

肖 贵, 墨金萍, 曹 宁, 等. 不同水氮处理对玉米生长、产量和氮素吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(6): 84–88.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.011

不同水氮处理对玉米生长、产量 和氮素吸收利用的影响

肖 贵, 墨金萍, 曹 宁, 白 灵, 连荣芳

(定西市农业科学研究院, 甘肃定西 743000)

摘要:针对玉米生产中大量施肥造成土壤质量下降、肥料资源浪费等问题, 采用水、氮 2 因素试验设计, 其中灌溉量设置 200、400、600 m³/hm² 等 3 个水平, 施氮量设置 0、75、150、225、300、375 kg/hm² 等 6 个水平, 共设 18 个处理, 研究不同水氮处理对半干旱地区玉米农艺性状、干物质积累量、产量和氮素吸收利用的影响。结果表明, 在同一灌溉条件下, 玉米干物质积累量、产量、植株氮素积累量、籽粒氮素积累量和氮素收获指数呈单峰趋势变化, 均在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值。而在同一氮水平下, 灌溉量为 400 m³/hm² 时, 玉米干物质积累量、产量、植株氮素积累量、籽粒氮素积累量和氮素收获指数均达到最大值。相关分析结果表明, 玉米产量与穗粒数、百粒重和穗粒重存在显著正相关关系, 而与收获指数之间无显著相关关系, 说明穗粒数、百粒重和穗粒重是玉米产量提高的决定因素。回归分析结果表明, 灌溉量为 400 m³/hm²、施氮量为 227.02 kg/hm² 时, 可获得最佳理论产量, 为 6 492.11 kg/hm², 是最佳水氮组合。综上所述, 在半干旱地区, 密度 60 000 株/hm²、灌溉量 400 m³/hm²、施氮量 225 kg/hm² 是玉米种植最佳技术组合。

关键词:施氮量; 灌溉量; 玉米; 产量; 氮素吸收利用

中图分类号:S513.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0084-05

玉米是我国重要的粮食作物, 在我国农业生产中具有重要作用, 随着我国工业化进程的加快, 粮食供应日趋紧张^[1], 玉米作为一种高产作物, 受当地降雨及施肥条件的影响很大, 因此如何通过优化施肥方式以提高肥料利用率和水分利用率从而提高玉米产量及品质是一个关键问题。2017 年国家通过调整农业结构布局战略, 确立了调减籽实玉米、增加饲草玉米等饲料作物面积的“粮改饲”实施方案^[2-4], 这对于改善农业生态环境、促进农业供给侧结构改革具有重要意义, 因而如何提高籽实玉米产量水平是一个亟待解决的问题。

合理施肥是提高产量的关键, Deng 等认为, 玉米产量的提高依赖于土壤水分和养分协调供应^[5]。有研究表明, 在旱地玉米生产中, 由于中后期追肥困难, 追施的氮肥难以协调玉米灌浆期需肥与土壤

供肥间的关系, 易造成灌浆期氮素亏缺, 使灌浆速率和氮肥利用率降低, 而生育后期缺氮会引起叶片早衰, 造成产量下降^[6]。合理的施用肥料不仅可以提高玉米产量和品质, 同时也有利于提高肥料利用率, 保护生态环境^[7]。田间试验表明, 玉米膜下滴灌产量远高于喷灌, 增产幅度超过 28.3%^[8]。膜下滴灌条件下滴水频率对棉花水分利用效率无显著影响, 但水分利用效率随滴水量的增大而显著降低^[9-10]。然而, 受陇中黄土高原干旱半干旱以及经济发展条件的制约, 农民在玉米种植时大量施用化肥, 造成大量的肥料资源浪费, 同时也造成生态环境污染。因此, 本试验研究不同水氮处理对玉米产量和氮素吸收利用率的影响, 为玉米生产提供理论依据。

1 试验区概况与研究方法

1.1 试验区概况

试验于 2020 年在甘肃省定西市安定区宁远镇实施, 该地区平均海拔 1 996 m, 年平均降水量 390 mm, 年平均气温 6.2 ℃, 全年无霜期 140 d。供试土壤为黄绵土, 肥力均匀, 具有良好的灌溉条件, 试验地 pH 值为 7.8, 有机质含量为 19.1 g/kg, 全氮

收稿日期: 2023-04-20

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(编号: CARS-08)。

作者简介: 肖 贵(1985—), 男, 甘肃定西人, 副研究员, 从事旱地豌豆及玉米的选育及示范推广。E-mail: 714631793@qq.com。

通信作者: 连荣芳, 研究员, 从事旱地豌豆品种选育。E-mail: 294301232@qq.com。

含量为 1.22 g/kg,碱解氮含量为 115.6 mg/kg,速效磷含量为 23.1 mg/kg,速效钾含量为 186.7 mg/kg。

1.2 试验设计

试验品种为豫单 132。试验共设 18 个处理(表 1),施磷量和施钾量均为 170 kg/hm²,化肥主要包括尿素(N≥46%)、过磷酸钙(P₂O₅≥12%)和硫酸钾(K₂O≥24%)。每个处理重复 3 次,随机区组排列,60 000 株/hm²,株距 30 cm,行距 70 cm。小区面积 55 m²(5.5 m×10 m),1 膜 1 管 2 行种植模式,单翼迷宫式滴灌带布置于窄行中间,滴头间距 30 cm,滴头流量为 2.0 L/h,灌溉量分别为:苗期 5%、拔节期 10%、小喇叭口期 10%、大喇叭口期 12%、抽雄期 15%、开花期 15%、籽粒建成期 15%、乳熟期 10%、蜡熟期 8%。田间管理同大田。

表 1 试验设计

处理	灌溉量 (m ³ /hm ²)	施氮量 (kg/hm ²)
W1N0	200	0
W1N1	200	75
W1N2	200	150
W1N3	200	225
W1N4	200	300
W1N5	200	375
W2N0	400	0
W2N1	400	75
W2N2	400	150
W2N3	400	225
W2N4	400	300
W2N5	400	375
W3N0	600	0
W3N1	600	75
W3N2	600	150
W3N3	600	225
W3N4	600	300
W3N5	600	375

1.3 样品采集与分析

于玉米拔节期(V6)、大喇叭口期(V12)、抽雄吐丝期(VT)、灌浆期(R3)和成熟期(PM)取样,每个小区随机取样 5 株,烘干,称干重。

1.4 调查测定项目

1.4.1 农艺性状统计 在玉米生长各生育期,每个小区随机取样 5 株,统计玉米的株高、成穗率、穗长、鲜穗重、绿叶数和单根鲜重等农艺性状,烘干,称干物质积累量。

1.4.2 收获测产 收获时按小区计产,每小区随机取样 15 株,统计穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重和单株生产力。

1.4.3 氮含量测定 用凯氏定氮法分别测定玉米植株和籽粒氮素含量,计算氮素积累量、氮素收获指数和氮肥偏生产力。

1.5 数据处理

试验数据使用 Excel 2010 进行统计汇总,并使用 SPSS 19 对各处理数据进行方差分析和最小显著性检验(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 不同水氮处理对玉米各生育期干物质积累的影响

由图 1 可以看出,随着生育进程的推进,玉米干物质积累量逐渐增加,在成熟期达到最大值;同一灌溉量之间相比,随着施氮量的增加,玉米干物质积累量呈先增加后减小的变化趋势,都是在施氮量为 225 kg/hm² 达到最大值。与 W1N0、W1N1、W1N2、W1N4 和 W1N5 处理相比,W1N3 干物质积累量分别提高 30.27%、17.33%、7.39%、8.23% 和 19.37%;与 W2N0、W2N1、W2N2、W2N4 和 W2N5 处理相比,W2N3 干物质积累量分别提高 30.12%、17.08%、7.29%、8.12% 和 19.09%;与 W3N0、W3N1、W3N2、W3N4 和 W3N5 处理相比,W3N3 干物质积累量分别提高 30.36%、17.20%、7.34%、8.17% 和 19.22%。说明在灌溉量为 200、400、600 m³/hm² 时,施氮量 225 kg/hm² 都能明显提高玉米干物质含量。

不同灌溉量之间相比,灌溉量为 400 m³/hm² 时各生育期玉米干物质积累量都最高。与灌溉量为 200 m³/hm² 相比,成熟期干物质积累量分别高 0.76%、0.67%、0.62%、0.58%、0.64% 和 0.72%;与灌溉量为 600 m³/hm² 相比,成熟期干物质积累量分别高 0.37%、0.32%、0.30%、0.28%、0.31% 和 0.35%。

2.2 不同水氮处理对玉米各农艺性状的影响

由表 2 可以看出,在同一灌溉量条件下,玉米株高、成穗率、穗长、鲜穗重、绿叶数和单根鲜重都随着施氮量的增加呈先增加后减小的趋势,在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值。与 W1N0、W1N1、W1N2、W1N4 和 W1N5 处理相比,W1N3 单株根重分别增加 21.64%、13.43%、4.66%、5.72% 和

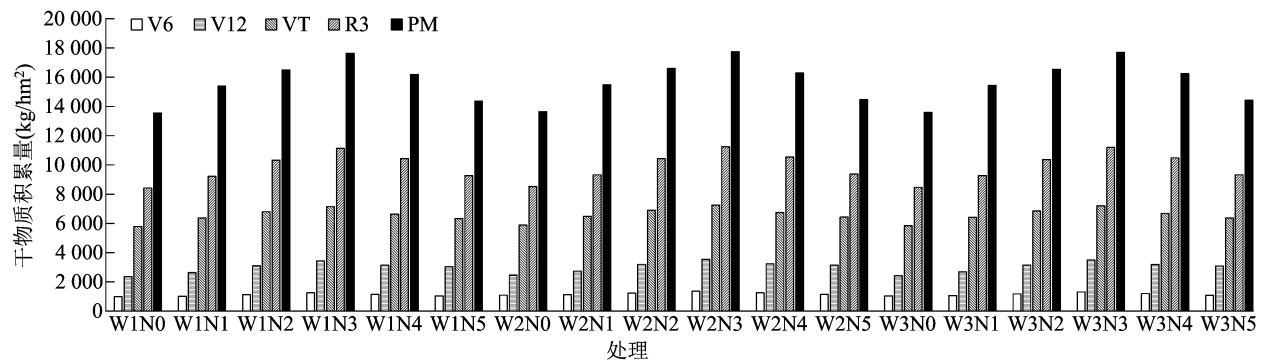


图1 不同处理对玉米各生育期干物质积累的影响

8.30% ;与 W2N0、W2N1、W2N2、W2N4 和 W2N5 处理相比,W2N3 单株根重分别增加 18.53%、10.90%、4.31%、4.88% 和 8.39% ;与 W3N0、W3N1、W3N2、W3N4 和 W3N5 处理相比,W3N3 单株根重分别增加 17.97%、12.64%、7.77%、8.40% 和 11.55%。根是玉米生长发育的基础,说明在不同的灌溉条件下,单株根重都在施氮量为 225 kg/hm² 达到最大值;在同一施氮量条件下,不同灌溉量之间相比,灌溉量为 400 m³/hm² 的玉米株高、成穗率、穗长、鲜穗重、绿叶数和单根鲜重均高于灌溉量为 200、600 m³/hm² 的处理,但无显著差异。

表 2 不同处理对玉米各农艺性状的影响

处理	株高 (cm)	成穗率 (%)	穗长 (cm)	鲜穗重 (g)	绿叶数 (张)	单株根鲜 重(g)
W1N0	153.2d	78.1c	18.1ab	265.3e	10.3b	153.4d
W1N1	178.5bcd	87.4bc	18.9ab	313.4d	12.8ab	164.5cd
W1N2	201.3ab	91.6a	19.7ab	342.5bc	13.6ab	178.3bc
W1N3	221.4a	94.3a	20.8ab	378.4a	13.8ab	186.6ab
W1N4	215.3a	90.3ab	19.9ab	363.2ab	12.5ab	176.5bc
W1N5	187.6bc	83.2bc	19.2ab	354.2bc	12.1ab	172.3bc
W2N0	161.3cd	81.5c	18.6ab	271.4e	10.7b	161.4cd
W2N1	182.5bc	90.3ab	19.7ab	325.6cd	13.1ab	172.5bc
W2N2	212.5a	93.4a	21.2a	362.3ab	13.5ab	183.4ab
W2N3	234.6a	96.4a	22.2a	381.1a	14.3a	191.3a
W2N4	218.7a	92.1a	19.9ab	371.4a	13.2ab	182.4ab
W2N5	186.5bc	90.3ab	19.6ab	362.1ab	12.7ab	176.5bc
W3N0	162.4cd	76.3c	17.8b	272.3e	10.7b	156.4d
W3N1	176.5bcd	85.4bc	19.1ab	312.5d	11.5ab	163.8cd
W3N2	198.6b	89.7bc	19.7ab	334.6cd	12.1ab	171.2bc
W3N3	214.3a	92.5a	20.3ab	368.7ab	13.4ab	184.5ab
W3N4	203.8ab	88.4bc	19.1ab	354.2bc	12.8ab	170.2bc
W3N5	198.7b	86.2bc	18.8ab	332.7cd	12.2ab	165.4cd

注:同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同。

2.3 不同水氮处理对玉米产量的影响

由表 3 可以看出,在同一灌溉条件下,穗粒数、百粒重、穗粒重、产量和收获指数都随着施氮量的增加先增加后降低,在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值。与 W1N0、W1N1、W1N2、W1N4 和 W1N5 处理相比,W1N3 产量分别增加 100.80%、51.03%、28.67%、6.87% 和 36.36% ;与 W2N0、W2N1、W2N2、W2N4 和 W2N5 处理相比,W2N3 产量分别增加 93.36%、39.55%、24.35%、7.09% 和 36.95% ;与 W3N0、W3N1、W3N2、W3N4 和 W3N5 处理相比,W3N3 产量分别增加 87.96%、37.15%、26.52%、23.12% 和 37.20%。在同一施氮量的条件下,灌溉量为 400 m³/hm² 时玉米产量均高于灌溉量为 200、600 m³/hm² 处理,与灌溉量为 200 m³/hm² 相比,产量分别提高 5.94%、10.41%、5.56%、2.02%、1.80% 和 1.58%,与灌溉量为 600 m³/hm² 相比,产量分别高 2.90%、4.04%、7.71%、5.86%、21.70% 和 6.06%,但差异不明显。

相关性分析结果表明,玉米产量与穗粒数、百粒重和穗粒重均存在显著正相关关系,而与收获指数之间无显著相关关系,说明穗粒数、百粒重和穗粒重是玉米产量提高的决定因素。

2.4 不同水氮处理玉米产量与灌溉量和施氮量回归分析

在灌溉量分别为 200、400、600 m³/hm² 时,对玉米产量(y)与施氮量(x)进行的回归分析,结果见图 2。在灌溉量为 200 m³/hm² 时, $y = -0.0557x^2 + 26.6580x + 3131.0000$, $r^2 = 0.9238$;在灌溉量为 400 m³/hm² 时, $y = -0.0593x^2 + 26.9250x + 3435.8000$, $r^2 = 0.9121$;在灌溉量为 600 m³/hm² 时, $y = -0.0505x^2 + 22.5500x + 3425.0000$, $r^2 = 0.9126$ 。分别对方程求解,当灌溉量为 200 m³/hm² 时, $x = 239.30$ kg/hm²,得最佳产量 $y = 6320.63$ kg/hm²;

表 3 不同处理对玉米产量的影响

处理	穗粒数 (粒/穗)	百粒重 (g)	穗粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	收获指数
W1N0	438d	23.2c	101.6e	3 414.5d	0.25c
W1N1	512cd	25.7c	131.5d	4 539.7c	0.30b
W1N2	587bc	27.3bc	160.2c	5 328.6b	0.32b
W1N3	643ab	28.4b	182.6bc	6 856.3a	0.39a
W1N4	612b	27.4bc	167.6c	6 415.6a	0.40a
W1N5	577c	25.9c	149.4d	5 028.2bc	0.35b
W2N0	464d	24.1c	111.8e	3 617.4d	0.26c
W2N1	543cd	26.2c	142.2d	5 012.3bc	0.32b
W2N2	604b	30.1a	181.8bc	5 624.7b	0.34b
W2N3	687a	33.7a	231.5a	6 994.5a	0.41a
W2N4	632ab	31.5a	199.1b	6 531.3a	0.39a
W2N5	601b	28.6b	171.8c	5 107.4bc	0.35b
W3N0	443d	24.3c	107.6e	3 515.4d	0.26c
W3N1	513cd	26.1c	133.8d	4 817.6c	0.31b
W3N2	562c	29.3ab	164.6c	5 222.3b	0.32b
W3N3	631ab	30.2a	190.5b	6 607.5a	0.37ab
W3N4	605b	28.5b	172.4c	5 366.7b	0.33b
W3N5	584bc	25.4c	148.3d	4 815.8c	0.32b

项目	与产量的线性相关系数				
	穗粒数	百粒重	穗粒重	产量	收获指数
<i>r</i> ²	0.923 *	0.922 *	0.924 *	1.000	0.683
<i>P</i> 值	0.064	0.022	0.028	0.000	0.201

注：* 表示显著相关($P < 0.05$)。

当灌溉量为 400 m³/hm² 时, $x = 227.02$ kg/hm², 得最佳产量 $y = 6\,492.11$ kg/hm²; 当灌溉量为 600 m³/hm² 时, $x = 223.27$ kg/hm², 得最佳产量 $y = 5\,942.34$ kg/hm²。

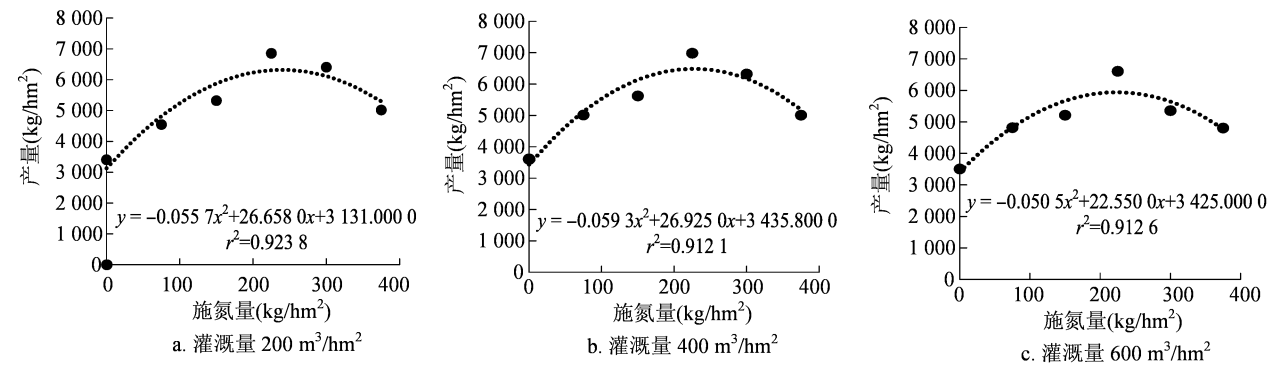


图2 不同处理玉米产量与灌溉量和施氮量回归分析

3 讨论与结论

氮是作物生长发育、产量形成和品质提升的重要元素,氮素的供应量和供应过程决定作物产量的高低。施氮量太少不足以供应作物生长发育所需的养分,而施氮量过多则造成作物生长发育受阻。

2.5 不同水氮处理对玉米氮素吸收利用的影响

由表 4 可知,玉米植株氮素积累量和籽粒氮素积累量在灌溉量为 200、400、600 m³/hm² 时随施氮量的增加呈单峰趋势变化,都是在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值,其中植株氮素积累量最高分别为 175.34、184.56、182.32 kg/hm²,籽粒氮素积累量最高分别为 131.74、145.27、141.67 kg/hm²。氮素收获指数的变化趋势和玉米植株氮素积累量以及籽粒氮素积累量变化趋势相同,也是在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值,与 W1N0、W1N1、W1N2、W1N4 和 W1N5 处理相比, W1N3 处理氮素收获指数分别提高 3.24%、2.12%、0.67%、1.22% 和 1.55%;与 W2N0、W2N1、W2N2、W2N4 和 W2N5 处理相比, W2N3 处理氮素收获指数分别提高 5.47%、4.02%、2.14%、3.32% 和 3.78%;与 W3N0、W3N1、W3N2、W3N4 和 W3N5 处理相比, W3N3 处理氮素收获指数分别提高 4.30%、2.87%、1.70%、3.95% 和 5.57%。

不同灌溉量之间相比,灌溉量为 400 m³/hm² 时氮素收获指数最高,与灌溉量为 200 m³/hm² 相比,其各处理氮素收获指数分别提高 1.21%、1.50%、1.90%、3.39%、1.29% 和 1.16%,与灌溉量为 600 m³/hm² 相比,其各处理氮素收获指数分别提高 0.17%、0.19%、0.86%、1.30%、1.91% 和 3.04%。氮肥偏生产力在灌溉量为 200、400、600 m³/hm² 时都随着施氮量的增加显著降低。

合理的氮素供应可有效促进玉米植株、籽粒对氮素的吸收积累,促进含氮化合物的合成,增强光合作用,增加干物质积累,提高玉米的产量和品质^[11]。水是生命之源,是作物生长发育得重要因子,同时水分是作物对养分吸收、运输的重要因素,水分太多或太少都会影响作物的生长,水分太多一方面造成养

表 4 不同处理对玉米氮素吸收利用的影响

处理	氮素积累量(kg/hm ²)		氮素收获指数 (%)	氮肥偏生产力 (%)
	植株	籽粒		
W1N0	137.56d	101.45e	73.74b	
W1N1	154.36cd	116.63d	74.55ab	60.62b
W1N2	166.58c	127.64cd	75.62ab	35.47c
W1N3	175.34ab	131.74cd	76.13ab	30.46c
W1N4	171.43bc	128.25cd	75.21ab	21.35d
W1N5	170.63bc	126.67cd	74.97ab	13.38e
W2N0	141.62d	105.21e	74.63ab	
W2N1	156.41cd	118.36d	75.67ab	66.83a
W2N2	170.35bc	131.27cd	77.06a	37.47c
W2N3	184.56a	145.27a	78.71a	31.04c
W2N4	178.69ab	136.13ab	76.18ab	21.07d
W2N5	174.39ab	132.27bc	75.84ab	13.35e
W3N0	138.52d	102.46e	74.50ab	
W3N1	155.67cd	117.58d	75.53ab	64.23ab
W3N2	165.35c	126.34cd	76.40ab	34.74c
W3N3	182.32a	141.67ab	77.70a	29.36c
W3N4	177.34ab	132.57bc	74.75ab	17.85d
W3N5	172.26bc	126.79cd	73.60b	12.81e

分流失,另一方面影响作物根的呼吸。在半干旱的定西市水分的作用尤其重要,氮与水的协调供应能够显著提高作物产量,同时也能显著提高养分利用效率,灌水也有明显的促肥作用^[12-15]。也有研究证明,过度灌水反而不利于作物产量的形成^[16-18],这和本研究相似。本研究表明,在同一灌溉量的条件下,玉米产量、干物质积累量、植株氮素积累量、籽粒氮素积累量和氮素收获指数都呈单峰趋势变化,均在施氮量为 225 kg/hm² 时达到最大值。灌溉量对玉米干物质积累量、植株氮素积累量、籽粒氮素积累量和氮素收获指数和产量无显著影响。本试验结果显示,不同灌溉量的最高产量均是施氮量为 225 kg/hm² 的处理。回归分析结果表明,理论产量最高时的施氮量为 227.02 kg/hm²,略高于本试验最高产量时的施氮量 225 kg/hm²,但对应的最高理论产量低于实测产量。经综合分析可知,密度 60 000 株/hm²、灌溉量 400 m³/hm²、施氮量 225 kg/hm² 是半干旱地区玉米种植的最佳技术组合。

在半干旱地区,灌溉量为 400 m³/hm²、施氮量为 225 kg/hm²、密度为 60 000 株/hm² 时能获得最大玉米产量,为 6 994.5 kg/hm²,同时能够得到最大氮素收获指数,为 78.71%。

参考文献:

[1] 蒯宝军,张 芮,高彦婷,等. 西北地区高效节水灌溉技术发展现状及对策[J]. 水利规划与设计,2019(3):29-33.

[2] 倪印锋,王明利. 中国青贮玉米产业发展时空演变及动因[J]. 草业科学,2019,36(7):1915-1924.

[3] 李青军,张 炎,胡 伟,等. 氮素运筹对玉米干物质积累、氮素吸收分配及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):755-760.

[4] 赵士诚,裴雪霞,何 萍,等. 氮肥减量后移对土壤氮素供应和夏玉米氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):492-497.

[5] Deng X P,Shan L,Zhang H P,et al. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China[J]. Agricultural Water Management,2006,80(1/2/3):23-40.

[6] 刘汝亮,王 芳,王开军,等. 控释氮肥侧条施用对东北地区水稻产量和氮肥损失的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(2):252-256.

[7] 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.

[8] Abd El - Wahed M H,Ali E A. Effect of irrigation systems ,amounts of irrigation water and mulching on corn yield ,water use efficiency and net profit[J]. Agricultural Water Management,2013,120:64-71.

[9] 刘梅先,杨劲松,李晓明,等. 滴灌模式对棉花根系分布和水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(增刊1):98-105.

[10] 刘战东,肖俊夫,刘祖贵,等. 膜下滴灌不同灌水处理对玉米形态、耗水量及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2011,30(3):60-64.

[11] 张兴梅,周攒义,殷奎德,等. 氮肥与水分互作对黑龙江半干旱区玉米氮积累和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(4):165-169,258.

[12] 孙文涛,孙占祥,王聪翔,等. 滴灌施肥条件下玉米水肥耦合效应的研究[J]. 中国农业科学,2006,39(3):563-568.

[13] 王 琪,马树庆,郭建平,等. 温度对玉米生长和产量的影响[J]. 生态学杂志,2009,28(2):255-260.

[14] 王海江,崔 静,侯振安,等. 膜下滴灌棉花干物质积累与耗水量关系研究[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):83-87.

[15] 纪耀坤,孟自力,高 磊. 开花期灌水对小麦减氮增效的潜力及氮高效利用机制研究[J]. 江苏农业科学,2022,50(15):79-83.

[16] 郑艳军,尹 娟,尹 亮,等. 不同灌水处理对枸杞产量和品质的影响[J]. 节水灌溉,2017(9):28-32.

[17] 杨奇鹤,毛晓敏,杨 健,等. 不同灌水处理和覆膜对西北旱区农田水热状况和春小麦生长的影响研究[J]. 中国农村水利水电,2017(2):37-39,46.

[18] 肖俊夫,刘战东,南纪琴,等. 不同水分处理对春玉米生态指标、耗水量及产量的影响[J]. 玉米科学,2010,18(6):94-97,101,106.