施肥处理马铃薯产量增加 37.31%~47.39%。该研究也证明了, $N_3P_2K_2$ 处理下产量较空白对照增产 $30\ 038 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 增产率为 95.42%; 较推荐施肥增产 $6\ 690 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 增产率为 12.20%。樊小林等^[10]研究认为, 一般作物对氮、磷、钾肥的当季利用率约分别为 30%~35%、10%~20% 和 30%~50%。该研究表明在滴灌条件下, 施氮量 $217.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理下氮肥利用率最高为 39.31%; 施磷量 $69 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理

下磷肥利用率最高为 16.09%; 施钾量 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理下钾肥利用率最高为 64.67%, 且随着施肥量的增加, 氮、磷、钾肥的利用率呈下降的趋势。韦彦等^[11]研究也表明, 黄瓜滴灌比沟灌增产率达 11.1%~11.9%, 水分利用效率提高 43.5%~54.6%。该文研究也表明, $N_3P_2K_2$ 处理水分利用率明显提高, 达到了 $80.17 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。较空白对照处理, 水分利用率提高了 96.64%。说明, 滴灌在马铃薯增产、提高水肥利用率方面的效果是相当明显的。关于滴灌条件下, 土壤中和马铃薯中养分和水分的变化规律, 正在进一步研究中。

参考文献:

- [1] 田种存, 张洋, 张荣, 等. 青海省东部雨养区马铃薯高效施肥研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(11): 83-85.
- [2] 康跃虎, 王凤新, 刘士平, 等. 滴灌调控土壤水分对马铃薯生长的影响[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 66-72.
- [3] Hartz T K, Hochmuth G J. Fertility management of drip-irrigated vegetables[J]. Horticultural Technology, 1996, 6(3): 168-172.
- [4] 樊兆博, 刘美菊, 张晓曼, 等. 滴灌施肥对设施番茄产量和氮

- 素表观平衡的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2011, 17(4): 970-976.
- [5] 鲍士旦. 壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 9-110, 63-270.
- [6] 刘虎成, 徐坤, 张永征, 等. 滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(S1): 106-111.
- [7] 李韵珠, 王凤仙, 黄元仿. 土壤水分和养分利用效率几种定义的比较[J]. 土壤通报, 2000, 31(4): 150-155.
- [8] 黄运好, 李武, 谢立华, 等. 滴灌技术对甘蔗农艺性状及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2019: 107-108.
- [9] 邓兰生, 林翠兰, 涂攀峰, 等. 滴灌施肥技术在马铃薯生产上的应用效果研究[J]. 中国马铃薯, 2009, 23(6): 321-324.
- [10] 樊小林, 寥宗文. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J]. 植物营养与肥科学报, 1998, 4(3): 219-223.
- [11] 韦彦, 孙丽萍, 王树忠, 等. 灌溉方式对温室黄瓜灌溉水分配及硝态氮运移的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 67-72.

Effect on Water Use Efficiency and Fertilizer Utilization Rate of Potato of Different Fertilizer Treatments Under Drip Irrigation

ZHANG Yang, ZHANG Rong

(Soil and Fertilizer Institute, Qinghai Academy of Agricultural Forestry Sciences, Xining, Qinghai 810016)

Abstract: In order to explore a new way of agricultural development in arid area, the effect of different fertilizer treatments on potato yield, yield components, water use efficiency, and fertilizer utilization rate under drip-irrigation was researched. The results showed that plant height, number of big(middle) potato and potato weight per plant increased significantly and the number of small potato decreased obviously under $N_3P_2K_2$ (N_3 326.25 $kg \cdot hm^{-2}$, P_2O_5 138 $kg \cdot hm^{-2}$, K_2O 90 $kg \cdot hm^{-2}$) treatment. Potato yield reached the highest level under $N_3P_2K_2$ treatment which was 61 516 $kg \cdot hm^{-2}$. Application N of 217.50 $kg \cdot hm^{-2}$ was the highest utilization rate of nitrogen which was 39.31%. Application P of 69 $kg \cdot hm^{-2}$ was the highest utilization rate of phosphate which was 16.09%. Application K of 45 $kg \cdot hm^{-2}$ was the highest utilization rate of potash for 64.67%. Water use efficiency was obviously improved under $N_3P_2K_2$ treatment and reached 80.17 $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-2}$.

Key words: drip-irrigation; arid region; water use efficiency; fertilizer utilization rate

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位

黑龙江省农业科学院 省农委副主任
省农科院党组书记、院长

副理事长单位

黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所

黑龙江省农业科学院五常水稻研究所

黑龙江省农业科学院克山分院

黑龙江省农业科学院黑河分院

黑龙江省农业科学院绥化分院

黑龙江农业经济职业学院

中储粮北方农业开发有限责任公司

黑龙江省农垦总局

常务理事单位

勃利县广视种业有限责任公司

黑龙江垦丰种业有限公司

黑龙江农业经济职业技术学院

代表

韩贵清

代表

潘国君

张广柱

邵立刚

魏新民

陈维元

孙绍年

戴传雄

徐学阳

代表

邓宗环

刘显辉

张季中

内蒙古丰垦种业有限责任公司

理事单位

黑龙江生物科技职业学院

宁安县农业委员会

农垦科研育种中心哈尔滨研究所

黑龙江农业职业技术学院

黑龙江职业学院

鹤岗市农业科学研究所

伊春市农业技术推广中心

甘南县向日葵研究所

萝北县农业科学研究所

齐齐哈尔市自新种业有限责任公司

黑龙江省农垦科学院水稻研究所

黑龙江八一农垦大学农学院

绥化市北林区农业技术推广中心

黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校

董事长 徐万陶

代表

院长 李承林

主任 曾令鑫

所长 姚希勤

院长 李东阳

院长 赵继会

所长 姜洪伟

主任 张含生

所长 孙为民

所长 张海军

总经理 陈自新

所长 解保胜

院长 杨克军

主任 张树春

校长助理 张北成