

控释氮肥与普通氮肥配施对连作夏玉米氮素积累、氮肥利用效率及产量的影响

孙联合¹, 许海涛^{1*}, 马红珍¹, 吴寅², 许波¹, 冯晓曦¹, 张军刚¹, 郭海斌¹, 王友华¹

(1. 驻马店市农业科学院/河南玉米产业技术体系驻马店综合试验站, 河南 驻马店 463000; 2. 河南省农业科学院, 郑州 450002)

摘要:在河南省夏玉米主产区连续2年设置大田定点试验, 设置6种施肥处理, 分别为100%普通氮肥(T₁)、25%控释氮肥+75%普通氮肥(T₂)、50%控释氮肥+50%普通氮肥(T₃)、75%控释氮肥+25%普通氮肥(T₄)、100%控释氮肥(T₅), 以不施氮肥为对照(CK), 研究控释氮肥与普通氮肥配施对连作夏玉米氮素积累、氮肥利用效率及产量性状的影响。结果表明, 与普通氮肥一次性基施相比, 控释氮肥与普通氮肥配施提高了夏玉米籽粒产量、干物质积累量和氮素积累量及肥料利用效率, 随着控释氮肥占总施氮量比例的增加呈先升后降的趋势。2019、2020年氮素积累量成熟期分别增加了4.5%~11.2%和4.5%~15.6%; 干物质积累量分别增加了2.8%~17.6%和9.5%~18.6%。T₃、T₄处理提高了氮肥农学效率、氮肥表观利用效率、氮肥偏生产力、氮收获指数。控释氮肥与普通氮肥配施籽粒产量2019、2020年比普通氮肥一次性基施分别增加了4.4%~12.2%和5.4%~13.9%, 经济效益分别增加了1~1496元/hm²和157~2111元/hm², 在总施纯氮量为225 kg/hm²时, 75%控释氮肥+25%普通氮肥处理可以促进氮素利用效率和产量的协同提高。

关键词:控释氮肥; 普通氮肥; 夏玉米; 干物质积累; 氮肥利用效率; 产量

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)04-0025-06

Effects of Controlled Release Nitrogen Fertilizer Combined with Conventional Nitrogen Fertilizer On Nitrogen Accumulation, Nitrogen Use Efficiency and Yield of Continuous Summer Maize

SUN Lianhe¹, XU Haitao^{1*}, MA Hongzhen¹, WU Yin², XU Bo¹, FENG Xiaoxi¹, ZHANG Jungang¹, GUO Haibin¹, WANG Youhua¹

(1. Zhumadian Academy of Agricultural Science/Zhumadian Comprehensive Experimental Station, Henan Maize Industrial Technology System, Zhumadian 463000; 2. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A two-year fixed plot experiment was conducted in the major maize production area in Henan Province, 6 controlled release nitrogen fertilizer (CRN) with conventional nitrogen fertilizer (N) treatments were arranged, including T₁(100%N), T₂(25%CRN+75%N), T₃(50%CRN+50%N), T₄(75%CRN+25%N), T₅(100%CRN), and CK (no nitrogen fertilizer), effects of CRN combined with N on nitrogen accumulation, nitrogen use efficiency and yield of continuous summer maize. The results showed that the combination of CRN and N increased significantly grain yield, dry matter and nitrogen accumulation, and fertilizer use efficiency of summer maize, compared with single basal application of conventional nitrogen fertilizer, which were increased firstly and then gradually decreased with the increase of proportion of CRN. The nitrogen accumulation increased by 4.5%~11.2% and 4.5%~15.6% in the maturity stage, respectively, dry matter accumulation increased by 2.8%~17.6% and 9.5%~18.6%, respectively, from 2019 to 2020. The treatment T₃ and T₄ improved the agronomic efficiency, apparent benefit efficiency, partial productivity

收稿日期: 2024-01-05

基金项目: 河南省科技攻关计划项目(242102111168); 河南省玉米产业技术体系驻马店综合试验站项目(HARS-23-02-Z6); 驻马店市重大科技专项(ZMDSZDZX2023005)

作者简介: 孙联合(1975-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事新品种新技术推广工作。

通信作者: 许海涛, 男, 研究员, E-mail: xuht0101@126.com

a harvest index of nitrogen fertilizer. The grain yield of the controlled release nitrogen fertilizer combined with conventional nitrogen fertilizer increased by 4.4%–12.2% and 5.4%–13.9%, respectively, the economic benefits increased 1–1 496 yuan/ha and 157–2 111 yuan/ha, respectively, compared with single basal application of conventional nitrogen fertilizer in 2019 and 2020. combined application of 75% CRN and 25% N could promote synergistic improvement of nitrogen use efficiency and yield in the treatment of nitrogen fertilizer level 225 kg/ha.

Key words: Controlled release nitrogen fertilizer; Conventional nitrogen fertilizer; Summer maize; Dry matter accumulation; Nitrogen use efficiency; Yield

玉米(*Zea mays* L.)是黄淮海区主要粮食作物之一,2019年黄淮海区种植面积1 500万 hm^2 ,占全国玉米总种植面积的33%,达到全国玉米总产量的35%^[1]。氮素是玉米生育和产量形成所必需的营养元素,有利于植株叶片的生长、器官的形成及光合作用的进行,能够促进干物质的积累^[2]。氮肥对玉米产量提升作用明显,生产过程中为追求高产盲目超量施用,致使养分失衡,氮肥利用效率显著降低^[3-4]。因氨的挥发、硝态氮随雨淋溶、硝化和反硝化作用、水体富养、土壤酸化、硝酸盐类超标、大气排放氮过量等产生系列环境问题^[5-6]。目前河南省玉米生产过程中氮肥利用大多以普通尿素为主,养分快速释放且氮肥损失较重,玉米生长发育前期过量氮肥导致硝态氮淋溶与挥发,后期氮素供应不足,需要追肥才能满足生育需求^[7]。控释氮肥通过控制内核尿素颗粒和交界环境之间的扩散通量,调节氮肥释放模式与释放时期,延缓氮肥释放速度,确保氮肥能够平稳在土壤中释放,与玉米氮肥吸收规律基本同步,可供玉米氮肥连续吸收利用,降低淋溶损失而且不易脱肥,协调土壤氮肥供应和吸收之间的矛盾^[8-9]。但全量基施控释氮肥又会造成前期氮肥供应不足,致使玉米前期生长发育缓慢,物质积累下降^[10]。因此通过控释氮肥与普通氮肥配施,可更加合理协调氮肥供求关系,玉米生育期间可实现氮肥均匀供给,既降低氮肥投入成本,又能更好满足玉米对氮肥的需求^[5,7,10]。控释氮肥与普通氮肥配施技术前人已经在玉米生产中进行了一些研究^[11-13]。姬景红等^[14]研究表明,比例不同的掺混缓释肥使玉米产量提高,叶片衰老延缓,表层土壤硝态氮含量增加,深层土壤硝态氮的残留降低。金容等^[15]研究认为,同等施氮量条件下,控释氮肥和普通氮肥按一定比例混合施用可以增加中后期玉米氮素积累量,提高了氮肥的利用效率,比施用普通氮肥产量提高8.3%~21.6%。朱宝国等^[16]以缓释氮肥0%、40%、60%、100%比例混施试验结果显示,40%缓释氮肥可使玉米拔节期之后

的玉米叶绿素含量和籽粒品质得到最大限度地提升。以前对控释氮肥与普通氮肥混施技术多集中在东北、西北、西南生态区域,而河南省夏玉米主产区在固有土壤氮素水平、气候环境条件下的研究相对较少,而区域性气候环境、土壤质地、农业措施、肥料类型等又是导致控释氮肥与普通氮肥适宜比例不尽相同的因素^[17-18],因此河南省夏玉米生产过程中不可简单地参考其他区域的掺混施肥技术指导。本研究设置连续2年的田间定位试验,旨在探索控释氮肥与普通氮肥不同配施比例对河南省夏玉米连作条件下的氮素积累、氮肥利用效率及产量的影响,为河南省夏玉米控释氮肥与普通氮肥的合理配比施用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2019年和2020年在驻马店市农业科学试验站(114°02' E, 32°98' N)进行,属典型半湿润大陆性季风气候,亚热带过渡暖温带区域,雨热同季。试验点2019–2020年生育期间气象资料见表1。2020年比2019年平均气温降低了2.7℃,降雨量增加515.4 mm,日照时数减少267.9 h。2019年降雨量主要集中在6月,2020年降雨量主要集中在6–7月。土壤质地为砂姜黑土,试验前0–20 cm土壤pH值6.2,有机质含量10.2 g/kg、碱解氮含量86.3 mg/kg、速效磷含量17.6 mg/kg、速效钾含量79.7 mg/kg。

1.2 试验设计

供试玉米品种为驻玉216,由驻马店市农业科学院玉米研究所提供。供试肥料:普通尿素(N,河南骏马化工集团生产)氮含量46%;控释氮肥树脂包膜尿素(CRN,中国-阿拉伯化肥有限公司生产)氮含量44.5%,实验室养分释放期60 d(25℃泡水实验60 d内释放80%氮)^[19];过磷酸钙(云南磷联化肥联合营销有限公司生产) P_2O_5 含量16%;氯化钾(以色列化工集团生产) K_2O 含量60%。

试验共设置6个处理:CK(不施氮肥)、 T_1 (0%

表1 2019–2020年6–9月夏玉米生育期间平均气温与降雨量

| 月份 | 2019年 | | | 2020年 | | |
|------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | 平均气温/°C | 降雨量/mm | 日照时数/h | 平均气温/°C | 降雨量/mm | 日照时数/h |
| 6月上旬 | 27.3 | 120.9 | 82.7 | 28.3 | 58.9 | 76.3 |
| 6月中旬 | 25.7 | 28.9 | 37.3 | 23.8 | 132.1 | 11.2 |
| 6月下旬 | 26.3 | 53.2 | 49.2 | 25.6 | 62.7 | 36.6 |
| 7月上旬 | 26.3 | 1.0 | 74.6 | 27.3 | 52.0 | 60.4 |
| 7月中旬 | 26.6 | 7.5 | 58.8 | 23.1 | 155.5 | 15.3 |
| 7月下旬 | 30.2 | 31.4 | 71.2 | 24.1 | 162.4 | 15.5 |
| 8月上旬 | 27.6 | 9.9 | 40.8 | 29.3 | 80.9 | 53.1 |
| 8月中旬 | 27.9 | 11.6 | 82.8 | 29.2 | 18.6 | 73.4 |
| 8月下旬 | 25.4 | 31.7 | 66.1 | 25.3 | 16.5 | 68.8 |
| 9月上旬 | 23.9 | 0.0 | 70.7 | 25.0 | 29.1 | 82.6 |
| 9月中旬 | 20.9 | 5.8 | 7.6 | 22.5 | 5.0 | 45.8 |
| 9月下旬 | 23.0 | 0.0 | 80.0 | 19.6 | 43.6 | 14.9 |

CRN+100% N)、T₂(25% CRN+75% N)、T₃(50% CRN+50% N)、T₄(75% CRN+25% N)、T₅(100% CRN+0% N),不同处理肥料用量见表2。随机区组排列,3次重复,每处理种植5行区,行长8 m,行距0.6 m,小区面积24 m²,种植密度7.5万株/hm²。2019年6月7日播种,9月25日收获;2020年6月11日播种,9月28日收获。整地规划后各小区按试验方案氮、磷、钾肥施肥一次性基施,总施氮量225 kg/hm²。管理措施同大田生产,各处理管理措施相同。

表2 不同施肥处理肥料总量 kg/hm²

| 处理 | 配比 | CRN 用量 | N 用量 | 磷肥 用量 | 钾肥 用量 |
|----------------|---------------|-----------|---------|----------|----------|
| CK | 不施氮肥 | 0 | 0 | 150 | 90 |
| T ₁ | 0% CRN+100% N | 0 | 489.13 | 150 | 90 |
| T ₂ | 25% CRN+75% N | 126.40 | 366.85 | 150 | 90 |
| T ₃ | 50% CRN+50% N | 252.81 | 244.57 | 150 | 90 |
| T ₄ | 75% CRN+25% N | 379.21 | 122.28 | 150 | 90 |
| T ₅ | 100% CRN+0% N | 505.62 | 0 | 150 | 90 |

1.3 测定项目与方法

各处理于玉米拔节期、吐丝期、成熟期选取生长一致,具有代表性的玉米植株5株,按照茎秆、穗、穗轴、籽粒、叶片、苞叶分类,105 °C杀青30 min,80 °C烘干到恒重,称重测定各器官干物质积累量。分别粉碎后再过0.2 mm筛,H₂O₂-H₂SO₄消煮后用凯氏定氮法测定含氮量^[20]。参照解文艳等^[17]的方法进行下列计算。

植株地上部氮素积累量=∑(植株地上部各器官干物质量×各器官氮含量)

籽粒氮素积累量=籽粒干物质量×籽粒氮含量

氮肥农学效率=(施氮区籽粒产量-不施氮区籽粒产量)/施氮量

氮肥表观利用率=[(施氮区植株吸氮量-无氮区植株吸氮量)/施氮量]×100%

氮肥偏生产力=籽粒产量/施氮量

氮收获指数= $\frac{\text{籽粒吸氮量}}{\text{植株吸氮量}} \times 100\%$

成熟期各小区选取有代表性的10个果穗,调查穗粒数、千粒重,收获中间3行脱粒自然风干后进行产量测定折算公顷产量。

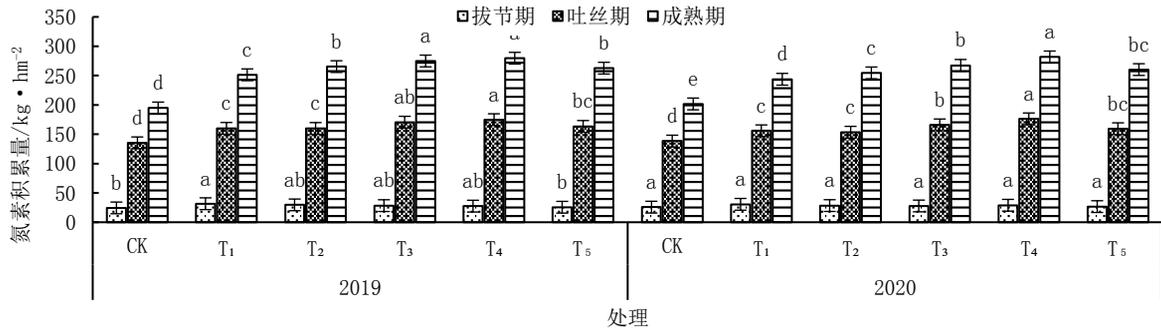
1.4 数据处理

采用Excel 2003、DPS 3.01进行数据分析与图表绘制。

2 结果与分析

2.1 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米氮素积累动态的影响

由图1可知,不同生育时期各施氮肥处理地上部氮素积累量均高于对照。其中,拔节期植株氮素积累量随着控释氮肥用量的增加而降低,2019年T₂、T₃、T₄、T₅处理间差异不显著,与T₁处理相比植株氮素积累量分别降低6.2%、10.2%、13.0%、18.9%;2020年T₂、T₃、T₄、T₅处理间差异也不显著,与T₁处理相比,植株氮素积累量分别降低7.0%、9.1%、5.2%、12.8%。玉米生育前期由于控释氮肥释放缓慢,不能满足植株对氮素的需求,使植株氮素积累量低于普通氮肥处理。2019年和2020年,在吐丝期、成熟期随着控释氮肥用量的增加植株氮素积累量呈现先升高后降低的趋



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

图1 控释氮肥与普通氮肥配施对不同时期玉米植株地上部氮素积累量的影响

势, T_4 处理(75% CRN+25% N)氮素积累量最大,控释氮肥比例超过75%氮素积累量开始下降,与 T_1 处理相比, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理植株氮素积累量2019年分别增加了5.5%、9.4%、11.2%、4.5%,2020年分别增加了4.5%、9.7%、15.6%、6.8%,各控释氮肥处理均比 T_1 处理更利于植株氮素的积累。由此可见,75%控释氮肥与25%普通氮肥配施更接近夏玉米生长发育期间对氮肥的需求,既能够确保玉米生育前期对氮肥需求,又可以保证生育后期的氮肥供应,明显提高了玉米植株氮素积累量。

2.2 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米氮肥利用效率的影响

由表3可知, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理氮肥农学效率、氮肥表观利用效率、氮肥偏生产力均高于 T_1 处理,并随着控释氮肥用量的增加氮肥利用效率呈现先升后降趋势。其中以 T_4 处理氮肥农学效率、氮肥表观利用效率、氮肥偏生产力最高,2019、2020年分别比 T_1 处理增加35.61%、56.53%;

表3 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米氮肥利用效率的影响

| 年份 | 处理 | 氮肥农学 | 氮肥表观 | 氮肥偏 | 氮收获 |
|------|-------|----------------------------|------------|-----------------------------|----------|
| | | 效率 /kg·kg ⁻¹ | 利用效率 /% | 生产力 /kg·kg ⁻¹ | 指数 /% |
| 2019 | T_1 | 12.58b | 27.16d | 48.02c | 54.34d |
| | T_2 | 15.05ab | 32.94c | 51.26b | 59.72bc |
| | T_3 | 16.41a | 36.80b | 53.37ab | 65.30a |
| | T_4 | 17.06a | 39.57a | 54.66a | 60.36b |
| | T_5 | 14.83ab | 33.35c | 51.75b | 57.11c |
| 2020 | T_1 | 10.49c | 23.66d | 45.39c | 52.89d |
| | T_2 | 12.89bc | 27.52c | 47.74bc | 55.76bc |
| | T_3 | 15.14ab | 33.81b | 49.93ab | 61.45a |
| | T_4 | 16.42a | 38.43a | 51.22a | 58.18b |
| | T_5 | 13.30b | 36.08ab | 49.18ab | 55.37cd |

注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

45.69%、62.43%; 13.83%、12.84%。氮肥农学效率,2019年 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理间差异不显著,2020年 T_4 、 T_5 处理间差异显著;氮肥表观利用效率,2019年 T_2 、 T_5 处理间差异不显著,但与 T_1 、 T_3 、 T_4 处理间差异显著,2020年 T_4 、 T_5 处理差异不显著,但与 T_2 处理间差异达显著水平;氮肥偏生产力,2019年 T_2 、 T_3 、 T_5 处理间差异不显著,但与 T_1 处理间差异达显著水平,2020年 T_3 、 T_4 、 T_5 处理间差异不显著,但 T_4 处理与 T_2 处理间差异达显著水平。氮收获指数, T_3 处理最大,2019、2020年分别为65.30%、61.45%,籽粒氮素积累量占植株氮素积累量达60%以上,养分主要贮藏在籽粒中,并且比 T_1 处理分别增加了20.2%、16.2%,控释氮肥可延缓玉米衰老,能够提高夏玉米对氮素的同化作用,产量潜力高。

2.3 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米干物质积累量的影响

由图2可知,控释氮肥可明显促进玉米干物质的积累,2019年 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理比 T_1 分别增加了2.8%、9.8%、17.6%、12.1%,2020年分别增加了11.3%、14.0%、18.6%、9.5%。2019年, T_4 处理与 T_2 、 T_3 、 T_5 处理间差异显著,但 T_3 、 T_5 处理间差异不

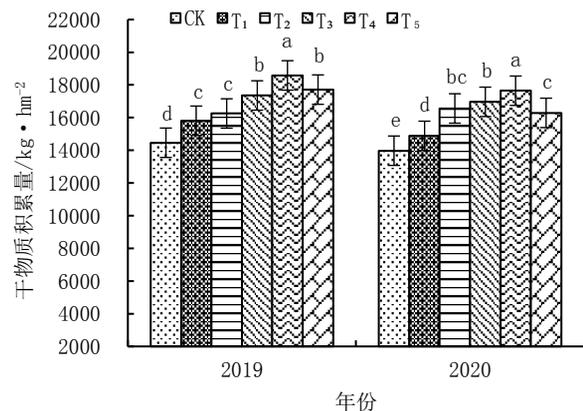


图2 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米干物质积累量的影响

显著;2020年, T_3 、 T_4 、 T_5 处理间差异显著。 T_2 、 T_3 、 T_4 处理玉米干物质积累量随着控释氮肥用量的增加而升高, T_4 处理干物质积累量最大, 控释氮肥用量超过75%时, 反而抑制了玉米生长发育, 致使干物质积累量下降。说明75%控释氮肥与25%普通氮肥配施可促进玉米干物质的积累, 增加干物质积累量, 提升了玉米产量。

2.4 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米产量及经济效益的影响

由表4可知, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理穗粒数、千粒重、籽粒产量均高于 T_1 处理。穗粒数, 2019年 T_4 处理与 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_5 处理间差异显著, 但 T_3 、 T_5 处理间差异不显著; 2020年 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理间差异显著。各处理间千粒重存在一定差异。各处理间籽粒产量差异达显著水平。 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理比 T_1 处理2019年籽粒产量分别增加了4.4%、8.7%、12.2%、7.5%, 经济效益分别增加了565元/hm²、1 119元/hm²、1 496元/hm²、1元/hm²; 2020年籽粒产量分别增加了5.5%、12.1%、13.9%、7.6%, 经济效益分别增加了907元/hm²、2 102元/hm²、2 111元/hm²、157元/hm²。 T_5 处理由于全施控释氮肥, 肥料成本高, 造成经济效益提高不显著。 T_4 处理中普通氮肥在玉米生育前期可促进玉米群体构建, 有益玉米穗粒形成, 而生育后期因增加控释氮肥, 满足了籽粒灌浆期间氮素供应, 确保玉米籽粒有效灌浆,

籽粒饱满度较高, 进一步提升了千粒重, 籽粒产量随之提升, 经济效益增加。说明75%控释氮肥与25%普通氮肥配比混施能够实现玉米高产和农民增收。

3 讨论

控释氮肥与普通氮肥配施能够实现肥料之间的肥效接力, 优势互补、缓急相济, 平衡施肥之目的^[17]。本试验结果表明, 控释氮肥不同配比混施玉米穗粒数、千粒重、籽粒产量均高于纯施普通氮肥处理, 说明一定比例的控释氮肥有利于玉米产量的提高和经济效益的增加, 与金容等^[21]研究结果一致。在本研究中75%控释氮肥与25%普通氮肥配施产量最高, 能够实现玉米增产和农民增收, 控释氮肥比例继续增加玉米产量反而会下降, 效益降低, 说明控释氮肥比例过大对玉米产量构成因素产生抑制作用, 其原因在于前期氮肥释放不足, 易造成苗期脱肥, 这与王宜伦^[22]、姬景红^[23]、闫童^[24]等研究结果相似。

衣文平等^[25]研究表明, 控释氮肥与普通氮肥配比基施与玉米生长发育吸氮规律相吻合, 可以增加氮素积累量。本研究结果表明, 与纯施普通氮肥相比, 控释氮肥与普通氮肥配施显著提高了植株氮素积累量, 实现氮素利用效率和产量的同步增加, 此研究结果和姬景红等^[14]研究结果一致。本研究条件下50%控释氮肥和75%控释氮肥可显著增加氮素的积累量, 促进干物质的积累, 实现控释氮肥与普通氮肥之间氮素供应持续接力、缓急兼并以及平衡供肥之目的。这与李伟^[3]、闫童^[24]、王寅^[26]等有关控释氮肥与普通氮肥配施对玉米氮素积累量的影响研究中最优配施比例在50%至75%之间的结果相同。

王晓琪等^[27]研究表明, 控释氮肥和普通氮肥配施能够提高氮肥利用效率, 有利于维持土壤高水平的氮素营养, 降低氮素损失, 让氮素更多地向籽粒转运, 产量提高。本研究结果表明, 氮肥农学效率、氮肥表观利用效率、氮肥偏生产力、氮收获指数随着控释氮肥比例的增加呈现先升后降的趋势, 这与解文艳等^[17]研究结果一致。本试验条件下75%控释氮肥与25%普通氮肥配施可显著提高氮肥农学效率、氮肥表观利用效率、氮肥偏生产力, 说明此控释氮肥比例氮素释放量与河南省夏玉米养分需求量相接近。氮收获指数表明了成熟期氮素在籽粒和营养器官中的分配情况, 控释氮肥可显著提高氮收获指数^[28]。本试验结果表明, 不同比例的控释氮肥显著提高了氮收获指数,

表4 控释氮肥与普通氮肥配施对玉米产量性状和经济效益的影响

| 年份 | 处理 | 穗粒数 /粒 | 千粒重 /g | 籽粒产量 /kg·hm ⁻² | 经济效益 /元·hm ⁻² |
|------|-------|-----------|-----------|------------------------------|-----------------------------|
| 2019 | CK | 428.3e | 260.7e | 7 283f | 6 995e |
| | T_1 | 467.7d | 285.5d | 7 860e | 7 944d |
| | T_2 | 484.0c | 290.1cd | 8 202d | 8 509c |
| | T_3 | 523.5b | 298.8b | 8 540b | 9 063b |
| | T_4 | 533.5a | 307.5a | 8 817a | 9 440a |
| | T_5 | 522.9b | 294.4bc | 8 446c | 7 945d |
| 2020 | CK | 419.6f | 254.7d | 7 106f | 6 694e |
| | T_1 | 458.6e | 285.2c | 7 758e | 9 627d |
| | T_2 | 482.2d | 296.6b | 8 181d | 10 534b |
| | T_3 | 497.7b | 305.7a | 8 695b | 11 729a |
| | T_4 | 513.4a | 311.6a | 8 833a | 11 738a |
| | T_5 | 490.5c | 289.0bc | 8 346c | 9 784c |

注:按当年市场价,2年平均玉米价格1.7元/kg,控释氮肥4.2元/kg,普通氮肥3.1元/kg,磷肥6.8元/kg,钾肥7.4元/kg,玉米种子及其他管理成本为3 700元/hm²。经济效益=玉米产值-肥料投入成本-种子及其他管理成本

50%控释氮肥与50%普通氮肥配比混施氮收获指数最高,这一结果与郭萍等^[7]研究结果相近,50%控释氮肥比例处理两年氮收获指数均超过60%,养分主要贮藏在籽粒中,显著提高了夏玉米对氮素积累。

干物质积累是玉米产量形成的重要物质基础,氮素养分同步供应和需求是玉米实现高产的关键^[10],研究表明,控释氮肥缓慢释放可明显促进玉米干物质的积累,提高玉米籽粒产量^[17,21,29],有关控释氮肥与普通氮肥配施对玉米干物质积累影响的研究结果显示,控释氮肥适宜比例在50%~75%之间^[14,22-24]。本研究结果表明,75%控释氮肥与25%普通氮肥配比混施干物质积累量最大。说明75%控释氮肥与25%普通氮肥配比混施可促进玉米干物质的积累,提高了玉米的产量。

4 结 论

2019-2020年试验结果说明控释氮肥与普通氮肥配施可显著增加玉米产量,在75%控释氮肥与25%普通氮肥配施条件下产量最高,经济效益最高,实现干物质和氮素的较高积累,提高了氮素的利用效率。在目前施氮量为225 kg/hm²条件下,控释氮肥与普通氮肥最佳配施比例为75%控释氮肥+25%普通氮肥。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国统计局.中国统计年鉴[K].北京:中国统计出版社,2020:255.
- [2] 许海涛,许波,王友华,等.氮肥减量缓释对夏玉米农艺指标、产量性状及氮肥利用效率的影响[J].河南科技学院学报(自然科学版),2018,46(5):11-16.
- [3] 李伟,李絮花,李海燕,等.控释尿素与普通尿素混施对夏玉米产量和氮肥效率的影响[J].作物学报,2012,38(4):699-706.
- [4] 李敏,叶舒娅,刘枫,等.施用缓释氮肥对夏玉米产量和氮肥利用率的影响[J].安徽农业科学,2012,40(16):8895-8896,8936.
- [5] 曹兵,倪小会,陈延华,等.包膜尿素和普通尿素混施对夏玉米产量、氮肥利用率和土壤硝态氮残留的影响[J].农业资源与环境学报,2020,37(5):695-701.
- [6] 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1-6.
- [7] 郭萍,朱从桦,查丽,等.缓释尿素与普通尿素不同对比对玉米氮代谢酶和氮素利用的影响[J].中国土壤与肥料,2016(6):99-105.
- [8] 郭金金,张富仓,王海东,等.不同施氮量下缓释氮肥与尿素掺混对玉米生长与氮素吸收利用的影响[J].中国农业科学,2017,50(20):3930-3943.
- [9] 张磊,杨建,侯云鹏,等.控释氮肥与速效氮肥配施对玉米氮素吸收及利用的影响[J].东北农业科学,2017,42(1):24-27.
- [10] 郭家萌,何灵芝,闫东良,等.控释氮肥和尿素配比对不同品种夏玉米氮素累积、转移及其利用效率的影响[J].草业学报,2021,30(1):81-95.
- [11] 孔丽丽,李前,侯云鹏,等.控释氮肥不同施用位置对春玉米产量及氮素吸收利用的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):25-28.
- [12] 揣峻峰,肖艳,杜迎辉,等.控释肥对夏玉米产量及土壤性状的影响[J].东北农业科学,2020,45(3):41-44.
- [13] 吴海燕,高玉山,范作伟,等.控释氮肥对鲜食玉米吸氮量及氮素效率的影响[J].吉林农业科学,2013,38(3):39-42.
- [14] 姬景红,李玉影,刘双全,等.控释掺混肥对春玉米产量、光合特性及氮肥利用率的影响[J].土壤通报,2015,46(3):669-675.
- [15] 金容,李兰,郭萍,等.控释氮肥比例对土壤氮含量和玉米氮素吸收利用的影响[J].水土保持学报,2018,32(6):214-221.
- [16] 朱宝国,于忠和,贾会彬,等.控释尿素和普通尿素混施对玉米生理特性和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2011(7):42-44.
- [17] 解文艳,周怀平,杨振兴,等.控释尿素与普通尿素配施对春玉米产量、氮肥利用及经济效益的影响[J].干旱地区农业研究,2020,38(5):31-38.
- [18] 谢佳贵,尹彩侠,侯云鹏,等.控释氮肥对春玉米产量和品质的影响[J].吉林农业科学,2009,34(2):28-29.
- [19] 陈迪.包膜缓/控释肥中试研究及缓/控释肥规律测定[D].郑州:郑州大学,2016.
- [20] 胡娟,吴景贵,孙继梅,等.氮肥减量与缓控肥配施对土壤供氮特征及玉米产量的影响[J].水土保持学报,2015(4):116-120,194.
- [21] 金容,郭萍,周芳,等.控释氮肥比例对玉米氮代谢关键酶活性及干物质积累的影响[J].四川农业大学学报,2018,36(12):729-736.
- [22] 王宜伦,苗玉红,韩燕来,等.缓/控释氮肥对夏玉米氮代谢、氮素积累及产量的影响[J].土壤通报,2012,43(1):147-150.
- [23] 姬景红,李玉影,刘双全,等.控释尿素对春玉米产量、氮效率及氮素平衡的影响[J].农业资源与环境学报,2017,34(2):153-160.
- [24] 闫童,丁文峰,曹永贞,等.控释氮肥对夏玉米氮素积累及产量的影响[J].中国农学通报,2015,31(36):60-64.
- [25] 衣文平,朱国梁,武良,等.不同量的包膜控释尿素与普通尿素配施在夏玉米上的应用研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(6):1497-1502.
- [26] 王寅,冯国忠,张天山,等.基于产量、氮效率和经济效益的春玉米控释氮肥掺混比例[J].土壤学报,2015,52(5):1153-1165.
- [27] 王晓琪,朱家辉,陈宝成,等.控释尿素不同比例配施对水稻生长及土壤养分的影响[J].水土保持学报,2016,30(4):178-182.
- [28] 尹彩侠,孔丽丽,侯云鹏,等.控释氮肥在玉米上的施用效果[J].吉林农业科学,2011,36(4):24-27.
- [29] 尹彩侠,刘宏伟,孔丽丽,等.控释氮肥对春玉米干物质积累、氮素吸收及产量的影响[J].玉米科学,2014,22(6):108-113.

(责任编辑:范杰英)