

不同灌溉方式对北方玉米产量及品质影响研究

王秀卿 赵爱霞

托克托县双河镇人民政府 内蒙古 呼和浩特 010200

摘要：本研究聚焦于北方地区不同灌溉方式对玉米产量及品质的影响，分析了北方玉米生长的水分需求特征，传统灌溉（漫灌、沟灌）与节水灌溉（喷灌、滴灌、膜下滴灌）的技术特点及其对玉米亩穗数、穗粒数、千粒重及最终亩产的影响。结果显示，节水灌溉方式，尤其是膜下滴灌，能显著提高玉米产量与品质，同时提升水资源利用效率。研究还探讨了不同灌溉方式下的生理代谢、根系生长、土壤环境调节机制，以及灌溉方式的区域适配性和优化策略，为北方玉米生产提供了科学依据。

关键词：北方地区；灌溉方式；玉米；产量；品质影响

1 北方玉米灌溉相关基础概述

1.1 北方玉米生长的水分需求特征

北方玉米在不同生育阶段，对水分的需求有着明显差异。苗期从播种到拔节，此阶段玉米生长较慢，需水量相对较少，土壤含水量保持在田间持水量的60%-65%即可。适度的干旱环境反而能刺激玉米根系向更深的土壤中生长，增强后期的吸水能力，为后续生长奠定良好的根系基础。进入拔节期至抽雄期，玉米进入快速生长阶段，这是需水临界期，需水量占全生育期的30%-35%。此时土壤含水量需维持在田间持水量的70%-80%，若水分供应不足，会导致雄穗发育不良，花粉数量减少且活力降低，进而影响授粉过程，对玉米产量造成严重影响。灌浆期是玉米籽粒形成的关键时期，需水量占全生育期的25%-30%，土壤需保持湿润状态，含水量维持在田间持水量的65%-75%。该阶段水分不足会导致籽粒灌浆不充分，千粒重下降，最终使产量降低。同时，北方玉米不同品种对水分胁迫的敏感性也有所不同，像耐旱品种“郑单958”，在灌浆期遭遇短期缺水后，恢复生长和籽粒灌浆的能力较强；而高产品种“先玉335”对水分供应的稳定性要求更高，水分波动易导致其产量和品质下降。

1.2 北方玉米常见灌溉方式及技术特征

1.2.1 传统灌溉方式

漫灌是北方玉米种植中较为传统的灌溉方式，它通过渠道将水直接引入田间，灌溉范围广。但这种方式灌溉均匀性差，水分大多集中在田块低洼处，高处则可能供水不足，水分利用率仅30%-35%。而且漫灌后土壤表层易板结，影响土壤通气性，不过其适用于水源充足的平原地区。沟灌是在玉米行间开沟输水，水分沿沟底缓慢渗透到土壤中。相比漫灌，沟灌的水分利用率有所提

高，达到40%-45%，较漫灌节水15%左右。沟灌适用于条播玉米田，但沟道会占用约5%-8%的耕地，一定程度上影响了土地的有效利用^[1]。

1.2.2 节水灌溉方式

喷灌通过喷头将水雾化后均匀喷洒在田间，灌溉均匀度达80%以上，水分利用率60%-70%。它可根据玉米生长需求灵活调控灌溉强度，适用于各类地形。不过喷灌设备初期投入较高，约1500元/亩，且在大风天气下，水分易发生漂移，影响灌溉效果。滴灌是通过滴头将水精准输送至玉米根系附近，水分直接被根系吸收，水分利用率达80%-85%，还可实现水肥一体化，节水效果显著，适用于水资源紧张的地区。但滴头容易因水中杂质等原因发生堵塞，需要定期进行维护。膜下滴灌是将滴灌带铺设于地膜下，兼具地膜保墒和滴灌节水的双重优势，水分利用率比普通滴灌再提升5%-10%。在地膜的作用下，能有效减少土壤水分蒸发，在北方干旱地区应用广泛，尤其能在春季干旱时为玉米苗期提供稳定的水分供应。

1.3 北方玉米产量与品质的评价指标

玉米产量的评价指标主要包括亩穗数、穗粒数、千粒重及最终亩产。其中穗粒数与千粒重是影响产量的核心因子，穗粒数的多少很大程度上受抽雄期水分供应的影响，抽雄期水分充足，雄穗发育良好，授粉顺利，穗粒数就多；千粒重则与灌浆期的水分条件密切相关，灌浆期水分稳定且充足，籽粒灌浆充分，千粒重就高。玉米品质的评价指标可分为营养品质和加工品质，营养品质主要包括蛋白质含量、脂肪含量、淀粉含量及氨基酸组成等，优质玉米蛋白质含量需 $\geq 9\%$ ，脂肪含量 $\geq 4\%$ ，普通玉米淀粉含量 $\geq 70\%$ ，高淀粉玉米淀粉含量 $\geq 75\%$ ，赖氨酸等必需氨基酸含量也有相应标准，如赖氨酸

含量 $\geq 0.25\%$ 。加工品质包括籽粒容重、破损率及淀粉糊化温度等,籽粒容重需 $\geq 720\text{g/L}$,破损率 $\leq 5\%$,不同用途的玉米对品质指标的侧重不同,食用玉米注重口感和营养,饲料玉米关注蛋白质和氨基酸含量,工业加工玉米则对淀粉含量和糊化温度有特定要求^[2]。

2 不同灌溉方式对北方玉米产量的影响

2.1 对产量构成要素的影响

亩穗数方面,漫灌与沟灌由于灌溉不均,亩穗数变异较大,波动在 $\pm 5\%$ 。漫灌田块边缘的玉米常因水分过多出现部分植株空秆现象,导致亩穗数比田块中心低8%-10%;沟灌时沟边与沟底的玉米生长状况不同,亩穗数也存在一定差异。喷灌与滴灌灌溉均匀性高,能为玉米生长提供稳定的水分环境,亩穗数更稳定。其中滴灌处理下亩穗数最高,约4500-4800穗/亩,因为根系水分供应均衡,植株生长整齐,成穗率提升3%-5%;膜下滴灌因地膜保墒减少了水分蒸发,植株苗期生长更为整齐,亩穗数比普通滴灌再增加2%-3%。穗粒数受抽雄期水分供应的影响最大,抽雄期滴灌处理能精准补水,保证雄穗正常发育,花粉活力高,授粉成功率提升,穗粒数达550-600粒/穗,比漫灌的500-520粒/穗高10%-15%。喷灌在抽雄期若遇到大风天气,水分分布不均,部分区域玉米水分供应不足,穗粒数比滴灌低5%-8%;沟灌因沟底与沟边水分存在差异,沟边玉米生长受水分条件限制,穗粒数比沟底少10%左右。千粒重与灌浆期的灌溉方式关系密切,滴灌能保持土壤水分稳定在田间持水量的70%,为籽粒灌浆提供持续且适宜的水分条件,千粒重达330-350g,比漫灌的300-310g高10%,这是因为灌浆期籽粒养分积累持续时间长。膜下滴灌配合水肥一体化,能同时满足玉米灌浆对水分和养分的需求,千粒重进一步提升至350-360g。喷灌若灌溉频率不足,间隔超过7天,灌浆期土壤水分波动大,籽粒灌浆进程受到影响,千粒重比滴灌低8%-10%;漫灌因后期易出现水分过剩,导致籽粒灌浆提前终止,千粒重最低。

2.2 对最终产量的综合影响

不同灌溉方式下北方玉米亩产差异显著。膜下滴灌亩产最高,达850-900kg/亩,比漫灌的650-700kg/亩提升30%左右,而且由于其水分供应稳定,产量年际波动最小,变异系数 $\leq 5\%$ 。滴灌亩产次之,为800-850kg/亩;喷灌亩产750-800kg/亩,二者均比沟灌的700-750kg/亩高10%以上。漫灌亩产最低,且受自然降水和人为灌溉操作的影响较大,产量年际波动大,变异系数10%-15%。从水分利用效率来看,滴灌与膜下滴灌最高,达2.0-2.2kg/m³;喷灌次之,为1.6-1.8kg/m³;沟灌1.2-1.4kg/m³;漫灌

仅0.8-1.0kg/m³。这表明节水灌溉方式在提高玉米产量的同时,还能显著提升水资源利用效率,符合北方地区水资源短缺的应对需求^[3]。

3 灌溉方式影响北方玉米产量与品质的机制分析

3.1 生理代谢路径

水分供应通过影响光合作用与物质转运来调控玉米产量。滴灌在玉米关键生育期能保持叶片水分充足,使叶片保持较高的含水量和气孔开放度,光合速率达25-30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,而漫灌处理下光合速率仅20-25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。同时,滴灌条件下光合产物向籽粒的转运率提升10%-15%,更多的养分被输送到籽粒中,促进穗粒数与千粒重增加。喷灌若水分供应波动大,会导致叶片气孔导度频繁开闭,影响二氧化碳的吸收和光合作用的进行,光合积累量减少5%-8%,进而对产量产生不利影响。在品质形成方面,滴灌下玉米体内硝酸还原酶活性高,达20-25 $\mu\text{mol}/\text{g} \cdot \text{h}$,氮素同化效率提升,蛋白质合成过程更均衡,品质较好;漫灌因水分过剩,会导致谷氨酰胺合成酶活性下降,氮素代谢紊乱,蛋白质品质降低。

3.2 根系生长与养分吸收路径

滴灌与膜下滴灌能为玉米根系生长创造适宜的水分环境,促进根系深扎,根长比漫灌增加20%-30%,且根系分布更均匀,能更广泛地接触土壤,对土壤养分的吸收面积扩大。因此,氮、磷、钾等养分的吸收量分别比漫灌高15%、10%、20%,为玉米产量与品质的形成提供了充足的物质基础。喷灌灌溉时水分主要分布在土壤表层,导致玉米根系分布较浅,主要集中在0-20cm土层,养分吸收易受表层水分变化的影响,当表层水分不足时,养分吸收就会受到限制。漫灌与沟灌容易导致土壤板结或通气不良,影响根系的呼吸作用,使根系活力下降,比滴灌低15%-20%,养分吸收效率降低,进而影响玉米的生长和产量品质。

3.3 土壤环境调节路径

滴灌与膜下滴灌能维持土壤疏松状态,土壤容重1.2-1.3g/cm³,孔隙度50%-55%,有利于根系呼吸和微生物活动。根系呼吸顺畅能为根系生长提供能量,微生物活动活跃则能促进土壤中养分的转化,提高养分的有效性。膜下滴灌还可通过地膜覆盖提升地温2-3℃,促进玉米早发,使生育期提前3-5天,能更好地避开后期可能出现的不良气候影响。喷灌对土壤结构影响较小,但长期高频率喷灌会使土壤表层水分持续处于较高状态,可能导致表层土壤盐渍化,盐分累积量比滴灌高5%-10%,影响玉米根系的生长和吸收功能。漫灌与沟灌易导致土壤板结,土壤容重升至1.4-1.5g/cm³,孔隙度降至45%以下,

土壤通气性变差;同时,土壤养分淋失量比滴灌高20%-30%,既影响了产量,又降低养分利用效率。

4 不同灌溉方式的区域适配性与优化策略

4.1 北方不同区域灌溉方式适配性分析

东北平原玉米产区水资源相对充足,但春季易旱,且该区域耕地面积大。推荐采用“滴灌+喷灌”组合模式,苗期至拔节期采用喷灌,喷灌能满足大面积快速补水的需求,且成本相对较低;抽雄期至灌浆期采用滴灌,精准保障关键生育期的水分供应,这种组合模式下亩产可达850kg以上,水分利用效率提升至2.0kg/m³。黄淮海玉米产区水资源紧张且夏季多雨,该区域既要考虑节水,又要防范涝渍。优先推广膜下滴灌,配合雨养管理,生育期内重点在拔节期与灌浆期进行滴灌补水,利用地膜减少水分蒸发,可节水30%以上;同时,夏季多雨时依靠自然降水,避免灌溉过多导致涝渍,采用这种方式能使籽粒淀粉含量稳定在73%以上^[4]。西北干旱玉米产区极度缺水,水资源是制约玉米生产的关键因素。需采用“膜下滴灌+水肥一体化”模式,将灌溉水与肥料精准输送至根系附近,提高水分和肥料的利用效率,水分利用效率可提升至2.2kg/m³以上,在亩产750-800kg的同时,减少灌溉用水40%,能有效缓解水资源压力。

4.2 灌溉方式的优化组合策略

生育期分段灌溉是一种结合不同生育期玉米需求和灌溉方式特点的优化策略。苗期采用沟灌,沟灌成本低,且能保持土壤适度干旱,促进玉米根系下扎,为后期生长奠定良好的根系基础;拔节期玉米生长加快,对水分需求增加,切换为喷灌,可快速补水扩大叶面积,

满足玉米生长对水分的需求;抽雄-灌浆期是玉米产量形成的关键时期,采用滴灌精准供水,提升穗粒数与千粒重。此组合比单一漫灌增产20%,比单一滴灌降低成本15%。水分阈值调控是根据土壤墒情动态调整灌溉的策略,拔节期当土壤含水量降至田间持水量65%时启动灌溉,抽雄期降至70%时启动,灌浆期降至65%时启动,这样能保证玉米在关键生育期水分供应充足且不过剩。同时,控制每次灌水量,滴灌每次灌水量控制在20-25m³/亩,喷灌25-30m³/亩,避免水分过剩或不足对玉米生长造成不利影响。

结束语

综上所述,不同灌溉方式对北方玉米产量及品质的影响显著,节水灌溉方式在提高产量与品质的同时,能有效缓解水资源短缺压力。未来,应根据北方不同区域的水资源状况和玉米生产需求,优化灌溉方式组合,推广生育期分段灌溉和水分阈值调控策略,以实现玉米生产的可持续发展。本研究成果可为北方玉米灌溉管理提供理论指导和实践参考。

参考文献

- [1]王小花.不同灌溉及施肥方式对玉米产量性状的影响[J].种子科技,2021,39(20):4-5.
- [2]刘孝成.不同种植密度对玉米干物质积累和产量的影响[J].耕作与栽培,2024,44(02):45-49.
- [3]张小红,王强,马建平.玉米不同灌溉方式对产量及水分利用效率的影响.农业科学与技术,2021.21(3),45-51.
- [4]周环宇.微咸水灌溉技术在水田灌溉中的应用[J].水利技术监督,2024,(02):169-171+219.