DOI:10.26974/j.cnki.XBGC.2026.03.007

适宜灌溉方式与施氮肥量对旱区黄花菜增产增效的影响

贾 帅[1], 高洪香[2*], 王海曦[3], 焦炳忠[4], 赵宁霞[5]
(1.宁夏职业技术大学(宁夏开放大学)组织人事部,宁夏 银川 750021;
2.宁夏回族自治区水利厅 宁夏水文水资源监测预警中心,宁夏 银川 750011;
3.宁夏工商职业技术大学 商贸学院,宁夏 银川 750021;
4.宁夏回族自治区水利厅 灌溉排水服务中心,宁夏 银川 750011;
5.宁夏鑫之翊科技有限公司,宁夏 银川 750002)

摘 要:为探索宁夏干旱区黄花菜(*Hemerocallis citrina* Baroni)高产高效种植模式,2024年在宁夏红寺堡区开展田间试验。以灌溉方式和施氮肥量为核心调控因子,研究不同水肥条件下黄花菜各生育期叶片叶绿素相对含量、全氮质量分数,土壤硝态氮质量分数,花蕾产量及水分利用效率。结果显示,双管单行灌溉+施氮肥量675.0 kg/hm^{2}的组合(D2N3)为最优处理,在该处理下,生育期叶片叶绿素相对含量及全氮质量分数显著提升,花蕾长度为12.18 cm,单蕾质量为4.68 g,产量为19 319 kg/hm^2,水分利用效率达5.93 kg/m^3,相较于单管单行灌溉+施氮肥量450.0 kg/hm^{2}的处理(D1N1),黄花菜产量提升58.1%,花蕾长度提升20.4%,单蕾质量提升35.7%。研究表明,合理水肥管理可显著提升黄花菜的光合作用效率、氮利用能力、水分利用效率。

关键词:黄花菜;灌溉方式;施氮肥量;增产;旱区
中图分类号:S644.3 **文献标志码:**A

黄花菜(*Hemerocallis citrina* Baroni)又名金针菜,是多年生草本植物,具有药用、食用和观赏价值[1]。黄花菜在一年中的生长发育过程可划分为萌芽出土期、展叶期、抽薹期、花期、秋季生长期和休眠期。在萌芽出土期应早追肥,并中耕灌水,促进植株早发旺长,为当年增产打好基础;在抽薹期,植株对水分很敏感;在秋季生长期,植株的营养积累状况则直接影响来年的产量[2]。

黄花菜种植是宁夏近年来新发展的一个特色产业。截至2023年年底,宁夏黄花菜种植留床面积达1.16×10^4 hm^2,产值在7.2亿元左右[3]。宁夏黄花菜种植主要分布在中部干旱带盐池县、红寺堡区、同心县等扬黄灌区,灌溉方式以滴灌为主[4]。已有研究主要集中在黄花菜不同生育期需水情况、种植密度、干旱情况、不同灌溉方式对其生长及产量的影响[5-8]。其中,有关不同的灌溉方式与施肥的研究多单一分析灌溉或氮肥单因子效应,对国内西北扬黄灌区滴灌管网布设与施氮肥量耦合的协同机制研究较少,且未结合区域本土灌溉模式进行定向优化。

现阶段,宁夏当地黄花菜种植存在滴灌水肥耦合参数不明,不同灌水管网布局适配性较差,水肥一体化管理缺乏精细化定量指导,以及随着种植规模的扩大,水分供需矛盾日益凸显,水资源利用效率与黄花菜产量效益均不高等问题[6-8]。针对以上问题,本研究以滴灌黄花菜为研究对象,通过田间定位试验,研究不同水肥处理对黄花菜生理指标、生长指标、产量及品质的影响,建立灌水量与黄花菜产量的拟合关系,并设置滴灌管网布局与施氮肥量双因子

收稿日期:2026-03-04
基金项目:宁夏回族自治区教育厅高等学校科学研究项目(NYG2022166);黄河流域开放大学联盟2022年联合科研攻关项目(HHLMKT202213);宁夏开放大学教学实施团队建设项目(NXOUTD2025002)
作者简介:贾帅(1990—),男,讲师,硕士,主要从事旱区水资源高效利用研究(1179200195@qq.com)。
*** 通信作者:**高洪香(1988—),女,高级工程师,硕士,主要从事水资源高效利用研究(545396004@qq.com)。
引用格式:贾帅,高洪香,王海曦,等.适宜灌溉方式与施氮肥量对旱区黄花菜增产增效的影响[J].西北工程技术学报(中英文),2026,25(3):243-248.

正交耦合试验,系统量化不同水肥组合对黄花菜生理、作物产量、水分利用效率及土壤氮素变化的协同影响,构建适配宁夏扬黄灌区的黄花菜专用灌溉制度与水肥参数体系。本研究可为宁夏高效节水特色农业综合生产技术创新、区域水资源高效利用与经济社会可持续发展提供理论依据与技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

试验于 2024 年 3—8 月在宁夏扬黄灌区红寺堡区柳泉乡豹子滩村开展。该区域属典型的大陆性干旱气候区,四季分明、温差较大、干旱少雨、蒸发量大、日照充足,冬季漫长而寒冷,春季干旱风沙多。区域多年平均年降水量在 240~255 mm,主要集中在 7—9 月,占年降水量的 61.8% 左右,多年平均年水面蒸发量(E601 型)为 1 370 mm,干旱指数为 5.7。研究区多年平均及各保证率年降水量月分配如表 1 所示,水面蒸发量逐月分配如表 2 所示。

表 1 研究区多年平均及各保证率年降水量月分配表

Tab. 1 Monthly distribution of long-term mean annual precipitation and annual precipitation at different assurance levels in the study area

mm

指 标	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
多年平均年降水量	3.7	3.2	7.1	13.9	27.6	33.0	48.7	59.6	25.6	12.8	3.7	1.1	240.0
P=50%年降水量	3.3	4.8	7.0	13.8	24.7	26.9	50.2	56.5	21.9	13.8	4.6	2.2	229.7
P=75%年降水量	2.7	2.4	5.2	10.3	20.4	24.4	36.0	44.0	18.9	9.5	2.7	0.8	177.3

表 2 研究区水面蒸发量逐月分配表

Table 2 Monthly distribution of surface-water evaporation in the study area

mm

指 标	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
水面蒸发量	23.8	37.0	84.5	155.1	185.9	201.4	222.7	194.3	115.9	70.2	51.1	28.1	1 370.0

1.2 试验设计

本试验供试黄花菜为 3 年龄“大乌嘴”,设置 2 因素 3 水平不同灌溉方式和施氮肥量:灌溉方式分为单管单行(D1)、双管单行(D2)、地表渗灌单行(D3);施氮肥量分为 450.0 kg/hm^2(N1)、562.5 kg/hm^2(N2)、675.0 kg/hm^2(N3)。田间灌溉方式布置如图 1 所示。灌溉定额依据《宁夏回族自治区人民政府办公厅关于印发宁夏回族自治区有关行业用水定额(修订)的通知》(宁政办发[2020]20 号),以及当地灌溉经验值和相关研究理论值[9-12]确定,均设为 2 475 m^3/hm^2。试验采用正交试验设计(表 3)。

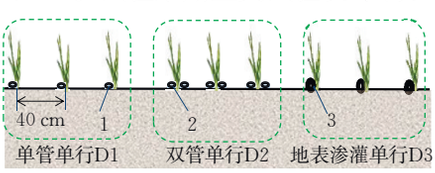


图 1 田间试验布置示意图

Fig. 1 Schematic layout of the field experiment

各试验区黄花菜栽植行距为 140 cm,株距为 40 cm,每个处理 5 行黄花菜,每行长 50 m,每个处理 3 次重复,共 27 个小区。采用 φ=16 mm 的滴灌带,流量为 3.15 L/min,供试渗灌管道流量为 12 L/(m·h)。田间试验除正常灌水外,各处理的底肥施用、除草、打药、中耕等田间农艺措施均一致,底肥为农家肥,以及一定量的磷酸二铵(90 kg/hm^2)和硫酸钾复合肥(135 kg/hm^2)。

表 3 正交试验设计

Tab. 3 Orthogonal experimental design

处 理	因素水平	
	灌溉方式	施氮肥量/(kg·hm^{-2})
D1N1	单管单行	450.0
D1N2	单管单行	562.5
D1N3	单管单行	675.0
D2N1	双管单行	450.0
D2N2	双管单行	562.5
D2N3	双管单行	675.0
D3N1	地表渗灌单行	450.0
D3N2	地表渗灌单行	562.5
D3N3	地表渗灌单行	675.0

1.3　观测项目

为系统监测黄花菜生长环境与响应特征,在试验区域布设小型气象站,连续获取气温、降水、辐射等关键气象参数。同时,在各主要生育期,利用SPAD-502 型叶绿素仪(日本柯尼卡美能达公司)测定叶片叶绿素相对含量(SPAD 值);在萌芽展叶期、抽薹期和花期分别从植株东、西、南、北 4 个方向的上、中、下部位各采集 12 片叶片,经 H_2SO_4-H_2O_2消煮后,采用连续流动分析仪测定叶片全氮质量分数;对应时期分层采集土壤样品,通过 KCl 浸提法测定土壤硝态氮质量分数;通过分期采摘称重获得产量数据,同步测量花蕾长度和单蕾质量等农艺性状;统计各小区全生育期耗水量,据此计算水分利用效率(即产量与耗水体积的比值)。

1.4　数据处理

通过多次试验比较获取数据的平均值及方差,采用 Excel 2016 进行数据处理和制图;方差分析采用 SPSS 22.0 进行(LSD 法),显著性水平设定为 P=0.05。

2　结果与分析

2.1　不同处理对叶片叶绿素相对含量和全氮质量分数的影响

不同处理下黄花菜叶片叶绿素相对含量及全氮质量分数的测定结果如表 4 所示。在不同处理条件下,各生育期叶片叶绿素相对含量和全氮质量分数均表现出明显的变化趋势。总体来看,充足的灌溉和恰当的施氮肥处理(D3N3)在萌芽展叶期、抽薹期和花期均显著提高了叶片叶绿素相对含量和全氮质量分数,表明充足的水肥供应有助于增强黄花菜的光合作用效率和氮素吸收能力,从而促进其生长发育。具体来说,在萌芽展叶期,D3N3 处理下叶绿素相对含量和全氮质量分数分别达到 49.17% 和 3.86%,显著高于其他处理;在抽薹期和花期,D3N3 处理下叶绿素相对含量也最高,分别为 50.53 和 50.38,而全氮质量分数略低于 D2N2 处理,但仍较高。这说明水分空间分布不均、氮素供给匮乏会直接抑制黄花菜光合生理活性,双管单行灌溉模式更适配黄花菜根系分布特征,水肥协同效应显著。

2.2　不同处理对土壤硝态氮质量分数的影响

不同处理下土壤硝态氮质量分数的测定结果如图 2 所示。土壤硝态氮是黄花菜可直接利用的速效氮源,受水分淋溶、作物吸收共同调控。本试验中,所有处理均表现出硝态氮质量分数随着土层加深逐步降低、随着生育期推进持续下降的规律,这一变化特征与灌溉、施氮耦合作用下土壤氮素运移的普遍规律相符,即表层土壤氮素更易被作物根系吸收,同时灌溉水会带动硝态氮向下轻微淋溶。低氮处理(N1)下,土壤整体硝态氮储量偏低,生育后期氮素供给不足;中氮处理(N2)下,黄花菜前期氮素需求得到保障,但花期速效氮衰减较快;高氮处理(N3)下,在各土层、各生育期均可维持相对均衡的速效氮水平,结合双管单行灌溉模式,水分可带动氮素均匀分布于根区,减少氮素流失,提升氮素利用率。在 20～40 cm 和 40～60 cm 土层中,土壤硝态氮质量分数较为平稳,但在抽薹期和花期有所减少,表明中氮处理(N2)在早期能够确保充足的氮素供应,有利于黄花菜的早期生长发育。高氮处理(N3)

表 4　黄花菜各生育期叶片叶绿素相对含量及全氮质量分数

Tab. 4　Relative chlorophyll content and total nitrogen content in daylily leaves at different growth stages

处理	萌芽展叶期		抽薹期		花　期	
	叶绿素相对含量(SPAD)	全氮质量分数/%	叶绿素相对含量(SPAD)	全氮质量分数/%	叶绿素相对含量(SPAD)	全氮质量分数/%
D1N1	30.18±0.101c	3.02±0.025d	31.25±0.056e	3.14±0.015d	34.75±0.095d	3.13±0.025d
D1N2	38.65±0.040b	3.28±0.026d	41.23±0.073c	3.44±0.006c	38.87±0.080c	3.32±0.021c
D1N3	39.75±0.086d	3.47±0.029a	42.40±0.062d	3.60±0.020a	41.45±0.076b	3.61±0.045a
D2N1	39.92±0.079a	3.41±0.032c	40.34±0.030b	3.84±0.032b	39.97±0.017b	3.92±0.038b
D2N2	46.23±0.012e	3.68±0.015a	46.21±0.045a	4.04±0.026e	46.19±0.064a	3.99±0.032c
D2N3	47.42±0.112b	3.84±0.026f	48.05±0.023d	3.96±0.093f	47.28±0.092e	3.35±0.052a
D3N1	45.11±0.073a	3.29±0.012a	45.49±0.067c	3.55±0.025a	46.25±0.086d	3.11±0.026b
D3N2	48.05±0.023f	3.64±0.041b	49.08±0.030f	3.68±0.066d	49.22±0.088f	3.52±0.075f
D3N3	49.17±0.040d	3.86±0.016b	50.53±0.078d	3.97±0.030b	50.38±0.072d	3.94±0.036d

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异具有统计学意义(P<0.05)。

下,土壤硝态氮质量分数在各土层和生育期之间的变化相对较大,在 20~60 cm 土层中土壤硝态氮质量分数变化较为平缓,但在花期有所减少,表明高氮处理能够在不同生育期内保持较为均衡的氮素供应,有助于黄花菜持续生长。

2.3 不同处理对农艺性状及水分利用效率的影响

不同灌溉方式和施氮肥量对黄花菜农艺性状及水分利用效率的影响如表 5 所示。可知,不同处理显著影响黄花菜的花蕾长度、单个花蕾质量、产量和水分利用效率。在花蕾长度方面,D1N1 处理下花蕾长度最小,为 10.12 cm,D2N3 处理下花蕾长度最大,为 12.18 cm,显示出灌溉量和施氮肥量增加对花蕾长度的正向影响。在单个花蕾质量方面,D1N1 处理下单个花蕾质量最小,为 3.45 g,D2N3 处理下单个花蕾质量最大,为 4.68 g,进一步表明水肥供应对花蕾质量的积极影响。在产量方面,D1N1 处理下产量最低,为 12 200 kg/hm^2,而 D2N3 处理下产量最高,达到 19 319 kg/hm^2。在大多数处理中,产量随着灌溉量和施氮肥量的增加而提升,说明合理的水肥管理对提高黄花菜产量至关重要。在水分利用效率方面,不同处理间存在显著差异:D1N1 处理下水分利用效率最低,为 3.92 kg/m^3,而 D2N3 处理下水分利用效率最高,为 5.93 kg/m^3。总体来看,随着灌溉量和施氮肥量的增加,水分利用效率显著提高,表明在适宜的水肥条件下,黄花菜能够更高效地利用水分,实现更高的产量。

本研究结果显示,适宜的灌溉和施肥处理(D2N3)显著提高了黄花菜的花蕾长度、单个花蕾

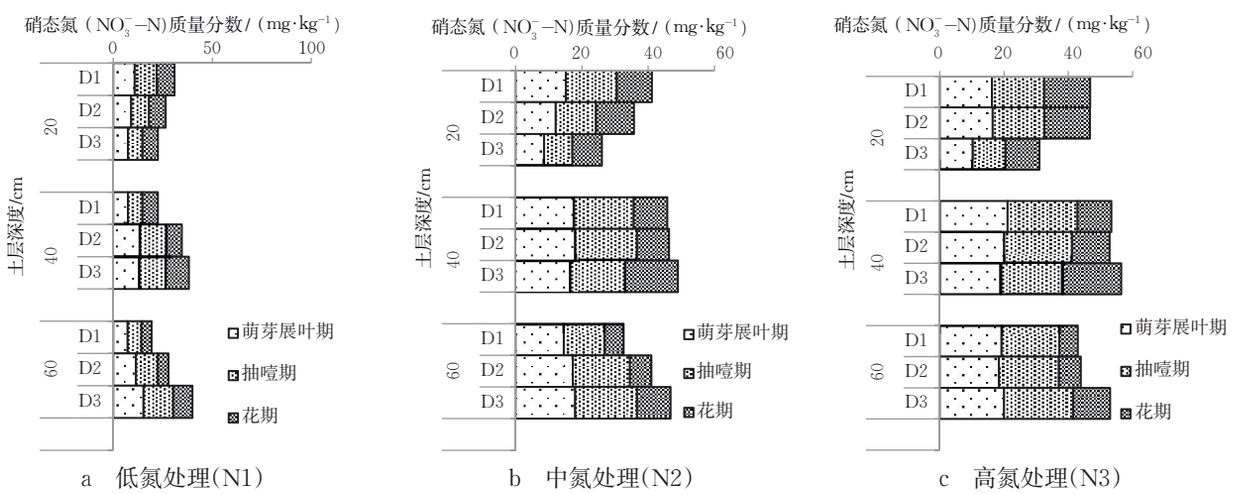


图 2 不同处理下土壤硝态氮质量分数

Fig. 2 Soil nitrate-nitrogen content under different treatments

表 5 不同处理下黄花菜花蕾产量及水分利用效率

Tab. 5 Flower bud yield and water use efficiency of daylily under different treatments

处 理	耗水量/mm	花蕾长度/cm	单个花蕾质量/g	产量/(kg·hm^{-2})	水分利用效率/(kg·m^{-3})
D1N1	312.01	10.12±0.033d	3.45±0.03c	12 220±65.35c	3.92±0.016d
D1N2	302.87	10.54±0.021c	3.87±0.01a	14 440±131.25c	4.77±0.030c
D1N3	308.04	11.95±0.025a	4.33±0.05d	18 009±68.29b	5.85±0.004ab
D2N1	311.32	11.39±0.036b	4.15±0.11b	17 206±59.48b	5.53±0.044a
D2N2	337.32	11.86±0.032c	4.34±0.32c	17 942±128.74a	5.32±0.092a
D2N3	325.74	12.18±0.052a	4.68±0.02a	19 319±78.21a	5.93±0.021d
D3N1	315.17	11.57±0.026b	4.25±0.06b	17 407±46.23b	5.52±0.063c
D3N2	323.41	11.87±0.088f	4.29±0.08f	18 638±128.31f	5.76±0.032c
D3N3	321.56	12.04±0.036d	4.57±0.03f	18 879±56.23f	5.87±0.030b

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异具有统计学意义(P<0.05)。

质量和总产量,同时显著提升了水分利用效率。

3　结论

通过探索宁夏干旱区黄花菜高产高效种植模式,研究得到以下 3 点结论。

(1)水肥耦合对旱区黄花菜生理、产量及水分利用效率影响显著。D2N3(双管单行灌溉+施氮量 675.0 kg/hm^2)为最优处理,统一灌溉定额为 2 475 m^3/hm^2。在该处理下,花蕾长度为 12.18 cm,单蕾质量为 4.68 g,总产量达 19 319 kg/hm^2,水分利用效率为 5.93 kg/m^3,较最差处理(D1N1)增产 58.1%。

(2)灌溉方式可改变土壤水分和氮素空间分布。双管单行灌溉模式能扩大根系湿润范围,提升氮素吸收与光合作用效率,适配宁夏扬黄灌区黄花菜根系生长特征。

(3)施氮肥量是影响黄花菜产量的主导因素。675.0 kg/hm^{2}的施氮肥量可维持土壤合理硝态氮水平,满足全生育期养分需求。

综上,对于宁夏中部干旱带扬黄灌区黄花菜的种植推荐优先采用双管单行滴灌,灌溉定额为 2 475 m^3/hm^2,氮肥施用量建议为 675.0 kg/hm^2,该模式可同步实现增产、提质、节水目标。

4　讨论

本研究发现,合理的灌溉和施肥处理(D2N3)在植株各生育期显著提高了叶片叶绿素相对含量、全氮质量分数、花蕾长度、单个花蕾质量,以及水分利用效率,说明合理的水肥管理对黄花菜的生长具有重要作用。这进一步印证了一些研究所得结论,例如,王欣[13]发现优化水肥管理可以显著提高作物的生长性能和资源利用效率;刘小刚[14]的研究也指出,充足的水肥供应能够提升作物的光合作用效率和氮素吸收能力,从而提高产量;金翠翠[15]的研究同样表明,合理施肥和灌溉是提高作物产量和氮素利用效率的关键。此外,本研究发现,低水平灌溉和施肥处理(D1N1)下,黄花菜在各项指标上均表现较差,说明不足的水肥供应限制了黄花菜的生长和产量。这与 Wang 等[16]的研究结果相吻合,即水肥供应不足会显著限制作物的生长发育和产量表现。综合来看,合理的水肥管理对作物的生长、产量和水分利用效率具有显著的调控作用[1,3-4,17-18]。

本试验布设区域为红寺堡区轻度寒旱、弱盐化扬黄耕地,无明显低温冻害、重度积盐问题。因此,双管单行灌溉+675.0 kg/hm^{2}施氮肥模式适配于宁夏中部常规寒旱灌区。双管滴灌可扩大根区湿润范围,缓解春旱胁迫,高氮供给能够提升叶片叶绿素含量,增强植株抗旱光合能力,这些方式在年均降水 240 mm 左右、土壤含盐量<2 g/kg 的常规旱作扬黄灌区地块可稳定实现增产、节水。本研究仅针对 3 a 生大乌嘴黄花菜,在单一轻度盐碱旱区条件下开展试验,不同株龄、品种及极端逆境下的水肥耦合响应规律仍有待通过后续分区定位试验进一步揭示。

参考文献:

[1] 李洲, 谭方曦, 赵乙灿, 等. 基于黄花菜产量与品质特征的优异种质筛选及评价[J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(1): 82-92.

[2] 高晶霞, 谢华. 黄花菜生长发育及品质对不同间作模式的响应[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2023, 38(2): 95-100.

[3] 高洪香, 焦炳忠, 贾帅. 适宜的渗灌灌溉方式提高灌区水分利用效率及黄花菜产量[J]. 节水灌溉, 2023(9): 32-37.

[4] 李金泽, 伏海中, 侯峥, 等. 不同滴灌量对黄花菜生长和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(5): 214-218.

[5] Nguyen N T H, Arima S, Konishi T, et al. Variation of oxypinnatanine concentration in daylily (*Hemerocallis* spp.) influenced by ploidy levels, growth stages, and environmental factors[J]. Tropical Agriculture and Development, 2015, 59(4): 179-189.

[6] 赖小连, 颜玉娟, 颜立红. NaCl 胁迫对黄檀幼苗生长及生理特性的影响[J]. 植物生理学报, 2020, 56(2): 309-316.

[7] 王菊秋. 3 种萱草属植物的耐阴性及耐旱性研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2018.

[8] 颉敏昌, 张晓霞, 冯敏, 等. 30 cm 内土层含水量对黄花菜落蕾的影响[J]. 现代农业科技, 2015(11): 101, 106.

[9] 高洪香, 焦炳忠, 贾帅. 适宜的渗灌灌溉方式提高灌区水分利用效率及黄花菜产量[J]. 节水灌溉, 2023(9): 32-37.

[10] 刘婷婷. 不同施肥灌溉方法的黄花菜效应分析[J]. 现代园艺, 2023, 46(7): 36-38.

[11] 王旭晨. 滴灌条件下黄花菜的水肥需求规律试验研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.

[12] 屈佳瑛. 宁夏红寺堡扬黄灌区节水综合评价研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2021.

[13] 王欣. 灌溉施肥一体化对设施番茄产量和水氮利用效率影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.

[14] 刘小刚. 节水灌溉条件下作物根区水氮迁移和高效利用机制研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2009.
[15] 金翠翠. 加气灌溉提升设施蔬菜氮素吸收利用和产量的作用机制[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2023.
[16] Wang Y C, He X C, Li F Q, et al. Effects of water and nitrogen coupling on the photosynthetic characteristics, yield, and quality of *Isatis indigotica*[J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 17356.
[17] Yang H C, Wu L Q, Han X F. Effects of different nitrogen fertilizer levels on lodging and yield of rice[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13: 1456-1459.
[18] 张一帆, 侯非凡, 高阳, 等. 黄花菜花器官发育生理指标及碳水化合物含量的动态变化[J]. 山西农业科学, 2023, 51(8): 879-887.

Effects of Irrigation Method and Nitrogen Application Rate on the Yield and Resource-Use Efficiency of Daylily in an Arid Region

JIA Shuai[1], *GAO Hongxiang*[2*], *WANG Haixi*[3], *JIAO Bingzhong*[4], *ZHAO Ningxia*[5]
(1.Organization and Personnel Department, Ningxia Vocational and Technical University (Ningxia Open University), Yinchuan 750021, China;
2. Ningxia Hydrology and Water Resources Monitoring and Early Warning Center, Department of Water Resources of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750011, China;
3. School of Business and Trade, Ningxia Polytechnic University of Business and Technology, Yinchuan 750021, China;
4. Irrigation and Drainage Service Center, Department of Water Resources of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750011, China;
5. Ningxia Xinzhiyi Technology Co., Ltd., Yinchuan 750002, China)

Abstract: To develop a high-yield and resource-efficient cultivation model for daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni) in the arid regions of Ningxia, a two-factor field experiment was conducted in Hongsibao District in 2024, with irrigation method and nitrogen application rate as the experimental factors. Leaf relative chlorophyll content (SPAD) and total nitrogen mass fraction at different growth stages, soil nitrate-nitrogen mass fraction, flower bud yield, and water use efficiency (WUE) were measured under different irrigation and fertilization treatments. The results showed that the combination of two drip tapes per crop row and a nitrogen application rate of 675.0 kg/hm^2 (D2N3) was the optimal treatment. Under this treatment, the relative chlorophyll content and total nitrogen mass fraction throughout the growing season increased significantly; flower bud length and individual bud weight were 12.18 cm and 4.68 g, respectively, bud yield reached 19 319 kg/hm^2, and WUE reached 5.93 kg/m^3. Compared with one drip tape per crop row combined with 450.0 kg/hm^2 nitrogen (D1N1), D2N3 increased flower bud yield by 58.1%, bud length by 20.4%, and individual bud weight by 35.7%. These findings demonstrate that appropriate irrigation and nitrogen management can significantly improve the photosynthetic efficiency, nitrogen uptake, and WUE of daylily.

Keywords: daylily; irrigation method; nitrogen application rate; yield increase; arid region

(责任编辑 李 琼)