

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20200512

· 粮食安全 ·

河南省不同典型农业生产区玉米施肥现状及增产潜力评价^{*}

任 宁, 王改革, 叶优良, 汪 洋, 赵亚南, 黄玉芳[※]

(河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

摘 要 [目的] 通过调研 2017 年河南省不同典型农业生产区玉米的施肥现状, 发现河南省玉米种植效益普遍较低主要与化肥不合理施用相关, 提出相应的施肥建议以获得最大增产。[方法] 采用实地问卷调查的方法, 选择河南省禹州、长葛 (两个粮食作物种植区)、杞县 (一个经济作物种植区) 3 个典型农业经济区域作为调查地点, 共调查了 828 家农户玉米的产量、施肥种类、施肥量、施肥时间、施肥方式等。[结果] 河南省粮作区玉米产量为 4 500.00 ~ 10 500.00 kg/hm², 养分投入量为 90.00 ~ 1 249.00 kg/hm², 且仅有单质肥料和复合肥的投入, 禹州、长葛两地粮作区平均 PFP 分别为 19.18% 和 22.46%, 增产潜力分别为 23% 和 26%; 杞县经作区玉米产量在 4 731.00 ~ 11 320.00 kg/hm², 养分投入量为 0.00 ~ 1 206.00 kg/hm²。经作区有机肥的投入, 使其肥料种类相对较多, 该区域平均 PFP 为 31.19%, 平均增产潜力为 34%。[结论] 根据当地土壤肥力, 粮作区玉米种植可适当减少氮肥投入量, 降低基追比, 增施磷钾肥, 改进后玉米有 20% ~ 30% 的增产潜力; 经作区玉米种植严格把控氮磷钾的配施, 增施有机肥, 增加基肥种类, 改进后玉米有 30% ~ 40% 的增产潜力。

关键词 玉米 施肥 问卷调查 增产潜力 施肥建议

中图分类号: S14-31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9121[2020]05098-08

0 引言

玉米现已发展为我国第一大粮食作物^[1], 种植面积占全国的 30.0%、总产量占全国粮食总产的 27.8%^[1], 玉米是工业、食品和饲料等产业的生产原料, 对保障国家粮食安全意义重大^[3-4]。河南省是我国重要的粮食大省, 玉米种植面积达 282 万 hm²^[5], 在黄淮海地区, 河南玉米总产量稳居第二位, 近年来河南玉米种植面积不断增加, 单产也在稳步提高, 因此河南玉米在保障国家粮食安全具有十分重要的意义^[6-7]。

肥料是粮食增产的基础, 也推动了现代农业的发展, 资料显示粮食产量中肥料的贡献率达 40% ~ 60%^[8]。随着人类对粮食需求越来越高, 化肥的需求也逐渐增加, 但是在追求高产量的同时忽略了作物养分需求与养分投入的关系^[9], 由于缺乏科学的施肥指导和受施肥越多产量越高的传统观念的影响, 农户施肥存在很大的盲目性、随意性, 从而导致了肥料增产效率和经济效益的降低, 也带来了资源浪费和环境污染的问题^[10-11]。研究发现, 农村劳动力大量向城市转移、生产回报率低、科学施肥技术获得途径少、经济水平低、农业机械化水平低等都是限制先进施肥技术大面积推广的主要原因^[11-13]。近年来, 有学者利用农户调查^[14]及统计资料^[15]对肥料施用与粮食产量的关系进行了分析评价^[16], 通过农户抽样调查研究了区域种植结构、作物间化肥投入和施肥技术的差异性, 发现了作物施肥上存在的问题, 提出了对应的

收稿日期: 2018-10-13
作者简介: 任宁 (1993—), 男, 河南周口人, 硕士研究生。研究方向: 作物养分资源管理
※通讯作者: 黄玉芳 (1972—), 女, 山东泰安人, 硕士、中级实验师。研究方向: 测土配方施肥。Email: yufanghuang@163.com
*资助项目: 十三五国家重点研发计划“作物氮素需求与土壤、肥料供氮时空匹配规律”(2017YFD0200100)

解决方案，对农业区域化肥研究具有重要意义^[17]。河南省以小麦—玉米轮作为主，兼有经济作物种植，种植方式多样、间套复种并存，不同区域间种植结构差异较大^[18]，此外，由于经济发展不一致，不同农业区域生产水平不同，形成了区域性的施肥习惯^[19]。前人多以农户生产习惯进行小区模拟试验来探究不同区域农户施肥状况并提出相应施肥建议的研究，但是其限制因素较多，无法实际模拟不同区域气候环境等因素，文章以抽样调查的农户玉米施肥统计数据为基础，比较区域间玉米产量、施肥量、施肥方式、肥料种类等方面的差异，分析不同区域玉米施肥存在问题，并探讨出针对不同区域的施肥建议^[19]，为河南省玉米养分优化管理提供现实依据。

1 材料与方法

1.1 调查区域农业生产现状

2017—2018 年在河南省禹州、长葛、杞县采用实地问卷调查的方式调研农户 2017 年玉米季的生产施肥状况，共收集有效问卷 828 份（表 1）。河南省人均耕地面积为 0.082hm²^[20]，禹州地处山地与平原交汇处，耕地数量较少，人均耕地面积为 0.075hm²，低于全省平均水平，以粮食作物种植为主，禹州农业经济占比较小，但其整体经济水平在省内名列前茅^[21]；长葛以小农户分散经营，人均耕地面积为人均 0.075hm²，低于全省平均水平，多以小麦—玉米轮作为主，另长葛经济水平在河南省内名列前茅，为河南省典型重工业县级市，农业经济依托不重^[22]；杞县作为河南省典型的经济作物种植区域，人均耕地为 0.097hm²，高于全省平均水平，杞县是大蒜种植区，多以大蒜—玉米进行轮作，农业经济占全县经济比重较大，是典型的农业大县^[23]。

表 1 玉米生产施肥现状调研地点

地点	人均耕地面积（hm ² ）	乡镇	样本数（户）
禹州	0.075	顺店、火龙、朱阁、花石、方岗、朱阁、方山、神垕、苌庄等	356
杞县	0.097	城关、裴村店、沙沃、平城、泥沟、城郊等	227
长葛	0.067	陈曹、石固、后河、石像等	245

1.2 调查区域土壤理化性状

表 2 所示为调研区域土壤理化性状，土为主，禹州、长葛以壤土为主，基础 5 项上杞县土壤 pH、速效磷高于两地粮作区，速效钾相对较低；禹州、杞县、长葛 3 地年均降雨量分别为：650、700 和 711mm，年均气温分别为：13.6、14.1 和 14.3℃。

表 2 调查区域土壤理化性状

地区	土壤类型	pH	有机质 (g/kg)	土壤全氮 (g/kg)	土壤速效磷 (mg/kg)	土壤速效钾 (mg/kg)
禹州	壤土	8.09	16.6	1.02	11.05	128.11
杞县	潮土	8.29	14.2	0.90	15.10	102.83
长葛	壤土	8.17	16.6	0.93	11.27	114.15

1.3 数据处理方法

产量差是现有技术条件下获得的最高产与实际产量之差；产量差比率是将肥料施用所造成的产量差换成产量差占最高产量的百分比^[24]。根据该文中的数据引用边界线的研究方法^[25]对限制玉米产量的各个肥料进行分析，得出在肥料施用的情况下相应的最高理论产量。该文将边界线拟合最高产量和实际产量的差值与边界线拟合最高产量的百分比，即为增产潜力^[24]。

采用 Epidata（V3.02）软件进行调查数据录入，利用 SPSS21.0 进行数据统计分析，处理间多重比较采用 Duncan 法，5% 显著水平边界线计算方法^[25-26]。

设施氮量为 X_i ，相应的产量为 Y_i ，施氮量与产量关系排列：

$$(X_i, Y_i) = [(X_i, Y_i), \cdots, (X_n, Y_n)] \quad i = N_0, N_1, \cdots, N_n$$

(1)

设施氮量为 X_i ，相应边界产量为 Y_j ，边界线产量数据排列：

$$(X_i, Y_j) = \{ (X_i, Y_{j=i}), [X_i, Y_{j=IF(Y_{j+1} > Y_{j=i}, Y_{j+1}, Y_{j=i})}], \cdots, (X_n, Y_{j+n}) \}$$

$$j=i$$

(2)

对施氮量与相应边界产量进行曲线拟合，得出一元二次方程相关关系，曲线即为产量边界线。

2 结果与分析

2.1 河南省不同农业经济区玉米产量水平

由表 3 可知，河南省玉米产量水平可以划分为 6 个等级，828 份农户调查问卷结果显示，禹州、长葛、杞县玉米平均产量分别为 7 523.40、7 610.40 和 8 355.15kg/hm²，杞县玉米平均产量分别高于禹州、长葛平均产量 11.05%、9.78%。其中禹州、长葛、杞县农户产量水平集中在 6 000.00 ~ 7 500.00kg/hm²，杞县高产农户比例显著高于禹州、长葛两地高产农户比例，且杞县出现超高产（大于10 500.00kg/hm²）的农户。

表 3 河南省调查农户玉米产量状况

产量（kg/hm ² ）	禹州市		长葛市		杞县	
	户数	比例（%）	户数	比例（%）	户数	比例（%）
≤4 500	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4 500 ~ 6 000	9	7.03	12	9.30	3	4.17
6 000 ~ 7 500	84	65.63	73	56.59	31	43.06
7 500 ~ 9 000	34	26.56	37	28.68	24	33.33
9 000 ~ 10 500	1	0.78	7	5.43	12	16.67
>10 500	0	0.00	0	0.00	2	2.77
平均产量	7 523.40		7 610.40		8 355.15	

2.2 河南省不同农业经济区玉米氮肥施用量

表 4 可知，禹州、长葛、杞县的平均氮肥投入量分别是 190.12、238.34 和 175.97kg/hm²，长葛的化学氮肥平均投入量最高，且分别高于禹州和杞县的平均氮肥投入量 25.36% 和 35.44%。禹州、长葛、杞县的氮肥投入量跨度范围为 92.00 ~ 347.00、90.00 ~ 549.60 和 0.00 ~ 348.00kg/hm²，可以看出禹州的氮肥投入量集中，长葛的氮肥施用量跨度最大（表 4）。禹州、长葛氮肥用量占比峰值分布在 180.00 ~ 270.00kg/hm²，比杞县氮肥用量峰值的范围要高。另禹州出现氮肥用量超过 360.00kg/hm² 的样本。

表 4 河南省调查农户玉米氮肥投入量

氮肥用量 Nkg/hm ² ）	禹州 比例（%）	长葛 比例（%）	杞县 比例（%）	均值 （%）
≤90	0.00	0.78	3.02	1.27
90 ~ 180	30.47	13.18	55.96	33.20
180 ~ 270	67.97	68.22	24.75	53.65
270 ~ 360	1.56	14.73	16.27	10.85
>360	0.00	3.10	0.00	1.03
最大值 max	347.00	549.60	348.00	414.87
最小值 min	92.00	90.00	0.00	94.67
均值 mean	190.12Bb	238.34Aa	175.97Bb	201.48
标准差 SD	42.73	58.58	53.99	51.77

2.3 河南省不同农业经济区玉米磷肥施用量

分析表 5 数据可知，禹州、长葛杞县的平均磷肥用量分别为 60.21、61.59 和 162.07kg/hm²，杞县的平均磷肥用量最高，且杞县磷肥施用量变幅为 0.00 ~ 603.00kg/hm²，其中 31.94% 的样本集中在 45.00 ~ 90.00kg/hm² 水平。禹州与长葛两地磷肥投入水平相对杞县较为集中，用量跨度较小，磷肥用量水平多集中在 0.00 ~ 45.00kg/hm²。禹州、长葛两地 180.00kg/hm² 以上的高磷肥用量农户分别占总样本量的

2.34%、3.11%。杞县玉米超高磷肥（大于 270.00kg/hm²）农户占样本量的 20.83%。

2.4 河南省不同农业经济区玉米钾肥施用量

由表 6 可知禹州、长葛、杞县的平均钾肥投入量分别为 52.74、51.87 和 90.25kg/hm²，杞县钾肥平均投入量显著高于禹州、长葛两地得钾肥投入量。禹州玉米钾肥用量多集中在 0.00~45.00kg/hm² 范围，比例达 58.59%；长葛市钾肥用量多集中在 45.00~90.00kg/hm² 水平，占比 51.16%；杞县钾肥用量集中于 90.00~135.00kg/hm²，且杞县高钾（大于 135.00kg/hm²）样本占比 6.59%，同时低钾（小于 45.00kg/hm²）样本量显著低于禹州、长葛两地得样本量，使得杞县玉米平均钾肥施入量显著高于禹州、长葛钾投入量。

表 5 河南省调查农户玉米磷肥投入量

磷肥用量 (P ₂ O ₅ kg/hm ²)	禹州 比例 (%)	长葛 比例 (%)	杞县 比例 (%)	均值 (%)
≤45	71.88	44.19	31.94	49.34
45~90	7.81	37.21	6.94	17.32
90~135	15.63	7.75	23.61	15.66
135~180	2.34	7.75	5.56	5.22
180~225	0.78	2.33	4.17	2.42
225~270	0.78	0.00	6.94	2.58
>270	0.78	0.78	20.83	7.46
最大值 max	385.50	315.00	603.00	434.50
最小值 min	0.00	0.00	0.00	0.00
均值 mean	60.21Bb	61.59Bb	162.07Aa	94.62
标准差 SD	50.03	52.39	145.30	82.57

表 6 河南省调查农户玉米钾肥投入量

钾肥用量 (K ₂ Okg/hm ²)	禹州 比例 (%)	长葛 比例 (%)	杞县 比例 (%)	均值 (%)
≤45	58.59	42.64	29.17	43.47
45~90	32.81	51.16	18.06	34.01
90~135	7.81	3.88	45.83	19.17
135~180	0.78	0.78	2.78	1.44
180~225	0.00	0.78	1.39	0.72
225~270	0.00	0.00	2.78	0.93
>270	0.00	0.78	0.00	0.26
最大值 max	157.50	315.00	255.00	242.50
最小值 min	0.00	0.00	0.00	0.00
均值 mean	52.74Bb	51.87Bb	90.25Aa	64.95
标准差 SD	27.62	40.05	57.47	41.71

2.5 河南省不同农业经济区玉米施肥种类

由表 7 分析发现禹州、长葛施肥种类比较单一，完全按照复合肥基施和单质肥追施的模式，结合当地经济和种植情况可知，禹州、长葛两地农业经济依托不重，多以管理简单的粮食作物为主，也是导致施肥单一的重要原因；杞县的施肥种类则较为完全，存在单质肥基施与有机肥追施的情况，杞县是河南省典型大蒜种植区域，肥料的施用偏向多元化。

表 7 河南省调查农户施肥种类

肥料种类	禹州		长葛		杞县		%
	基肥比例	追肥比例	基肥比例	追肥比例	基肥比例	追肥比例	
单质肥	0.00	65.96	0.00	9.48	5.81	27.74	
复合肥	100.00	0.00	90.52	0.00	89.35	35.48	
有机肥	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.65	

2.6 河南省不同农业经济区玉米种植肥料偏生产力

肥料偏生产力是指作物施肥后的产量与肥料施用量的比值，反映了作物吸收肥料和土壤养分后所产生的边际效应。由表 8 可知，禹州、长葛、杞县的平均肥料偏生产力分别为 19.18、22.46、31.19kg/kg，杞县的平均肥料偏生产力显著高于禹州、长葛。结合上文中数据分析可知，肥料过量投入以及肥料种类的单一化是降低肥料偏生产力的主要原因。

2.7 河南省不同农业经济区玉米增产潜力分析

图 1 分别是禹州、长葛、杞县 3 地两年氮磷钾 3 个因子与产量间的相关关系，图中曲线为产量边界线，可以看出在不同地区氮磷钾肥料因子对玉米产量都有一定的影响，3 地间氮肥对产量的影响较大，其

表 8 河南省调查农户玉米肥料偏生产力

肥料偏生产力 PFP (kg/kg)	禹州 比例 (%)	长葛市 比例 (%)	杞县 比例 (%)	均值 (%)
≤20	36.17	32.76	36.77	35.23
20 ~ 40	29.79	41.38	34.84	35.34
40 ~ 60	0.00	66.38	18.71	28.36
60 ~ 80	0.00	0.86	5.81	2.22
> 80	0.00	0.00	0.65	0.22
最大值 max	37.21	46.15	152.78	78.71
最小值 min	9.04	12.52	7.76	9.78
均值 mean	19.18	22.46	31.19	24.28
标准差 SD	3.80	5.67	18.33	9.27

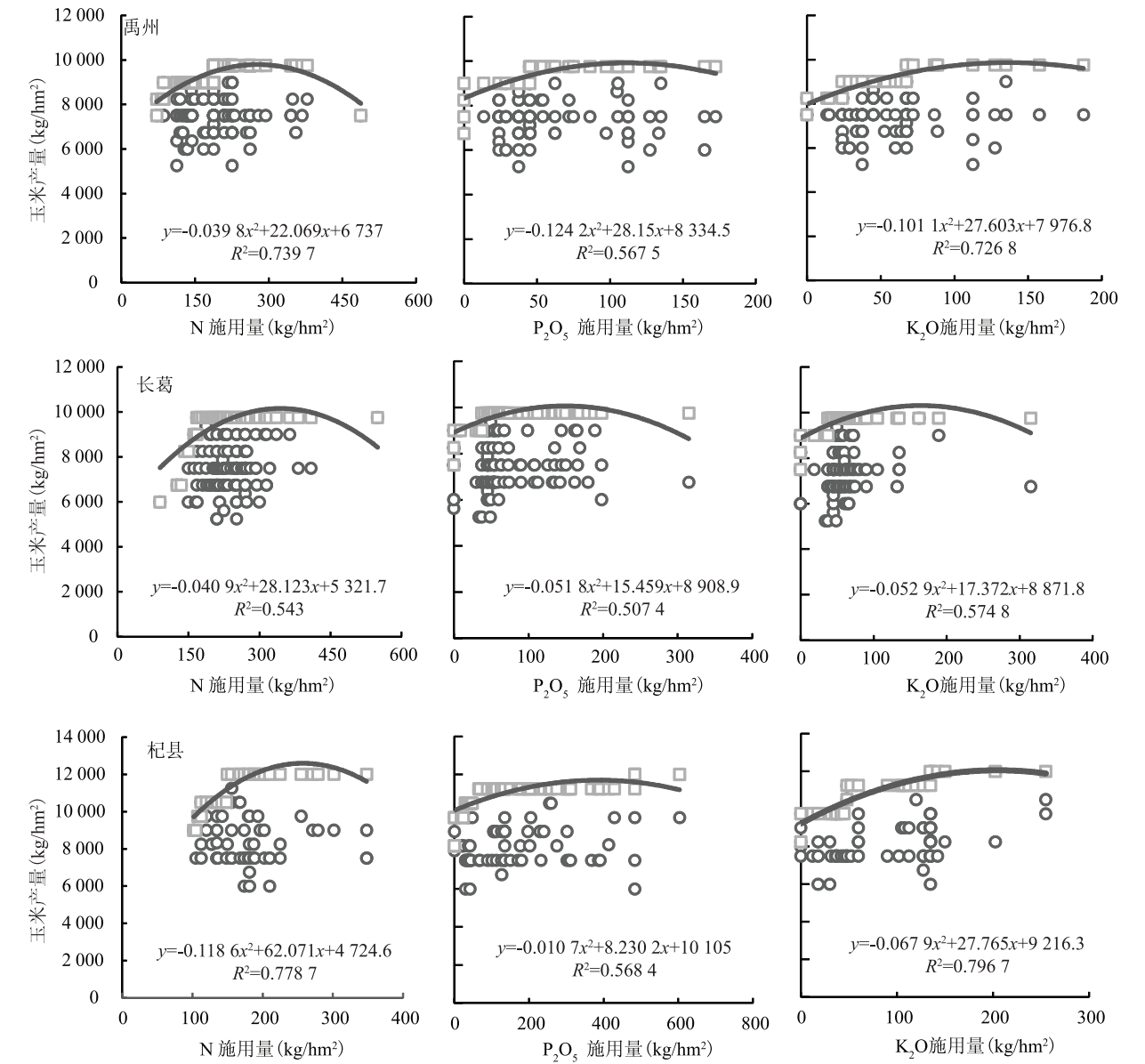


图 1 河南省玉米产量边界线

中 3 地边界线拟合最高产量分别为：9 930.57、10 298.01 和 12 586.46kg/hm²，远远高于该地平均玉米产量。图 2 是由于肥料投入造成的产量差比率，即为增产潜力，结合图 2 分析可知禹州年际间的氮肥限制增产潜力差异显著，3 地平均潜力分别为：23%、26%、34%，经作区玉米增产潜力高于粮作区玉米增产潜力。

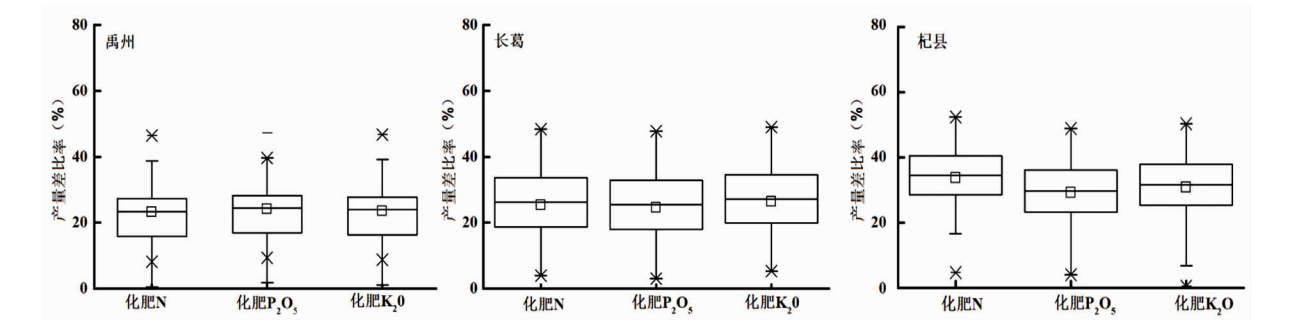


图 2 河南省玉米产量差比率

3 讨论

3.1 河南省粮作区玉米施肥建议

边界线研究方法是以产量主要限制因子为研究基础，大田中氮肥是增产的主要因素，磷钾次之，因此经作区边界线拟合出的玉米磷钾用量受经济作物磷钾施用量影响出现超高使用量，其适用性需进一步研究^[25-27]。在三大粮食作物中，玉米的化肥利用效率最低，且玉米化肥利用效率变化最大^[28]，我国玉米肥料利用效率远低于国际水平，玉米的过量施肥以及不适当的水肥管理导致玉米作物产量潜力未得到充分发挥^[29]。调研发现，河南省粮作区玉米氮磷钾投入量为 90.00 ~ 549.60、0.00 ~ 385.50 和 0.00 ~ 315.00kg/hm²，最高氮磷钾投入量为 549.60、385.50 和 315.00kg/hm²，粮作区理论产量可达 10 298.01kg/hm²，但当前产量平均只能达到 7 610.40kg/hm²，说明河南省粮作区玉米施肥存在很大盲目性，肥料用量很多，但却难以达到相应的增产效果。目前推荐氮肥施用量为 150.00 ~ 200.00kg/hm²，调研数据显示有 1/3 的农户氮肥用量不在推荐用量范围内，磷钾推荐施用量为 45.00 ~ 75.00、75.00 ~ 120.00kg/hm²^[30]，数据显示约有 2/3 的农户磷钾用量低于推荐用量，因此河南省粮作区玉米施肥应适当调整氮肥投入量，提高磷钾用量。优化氮肥总量和基追比能有效地提高玉米产量，同时减少氮肥的损失^[31]，氮肥 1 : 1.43 基追比是目前玉米高产的推荐比例，磷钾肥主要以基施为主^[32]，结合文中数据发现粮作区玉米氮肥基施量大于追肥用量，追肥量最高仅占肥料用量的 65.96%，河南省粮作区玉米应降低氮肥基施加大追肥量，磷钾基施为主，才能获得相应的增产。

3.2 河南省经作区玉米施肥建议

与粮作区玉米种植情况不同，经作区玉米种植主要以田闲倒茬、培肥地力为主，因此经作区玉米施肥应结合经济作物生产情况进行优化。经作区玉米平均产量 (8 355.15kg/hm²) 显著高于粮作区玉米产量 (7 523.40kg/hm²)，显著高于粮作区玉米产量，且经作区玉米理论产量为 12 586.46kg/hm²，可见经作区玉米有着很大的增产潜力。闫湘^[33]指出经济作物种植上，重氮、磷钾施用变幅较大的现象普遍存在，参照黄淮海氮肥推荐用量，该区域仍有 1/3 的农户氮肥施用量不在推荐范围之内。经作区磷、钾用量明显高于粮作区，这可能与经济作物高磷、高钾需求以及农户的施肥习惯有关^[34]。该区域磷、钾肥施用变幅在 0.00 ~ 270.00kg/hm²，磷肥有高于 270.00kg/hm² 的样本存在，经作区磷、钾变幅较大的原因可能是该区域过于经济作物的磷、钾肥高施用量的土壤残留^[35]，以及该区域农户盲目注重当季作物产量的重肥轻养地的施肥习惯。经作区玉米氮肥用量低于粮作区，但是追施比例高于粮作区，相比推荐氮肥基追比 (1 : 1.43) 仍有差距，建议增加经作区玉米氮肥追施比例。经作区玉米不作为主要售卖农产品，但其对土

壤养分的带走量却十分大,因此建议经作区玉米基肥施用中添加有机肥,保障养分持续供应,改善经济作物品质^[36]。

4 结论

河南省粮作区玉米种植区域普遍存在氮肥用量过高、一次性施肥、磷钾施用不足的现象,应根据当地土壤肥力适当减少氮肥的投入量,降低基追比,增施磷钾肥,改进后该区域玉米有 20%~30% 的增产潜力;经作区的玉米种植存在培肥地力、氮磷钾配比不合理、新型商品肥料施用不科学等问题,应根据当地土壤肥力需求严格把控氮磷钾的配施,增施有机肥,增加基肥种类,改进后该区域玉米有 30%~40% 的增产潜力。

参考文献

- [1] 王宜伦,李潮海,谭金芳,等. 氮肥后移对超高产夏玉米产量及氮素吸收和利用的影响. 作物学报, 2011, 37 (2): 339-347.
- [2] 吴良泉,武良,崔振岭,等. 中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究. 土壤学报. 2015 (4): 802-817.
- [3] 闫翠萍,杨萍果,孙树荣. 三种肥力水平土壤施肥对玉米产量及经济效益的影响. 中国土壤与肥料, 2017 (5): 56-60.
- [4] 王宜伦,自由路,王磊,等. 基于养分专家系统的小麦—玉米推荐施肥效应研究. 中国农业科学, 2015, 48 (22): 4483-4492.
- [5] 杨红旗,孙福海,汪秀峰,等. 河南省玉米生产现状、发展目标与对策. 种业导刊, 2009 (9): 15-16.
- [6] 张国合,张博,王海标,等. 河南省夏玉米主产区土壤理化性状研究. 中国农学通报, 2016, 32 (20): 92-96.
- [7] 魏昕,王振华,张前进,等. 河南省玉米生产现状、问题与对策. 玉米科学, 2010, 18 (2): 136-141.
- [8] 曾宪坤. 中国化肥工业的现状和展望. 土壤学报, 1995 (2): 117-125.
- [9] 周亮,徐建刚,蔡北溟,等. 淮河流域粮食生产与化肥消费时空变化及对水环境影响. 自然资源学报, 2014, 29 (6): 1053-1064.
- [10] 杨军芳,周晓芬,孙丽敏,等. 太行山前平原小麦/玉米轮作土壤养分状况与农田氮、磷、钾平衡分析. 华北农学报, 2011, 26 (6): 181-188.
- [11] 李青松,韩燕来,邓素君,等. 豫北平原典型小麦—玉米轮作高产区节肥潜力分析. 麦类作物学报, 2018, 38 (10): 1216-1221.
- [12] 刘娇,刘举,苏瑞光,等. 河南省小麦玉米生产现状、问题与对策. 农学学报. 2015 (1): 5-9.
- [13] 卢德成. 区域玉米生产成本影响因素的实证分析. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (3): 18-23.
- [14] 金继运,林葆. 化肥在农业生产中的作用和展望. 作物杂志, 1997 (2): 5-9.
- [15] 黄振雄. 广东施用化肥 88 年的历史回顾. 热带亚热带土壤科学, 1994, 3 (3): 183-188.
- [16] 初明光,王激情,马文奇,等. 山东省粮食作物的化肥施用状况分析. 土壤肥料, 2006 (2): 12-15.
- [17] 杨军芳,冯伟,周晓芬,等. 河北省太行山前平原轮作小麦/玉米化肥施用现状调查与分析. 河北农业科学. 2011 (12): 21-27.
- [18] 黄玉芳,李欢欢,王玲敏,等. 河南省玉米生产与肥料施用状况. 河南科学, 2009, 27 (8): 955-958.
- [19] 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. 土壤学报. 2008 (5): 915-924.
- [20] 任祥源. 河南省耕地资源可持续利用评价研究 [硕士论文]. 郑州: 河南大学, 2011.
- [21] 何富忠,吴国玺. 禹州市经济发展条件、现状及对策研究. 边疆经济与文化, 2008 (2): 26-28, 178.
- [22] 张红星. 城镇土地集约利用的研究 [硕士论文]. 郑州: 河南农业大学, 2008.
- [23] 李洁光. 河南省杞县大蒜产业发展研究 [硕士论文]. 昆明: 云南农业大学, 2016.
- [24] 苗泽兰,孙志梅,张新星,等. 河北省山药产量及施肥现状分析. 中国土壤与肥料, 2016 (5): 138-143.
- [25] Wairegi L W I, van Asten P J A, Tenywa M M, et al. Abiotic constraints override biotic constraints in East African highland banana systems. Field Crops Research, 2010, 117 (1): 146-153.
- [26] Ewald Schnug, Jürgen Heym, Fares Achwan. Establishing critical values for soil and plant analysis by means of the boundary line development system (bolides). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1996, 27 (13-14): 2739-2748.
- [27] Evanylo G K, Sumner M E. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutrient norms for soybean production. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1987, 18 (12): 1379-1401.
- [28] 李红莉,张卫峰,张福锁,等. 中国主要粮食作物化肥施用量与效率变化分析. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (5): 1136-1143.
- [29] 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. 土壤学报, 2008 (5): 915-924.
- [30] 李定元,吕趁义. 河南夏玉米施肥技术. 中国种业, 2012 (12): 75.
- [31] Cui Z L, Chen X P, Zhang F S, et al. On-farm valuation of the improved soil N_{min} -based nitrogen management for summer wheat in North China Plain. Agronomy Journal, 2008, 100 (3): 517-525.
- [32] 王激清,马文奇,江荣凤,等. 我国水稻、小麦、玉米基肥和追肥用量及比例分析. 土壤通报, 2008 (2): 329-333.

- [33] 闫湘. 我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究 [博士论文]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [34] 李帅, 黄玉芳, 安志超, 等. 杞县大蒜施肥状况调查. 中国瓜菜, 2017, 30 (2): 30–33.
- [35] 徐洋, 辛景树. 经济作物科学施肥发展现状与对策建议. 中国农技推广, 2017, 33 (5): 9–13.
- [36] 白由路. 国内外耕地培育的差异与思考. 植物营养与肥料学报, 2015, 21 (6): 1381–1388.

EVALUATION OF FERTILIZATION MANAGEMENT AND YIELD POTENTIAL OF MAIZE IN DIFFERENT TYPICAL AGRICULTURAL PRODUCTION AREAS IN HENAN PROVINCE *

Ren Ning, Wang Gaige, Ye Youliang, Wang Yang, Zhao Yanan, Huang Yufang※

(College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract Based on a survey of fertilization management in maize production in Henan province in 2017, it is found that the low efficiency of maize is mainly related to suboptimal of chemical fertilizers, suggestions on fertilization managements are made to maximize the yield and efficiency. In this study, we investigated the maize yield and the "4R" of fertilization management (i. e., types, rate, time, and place) of 828 farmers in Yuzhou, Change (as two grain-growing areas) and Qixian (as a cash crop-growing area) of Henan province. The maize yield of the two grain-growing areas ranged from 4 500.00 kg/hm² to 10 500.00 kg/hm², and fertilizer input varied from 90.00 kg/hm² to 1 249.00 kg/hm². The input of straight fertilizer and compound fertilizer prevailed in these two grain-growing areas. The average PFP of the two areas were 19.18%, 22.46%, and yield potential were 23% and 26%, respectively. In the cash crop growing area, maize yield ranged from 4 731.00 kg/hm² to 11 320.00 kg/hm², and fertilizer input varied from 0.00 kg/hm² to 1 206.00 kg/hm². Organic fertilizers were used in the cultivated area, resulting in a relatively large variety of fertilizers. The average PFP in this area was 31.19% and yield increase potential was 34%. For the two grain growing areas, our recommendations are showed as follows. Firstly, it should reduce total N fertilizer, reduce basal/topdressing ratio, and increase phosphorus and potassium fertilizers. Combing these measures, it may increase maize yield by 20% ~ 30% depending on soil fertility. For cash growing area, the application of ammonia, phosphorus and potassium should be strictly controlled according to soil fertility and crop demand. And it increase the application of organic fertilizer and the types of basal fertilizer may increase maize yield by 30% ~ 40%.

Keywords maize; fertilization; questionnaire survey; potential to increase production; fertilizer recommendations