

控释、常规尿素配施对雨养区春玉米产量及氮素利用的影响

梁熠, 康建宏, 朱荣, 何文寿, 代晓华

(宁夏大学农学院, 银川 750021)

摘要: 为明确宁夏南部雨养种植区玉米合理施氮方式及用量, 完善高产高效栽培技术, 为干旱半干旱地区玉米高产栽培提供理论与技术支持, 以先玉 698 为试验材料, 设置 2 个氮肥种类(控释尿素和常规尿素, 纯氮量都为 225 kg/hm²)和 4 个氮肥追施量及时期(T1 常规尿素基施 N150 kg/hm² + 小口期追施 N75 kg/hm²; T2 控释尿素基施 N75 kg/hm² + 常规尿素基施 N75 kg/hm² + 小口期追施常规尿素 N75 kg/hm²; T3 控释尿素基施 N150 kg/hm² + 常规尿素基施 N75 kg/hm²; T4 控释尿素基施 N225 kg/hm²), 以不施氮肥为对照, 比较研究不同处理对春玉米群体物质生产、氮素运移特性和产量的影响。结果表明, 在施氮量相等条件下, 控释尿素与普通尿素配合(T3)一次基施比习惯施肥(T1)显著增加了玉米的产量, 产量增幅为 12.63%, 穗粒数和粒重的增加是玉米增产的主要原因。合理增加基肥中控释尿素比例能够显著增加玉米花后和全生育期干物质积累量, 同时促进玉米营养器官和籽粒对氮的吸收累积。控释尿素基施有利于氮肥农学效率、氮肥利用率和氮肥贡献率的提高, 其中以 T3 处理最好, 氮肥农学利用率和氮肥对产量的贡献率分别比 T2 和 T4 高 52.12%, 22.96% 和 35.39%, 20.53%。因此, 建议在宁南山区玉米高产施肥管理中以控释尿素(全部氮肥量的 2/3)与常规尿素(全部氮肥量的 1/3)全部基施为宜。

关键词: 控释尿素; 春玉米; 干物质生产; 产量; 氮素利用率

中图分类号: TQ441; S513

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)06-0237-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.06.037

Effect of Mixed Applying Controlled-release Urea and Conventional Urea on Yield and Nitrogen Utilization of Spring Maize in Rain Fed Region

LIANG Yi, KANG Jianhong, ZHU Rong, HE Wenshou, DAI Xiaohua

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021)

Abstract: The aims of this study were evaluating the impact of mixed applying controlled-release urea and conventional urea on matter accumulation, nitrogen uptake and transport, and grain yield of spring maize, and improving the high yield and high efficiency cultivation techniques in southern Ningxia area. And this study could provide theoretical and technical reference to scientific nitrogen management techniques for spring maize in arid and semi-arid rainfall-fed region. Xianyu698 taken as experiment subject was grown in controlled environments with two nitrogenous fertilizers (controlled-release urea (CRU) and conventional urea (U)) in four treatments (T1: applying U as basal fertilizer by N 150 kg/hm² + U topdressing at V10 by N 75 kg/hm²; T2: CRU as basal N 75 kg/hm² + U as basal N 75 kg/hm² + U topdressing at V10 N 75 kg/hm²; T3: CRU as basal N 150 kg/hm² + U as basal N 75 kg/hm²; T4: CRU as basal N 225 kg/hm²). The treatment without applying nitrogen fertilizer was CK. The results showed that when applying the same amount of nitrogen, compared to conventional urea treatment (T1), reasonable mixed application of controlled-release urea and urea as basal fertilizer (T3) could significantly increase maize yield by 12.63%, and this was mainly due to extremely enhancement of kernel number per ear and kernel weight. Reasonable increasing the ratio of controlled-release urea in basal fertilizer could promote the accumulation of dry matter at post-anthesis and the whole growth period, and increase the absorption and accumulation of nitrogen in vegetative organs and grains of maize. The study also found that applying controlled-release urea was favorable to enhance nitrogen agronomic efficiency, nitrogen use efficiency and fertilizer contribution ratio, and the effect

收稿日期: 2017-05-04

资助项目: 国家科技支撑计划项目“黄土高原旱区增粮增效潜力与提升技术研究”(2015BAD22B01); 宁夏自然科学基金项目(NZ13017)

第一作者: 梁熠(1981—), 男, 博士, 副教授, 主要从事玉米高产栽培和生理研究。E-mail: liangmeng0122@126.com

通信作者: 康建宏(1968—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事作物高产优质栽培研究。E-mail: kangjianhong@163.com

of T3 was the best. The nitrogen agronomic efficiency and fertilizer contribution ratio of T3 were 52.12% and 22.96%, 35.39% and 20.53% higher than those of T2 and T4, respectively. This study indicated that it was appropriate to applying reasonable mixed controlled-release urea (two-thirds of the total amount of nitrogen fertilizer) and conventional urea (one-third of the total amount of nitrogen fertilizer) as basal fertilizer.

Keywords: controlled-release urea; spring maize; dry matter production; yield; nitrogen use efficiency

氮素是影响玉米生长发育和产量形成的重要因素^[1-2],但过量施用氮肥不但影响玉米的产量和品质,也会对生态环境产生巨大影响^[3-4]。控释氮肥是一种具有调节和控制氮素释放以同步满足作物营养需求的环境友好型肥料^[5],与普通尿素相比,其具有氮素后移^[6],降低对作物根系伤害,延长养分吸收利用有效期,提高氮肥利用效率^[7-9],减小对环境污染等优点^[10-12]。但由于控释氮肥受到不同生态区土壤、气候特点以及种植模式的影响,应用效果也有很大的差异^[13]。邵国庆等^[14]研究指出,与常规尿素全部基施和分次施肥处理相比,控释尿素处理成熟期籽粒产量和生物产量均较高,表现出明显的“前控后保”效果,这种“前控后保”效果与根系数量和活性及根冠比等的变化密切相关。任利沙等^[15]研究发现,施用控释肥能在不影响种子发芽率的情况下,显著提高京科968种子的穗粒数、百粒重及产量。然而,姬景红等^[16]研究发现,100%采用控释尿素一次性基施对稳定和提高玉米产量具有一定风险,采用40%控释尿素与60%普通尿素一次性基施效果较好,60%的控释尿素和部分盈余的普通尿素同时发挥作用,满足玉米对氮素的需求。王寅等、郭萍等^[17-18]也认为,控释氮肥与常规尿素混施与尿素一次性全施相比,更有利于物质积累和分配,促进产量提升。

宁夏南部黄土高原沟壑区旱地春玉米主要采用全膜双垄沟播栽培模式,农户在中期追施尿素时操作费时费力,遂通常选择常规尿素或缓(控)释肥一次性基施。但是,一次性基施尿素可能导致生长前期养分供应过量,中后期脱肥早衰,物质积累量较低等问题;而一次性基施缓(控)释肥可能由于生长前期土壤温度和水分含量偏低,氮素释放受到限制,造成玉米前期发育不良,影响最终的籽粒产量。为此,本文以不施氮肥为对照,通过分析比较单施尿素或控释尿素及两者配施对覆膜春玉米产量及氮素利用的影响,明确适宜该区域春玉米生长的适宜氮肥配施比例及方法,为宁南山区春玉米增产增效的氮肥施用模式提供科学依据与理论支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验地概况

本试验于2016年4月12日至9月25号在宁夏固原市彭阳县城乡农业技术示范园区进行(106°77'E,

35°81'N),海拔1382 m,属于典型的黄土高原旱塬区,年均降水420~470 mm,年均气温7.9℃,无霜期159 d。试验地前茬作物为传统耕作旱地玉米,耕层土壤(0—25 cm)理化性状为有机质含量16.46 g/kg,碱解氮含量57.95 mg/kg,速效磷含量29.23 mg/kg,速效钾含量126.24 mg/kg。供试玉米品种为先玉698;供试肥料为常规尿素(中国石油宁夏石化分公司提供,总氮量≥46.4%) and 控释尿素(聚氨酯包膜尿素,宁夏农林科学院农业资源与环境研究所提供,总氮量≥43.2%,控释期为60~65 d)。

1.2 试验设计

田间试验设5个处理(表1),3次重复,共15个小区,每小区行长8 m,行距0.55 m,共计10行,小区面积为44 m²,随机排列。试验所有施氮处理玉米生育期内施氮量保持一致(纯N 225 kg/hm²),磷肥(过磷酸钙,P₂O₅质量分数≥16%) and 钾肥(硫酸钾,K₂O质量分数≥50%)施用量分别为120 kg/hm²(纯P₂O₅)和60 kg/hm²(纯K₂O)。作基肥的控释尿素和常规尿素及所有磷钾肥于播种前整地时一次性深施,普通尿素于拔节中期采用玉米专用追肥器施入;施入深度为5~7 cm。种植密度均为6×10⁴株/hm²。试验田块均未进行人工灌溉,除供试肥料和施肥方法外其他田间管理均与当地农民习惯保持一致。

表1 不同氮肥种类及施用量设计

处理	尿素种类	基肥(纯N)/ (kg·hm ⁻²)	追肥(纯N)/ (kg·hm ⁻²)
CK	常规尿素	0	0
	控释尿素	0	0
T1	常规尿素	150	75
	控释尿素	0	0
T2	常规尿素	75	75
	控释尿素	75	0
T3	常规尿素	75	0
	控释尿素	150	0
T4	常规尿素	0	0
	控释尿素	225	0

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植株干物质测定 分别在玉米拔节期、大喇叭口期、开花期、灌浆期、乳熟期和成熟期选择有代表性的植株初3株进行取样,将植株洗净后用滤纸吸干,按不同器官叶、茎鞘、穗部(穗轴+苞叶)3个部分分解后装袋放入烘箱内105℃杀青0.5 h,于80℃下烘干至恒重。

1.3.2 植株全氮测定 于不同生育时期,按小区选取代表性植株3株,将单株每样分成茎鞘、叶和籽粒(吐丝后),105℃下杀青30min,80℃下烘干至恒重,测定干物重后粉碎,采用半微量凯氏定氮法测定氮含量。

1.3.3 测产和考种 成熟期调查每个小区的实际穗数,收获中间4行,称取所有果穗的总鲜重,折合13%含水量及相应出籽率测产,按平均穗重从所收果穗中选取20穗进行室内考种。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2007软件对数据进行处理,DPS 7.05统计软件分析数据,用最小显著极差(LSD)进行显著性检验($\alpha=0.05$)。参照崔超等^[19]的方法计算相关指标:

植株总氮积累量(Total nitrogen accumulation amount, TNAA, kg/hm^2) = 成熟期单株干重 × 密度 × 成熟期单株含氮量(%)

氮肥农学利用率(Nitrogen agronomic efficiency, NAE, kg/kg) = (施氮区玉米产量 × 对照区玉米产量) / 施氮量

氮肥利用效率(Nitrogen use efficiency, NUE, %) = (施氮区玉米地上部吸氮量 - 对照区玉米地上部吸氮量) / 施氮量 × 100%

肥料氮贡献率(Fertilizer contribution ratio, FCR, %) = (施氮区产量 - 不施氮区产量) / 施氮区产量 × 100%

2 结果与分析

2.1 不同处理对春玉米产量的影响

控释与常规尿素配施直接影响春玉米产量(表2)。统计分析表明,施氮处理显著提高了玉米产量,产量增幅在21.65%~37.01%之间。与传统单施常规尿素相比,控释与常规尿素不同比例和时期配施及控释尿素全部基施都能够提高产量,产量增幅在2.68%~12.63%,其中以T3(控释尿素基施N 150 kg/hm^2 + 常规尿素基施N 75 kg/hm^2)产量最高。

在产量构成因素方面,不同处理间收获穗数的差

异未达到显著水平;施氮处理能够显著提高玉米的穗粒数和千粒重,其中,不同处理千粒重表现为T3>T4>T2>T1>CK,且处理间差异达到显著水平,T3的千粒重分别较CK、T1、T2和T4提高9.27%、5.82%、4.93%和1.46%。由此可见,处理间产量差异可能主要由于穗粒数和千粒重的显著差异而引起。

表2 控释与常规尿素配施对玉米产量及产量性状的影响

处理	收获穗数/ (10 ⁴ 穗·hm ⁻²)	穗粒数 (粒)	千粒重/ g	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产 幅度/%
CK	5.92a	546c	286.67e	9.31e	—
T1	5.94a	645b	296.02d	11.33d	21.65
T2	5.94a	654b	298.52c	11.63c	24.91
T3	5.95a	685a	313.25a	12.76a	37.01
T4	5.93a	659b	308.98b	12.01b	28.90

注:同列数字后不同字母表示各处理在0.05水平上差异显著。下同。

2.2 不同处理对春玉米物质积累与分配的影响

光合产物的累积是作物产量形成的基础。由表3可见,施氮显著提高了春玉米各阶段物质积累量。由于常规尿素在前期氮素释放的优势,其在大口期前的物质积累量显著高于其他处理,而控释尿素与普通尿素的合理配施及控释尿素全部基施处理(T3和T4)干物质积累量表现出“前小、中强、后高”的特点,其全生育期干物质积累显著高于其他处理,分别比传统单施常规尿素高11.11%和10.19%。花后物质生产对最终的产量形成起着重要的作用。控释与常规尿素配施(T2、T3和T4)处理在花后物质积累占总干物质积累的比例都高于单施常规尿素(T1),同为施用控释尿素方式下,花后物质积累表现为控释尿素基施N 150 kg/hm^2 + 常规尿素基施N 75 kg/hm^2 (T3) > 控释尿素基施N 225 kg/hm^2 (T4) > 控释尿素基施N 75 kg/hm^2 + 常规尿素基施N 75 kg/hm^2 和大口期追施N 75 kg/hm^2 (T2)。综上分析可以看出,在宁南山区全膜覆盖条件下,常规尿素和控释尿素配合基施,能在满足前期生长氮素需求的前提下,使氮素适当后移,缓解因前期养分过度消耗导致的后期早衰、光合产物生产量下降等问题,为最终获得较高产量奠定物质基础。

表3 控释与常规尿素配施对玉米不同阶段物质积累的影响

单位:t/hm²

处理	拔节期—	大口期—	开花期—	灌浆初期—	乳熟期—	开花后	总干	开花后积累物质/ 总干物质/%
	大口期	开花期	灌浆初期	乳熟期	成熟期	积累物质		
CK	3.61d	5.72b	5.70d	3.70b	1.87a	11.78	21.51d	54.75
T1	4.87a	5.10d	7.20c	3.42c	1.83a	13.01	23.42c	55.52
T2	4.83a	5.50c	8.04b	3.29d	1.89a	13.82	24.63b	56.13
T3	4.39c	6.32a	8.25a	4.17a	1.56b	14.73	26.02a	56.60
T4	4.51b	6.24a	8.35a	3.64b	1.88a	14.54	25.80a	56.35

2.3 不同处理对春玉米营养器官氮素积累与转移的影响

不同处理对玉米花后氮素积累量的影响见表4。

与对照相比,施氮处理显著增加了花后叶片和茎鞘的氮素积累量。在等量施氮条件下,控释与常规尿素配施(T2、T3、T4)相较于传统施用常规尿素(T1)显著

提高了营养器官的氮素积累量,成熟期 T2、T3 和 T4 叶片和茎鞘的平均氮素积累量较 T1 提高 33.07% 和 24.43%。成熟期籽粒氮素积累量表现为 T3>T4>T2>T1>>CK。可见,在等量施氮条件下,适当加大基肥中控释尿素的比例同时配合基施常规尿素能够促进玉米营养器官和籽粒对氮素的吸收累积。

表 4 不同处理玉米花后氮素积累量

单位:kg/hm²

处理	开花期		成熟期		
	叶片	茎鞘	叶片	茎鞘	籽粒
CK	43.15c	35.03c	19.99d	28.37c	106.56d
T1	48.69c	43.08b	26.22c	38.59b	124.70c
T2	55.14b	54.56a	30.97b	45.73a	143.93b
T3	59.17a	59.44a	37.75a	49.96a	162.26a
T4	62.02a	53.34a	35.96a	48.37a	153.48ab

由表 5 可知,玉米花后氮素转移量与其对籽粒的贡献率均表现出花后吸收量>叶片>茎鞘。在完熟期,营养器官氮素运转量对籽粒氮素的贡献率为 18.86%~28.03%,即籽粒中 25% 左右的氮素是由叶片和茎鞘转运而来,剩余氮素则是由根系从土壤中吸收得到,表明在当地环境下控释尿素基施(T2、T3 和 T4)能够使花后土壤氮素维持在一个较高且相对稳定的水平,利于花后根系对氮素的吸收。不同处理间,控释与常规尿素配施处理花后平均氮素吸收量显著高于其他处理,控释尿素基施 N 150 kg/hm²+常规尿素基施 N 75 kg/hm²(T3)和控释尿素基施 N 225 kg/hm²(T4)花后氮素吸收量对籽粒的贡献率最大,较对照和单施常规尿素处理分别提高 11.93% 和 2.74%。

表 5 不同处理玉米花后氮素转移量及其对籽粒的贡献率

处理	氮素转移量/(kg·hm ⁻²)			对籽粒贡献率/%		
	叶片	茎鞘	花后吸收量	叶片	茎鞘	花后吸收量
CK	23.16ab	6.67b	76.73d	21.76a	6.27a	72.08b
T1	22.47ab	4.49c	97.75c	18.05b	3.60c	78.53a
T2	24.17ab	8.16a	111.60b	16.79b	5.67b	77.56ab
T3	21.42b	9.14a	131.69a	13.22c	5.64b	81.28a
T4	26.06a	4.63c	122.78a	16.99b	3.02d	80.08a

2.4 不同处理对春玉米氮肥利用效率的影响

不同尿素类型配施对全株氮素累积量、玉米氮肥效率有显著影响(表 6)。控释尿素基施 N 150 kg/hm²+常规尿素基施 N 75 kg/hm²处理的农学效率(AE)比常规尿素处理提高 71.1%;同为施用控释尿素处理,控释尿素基施 N 150 kg/hm²下的 AE 分别比控释尿素基施 N 225 kg/hm²和控释尿素基施 N 75 kg/hm²提高 22.96% 和 52.12%,不同处理间氮肥利用率的变化也表现出相同趋势;T3 处理的氮肥贡献率显著高于其他处理,控释与常规尿素配施处理的平均氮肥贡献率较单施常规尿素高 30.19%。由此可以说明,控释与常规尿素配施相较于传统单施常规尿能够提高春玉米的氮肥利用效率,同为施用控释

尿素处理(T2、T3、T4),又以控释尿素和常规尿素全部基施肥料利用率更高,增产效果更明显。

表 6 控释与常规尿素配施对玉米氮素利用效率的影响

处理	籽粒产量/ (kg·hm ⁻²)	氮素累积量/ (kg·hm ⁻²)	氮肥农学效率/ (kg·kg ⁻¹)	氮肥 利用率/%	氮肥 贡献率/%
CK	9.31e	154.92d	—	—	—
T1	11.33d	189.52c	8.96d	15.37d	17.76c
T2	11.63c	220.63b	10.31c	29.20c	19.95c
T3	12.76a	249.97a	15.32a	42.24a	27.01a
T4	12.01b	237.81a	11.96b	36.84b	22.41b

2.5 不同处理对春玉米经济效益的影响

对不同尿素类型配施下的投入和相对收益指标进行比较分析,由表 7 可知,控释肥处理下,玉米的相对经济效益均高于传统施肥,表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中,T3 和 T4 处理相对收益率较传统 T1 施肥模式提高 12.43% 和 2.93%。由此可知,控释与常规尿素配施一方面缓解了全部施用控释肥成本较高的问题,另一方面能有效简化玉米栽培,减少追肥环节降低人工成本,从而起到节本增效的目的。

表 7 控释与常规尿素配施对玉米经济效益的影响

处理	总收益/ (元·hm ⁻²)	氮肥投入/ (元·hm ⁻²)	追肥劳力投入/ (元·hm ⁻²)	相对经济收益/ (元·hm ⁻²)	相对增收 率/%
CK	12107.9	0	0	12107.9	—
T1	14728.9	684.8	450	13594.1	12.27
T2	15123.9	994.7	450	13679.2	12.98
T3	16588.7	1304.6	0	15284.0	26.23
T4	15607.0	1614.6	0	13992.4	15.56

注:尿素 1 400 元/t,控释肥 3 100 元/t,玉米籽粒 1 300 元/t,追肥人工成本 450 元/hm²;各处理中磷钾肥及其他投入相同,所以相对经济收益中不包含这部分投入。

3 讨论

前人就控释氮肥对玉米产量形成和构成因素的影响进行了大量研究,认为控释肥一次性基施可以有效延缓养分释放量和释放速率,达到与作物需肥规律基本吻合,利于产量的提升^[19-21]。王寅等^[17]研究发现,与尿素一次性全施相比,控释氮肥与尿素掺混基施能显著提高春玉米地上部干重和产量,但不同掺混比例之间差异不显著。而谢佳贵等^[22]研究认为,在适宜施 N 量为 150 kg/hm² 时,控释氮肥与普通氮肥 1:1 配施时可显著提高春玉米产量。但是,不同学者皆认为,控释肥对于产量的提升是由于穗粒数和粒重的显著提高所致^[23-24]。本试验中得出,控释尿素(全部氮肥量的 2/3)与常规尿素(全部氮肥量的 1/3)全部基施能够显著增加玉米的穗粒数和千粒重,进而获得较高的产量。分析不同尿素配比对产量影响不同的原因,可能是氮素施用量、区域间气候及土壤等条件的差异所造成,本课题组今后将对此进行进一步研究。

干物质积累是形成产量的重要物质基础,而花后

物质积累量又对产量的影响起决定作用。王永军等^[5]、司东霞等^[8]和尹彩侠等^[24]指出,控释尿素逐步释放相当于追肥,一次性底施能提高玉米的干物质平均积累速率,有效地促进玉米生育前期生物量的积累,更重要的是,施用控释尿素促进了开花后光合产物积累的相对比例,从而获得较高的籽粒产量。郭萍等^[18]研究发现,普通尿素与控释尿素配施处理吐丝期单株干物质积累量迅速增长,50%~75%的控释尿素比例单株干物质积累量较高。本研究也得出相似结论,控释尿素基施 N 150 kg/hm² + 常规尿素基施 N 75 kg/hm² 处理虽然在生长前期物质积累上未表现出明显优势,但花后干物质积累比例及总干物质积累量显著高于其他处理。由此可见,相较于普通尿素,不同类型的尿素合理配施能够有效提高玉米物质生产能力,从而为高产打下坚实基础。

氮肥种类和配施比例不同导致养分释放阶段不同,最终对作物的氮素积累和运移影响显著^[14]。本研究表明,等量施氮时,适当加大基肥中控释尿素的比例同时配合基施常规尿素不但能够满足花前营养器官对氮素的吸收,同时能够促进成熟期玉米籽粒对氮素的累积,成熟期 T3 和 T4 处理中叶、茎和籽粒的平均氮素积累量分别比传统单施常规尿素提高 40.56%, 27.40% 和 26.59%, 这与赵斌等^[25] 和易镇邪等^[26] 研究结果一致。不同处理间营养器官氮素转移量与其对籽粒的贡献率均表现为吐丝后合成量 > 叶片 > 茎秆, 但控释肥基施能显著提高花后吸氮量对籽粒的贡献率。姬景红等^[16] 研究认为,在不同氮素施用水平下,基施控释尿素比基施普通尿素处理的玉米氮肥表观利用率、氮肥农学效率及氮肥贡献率都相应增加。李伟等^[27] 研究了不同比例的控释氮肥与普通尿素配施对夏玉米氮肥效率的影响,认为各控氮比处理的氮肥利用率明显高于普通尿素处理,其中 50% 控氮比处理氮肥农学效率最高。本研究表明,相同施氮量下,控释氮肥能显著提高玉米的产量和植株氮素积累量,进而氮肥农学效率、氮肥利用率和氮肥贡献率也相应提高。

此外,除了产量、物质积累及氮素积累和运移等指标,作物-土壤系统中氮素平衡与氮素去向是评价施肥技术措施优劣的重要依据。本研究表明,随着控释尿素在基施中的比例增大,玉米植株氮素累积量逐渐增大,T3 和 T4 处理的氮素累积量甚至高于氮素施用量,但当地有适量补充有机肥和秸秆还田的习惯,故推荐施氮量可以满足春玉米生育期内的氮素需求。今后,本课题组将会就控释与常规尿素配施对土壤氮素状况及环境影响做进一步研究。

4 结论

与宁南山区当地传统常规尿素单施相比,控释与常规尿素配合基施能显著增加穗粒数和千粒重,进而提高产量。控释与常规尿素配合基施提高了光合产物积累,特别是促进了开花后光合产物积累的相对比例,增加了花后植株营养器官和籽粒的氮素积累,显著提升了氮肥农学效率、氮肥利用率和氮肥贡献率。由此可以得出初步结论,在宁夏南部雨养区全膜双垄沟播栽培条件下,春玉米的施氮量以控释尿素基施 N 150 kg/hm² + 常规尿素基施 N 75 kg/hm² 左右为宜。

参考文献:

- [1] 纪德智,王端,赵京考,等. 不同氮肥形式对玉米氮、磷、钾吸收及氮素平衡的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(4):104-109.
- [2] 米国华,陈范骏,春亮,等. 玉米氮高效品种的生物学特征[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(1):155-159.
- [3] 范霞,张吉旺,任佰朝,等. 不同株高夏玉米品种的氮素吸收与利用特性[J]. 作物学报,2014,40(10):1830-1838.
- [4] 王科,赵亚妮,王佳锐,等. 施氮及种植模式对玉米氮素利用效率和土壤硝态氮含量的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(4):121-126.
- [5] 王永军,孙其专,杨今胜,等. 不同地力水平下控释尿素对玉米物质生产及光合特性的影响[J]. 作物学报,2011,37(12):2233-2240.
- [6] 马富亮,宋付朋,高杨,等. 硫膜和树脂膜控释尿素对小麦产量、品质及氮素利用率的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):67-72.
- [7] Cui Z L, Zhang F S, Chen X P, et al. On farm estimation of indigenous nitrogen supply for site specific nitrogen management in the North China plain[J]. Nutrient Cycling Agroecosystems,2008,81(1):37-47.
- [8] 司东霞,崔振岭,陈新平,等. 不同控释氮肥对夏玉米同化物积累及氮平衡的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(6):1745-1751.
- [9] 张福锁,崔振岭,王激清,等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. 植物学报,2007,24(6):687-694.
- [10] 周培禄,任红,齐华,等. 氮肥用量对两种不同类型玉米杂交种物质生产及氮素利用的影响[J]. 作物学报,2017,43(2):263-276.
- [11] 樊小林,廖宗文. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(3):219-223.
- [12] 王宜伦,李潮海,王瑾,等. 缓/控释肥在玉米生产中的应用与展望[J]. 中国农学通报,2009,25(24):254-257.
- [13] 李宗新,王庆成,刘霞,等. 控释肥对夏玉米的应用效应研究[J]. 玉米科学,2007,15(6):89-92.
- [14] 邵国庆,李增嘉,宁堂原,等. 不同水分条件下常规尿素和控释尿素对玉米根冠生长及产量的影响[J]. 作物学报,2009,35(1):118-123.