

胡雨欣,王桂阳,梁修仁,等.水分和施氮量对亚热带一年两作玉米灌浆及产量的影响[J].江苏农业科学,2020,48(15):99-105.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.017

水分和施氮量对亚热带一年两作玉米 灌浆及产量的影响

胡雨欣,王桂阳,梁修仁,毛祥敏,吴海燕,周勋波

(广西大学农学院,广西南宁 530004)

摘要:探究水分和氮肥对玉米(*Zea mays* L.)灌浆规律及产量形成的影响,为提高亚热带一年两作区域玉米周年产量提供理论依据。试验采取裂区设计,以灌溉(滴灌保持土壤含水量不低于田间最大持水量的60%)和雨养(生育期无灌溉)为主因素,施纯氮0 kg/hm²(N0)、150 kg/hm²(N1)、200 kg/hm²(N2)、250 kg/hm²(N3)、300 kg/hm²(N4)为副因素,在玉米开花期后对干物质的积累量进行测定,成熟期时进行测产与考种。试验结果表明,与雨养和其他氮素水平(N0、N1、N2和N4)处理相比,灌溉和N3处理提高了花后百粒干质量、灌浆速率最大时的生长量(W_{\max})和灌浆活跃期(P)。与雨养相比,灌溉处理增产15.7%,穗质量增加11.0%、千粒质量提高1.8%、收获指数提高17.6%;与N0相比,N3显著增产68.2%,穗质量增加57.1%、千粒质量提高30.2%、收获指数提高8.8%;但施氮量超过250 kg/hm²时,收获指数不减反降。施氮量为250 kg/hm²时,在阶段性干旱条件下结合适量灌溉,可有效提高亚热带一年两作种植区域玉米周年产量。

关键词:水分;氮肥;一年两作;玉米;籽粒灌浆;产量

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0099-07

水分是影响作物生长发育的重要因子,并且已经成为很多地区农业发展的限制因素。广西年平均降水量为1 086~2 755 mm,大部分地区年均降水量为1 300~2 000 mm^[1],降水量充沛,基本上能满足玉米生育期的水分需求。但因降水日期和降水量的不确定性及地形地貌的特殊性所导致的水流

失严重,玉米大喇叭口期、灌浆期等时期经常发生阶段性水分胁迫,而抽雄-灌浆期是玉米需水和耗水的关键时期,若该时期受到水分胁迫,籽粒灌浆受阻,导致产量下降^[2-3]。在玉米的关键生育阶段合理灌溉能显著提高产量^[4]。在作物生育期内,若降水量不足以支持其生长及养分吸收,科学灌溉就显得较为重要^[5]。玉米产量高低与籽粒发育密切相关,而玉米灌浆期的氮素施用对籽粒发育起关键作用^[6-7]。氮肥投入量低于经济最佳施氮量或最高产量施氮量时,会导致产量较低,过高时则易引起作物倒伏或病虫害增加,导致产量不再增加或是有所下降^[8-9],同时残留在土壤中或损失到大气和水体中的氮肥会显著增加,污染环境^[10]。所以在生产

收稿日期:2019-10-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31760354);广西自然科学基金(编号:2017GXNSFAA198036)。

作者简介:胡雨欣(1997—),女,陕西镇坪人,硕士研究生,研究方向为作物栽培。Tel:(0771)3235612;E-mail:hyxjyo@163.com。

通信作者:周勋波,博士,教授,主要从事农田生态研究。Tel:(0771)3235612;E-mail:xunbozhou@163.com。

[14] Runo S, Macharia S, Alakonya A, et al. *Striga* parasitizes transgenic hairy roots of *Zea mays* and provides a tool for studying plant-plant interactions[J]. Plant methods, 2012, 8(1): 20.

[15] 未晓巍. 玉米毛状根再生植株的根系构型分析及抗逆性研究[D]. 四平:吉林师范大学,2013.

[16] 未晓巍,杨艺,王艺璇,等. 玉米毛状根再生植株干旱胁迫与复水条件下膜质过氧化水平变化[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2019, 40(3): 97-101.

[17] 徐洪伟,杜丰平,张鑫,等. 玉米毛状根再生植株氮高效利用

生理机制初探[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(22): 64-66.

[18] 赵晓松,关德新,吴家兵,等. 长白山阔叶红松林的零平面位移和粗糙度[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 84-88, 115.

[19] 王玉萍,董雯,张鑫,等. 水杨酸对盐胁迫下花椰菜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 213-219.

[20] 钟小仙,张建丽,张国正,等. 海盐胁迫下象草体细胞突变体苗期生长及Na⁺、K⁺分配[J]. 中国草地学报, 2010, 32(1): 48-52.

上可以通过合理的灌溉与施氮结合的农业措施来控制氮肥使用量,降低氮肥损失量,缓解粮食生产压力。

灌溉和施肥对玉米农艺性状、产量以及氮肥利用率均有影响,科学灌溉和施肥尤为重要。氮肥的增产效应与灌水量相关,合理的水肥协同优化组合可以提高水分、养分利用率,是提高玉米产量的关键^[11-12]。水肥一体化能够有效改善春玉米灌浆特性,延长灌浆时间并且提高灌浆速率^[13]。灌水量和施肥量对玉米株高、茎粗、叶面积指数都有显著影响^[14]。刘志恒等研究发现,长期施用氮肥量为 180 kg/hm² 的处理,玉米能获得较高产量和氮肥利用率,并且可以有效保持土壤肥力,减少污染^[15]。甄城等研究发现,施纯氮量在 0~270 kg/hm² 之间,拔节期淹水条件下施氮量增加时,春玉米大喇叭口至乳熟期叶面积指数、株高、穗长、穗行数、行粒数、千粒质量和籽粒产量均增加,施氮量进一步增加时上述指标增加不明显^[16]。高天平等研究发现,充足灌溉能够显著提高 30 cm 土层有机碳含量和土壤含水量,有利于玉米产量的提高^[17]。王炎等研究发现,中浓度氮肥处理可促进苦荞生长发育、灌浆进程,增加籽粒充实度及提高产量^[18]。郑斯尹等研究表明,玉米不同生长阶段、不同施肥处理以及二者交互作用显著影响土壤微生物量以及碳、氮含量^[19]。

国内外在水肥对玉米品种籽粒灌浆及氮素利用效率等的影响方面进行了大量研究,但对亚热带一年两季玉米种植区,在雨养和灌溉条件下施氮对玉米籽粒灌浆的影响研究未见报道。本研究将雨养与灌溉结合,探讨不同施氮量下玉米的灌浆规律,旨在明确不同水氮条件下玉米籽粒灌浆规律及产量与水氮间的关系,为亚热带玉米一年两作种植区水肥管理提供必要的技术支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试玉米品种为万川 1306,是由广西万川种业有限公司利用自选自交系 GY21B 作父本、自选自交系 GY2121 作母本,杂交选育而成的玉米单交种,其春播生育期为 113 d,秋播生育期 1 为 02 d,需有效积温为 2 300 ℃ 左右。

1.2 试验地概况

本试验于 2018 年 3—12 月在广西大学农场

(22°50'N,108°17'E)进行,该地区为湿润的亚热带季风气候,年平均气温为 21.6 ℃,年均降水量为 1 304.2 mm,2018 年试验地降水情况如图 1-A 所示。试验地土壤类型为黏土,0~0.2 m 土层的有机质含量为 17.5 g/kg,碱解氮含量为 126.2 mg/kg,速效磷含量为 40.0 mg/kg,速效钾含量为 124.5 mg/kg,pH 值为 5.4,容重为 1.50 g/cm³,田间持水量为 37.2% (V/V)。

1.3 试验方法

将供试玉米按 0.6 m 等行距、0.28 m 等株距种植,每穴 2~3 株,使用播种机点播,种植密度为 52 500 株/hm²。试验小区面积为 4 m×4.2 m。试验采用裂区设计,设水分和氮肥 2 个因素。水分设置 2 个水平,分别是滴灌(采用软管滴灌,保持土壤含水量不低于田间最大持水量的 60%)和雨养(生育期无灌溉,作物生长发育所用水分仅来源于自然降水)。氮肥设置 5 个水平:纯氮 0 kg/hm² (N0)、150 kg/hm² (N1)、200 kg/hm² (N2)、250 kg/hm² (N3)、300 kg/hm² (N4);氮肥为尿素,播前作基肥施用量为总施氮量的 2/3,大喇叭口期追施剩余 1/3。P₂O₅ 和 K₂O 施用量均为 100 kg/hm² (均作为基肥一次性施入)。灌溉处理的具体灌溉时间和灌溉量见图 1-B,共 2×5=10 个处理,每个处理 3 次重复。

两季玉米(春玉米和秋玉米)分别于 2018 年 3 月 22 日和 8 月 11 日播种;4 月 15 日与 8 月 26 日间苗;7 月 12 日和 12 月 16 日收获,全生育期分别为 112 d 和 127 d。

1.4 测定项目及方法

植株花后干物质积累量测定:从玉米开花期开始,各处理取有代表性的 2 株玉米的果穗,每 7 d 取样 1 次,直到成熟,重复 3 次。用镊子取下果穗中部籽粒,以 100 粒为单位称量鲜质量,在 105 ℃ 烘箱中杀青 30 min,然后 75 ℃ 烘干至恒质量,称质量。并参考徐田军等的方法,用 Richards 模型 $W = A(1 + Be^{-Ct})^{-1/D}$ 模拟灌浆过程,其中:W 为籽粒干质量(g);A 为最终粒质量(g);t 为授粉后天数(d);B 为初值参数;C 为生长速率参数;D 为形状参数^[20]。当 D=1 时,即为 Logistic 方程。计算下列灌浆特征参数:R₀(起始生长势)=C/D;达最大灌浆速率时的天数 $T_{\max} = (\ln B - \ln D)/C$;灌浆速率最大时的生长量 $W_{\max} (g/100 \text{ 粒}) = A(D+1)^{-1/D}$;灌浆活跃期(约完成总积累量的 90%) $P = 2(D+2)/C$ 。

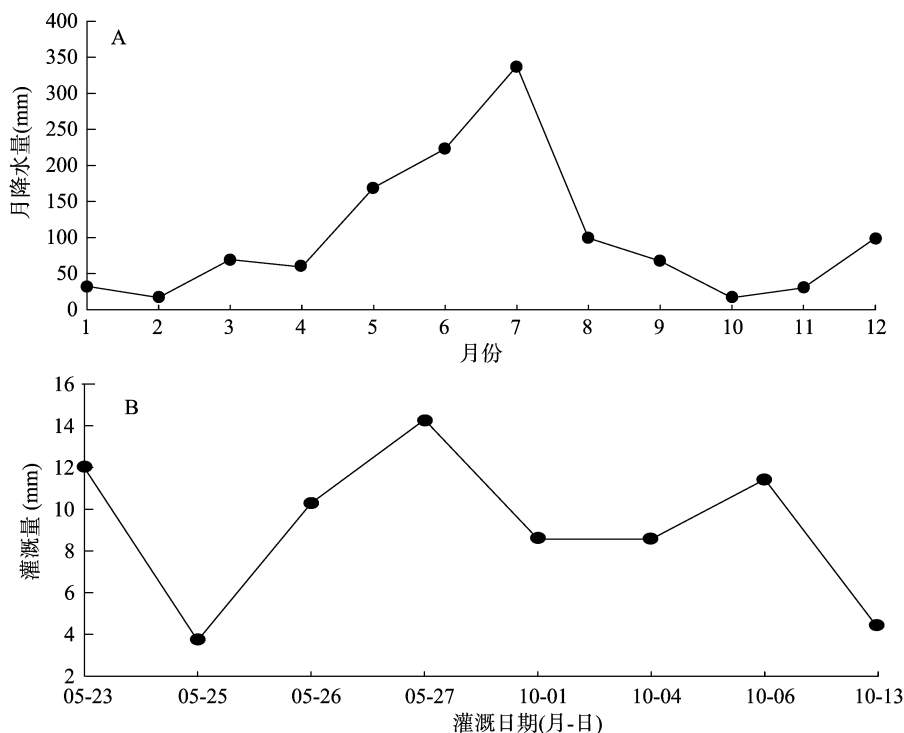


图1 2018年玉米生育期的月降水量(A)和灌溉水量(B)

测产与考种:在成熟期随机选取长势均匀的玉米 10 株,测定穗质量和千粒质量等,每个小区选取 2 m^2 进行实收测产,自然风干至恒质量后称质量。

1.5 统计分析

试验数据利用 SPSS Statistics 21.0 进行统计分析 (LSD 法),用 CurveExpert 1.4 拟合曲线,用 SigmaPlot 10.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 花后籽粒干物质积累

由图 2 可见,随着玉米的生长,籽粒干质量逐渐增加,在花后 7 d 各处理间差异较小,随后差异增大。从花后 14 d 到 35 d 是籽粒干质量快速增长的时期,灌浆速率快,在花后 42 d 灌浆基本完成。此外 N0 处理的干物质积累速率及积累量总体低于其他水平氮素处理。对于春玉米,雨养和灌溉处理的百粒干质量均值分别为 14.6、16.3 g,灌溉处理的百粒干质量较雨养提高了 11.6%;对于秋玉米,雨养和灌溉处理的百粒干质量均值分别为 11.5、13.2 g,灌溉处理的百粒干质量较雨养提高了 14.8%。雨养和灌溉处理春玉米的百粒干质量较秋玉米分别提高了 27.0% 和 23.5%。雨养和灌溉处理的百粒干质量均值分别为 13.1、14.8 g,灌溉处理的百粒干质量较雨养提高了 13.0%。

春玉米, N0、N1、N2、N3、N4 处理的百粒干质量均值分别为 13.2、15.7、16.2、16.4、15.8 g,即 $N3 > N2 > N4 > N1 > N0$ 。对于秋玉米, N0、N1、N2、N3、N4 的百粒干质量均值分别为 9.3、12.2、12.7、12.8、14.8 g,即玉米籽粒干物质质量随施氮量的增加而增加。春玉米氮素处理 (N0、N1、N2、N3 和 N4) 的百粒干质量较秋玉米分别提高了 41.9%、28.7%、27.6%、28.1% 和 6.8%。

2.2 玉米籽粒灌浆特性

对玉米籽粒干质量 W 与授粉后天数 t 用 Richards 方程进行模拟,建立籽粒灌浆的动态方程 (表 1)。不同水分条件和施氮量处理下所建立的 Richards 方程的 R^2 都在 0.99 以上,均达到极显著水平。雨养和灌溉的起始生长势 (R_0) 均值分别为 0.099 6 和 0.096 9; N0、N1、N2、N3、N4 处理的起始生长势综合来看表现为 $N0 > N1 > N2 > N4 > N3$,雨养和低氮素处理的起始生长势 (R_0) 较高,表明雨养和低氮素处理的玉米进入灌浆盛期早。与雨养相比,灌溉处理达到最大灌浆速率所需要的时间 (T_{\max}) 提高了 0.2% ($P > 0.05$); N0、N1、N2、N3 和 N4 处理的 T_{\max} 表现为 $N0 > N3 > N4 > N2 > N1$, N0 的 T_{\max} 高于其他水平氮素处理。

雨养和灌溉条件下灌浆速率最大时的生长量 (W_{\max}) 均值分别为百粒干质量 11.7、12.3 g,灌溉处

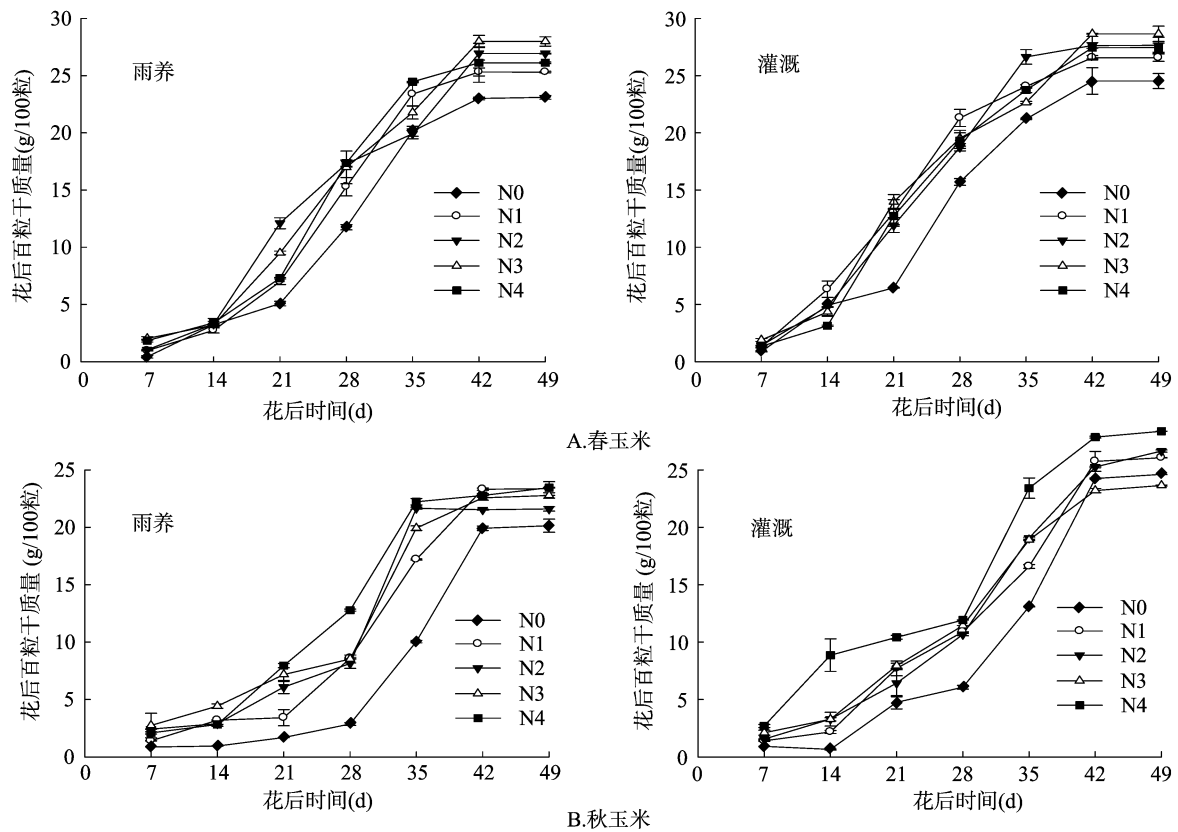


图2 不同水分条件和施氮量对玉米花后百粒干质量的影响

表 1 不同水分条件和施氮量对玉米灌浆参数的影响

水分条件	施氮量	Richards 方程	灌浆参数				
			R^2	R_0	T_{\max} (d)	W_{\max} (g/100 粒)	P (d)
雨养	N0	$W = 17.38(1 + 16.00e^{-0.46t})^{-1/4.05}$	0.999 4	0.114 8	23.8	8.7	26.0
	N1	$W = 25.01(1 + 11.10e^{-0.32t})^{-1/2.90}$	0.999 6	0.111 2	15.6	12.5	30.4
	N2	$W = 24.24(1 + 39.31e^{-1.12t})^{-1/12.88}$	0.998 1	0.086 7	19.8	12.1	26.6
	N3	$W = 26.13(1 + 12.58e^{-0.34t})^{-1/4.32}$	0.998 8	0.079 9	17.8	13.1	36.6
	N4	$W = 24.51(1 + 16.26e^{-0.50t})^{-1/4.76}$	0.999 7	0.105 5	17.0	12.3	26.9
灌溉	N0	$W = 20.68(1 + 8.85e^{-0.29t})^{-1/2.22}$	0.999 1	0.129 5	21.0	10.3	29.4
	N1	$W = 25.50(1 + 9.62e^{-0.31t})^{-1/2.82}$	0.999 6	0.109 5	15.9	12.8	31.2
	N2	$W = 24.75(1 + 12.22e^{-0.37t})^{-1/3.97}$	0.998 0	0.093 9	16.5	12.4	32.0
	N3	$W = 25.98(1 + 22.19e^{-0.65t})^{-1/8.22}$	0.995 4	0.079 5	21.4	13.0	31.3
	N4	$W = 25.69(1 + 24.35e^{-0.71t})^{-1/9.84}$	0.993 6	0.072 3	20.2	12.8	33.3

理的 W_{\max} 较雨养显著提高了 4.4% ;N0、N1、N2、N3、N4 的 W_{\max} 均值分别为 9.5、12.7、12.3、13.1、12.6 g, N3 的 W_{\max} 高于其他水平氮素处理,较 N0、N1、N2 和 N4 处理提高了 37.9%、3.1%、6.5% 和 4.0%。

雨养和灌溉条件下灌浆活跃期(P)均值分别为 29.3、31.4 d,灌溉处理的灌浆活跃期较雨养提高了 7.2% ;N0、N1、N2、N4 的灌浆活跃期均值分别为 27.7、30.8、29.3、34.0、30.1 d,N3 处理的灌浆活跃期高于其他水平氮素处理,较其他水平氮素处理灌

浆活跃期分别提高了 22.7% (N0)、10.4% (N1)、16.0% (N2) 和 13.0% (N4)。综合表明,灌溉和 N3 处理有利于玉米灌浆。

2.3 产量构成因素

两季试验结果(表 2、表 3)表明,与雨养相比,灌溉处理增产 15.7%,穗质量增加 11.0%,千粒质量提高 1.8%,收获指数提高 17.6% ($P < 0.05$),表明灌水处理有利于产量提高。穗质量、千粒质量、产量均表现为高氮素水平处理优于低氮素水平处

表 2 不同水分条件和施氮量对穗质量、千粒质量、产量和收获指数的影响

处理		穗质量(g)			千粒质量(g)			产量(kg/hm ²)			收获指数		
		春季	秋季	平均	春季	秋季	平均	春季	秋季	平均	春季	秋季	平均
水分	雨养	118.9b	124.0a	121.4b	282b	270b	276b	5 165b	5 687a	5 426b	0.25b	0.34b	0.34b
	灌溉	151.3a	118.2b	134.7a	289a	274a	281a	7 015a	5 555a	6 280a	0.32a	0.40a	0.40a
施氮	N0	101.6e	80.2e	90.9e	235c	215d	225d	4 570e	3 448e	4 025e	0.24d	0.45c	0.34d
	N1	132.4d	108.2d	120.3d	292b	276c	284c	5 779d	4 654d	5 216d	0.29c	0.48a	0.39a
	N2	140.6c	131.0c	135.8c	300a	286b	293b	6 362c	6 195c	6 260c	0.31a	0.47b	0.39a
	N3	146.9b	138.8b	142.8b	302a	289b	295ab	6 742b	6 798b	6 770b	0.30ab	0.44d	0.37b
	N4	154.0a	147.1a	150.6a	298a	297a	297a	7 014a	7 011a	7 005a	0.29bc	0.42e	0.36c

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 3 水分条件和施氮量对穗质量、千粒质量、产量和收获指数影响的显著性分析

处理		显著性系数											
		穗质量			千粒质量			产量			收获指数		
		春季	秋季	平均	春季	秋季	平均	春季	秋季	平均	春季	秋季	平均
水分		0.000 1	0.001 6	0.000 2	0.013 2	0.075 0	0.013 0	0.000 3	0.015 1	0.000 6	0.002 0	0.000 5	0.001 1
施氮		0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
水分×施氮		0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.001 3	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.006 7	0.000 1	0.000 1

理;N0、N1、N2、N3 和 N4 收获指数的均值分别为 0.34、0.39、0.39、0.37 和 0.36,即施氮有利于提高收获指数,但施氮量大于等于 250 kg/hm² 时,收获指数不增反降;与 N0 相比,N3 显著增产 68.2%,穗质量显著增加 57.1%、千粒质量显著提高 30.2%、收获指数显著提高 8.8% ($P<0.05$),表明施氮对玉米产量及产量构成有明显的影 响。灌溉结合 N3 处理有利于穗质量、千粒质量和产量提高,最终形成较高的收获指数。

2.4 花后天数和籽粒千质量的回归分析

籽粒干质量和花后天数的回归分析结果(表 4)表明,随花后天数的增加籽粒干质量增加;在相同时间下,N0 和 N1 的籽粒干物质积累较少。花后天数与籽粒干质量之间符合一元一次的回归关系。对于春玉米,雨养条件下的回归方程是 $y=0.752\ 3x-5.520$, $r^2=0.944\ 9$ ($P<0.000\ 1$),灌溉条件下的回归方程是 $y=0.756\ 5x-3.760$, $r^2=0.965\ 8$ ($P<0.000\ 1$);对于秋玉米,雨养条件下的回归方程是 $y=0.572\ 5x-4.044$, $r^2=0.846\ 2$ ($P<0.000\ 1$),灌溉条件下的回归方程是 $y=0.668\ 7x-5.033$, $r^2=0.896\ 3$ ($P<0.000\ 1$),说明籽粒干质量与花后天数呈极显著正相关($P<0.01$)。

2.5 灌浆参数与施氮量及产量的相关分析

如表 5 所示,施氮量与 R_0 呈极显著负相关

表 4 不同水分条件和施氮量的授粉时间和籽粒干质量的回归分析

处理	水分	回归方程	方程参数	
			r^2	P 值
春玉米	雨养	$y=0.752\ 3x-5.520$	0.944 9	<0.000 1
	灌溉	$y=0.756\ 5x-3.760$	0.965 8	<0.000 1
秋玉米	雨养	$y=0.572\ 5x-4.044$	0.846 2	<0.000 1
	灌溉	$y=0.668\ 7x-5.033$	0.896 3	<0.000 1

注:y 为籽粒干质量;x 为花后天数。

($P<0.01$),与 W_{\max} 和产量呈极显著正相关($P<0.01$),与 T_{\max} 负相关,但未达到显著水平($P>0.05$),与 P 正相关,但未达到显著水平($P>0.05$)。 R_0 与 T_{\max} 和 P 负相关,但未达到显著水平($P>0.05$),与 W_{\max} 呈显著负相关($P<0.05$),与产量呈极显著负相关($P<0.01$)。 T_{\max} 与 W_{\max} 呈显著负相关($P<0.05$),与 P 和产量负相关,但未达到显著水平($P>0.05$)。 W_{\max} 与 P 正相关,但未达到显著水平($P>0.05$),与产量呈极显著正相关($P<0.01$)。 P 与产量正相关,但未达到显著水平($P>0.05$)。

3 讨论与结论

授粉后 10 d 内主要是玉米种皮干质量增长时期,籽粒干质量增长缓慢,干物质积累最大速率出现在授粉后 12~28 d,之后积累速率下降^[21]。本试

表 5 灌浆参数与施氮量及产量之间的相关分析

参数	相关系数					
	施氮量	R_0	T_{\max}	W_{\max}	P	产量
施氮量	1.000	-0.798 **	-0.401	0.838 **	0.413	0.901 **
R_0		1.000	-0.009	-0.649 *	-0.524	-0.790 **
T_{\max}			1.000	-0.660 *	-0.338	-0.250
W_{\max}				1.000	0.626	0.770 **
P					1.000	0.427
产量						1.000

注：* 表示显著相关($P<0.05$)；** 表示极显著相关($P<0.01$)。

验结果表明,在花后 14~35 d 是籽粒干质量快速增长时期,与前人研究结果基本一致,但与北方玉米种植区相比,籽粒干质量快速增长长期略有缩短^[22],这可能与南北方气候和品种差异有关。两季玉米试验结果表明,氮素水平为 0~250 kg/hm² 时,百粒干质量随氮素水平增加总体呈上升趋势,说明氮素处理可促进玉米干物质累积,但当施氮量超过一定值(250 kg/hm²) 时,干物质积累将受到抑制,与一些学者的相关报道^[23-24] 不一致,可能是由供试材料、土壤肥力、种植地区以及气候等差异所致,进一步表明,不同区域、不同玉米品种的最适宜施氮量略有不同。本试验中与雨养相比,灌溉处理有效提高了玉米干物质积累量,这与杨明达等研究得到的滴灌能够增加吐丝后干物质积累量、氮素积累量及对籽粒氮素的贡献率,最终增加产量结果一致^[25]。说明灌溉与施氮量的耦合效应可以增加玉米干物质积累量,从而提高产量。

灌浆特性是影响玉米产量的主要因素,受温、光、水、气和养分等因素影响较大^[26-27];灌浆持续期的长短和灌浆强度的高低决定籽粒库的充实程度和籽粒干物质积累量^[28],灌浆速率快、持续时间长的品种,籽粒饱满、千粒质量高^[29]。玉米籽粒灌浆期间灌浆速率呈“慢-快-慢”的“S”型单峰变化趋势^[30]。曹彩云等认为,随化肥用量增加,籽粒最大灌浆速率持续时间和灌浆进程延长,千粒质量提高;本试验结果显示,随施氮量增加籽粒干质量呈上升趋势,与其研究结果^[31] 一致。本研究表明,灌溉条件下玉米的 W_{\max} 、 P 和籽粒干质量均高于雨养($P<0.05$);综合来看,N3 的 W_{\max} 和 P 较 N0 分别提高了 36.9% 和 22.6%,表明灌溉和 N3 处理有利于玉米灌浆,主要原因在于灌溉和施氮处理提高了玉米籽粒灌浆速率、延长了籽粒最大灌浆速率的持续时间。

氮是促进作物生长,提高作物产量的重要因素之一^[32]。施氮能显著影响玉米千粒质量和产量^[33],随施氮量增加,玉米单株粒质量、穗粒数和收获指数显著增加^[34]。不同时期不同程度的干旱胁迫均可能对玉米生长造成不同程度的影响^[35-36],比如穗期干旱会显著降低地上部干物质积累量和穗粒数,粒期干旱会明显降低粒质量^[37]。何海军等研究指出,在土壤水分缺乏的条件下,玉米的穗长、穗粒数、行粒数、行数、千粒质量会显著降低,最终造成玉米减产^[38]。合理的水氮互作可使玉米优质高产,产量随水氮的增加而增加,但增加到一定程度后趋势变平缓,产量增加缓慢^[12]。本研究表明,灌溉条件下穗质量、千粒质量、产量和收获指数均显著高于雨养;穗质量、千粒质量、产量均表现为高氮处理优于低氮处理,表明在一定范围内水氮耦合效应使玉米植株生长健壮,绿叶期延长,有效光合时间增加,保证了充足的“源”,为玉米籽粒灌浆提供了重要的物质基础,最终提高了产量。

本研究基于亚热带一年两作地区的水分条件和氮肥施用量对玉米产量、干物质积累量和灌浆特性的影响,建立了不同水分条件下花后天数与籽粒干质量的一元一次回归方程,可为亚热带一年两作区玉米水肥管理提一定的供理论依据。但本研究因在灌溉条件下,没有设置灌溉梯度,不同灌溉量和施氮量的水氮互作效应对玉米产量、干物质积累量以及灌浆特性的影响机制需要作进一步的深入研究。

阶段性干旱时适量灌溉可以促进玉米干物质累积、提升籽粒灌浆速率以及提高产量;不同氮肥水平处理下,施氮量为 250 kg/hm² 时可以加快玉米干物质累积、延长籽粒灌浆时间、提高产量。

参考文献:

[1]覃卫坚,李栋梁. 近 50 年来广西各级降水气候变化特征分析

- [J]. 自然资源学报,2014,29(4):666–676.
- [2]何洁琳,谢敏,黄卓,等. 广西气候变化事实[J]. 气象研究与应用,2016,37(3):11–15.
- [3]Liu Y, Yang H S, Li J S, et al. Estimation of irrigation requirements for drip – irrigated maize in a sub – humid climate[J]. Journal of Integrative Agriculture,2018,17(3):677–692.
- [4]董平国,王增丽,温广贵,等. 不同灌溉制度对制种玉米产量和阶段耗水量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2014,32(9):822–828.
- [5]Trout T J, Bausch W C, Buchleite G W. Water production functions for central plains crops [C]. ASABE – 5th National Decennial Irrigation Conference,2010.
- [6]吕新,胡昌浩,董树亭,等. 紧凑型玉米掖单 22 与 SC704 籽粒灌浆特性对比分析研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(1):70–74.
- [7]刘明,齐华,张卫建,等. 深松与施氮方式对春玉米子粒灌浆及产量和品质的影响[J]. 玉米科学,2013,21(3):115–119,130.
- [8]巨晓棠,谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):783–795.
- [9]吕静瑶,申丽霞,晁晓乐. 不同氮效率玉米品种籽粒灌浆特性研究[J]. 河南农业科学,2017,46(1):7–12.
- [10]Ju X T, Xing G X, Chen X P, et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, 2009,106(9):3041–3046.
- [11]谭华,郑德波,邹成林,等. 水肥一体膜下滴灌对玉米产量与氮素利用的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(3):18–23.
- [12]尚文彬,张忠学,郑恩楠,等. 水氮耦合对膜下滴灌玉米产量和水氮利用的影响[J]. 灌溉排水学报,2019,38(1):49–55.
- [13]李晓龙,白云龙,闫东,等. 不同水肥管理方式对春玉米籽粒灌浆特性、氮素利用及产量的影响[J]. 华北农学报,2017,32(3):182–187.
- [14]张富仓,严富来,范兴科,等. 滴灌施肥水平对宁夏春玉米产量和水肥利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(22):111–120.
- [15]刘志恒,徐开未,王科,等. 不同施氮量对玉米产量及各器官养分积累的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2018,44(5):573–579.
- [16]甄城,漆栋良,徐茵,等. 拔节期淹水与施氮量互作对春玉米生长和产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2019,38(增刊1):1–5.
- [17]高天平,张春,刘文涛,等. 秸秆还田方式与灌溉量对土壤碳水环境和玉米产量的影响[J]. 山东农业科学,2019,51(6):108–112.
- [18]王炎,李振宙,黄凯丰. 不同氮肥用量下苦荞灌浆特性及根系形态与充实度变化[J]. 热带作物学报,2019,40(6):1062–1067.
- [19]郑斯尹,陈莉莎,谢德晋. 不同氮肥用量对玉米田土壤酶活性及微生物量碳、氮的影响[J]. 中国水土保持,2019(7):58–60,73.
- [20]徐田军,吕天放,赵久然,等. 玉米籽粒灌浆特性对播期的响应[J]. 应用生态学报,2016,27(8):2513–2519.
- [21]高荣岐,董树亭,胡昌浩,等. 夏玉米籽粒发育过程中淀粉积累与粒重的关系[J]. 山东农业大学学报,1993,24(1):42–48.
- [22]岳海旺,陈淑萍,彭海成,等. 玉米籽粒灌浆特性品种间比较[J]. 江苏农业学报,2016,32(5):1043–1048.
- [23]张家铜,彭正萍,李婷,等. 不同供氮水平对玉米体内干物质和氮动态积累与分配的影响[J]. 河北农业大学学报,2009,32(2):1–5.
- [24]高逖,李春喜,周宝元,等. 种植密度和施氮量耦合对夏玉米干物质积累及氮肥利用率的影响[J]. 玉米科学,2017,25(5):105–111.
- [25]杨明达,关小康,刘影,等. 滴灌模式和水分调控对夏玉米干物质和氮素积累与分配及水分利用的影响[J]. 作物学报,2019,45(3):443–459.
- [26]Valentinuz O R, Tollenaar M. Vertical profile of leaf senescence during the grain – filling period in older and newer maize hybrids [J]. Crop Science,2004,44(3):827–834.
- [27]芮鹏环,韩坤龙,王长进,等. 灌浆期高温对玉米叶片抗氧化酶活性及渗透调节物质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):82–84.
- [28]孙东升,刘成启. 7 个玉米自交系主要数量性状的配合力及遗传参数分析[J]. 江苏农业科学,2008(2):40–42.
- [29]刘宗华,张战辉. 玉米籽粒灌浆速率研究进展[J]. 东北农业大学学报,2010,41(11):148–153.
- [30]徐田军,吕天放,赵久然,等. 玉米生产上 3 个主推品种光合特性、干物质积累转运及灌浆特性[J]. 作物学报,2018,44(3):414–422.
- [31]曹彩云,李科江,马俊永,等. 化肥施用水平对夏玉米籽粒灌浆进程的影响[J]. 河北农业科学,2007,11(1):57–59.
- [32]Mokhele B, Zhan X J, Yang G Z, et al. Review: nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors [J]. Canadian Journal of Plant Science,2012,92:399–405.
- [33]Khan A, Jan M T, Marwat K B, et al. Organic and inorganic nitrogen treatments effects on plant and yield attributes of maize in a different tillage systems [J]. Pakistan Journal of Botany,2009,41(1):99–108.
- [34]魏淑丽,王志刚,于晓芳,等. 施氮量和密度互作对玉米产量和氮肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(3):382–391.
- [35]李耕,高辉远,赵斌,等. 灌浆期干旱胁迫对玉米叶片光系统活性的影响[J]. 作物学报,2009,35(10):1916–1922.
- [36]番聪聪,胡正华,黄进,等. 河北省夏玉米生长季干旱时空特征及对夏玉米产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):69–74.
- [37]宁芳,张元红,温鹏飞,等. 不同降水状况下旱地玉米生长与产量对施氮量的响应[J]. 作物学报,2019,45(5):777–791.
- [38]何海军,寇思荣,王晓娟. 干旱胁迫对不同株型玉米光合特性及产量性状的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(3):63–66,74.