

腐植酸复合肥在夏玉米上的增产效果及对氮肥表观利用率和土壤硝态氮的影响

孙克刚¹ 王春兰¹ 刘高远¹ 杜君¹ 杨占平¹ 和爱玲¹ 岳艳军²

1 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所 郑州 450002

2 河南心连心化学工业集团股份有限公司 新乡 453731

摘要: 为研究腐植酸复合肥对玉米产量、氮肥表观利用率及土壤硝态氮含量的影响,通过与不施肥及普通复合肥相比较,找出最佳腐植酸施肥含量配比。试验设腐植酸含量为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的6个水平腐植酸复合肥,经田间试验,结果表明:腐植酸复合肥均能够提高夏玉米产量,腐植酸的添加剂量不同,增产效果差异较大。与普通复合肥处理相比,腐植酸复合肥增产22.74~66.67 kg/667 m² (4.35%~12.76%),差异达到极显著水平,其中以0.6%腐植酸含量处理产量最高(589.29 kg/667 m²)。与普通复合肥处理相比,腐植酸复合肥各个处理氮肥表观利用率提高1.72~12.03个百分点,且均不同程度地降低了土壤中的硝态氮含量。

关键词: 腐植酸复合肥;夏玉米;产量;氮肥表观利用率;土壤硝态氮

中图分类号: TQ444.6, S513

文章编号: 1671-9212(2024)03-0026-05

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.03.005

Effects of Humic Acid Compound Fertilizer on Increasing Yield of Summer Maize and Nitrogen Apparent Recovery Fraction and Soil Nitrate Nitrogen

Sun Kegang¹, Wang Chunlan¹, Liu Gaoyuan¹, Du Jun¹, Yang Zhanping¹, He Ailing¹, Yue Yanjun²

1 Plant Nutrition and Resources and Environment Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, 450002

2 Henan Xinlianxin Chemical Industry Group Co. Ltd., Xinxiang, 453731

Abstract: In order to study the effects of humic acid compound fertilizer on maize yield, nitrogen apparent recovery fraction and soil nitrate nitrogen content to obtain the best ratio of humic acid fertilizer content, it was compared with no fertilizer and ordinary compound fertilizer. Field experiments with humic acid content of 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6% for six groups were conducted. The results show that the humic acid compound fertilizer could improve the yield of summer maize, and the additive amount of humic acid was different, and the yield increase effect was quite different. Compared with ordinary compound fertilizer treatment, the yield of humic acid compound fertilizer were increased by 22.74~66.67 kg / 667 m²

[基金项目] 河南省农业科学院自主创新基金“腐植酸对土壤结构及作物养分吸收利用的影响研究”(项目编号2024ZC053);河南省农业科学院自主创新项目(项目编号2023ZC036);农业农村部专项“主要粮食作物一次性施肥技术研究与示范”(项目编号201303103);2013省院合作项目(项目编号122106000035);2013年科技厅农业攻关项目“夏玉米一次性施肥增产稳产技术研究与示范”;“十二五”：“黄淮海平原南部(河南)小麦玉米丰产节水节肥技术集成与示范”(项目编号2013BAD07B07);河南省财政预算项目“氮肥增值提效及高效施用技术研究与示范”(项目编号092102110523)。

[收稿日期] 2023-04-28

[作者简介] 孙克刚,男,1965年生,研究员,主要从事植物营养与施肥和精准农业养分管理与施肥方面的研究,E-mail:nkyzhjfr@126.com。



(4.35%~12.76%), and the difference reached a very significant level, among which the yield of 0.6% humic acid content was the highest (589.29 kg/667 m²). Compared with ordinary compound fertilizer treatment, the nitrogen apparent recovery fraction of humic acid compound fertilizer was increased by 1.72~12.03 percentage points, and the nitrate nitrogen content in the soil was reduced to varying degrees.

Key words: humic acid compound fertilizer; summer maize; yield; nitrogen apparent recovery fraction; soil nitrate nitrogen

腐植酸可促进土壤胶结, 稳定土壤中的有机质, 调节水、肥、气等因素, 有效改善土壤板结现象^[1]。腐植酸可促进植物对氮肥的吸收, 吸附土壤中的钾离子, 减少其流失^[2]。腐植酸能抑制土壤中的有害真菌, 减少作物病害的发生^[3], 通过改善土壤环境, 增强作物的抵抗能力, 可大大提高作物产量和品质^[4]。本试验研究河南心连心化肥有限公司不同用量腐植酸复合肥对夏玉米产量、品质的影响, 筛选出优异的腐植酸复合肥用量, 为夏玉米增产增收提供科技支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤: 试验位于河南省驻马店市驿城区顺河办事处李庄村, 供试土壤为黄褐土, 中壤质地, 土壤肥力中等, 基本理化性状见表1。

供试作物: 夏玉米“郑单958”, 播种密度4500株/667m²。

供试肥料: 腐植酸复合肥(N-P-K: 26-9-10, I型、II型、III型、IV型、V型、VI型腐植酸

复合肥的腐植酸含量分别为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%)、普通复合肥(N-P₂O₅-K₂O: 26-9-10), 均由河南心连心化学工业集团股份有限公司提供。

1.2 试验方案

试验于2017年6月1日划区、整地, 各处理肥料全部在夏玉米三叶期追施, 2017年9月24日收获。

试验共设8个处理, 分别为处理1: 不施肥; 处理2: 普通复合肥; 处理3: I型腐植酸复合肥; 处理4: II型腐植酸复合肥; 处理5: III型腐植酸复合肥; 处理6: IV型腐植酸复合肥; 处理7: V型腐植酸复合肥; 处理8: VI型腐植酸复合肥。

施肥量及施肥次数: 除处理1外, 其他处理对应施用普通复合肥或腐植酸复合肥50kg/667m², 夏玉米三叶期进行施肥(基施会出现烧种、烧苗现象, 特别是氮肥, 而且农民习惯三叶期施肥)。试验小区面积30m²(长6.0m×宽5.0m), 各处理随机排列, 重复3次, 重复间走道宽0.8m, 小区间间距0.5m, 试验四周设保护行。其他管理各处理相同。

表1 供试土壤的基本化学性状

Tab.1 The basic chemical properties of tested soil

pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效硫 (mg/kg)	有效铁 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)	有效铜 (mg/kg)
6.9	9.4	1.10	52.3	29.6	103.7	10.4	9.1	2.3	1.2

1.3 测定指标及方法

产量测定: 收获时每小区进行单打单收, 以小区实测产, 先风干, 然后烘干至14%标准含水量计产并考种, 测定百粒重和穗粒数。

氮肥表观利用率测定方法: 收获时, 每个小区取玉米3株, 先风干, 然后烘干至14%标准含水量, 送化验室。按《土壤农业化学常规分析方法》^[5]进行植株样品测定, 分别测定籽粒和秸秆含

氮量，采用硫酸双氧水消煮，滴定测定。地上部吸氮量 = 植株秸秆产量 × 秸秆含氮量 + 籽粒产量 × 籽粒含氮量，氮肥表观利用率 (%) = (施氮处理地上部吸氮量 - 不施氮处理地上部吸氮量) / 施氮量 × 100。

土壤硝态氮测定方法：夏玉米收获后，各个小区取 0 ~ 100 cm 深度土壤，分 5 层取样：0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100 cm，每个小区每层取 3 个点的混合样，按《土壤农业化学常规分析方法》^[5] 中相应方法，采用氯化钙溶液浸提，流动分析仪测定。

1.4 数据处理

用 SPSS 进行数据处理，并用最小显著差异法 (LSD 法) 进行差异显著性检验。

2 结果分析

2.1 不同腐植酸复合肥对夏玉米产量构成因子的影响

不同施肥处理对夏玉米产量构成因子的影响见表 2。由表可知，与不施肥 (处理 1) 相比，其他各处理穗粒数和百粒重增加极显著，较处理 1 穗粒数增加 90.00 ~ 98.40 粒，百粒重增加 2.12 ~ 5.31 g，其中，处理 8 的穗粒数、百粒重最大，效果最好；腐植酸复合肥各处理与普通复合肥相比穗粒数和百粒重增加极显著，穗粒数增加在 9.30 ~ 17.70 粒，百粒重增加在 0.68 ~ 3.87 g。说明腐植酸复合肥对夏玉米产量构成因子的影响效果优于普通复合肥。

表 2 不同施肥处理对夏玉米产量构成因子的影响

Tab.2 Effects of different fertilization treatments on yield components of summer maize

处理	667 m ² 穗数 (穗)	穗粒数 (粒)	百粒重 (g)	比处理 1 增加		比处理 2 增加	
				穗粒数 (粒)	百粒重 (g)	穗粒数 (粒)	百粒重 (g)
处理 1	4484Ab	331.50Ee	35.41Gg	—	—	—	—
处理 2	4506Aab	412.20Dd	36.85Ff	80.70	1.44	—	—
处理 3	4513Aa	426.40Bb	40.42Cc	94.90	5.01	14.20	3.57
处理 4	4509Aab	426.60Bb	40.28Dd	95.10	4.87	14.40	3.43
处理 5	4515Aa	427.00ABb	40.25Dd	95.50	4.84	14.80	3.40
处理 6	4514Aa	421.50Cc	40.56Bb	90.00	5.15	9.30	3.71
处理 7	4513Aa	428.00ABab	37.53Ee	96.50	2.12	15.80	0.68
处理 8	4515Aa	429.90Aa	40.72Aa	98.40	5.31	17.70	3.87

注：同列数据中不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)，不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

2.2 不同腐植酸复合肥对夏玉米产量的影响

不同施肥处理对夏玉米产量的影响见表 3。由表可知，腐植酸复合肥各个处理产量显著高于不施肥处理和普通复合肥处理。比不施肥处理增产 175.64 ~ 242.31 kg/667 m²，增产率 50.62% ~ 69.83%，达到极显著水平；比普通复合肥处理增产 22.74 ~ 66.67 kg/667 m²，增产率 4.35% ~ 12.76%。腐植酸复合肥各处理产量随腐植酸含量的增加而增加，以处理 8 产量最高，为 589.29 kg/667 m²。处理 8 与处理 6、处理 7 无显著性差异，与处理 4、处理

5 达到显著差异，与处理 3 达到极显著性差异；处理 7 与处理 5、处理 6 未达显著差异，与处理 4 达显著差异，与处理 3 达极显著差异；处理 6 与处理 5、处理 4 无显著差异，与处理 3 达极显著差异；处理 5 与处理 4 无显著差异，与处理 3 达显著差异。

2.3 不同腐植酸复合肥对氮肥表观利用率的影响

不同施肥处理对氮肥表观利用率的影响见表 4。由表可知，夏玉米籽粒含氮量和秸秆含氮量，各处理间数值相差不大。地上部吸氮量，各施肥处理均高于处理 1。腐植酸复合肥各处理与处理 1



和处理2相比,地上部吸氮量每667 m²分别增加4.17 ~ 5.51 kg和0.23 ~ 1.57 kg。腐植酸复合肥各处理氮肥表观利用率与处理2相比提高了1.72 ~

12.03个百分点,处理4 ~ 处理8与处理2相比差异极显著。施用腐植酸复合肥有利于氮肥表观利用率的提高。

表3 不同施肥处理对夏玉米产量的影响
Tab.3 Effects of different fertilization treatments on yield of summer maize

处理	玉米产量 (kg/667 m ²)				比处理1增产		比处理2增产	
	I	II	III	平均值	kg/667 m ²	%	kg/667 m ²	%
处理1	333.57	340.24	367.13	346.98Df	—	—	—	—
处理2	522.47	510.69	534.69	522.62Ce	175.64	50.62	—	—
处理3	547.81	556.03	532.25	545.36BCd	198.38	57.17	22.74	4.35
处理4	558.03	577.36	555.14	563.51ABcd	216.53	62.40	40.89	7.82
处理5	576.03	560.69	570.25	568.99ABbc	222.01	63.98	46.37	8.87
处理6	577.36	580.25	582.47	580.03Aabc	233.05	67.17	57.41	10.99
处理7	577.58	583.36	590.03	583.66Aab	236.68	68.21	61.04	11.68
处理8	578.03	590.25	599.59	589.29Aa	242.31	69.83	66.67	12.76

表4 不同施肥处理对氮肥表观利用率的影响
Tab.4 Effects of different fertilization treatments on nitrogen apparent recovery fraction of summer maize

处理	施氮量 (kg/667 m ²)	玉米籽粒		玉米秸秆		地上部吸氮量 (kg/667 m ²)	氮肥表观利用率 (%)
		产量 (kg/667 m ²)	含氮量 (%)	产量 (kg/667 m ²)	含氮量 (%)		
处理1	0	346.98	1.02	416.89	0.32	4.87	—
处理2	13	522.62	1.13	618.32	0.47	8.81	23.88Bc
处理3	13	545.36	1.12	624.31	0.47	9.04	25.66Bc
处理4	13	563.51	1.19	625.63	0.49	9.77	31.26Ab
处理5	13	568.99	1.15	634.56	0.48	9.59	29.86Ab
处理6	13	580.03	1.15	723.65	0.48	10.14	34.13Aa
处理7	13	583.66	1.16	774.23	0.47	10.41	36.17Aa
处理8	13	589.29	1.11	782.36	0.49	10.38	35.91Aa

2.4 不同腐植酸复合肥对土壤硝态氮含量的影响

不同施肥处理对土壤硝态氮的影响见图1。由图可知,不同腐植酸复合肥处理对土壤中硝态氮含量均有不同的影响。同一处理,分析0 ~ 100 cm层硝态氮含量,按0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100 cm取样分析,可以看出随着土壤深度的增加,硝态氮含量逐渐降低,主要原因是土壤硝态氮下移在减少,对地下水影响较小,硝

态氮的转化主要还是在集中在根层。

腐植酸复合肥各处理与处理1相比,在玉米收获后0 ~ 100 cm土层硝态氮的含量均有不同程度提高。腐植酸复合肥各处理与处理2相比,均不同程度地降低了土壤中的硝态氮含量,但不同腐植酸复合肥之间变化趋势基本一致。说明腐植酸复合肥能够减少土壤硝态氮含量,降低对地下水的污染。

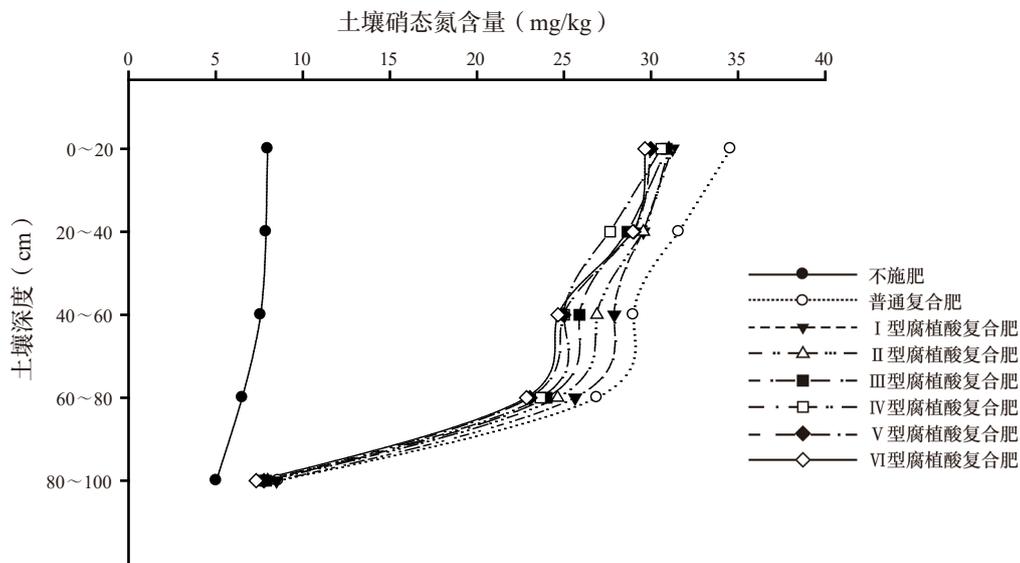


图1 不同施肥处理对土壤硝态氮的影响

Fig.1 Effects of different fertilization treatments on nitrate nitrogen of soil

3 结论

(1) 施用腐植酸复合肥能显著增加百粒重和穗粒数, 主要原因是腐植酸能够阻止氮磷钾元素的流失, 在后期保障玉米灌浆时养分供给。与普通复合肥处理相比, 夏玉米穗粒数增加 9.30 ~ 17.70 粒, 百粒重增加 0.68 ~ 3.87 g; 普通复合肥后期养分供给不足, 造成百粒重下降。与不施肥处理相比, 夏玉米穗粒数增加 90.00 ~ 98.40 粒, 百粒重增加 2.12 ~ 5.31 g。

(2) 腐植酸复合肥各处理夏玉米产量显著高于不施肥和普通复合肥处理; 与处理 1 相比, 增产 175.64 ~ 242.31 kg/667 m², 增产率 50.62% ~ 69.83%; 与处理 2 相比, 增产 22.74 ~ 66.67 kg/667 m², 增产率 4.35% ~ 12.76%; 腐植酸复合肥各处理产量随腐植酸含量的增加而增加, 以处理 8 产量最高, 为 589.29 kg/667 m²。

(3) 腐植酸复合肥各处理与不施肥和普通复合肥处理相比, 地上部吸氮量分别增加 4.17 ~ 5.51 kg/667 m² 和 0.23 ~ 1.57 kg/667 m²。腐植酸复合肥各处理氮肥表观利用率与普通复合肥处理相比, 提高了 1.72 ~ 12.03 个百分点。施用腐植酸复合肥有利于氮肥表观利用率的提高。

(4) 不同腐植酸复合肥处理对土壤中硝态氮含量均有不同的影响。同一处理, 硝态氮含量主要集中在根层且随土壤深度增加, 硝态氮含量逐渐降低。与不施肥处理相比, 不同腐植酸复合肥处理在玉米收获后 0 ~ 100 cm 土层硝态氮含量均有不同程度提高。与普通复合肥处理相比, 不同腐植酸复合肥处理均不同程度地降低了土壤中硝态氮含量, 但不同腐植酸复合肥处理之间变化趋势基本一致。

参考文献

- [1] 李晓娟, 王惠萍. 盐碱地生物改良剂对枸杞生长量及产量相关性分析 [J]. 林业科技通讯, 2015 (5): 24 ~ 26.
- [2] 张文静, 黄建, 王迅, 等. 腐植酸钾对土壤氮磷钾及烟叶中性致香物质的影响 [J]. 湖南农业科学, 2015 (4): 60 ~ 62.
- [3] 高亮. 腐植酸生防生物有机肥对辣椒根腐病防治效果的研究 [J]. 腐植酸, 2015 (1): 18 ~ 24.
- [4] 张瑜, 王若楠, 邱小倩, 等. 腐植酸对植物生长的促进作用 [J]. 腐植酸, 2018 (2): 5 ~ 9.
- [5] 中国土壤学会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.