

# 养分专家系统推荐施肥对吉林玉米产量、养分吸收和利用的影响

候云鹏 谢佳贵 孔丽丽 尹彩侠 秦裕波

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 吉林长春 130033)

**摘要:** 针对吉林地区玉米施肥存在过量、不平衡和肥料利用率较低的现象, 采用田间试验研究验证了养分专家系统 Nutrient Expert(NE) 推荐施肥对春玉米产量、经济效益和肥料利用率的影响。试验结果表明, 养分专家系统 NE 推荐施肥对吉林省春玉米有增产趋势和显著的增收效果。养分专家系统 NE 推荐施肥处理 (OPT) 与农民习惯施肥 (FP) 处理相比在减少氮肥施用 3.47 公斤/亩 -5.68 公斤/亩 (25.8%-35.9%)、磷肥 3.34 公斤/亩 -4.09 公斤/亩 (46.9%-52.7%)、钾肥 1.51 公斤/亩 -1.91 公斤/亩 (24.9%-30.2%) 的情况下, 增产玉米 11.1 公斤/亩 -36.7 公斤/亩, 增收 64.2 元/亩 -134.8 元/亩, 分别提高氮肥利用效率 13.4-16.3 个百分点、磷肥利用效率 11.5-15.6 个百分点、钾肥利用效率 18.0-21.8 个百分点, 由此得出, 养分专家系统 NE 适宜在吉林省春玉米区推行。

**关键词:** 养分专家系统; 春玉米; 养分吸收和利用

东北地区是中国玉米的最大产区, 玉米种植面积占全国玉米种植面积的 25.8%, 其中仅吉林省的玉米产量就占全国的 13%, 达 1800 万吨<sup>[1]</sup>。吉林省玉米产量对我国粮食安全至关重要。该种植区主要土壤类型为黑土, 具有有机质含量高、腐殖质层深厚、养分丰富、团粒发达、保水保肥能力及抗逆性强等优越的肥力特点<sup>[2-3]</sup>。

为了获得玉米高产, 出现了大量使用化肥、重施氮肥、盲目施肥、施肥方法不当等现象, 造成肥料利用率低下、土壤肥力下降、环境污染等问题。如何根据土壤类型、土壤肥力水平和玉米对养分的需求量进行科学合理施肥显得尤为重要。目前的推荐施肥方法主要是通过土壤养分测试, 基于土壤养分状况和产量目标等指标进行推荐施肥<sup>[4-8]</sup>。在一定程度上提高了玉米产量和经济效益, 但吉林省玉米生产大多数以小农户为主的经营单元, 很难做到每户都依据

土壤测试结果推荐施肥, 而且土壤测试过程中存在不可避免的误差, 影响了施肥推荐的准确性。

养分专家系统 Nutrient Expert 由国际植物营养研究所 (IPNI) 引进并完善, 该系统基于作物产量反应和农学效率的养管理施肥推荐原则, 只需农民或当地农技推广人员回答一些简单的玉米产量和栽培管理措施等问题, 系统就会利用后台的数据库给出当前农户的养管理措施和施肥套餐。该推荐施肥系统不仅优化了化肥用量、施肥时间、种植密度, 还结合生育期降雨、气候等优化了施肥次数, 并进行了效益分析。本研究基于养分专家系统对吉林省黑土区春玉米进行推荐施肥, 研究养分专家系统推荐施肥对春玉米产量、养分吸收、经济效益的影响, 以期在黑土区春玉米科学施肥提供依据。

表 1 供试土壤基本理化性状

试验年份	试验点	全氮 (%)	有效磷 (毫克/千克)	速效钾 (毫克/千克)	碱解氮 (毫克/千克)	有机质 (克/千克)	pH
2011	刘房子	1.14±0.11	39.23±16.18	85.36±10.76	107.54±18.6	21.44±3.27	5.80±0.33
	陶家	1.18±0.07	45.54±22.38	91.71±10.96	119.10±37.74	23.93±2.89	6.06±0.95
	黑林子	1.11±0.10	45.29±29.52	82.33±12.58	109.44±14.06	22.34±2.22	6.40±0.36
	朝阳坡	1.11±0.10	39.96±18.73	82.55±9.55	116.12±13.07	22.69±3.39	6.22±0.53
	苇子沟	1.32±0.09	44.58±14.43	86.34±6.42	126.78±7.45	28.37±1.83	6.12±0.91
2012	刘房子	1.05±0.09	31.63±16.32	89.68±11.25	108.92±10.63	20.35±3.28	5.91±0.52
	陶家	1.13±0.03	45.32±15.21	92.65±10.05	112.68±12.18	22.74±2.98	6.71±0.39
	黑林子	1.02±0.12	45.28±10.98	84.51±13.25	120.77±10.91	21.58±3.17	6.21±0.88
	朝阳坡	1.03±0.13	40.68±13.62	82.64±12.17	115.61±13.05	23.18±5.21	6.18±0.41

# 1 材料与方 法

## 1.1 试验设计

试验设在 2011 年 -2012 年吉林省中部地区公主岭市周边乡镇, 2011 年在刘房子 (7 户)、陶家 (6 户)、黑林子 (6 户)、朝阳坡 (6 户) 和苇子沟 (5 户) 五处共计 30 个农户上进行。2012 年在刘房子 (9 户)、陶家 (4 户)、黑林子 (5 户) 和朝阳坡 (8 户) 四处共计 26 个农户上进行。土壤的基本理化性状见表 1。

养分	2011 年		2012 年	
	OPT	FP	OPT	FP
N	10.01 ± 0.94	13.48 ± 2.78	10.52 ± 1.21	15.81 ± 1.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.78 ± 0.32	7.12 ± 2.14	3.68 ± 0.34	7.77 ± 1.41
K <sub>2</sub> O	4.55 ± 0.45	6.07 ± 1.69	4.41 ± 0.49	6.33 ± 0.90

注: OPT-N: 在 OPT 基础上不施氮肥; OPT-P: 在 OPT 基础上不施磷肥; OPT-K: 在 OPT 基础上不施钾肥 (下同)

每个试验点设置的处理为: 养分专家系统推荐施肥 (OPT)、减氮 (OPT-N)、减磷 (OPT-P)、减钾 (OPT-K)、农民习惯施肥 (FP) 和空白处理 (CK)。具体试验处理见表 2。养分专家系统推荐施肥和各减素处理的肥料施用方法为: 1/3 的氮肥和全部磷钾肥以基肥形式于播种前施入, 剩余 2/3 氮肥在拔节期施入。FP 处理的肥料施用方法为全部氮磷钾肥以基肥形式于播种前施入, 施肥方式为条施。小区面积 60 平方米, 品种选择当地主栽品种 (先玉 335), 与农户的相同, 种植密度为 0.4 万株 / 亩。5 月 1 日前后播种, 9 月 25 日左右收获。

处理	2011 年			2012 年		
	产量 (公斤 / 亩)	增产率 (%)	净收入 (元 / 亩)	产量 (公斤 / 亩)	增产率 (%)	净收入 (元 / 亩)
OPT	812 a	28.6	1452 a	777 a	30.2	1554 a
OPT-N	656 c	3.8	1199 c	625 cd	4.7	1284 c
OPT-P	754 b	19.3	1363 b	652 bc	9.2	1307 c
OPT-K	758 b	19.9	1373 b	673 b	12.8	1355 bc
FP	801 a	26.8	1388 b	740 a	24.0	1420 b
CK	632 c	--	1201 c	597 d	--	1265 c

注: 2011 年化肥价格: N 4.50 元 / 公斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5.70 元 / 公斤、K<sub>2</sub>O 5.50 元 / 公斤 玉米价格: 1.90 元 / 公斤  
2012 年化肥价格: N 5.00 元 / 公斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5.22 元 / 公斤、K<sub>2</sub>O 4.80 元 / 公斤 玉米价格: 2.12 元 / 公斤

## 1.2 样品采集与测定

采集玉米成熟期秸秆和籽粒样品, 分为秸秆和籽粒两部分。样品于 105℃ 杀青 30min 后, 于 80℃ 烘干至恒重, 计算其地上部干物重。样品粉碎后, 分析均采取 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法消煮, 全氮采用凯氏法进行测定, 全磷采用钒钼黄比色法测定, 全钾采用原子吸收法进行测定; 收获时取中间四垄玉米计产。

## 1.3 计算方法

氮 (磷, 钾) 素利用率 (%) = [ 施氮 (磷, 钾) 区地上部吸氮 (磷, 钾) 量 - 无氮 (磷, 钾) 区地上部吸氮 (磷, 钾) 量 ] / 施氮 (磷, 钾) 量 × 100%;

净收益 (元 / 亩) = 春玉米产量 (公斤 / 亩) × 当年春玉米价格 - 氮肥施用量 × 氮肥价格 - 磷肥施用量 × 磷肥价格 - 钾肥施用量 × 钾肥价格;

养分吸收量 (公斤 / 亩) = 植株干重 (公斤 / 亩) × 植株养分含量 (%)

试验数据用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS11.5 统计软件处理。

# 2 结果与分析

## 2.1 推荐施肥对吉林省春玉米产量及经济效益的影响

作物产量是评价肥料施用效果和土地生产能力的重要标准<sup>[9]</sup>。由表 3 产量结果可知, 在 2011 年的 30 户试验和 2012 年的 26 户试验中, 与 FP 处理相比, OPT 处理的春玉米产量较 FP 处理增产了 11.1 公斤 / 亩 -36.7 公斤 / 亩, 但二者之间差异不显著。

由表 3 经济效益结果可知, OPT 虽然在产量上与 FP

没有显著差异,但在经济效益上显著高于当地农民习惯施肥,增收幅度为 64.2 元/亩-134.8 元/亩。

OPT 处理比 FP 处理降低氮、磷、钾肥用量。其中节约氮肥 3.47 公斤/亩-5.68 公斤/亩 (25.8%-35.9%)、磷肥 3.34 公斤/亩-4.09 公斤/亩 (46.9%-52.7%)、钾肥 1.51 公斤/亩-1.91 公斤/亩 (24.9%-30.2%),使施肥成本降了下来,可见,养分专家系统推荐施肥在保证产量、控制肥料合理施用的同时,平衡了氮、磷、钾养分,也增加了农民的收入。

其他减素处理的产量在各试验点基本表现为 OPT-K>OPT-P>OPT-N,说明氮素是产量的第一限制因子,其次为磷和钾。

### 2.2 推荐施肥对春玉米养分积累量的影响

从 2011-2012 年试验的养分吸收结果(图 1)可知,OPT 处理养分吸收量均有高于 FP 处理的趋势。在 OPT 处理的氮、磷、钾肥投入量低于 FP 处理的情况下,氮吸收量提高了 0.17 公斤/亩-0.29 公斤/亩,磷吸收量提高了 0.11 公斤/亩-0.16 公斤/亩,钾吸收量提高了 0.22 公斤/亩-0.35 公斤/亩,其主要原因是养分专家系统在优化施肥量的同时,还优化了肥料的施用次数和施肥方法等养分管理措施,这样的优化措施可以减少氮肥的损失,从而更好的促进春玉米对氮、磷、钾等养分的吸收积累。

### 2.3 推荐施肥对春玉米养分利用率的影响

玉米养分利用率是评价施肥有效性和环境影响的重要指标。从养分利用率可见,由于 OPT 处理的施肥量低于

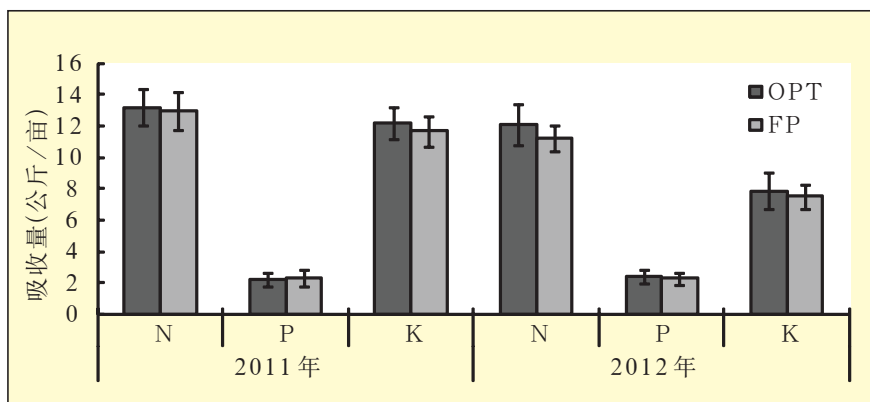


图 1 收获期春玉米养分吸收量

FP 处理,所以 OPT 处理的氮、磷、钾等养分利用率显著的高于 FP 处理,分别高出 13.4-16.3、11.5-15.6、18.0-21.8 个百分点,可见,高量化肥投入并没有提高作物对氮、磷、钾的养分吸收,反而降低了养分利用效率,进一步说明可以养分专家系统推荐施肥可以减少肥料的损失,从而更好的提高化肥利用效率。

## 3 结论

过量和不平衡施肥是吉林肥料利用率低的主要原因,过量和不平衡施肥不仅没有使玉米产量提高,反而导致肥料的浪费和经济损失,严重影响农田的可持续利用。

基于作物产量反应和农学效率的养分专家系统(Nutrient Expert)优化施肥是春玉米高产高效的基础,专家系统推荐施肥(OPT)处理在比农民习惯施肥(FP)处理增产 11 公斤/亩-37 公斤/亩的情况下,分别比 FP 节约氮肥 3.47 公斤/亩-5.68 公斤/亩 (25.8%-35.9%)、磷肥 3.34 公斤/亩-4.09 公斤/亩 (46.9%-52.7%)、钾肥 1.51 公斤/亩-1.91 公斤/亩 (24.9%-30.2%),由此可见,过量和不足的养分不平衡施肥是吉林地区春玉米生产中存在的主要问题,而养分专家系统能够保证养分的均衡供应,有利于作物的生长发育和产量形成。各减素处理春玉米产量变化表明为减氮处理 < 减磷处理 < 减钾处理,说明氮是吉林春玉米高产的最主要限制因子,其次为磷、钾。

过量和不平衡施肥不仅不能使春玉米产量提高,还导致肥料的浪费和经济损失。在 2011 年-2012 年 56 个试验点上,由于 OPT 处理降低了肥料的施用量,因此春玉米净收入较 FP 处理增加了 64.2 元/亩-134.8 元/亩,说明养分专家系统(Nutrient Expert)是科学的肥料管理方法。

养分吸收量是春玉米产量形成的基础。本试验结果表明,在 2011 年-2012 年 56 个试验点上,OPT 处理的养分吸收量均高于 FP 处理,进一步说明养分专家系统推荐施肥有利于玉米对养分的均衡吸收,使养分获

表 4 不同施肥处理春玉米肥料利用率

试验年份	试验数	氮利用率 REN(%)		磷利用率 REP(%)		钾利用率 REK(%)	
		OPT	FP	OPT	FP	OPT	FP
2011	30	31.6±4.1a	18.2±2.8b	28.2±3.2a	16.73±2.1b	48.5±3.7a	26.7±1.8b
2012	25	32.6±3.9a	16.3±2.9b	27.2±3.8a	11.6±1.6b	45.2±2.9a	24.2±3.2b

得平衡。肥料利用效率是表征合理施肥的重要指标,张福锁等<sup>[10]</sup>报道了中国玉米氮肥、磷肥、钾肥利用率平均分别为26.1%、11.0%、31.9%,本试验中基于NE推荐施肥的氮、磷、钾利用率高于全国平均水平<sup>[11]</sup>。也显著的高于农民习惯(FP)处理。可见,基于NE的养分专家系统施肥不仅提高了玉米产量和农民收入,而且增加了肥料利用效

率,对农田可持续利用具有重要意义。

综上所述,基于作物产量反应和农学效率的养分专家系统(Nutrient Expert)推荐施肥能够提高春玉米子粒产量,增加养分吸收和提高养分利用率,同时能够增加农民收入,是能够兼顾产量、养分高效利用和环境保护的一项重要重要的施肥措施。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [2] 赵兰坡, 张志丹, 王鸿斌, 等. 松辽平原玉米带黑土肥力演化特点及培育技术 [J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(4): 511-516.
- [3] 王蒙, 赵兰坡, 王立春, 等. 不同气肥运筹对东北春玉米氮素吸收和土壤氮素平衡的影响 [J]. 玉米科学, 2012, 20(6): 128-131.
- [4] 黄国斌, 李家贵. 测土配方施肥对玉米养分吸收、产量及效益的影响 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 23-25.
- [5] 赖丽芳, 吕军峰, 郭天文, 等. 平衡施肥对春玉米产量和养分利用率的影响 [J]. 玉米科学, 2009, 17(2): 130-132.
- [6] 侯云鹏, 谢佳贵, 尹彩侠, 等. 测土配方施肥对玉米产量及化肥利用率的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9452-9454.
- [7] 王贺, 白由路, 杨俐苹, 等. 基于ASI方法的推荐施肥在东北玉米上的应用 [J]. 中国土壤与肥料, 2010, (5): 31-37.
- [8] 杨青华, 高尔明, 马新明, 等. 不同土壤类型对玉米干物质积累动态及其分布的影响 [J]. 玉米科学, 2000, 8(1): 55-57.
- [9] 沙之敏, 边秀举, 郑伟, 等. 最佳养分管理对华北冬小麦养分吸收和利用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1049-1055.
- [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, 45(5): 915-924.
- [11] 王宜伦, 李慧, 张晓佳, 等. 不同质地潮土夏玉米推荐施肥方法研究 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(4): 402-407.

