

水肥耦合对黄花菜产量和品质的影响

李金泽^{1,2}, 唐瑞^{1,2}, 侯峰³ (1.宁夏回族自治区水利科学研究院, 宁夏银川 750021; 2.宁夏旱作节水高效农业工程技术研究中心, 宁夏银川 750021; 3.宁夏回族自治区水文水资源监测预警中心, 宁夏银川 750002)

摘要 为探究宁夏扬黄灌区黄花菜适宜的水肥耦合模式,以黄花菜为供试材料,采用滴灌灌水方式,试验设计 3 个灌水梯度和 3 个水溶肥施肥梯度,组合不同灌水、施肥梯度,共设置 9 个试验处理。分析不同处理黄花菜的株高、花茎粗、花蕾长、花蕾粗、产量及品质等指标变化规律。结果表明:T2F2 处理可显著提高黄花菜花蕾长、花蕾单重、产量、可溶性糖和 V_c 含量。利用主成分分析方法对黄花菜生长、产量和品质指标进行综合评价,T2F2 处理表现最优。宁夏扬黄灌区黄花菜较优的水肥管理模式为生育期灌水 10 次,总灌水量 $3\,525\text{ m}^3/\text{hm}^2$,水溶肥施肥 6 次,在黄花菜萌芽出土期和展叶期分别随水施肥 1 次,在抽薹期和花期分别随水施肥 2 次,总施肥量为 $562.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

关键词 水肥耦合;扬黄灌区;黄花菜;主成分分析

中图分类号 S275.6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)20-0136-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.20.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

The Combined Effect of Water and Fertilizer on Yield and Quality of Day lily
LI Jin-ze^{1,2}, TANG Rui^{1,2}, HOU Zheng³ (1.The Scientific Research Institute of the Water Conservancy of Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750021; 2.Ningxia Dry Farming, Water Saving and Efficient Agricultural Engineering Technology Research Center, Yinchuan, Ningxia 750021; 3.Ningxia Hydrology and Water Resources Monitoring and Early Warning Center, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract In order to explore the suitable coupling model of water and fertilizer for day lily in Yanghuang irrigation area of Ningxia. Using day lily as test material and drip irrigation method, 3 irrigation gradients and 3 water-soluble fertilizer fertilization gradients were designed, and a total of 9 experimental treatments were set up by combining different irrigation and fertilization gradients. The changes of plant height, flower moss thickness, flower bud length, flower bud thickness, yield and quality of day lily under different treatments were analyzed. The results showed that T2F2 treatment could significantly increase flower bud length, bud weight, yield, soluble sugar and V_c content of day lily. The growth, yield and quality indexes of day lily were evaluated by principal component analysis, and T2F2 treatment showed the best performance. The optimal water and fertilizer management mode of day lily in Yanghuang irrigation area of Ningxia was irrigated 10 times during growth period, total irrigation amount was $3\,525\text{ m}^3/\text{hm}^2$, water-soluble fertilizer was applied 6 times, fertilization was applied once with water during germination and leaf opening period, fertilization was applied twice with water during bolting period and flowering period, and the total fertilizer application amount was $562.5\text{ kg}/\text{hm}^2$.

Key words Water-fertilizer coupling; Yanghuang irrigation area; Day lily; Principal component analysis

宁夏扬黄灌区日照充足、昼夜温差大、有效积温高,对黄花菜生长非常有利,并且该地区灌溉依靠扬水工程的黄河水,生产的黄花菜色泽鲜亮、丰润饱满,备受市场欢迎,种植规模逐年增大,黄花菜种植产业已发展成为当地的特色产业。但是,当地种植户采用“大水大肥”的生产方式,导致水肥利用效率低下,且破坏生态环境。目前,宁夏中部干旱带水肥一体化技术可精准控制水肥施用量^[1-3],黄花菜规模化种植在当地起步较晚,尚缺乏对应的水肥一体化灌溉施肥制度。因此,探究宁夏扬黄灌区合理的黄花菜水肥一体化灌溉施肥制度已成为急需解决的问题。

国内外研究表明,灌水和施肥是有效调控蔬菜产量和品质的主要手段^[4-6]。陈静茹等^[4]研究发现,适当水肥配比明显提高娃娃菜的产量和品质。祝洋等^[7]研究发现,在番茄在中等水平灌水量下,施加中等水平肥料量的处理产量最大,在相同灌水量下施较高氮肥比施较低氮肥的产量高。宋卓琴等^[8]研究发现,黄花菜的产量随施 N 量的增加呈先增加后降低的趋势,P、K 肥配施的效果要比 N 肥好。尽管前人围绕蔬菜的水肥耦合效应研究较多,但针对宁夏中部干旱带

扬黄灌区滴灌条件下黄花菜的水肥灌溉制度研究甚少。该研究以当地黄花菜主栽品种大乌嘴为供试材料,研究不同水肥耦合模式对黄花菜生长、品质和产量的影响,筛选出较优的水肥耦合模式,为当地黄花菜水肥管理提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概况 试验于 2022 年 3—9 月在宁夏盐池县蔬菜新品种引进试验示范基地($37^{\circ}78'\text{ N}$, $107^{\circ}41'\text{ E}$)进行,该基地位于宁夏扬黄灌区的盐池县。试验区海拔 1 348 m,年最高气温 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低气温 $-28.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均气温 $8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,年降水量 280 mm ,集中在 7—9 月,年蒸发量 $2\,041.8\text{ mm}$,全年日照 $2\,613.9\text{ h}$,黄花菜生育期内的降水量和日平均气温如图 1 所示。试验区土壤质地为沙壤土,0~40 cm 土层土壤理化性质为容重 $1.40\text{ g}/\text{cm}^3$ 、田间持水量 18.08% 、pH 8.52、全盐 $0.19\text{ g}/\text{kg}$ 、有机质 $11.29\text{ g}/\text{kg}$ 、全氮 $65\text{ mg}/\text{kg}$ 、碱解氮 $93\text{ mg}/\text{kg}$ 、有效磷 $5.94\text{ mg}/\text{kg}$ 、速效钾 $147\text{ mg}/\text{kg}$ 。

1.2 试验设计 供试黄花菜品种为大乌嘴,肥料选取尿素($\text{N}\geq 46\%$)、硫酸钾($\text{K}_2\text{O}\geq 50\%$)和水溶性复合肥($\text{N}\geq 18\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\geq 18\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}\geq 18\%$)。黄花菜生育动态过程见表 1。黄花菜行距 140 cm,穴距 40 cm,灌水方式为滴灌,滴灌带铺设方式为 1 管 1 行。

试验设置 2 个因素,因素 A 为生育期内总灌水量,设置 3 个梯度,分别为 T1($3\,000\text{ m}^3/\text{hm}^2$,低水)、T2($3\,525\text{ m}^3/\text{hm}^2$,

基金项目 宁夏自然科学基金项目(2022AAC03728);宁夏重点研发计划项目(2023BCF01017)。

作者简介 李金泽(1988—),男,陕西定边人,工程师,硕士,从事农业水土资源高效利用及节水新技术研究。

收稿日期 2024-03-24

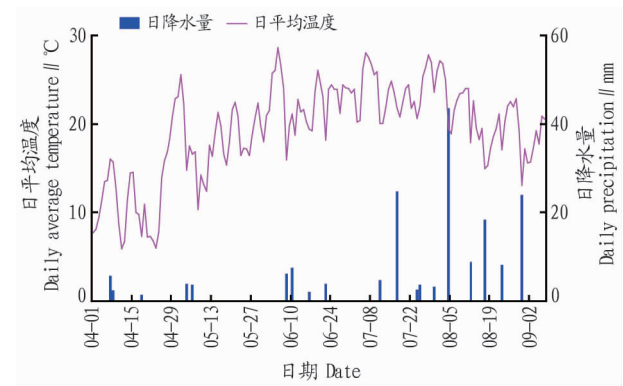


图1 生育期降水和温度

Fig.1 The rainfall and temperature during the growth period

表1 黄花菜生育动态过程观测

Table 1 Observation of growth dynamic process of day lily			
序号 No.	生育期 Fertility period	日期 Date	天数 Number of days//d
1	萌芽出土期	04-01—04-22	22
2	展叶期	04-23—05-31	39
3	抽薹期	06-01—06-23	23
4	花期	06-24—08-05	43
5	秋季生长期	08-05—09-07	34

表2 灌水施肥记录

Table 2 Record of irrigation and fertilization										
生育期 Fertility period	灌水时间 Irrigation time	灌水定额 Irrigation quota			水溶肥施用量 Application rate of water-soluble fertilizer					
		次序 Order	T1 m ³ /hm ²	T2 m ³ /hm ²	T3 m ³ /hm ²	次序 Order	F1 kg/hm ²	F2 kg/hm ²	F3 kg/hm ²	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
萌芽出土期和展叶期 Sprout stage and leaf spreading stage	04-13	1	450	450	450					
	05-05	2	225	225	225	1	45.0	56.2	67.5	纯氮
	05-18	3	225	225	225	2	45.0	56.3	67.5	纯氮
抽薹期 Bolting period	06-01	4	300	375	375	3	90.0	112.5	135.0	1.00 : 0.75 : 1.25
	06-12	5	300	375	375	4	90.0	112.5	135.0	1.00 : 0.75 : 1.25
花期(需水关键期) Flowering period (critical period for water demand)	06-21	6	300	375	450	5	90.0	112.5	135.0	1.00 : 0.75 : 1.25
	07-01	7	300	375	450	6	90.0	112.5	135.0	1.00 : 0.75 : 1.25
	07-10	8	300	375	450					
	07-21	9	300	375	450					
	08-01	10	300	375	450					
合计 Total			3 000	3 525	3 900		450.0	562.5	675.0	

1.4 数据分析 采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 23.0、Origin 22.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对黄花菜株高和花薹粗的影响 不同处理对黄花菜株高和花薹粗的影响如图 2、3 所示。在 T1 水平下,黄花菜的株高和花薹粗随着施肥量的增加而增加;在 T2 水平下,随着施肥量的增加黄花菜的株高呈先上升后降低的趋势,花薹粗呈上升趋势;在 T3 水平下,黄花菜的株高和花薹粗随着施肥量的增加呈先上升后降低的趋势。在 F1 水平下,黄花菜的株高和花薹粗随着灌水量的增加而增加;在 F2 水平下,随着灌水量的增加黄花菜的株高呈先上升后降低的趋势,花薹粗呈上升趋势;在 F3 水平下,黄花菜的株高和花薹粗随着灌水量的增加呈先上升后降低的趋势。水肥交互作用下,T2F2 处理下黄花菜的株高值最大,达到 112.57 cm,

中水)、T3(3 900 m³/hm²,高水);因素 B 为水溶肥施肥总量,设置 3 个梯度,分别为 F1(450.0 kg/hm²,低肥)、F2(562.5 kg/hm²,中肥)、F3(675.0 kg/hm²,高肥),采用双因素随机区组设计,共计 9 个试验处理。每个试验处理设置 3 个重复,共 21 个试验小区,单个试验小区面积为 147 m²。在黄花菜萌芽出土期和展叶期分别随水施入氮肥 1 次,2 次施入氮肥量占总施肥量的 20%;在抽薹期随水施肥 2 次,氮、磷、钾分别占总施肥量的 13%、10%、17%;在抽薹期前 2 次灌水随水施肥 2 次,氮、磷、钾占总分别施肥量的 13%、10%、17%。4 月 13 日灌第 1 水,试验灌水施肥记录见表 2。

1.3 测定项目及方法 株高:在黄花菜花期结束后,用钢卷尺测量植株茎基部到生长点的长度为最终株高^[9]。

花薹粗:在黄花菜花期结束后,用游标卡尺测量距植株基部 10 cm 处黄花菜花薹薹粗。

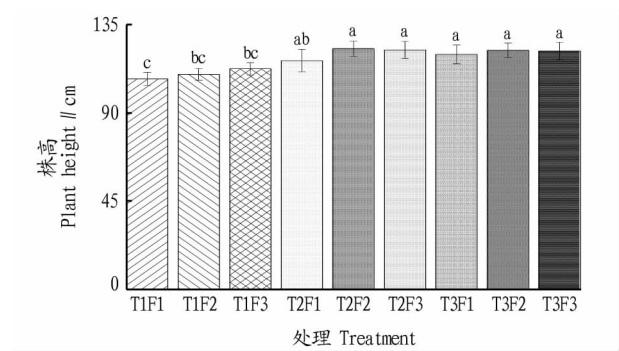
产量指标:在花期对黄花菜的花蕾长,花蕾粗和单个花蕾质量进行测定,并通过试验小区采样区的黄花菜折算试验小区的产量。

品质指标:在花期开始的第 10 天,每个试验小区采样 500 g 后送至专业检测机构对黄花菜新鲜花蕾的可溶性糖、蛋白质、V_C、粗脂肪、粗纤维的含量进行检测。

相比最小的处理 T1F1 高 14.23%,T2F2 处理与 T2F1、T2F3、T3F1、T3F2、T3F3 处理无显著差异;T2F3 处理下黄花菜的花薹粗值最大,达到 6.36 mm,相比最小的处理 T1F1 高 12.97%,T2F3 处理与 T2F1、T2F2、T3F1、T3F2、T3F3 处理无显著差异。

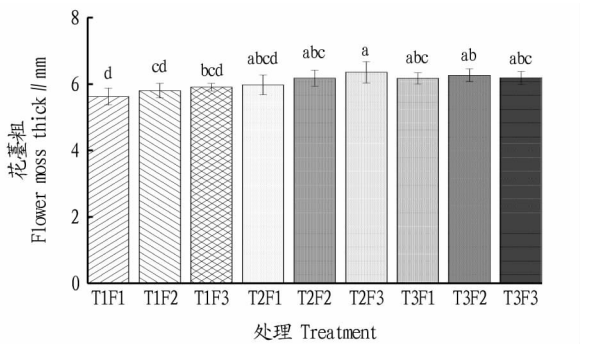
2.2 不同处理对黄花菜产量特征的影响 不同处理黄花菜产量特征如表 3 所示。T2F2 处理下黄花菜产量最高,达到 28 225 kg/hm²,比 T1F1 处理高 41.41%,但与处理 T2F3、T3F1、T3F2、T3F3 处理无显著差异。水肥交互作用下,黄花菜花蕾长、花蕾粗、花蕾单重均为 T2F2 处理最高,比 T1F1 处理的花蕾长、花蕾粗、花蕾单重分别提高了 12.31%、13.64%、14.59%。F1 水平下的花蕾长、花蕾粗、花蕾单重和产量都随着灌水量的增加而逐渐升高;F2 水平下 4 个指标随着灌水量的增加呈先上升后下降的变化趋势;F3 水平下,随着灌水量的增加,除了花蕾长和产量,其他指标均呈先升高后降低的

趋势。T1 水平下花蕾长、花蕾粗、花蕾单重和产量都随着施肥量的增加而逐渐升高;T2、T3 水平下的 4 个指标都随着施肥量呈先上升后下降的变化趋势。



注:不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different treatments at the 0.05 level.

图 2 不同处理对黄花菜株高的影响
Fig.2 Effects of different treatments on the plant height of day lily



注:不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different treatments at the 0.05 level.

图 3 不同处理对黄花菜花薹粗的影响
Fig.3 Effects of different treatments on the flower moss thick of day lily

2.3 不同处理对黄花菜品质的影响 不同处理下黄花菜品
质指标见表4。在T1、T2水平下,可溶性糖、蛋白质、V_c、粗

表 3 不同处理下黄花菜产量特征				
Table 3 Yield characteristics of day lily under different treatments				
处理 Treatment	花蕾长 Flower bud length//cm	花蕾粗 Flower bud thickness//mm	花蕾单重 Single weight of flower buds//g	产量 Yield kg/hm ²
T1F1	11.13±0.15 e	8.21±0.16 d	3.70±0.05 c	19 960±935 d
T1F2	11.57±0.25 d	8.38±0.09 cd	3.78±0.07 bc	21 700±1 710 cd
T1F3	11.80±0.20 cd	8.50±0.09 bcd	3.81±0.09 bc	21 910±1 135 c
T2F1	11.90±0.20 c	8.84±0.52 abcd	3.90±0.05 b	24 085±591 b
T2F2	12.50±0.10 a	9.33±0.17 a	4.24±0.17 a	28 225±391 a
T2F3	12.10±0.20 bc	8.93±0.51 abc	4.21±0.17 a	27 440±1 050 a
T3F1	12.07±0.15 bc	9.03±0.40 ab	4.16±0.14 a	26 560±1 774 a
T3F2	12.37±0.25 ab	9.07±0.36 ab	4.22±0.13 a	27 995±1 185 a
T3F3	12.30±0.10 ab	8.90±0.61 abc	4.20±0.08 a	27 810±306 a

注:同列不同字母表示不同处理间在 0.05 水平上差异显著。
Note: Different letters in the same column indicate significant differences between different treatments at the 0.05 level.

脂肪含量随着施肥量的增加逐渐升高,粗纤维含量随着施肥量的增加逐渐降低;在 T3 水平下,可溶性糖、蛋白质、V_c、粗脂肪含量随着施肥量的增加逐渐升高,粗纤维含量随着施肥量的增加呈先下降后上升趋势。在 F1 水平下,随着灌水量的增加,蛋白质、粗脂肪含量逐渐升高,可溶性糖、V_c 含量呈先上升后下降趋势,粗纤维含量逐渐降低;在 F2 水平下,随着灌水量的增加,可溶性糖、蛋白质含量逐渐升高,V_c、粗脂肪、粗纤维含量呈先上升后下降趋势;在 F3 水平下,随着灌水量的增加,蛋白质、V_c、粗纤维含量逐渐升高,可溶性糖含量呈先下降后上升趋势,粗脂肪含量呈先上升后下降趋势。在水肥交互作用下,可溶性糖含量 T3F3 处理下最高,但仅与 T1F1 处理差异显著,与其他处理差异不显著;蛋白质含量 T3F3 处理下最高,除了与 T1F1 处理差异显著外,与其他各处理差异不显著;粗纤维含量 T1F3 处理下最低,T3F2 处理次之,但两者差异不显著。

2.4 灌水量、施肥量与黄花菜监测指标的相关性 灌水量、施肥量与黄花菜监测指标的相关性如图 4 所示。灌水量与

株高、花薹粗、花蕾粗、花蕾单重、产量均呈极显著正相关($P\leq0.01$),与花蕾长呈显著正相关($P\leq0.05$);施肥量与蛋白质、V_c 呈极显著正相关($P\leq0.01$),与粗脂肪呈显著正相关($P\leq0.05$),而与粗纤维呈极显著负相关($P\leq0.01$);水肥交互与株高、花薹粗、花蕾长、花蕾单重、产量呈显著性正相关($P\leq0.05$),与可溶性糖、蛋白质、V_c、粗脂肪均呈极显著正相关($P\leq0.01$),而与粗纤维呈显著负相关($P\leq0.05$),不同指标对灌水量、施肥量和水肥交互作用响应存在差异性。

2.5 水肥耦合效应综合评价 从图 4 可以看出,各评价指标之间均存在显著的相关性,用主成分分析法将各个处理的黄花菜株高、花薹粗、花蕾粗、花蕾单重、产量等 11 个评价指标转化为 3 个综合指标,各综合指标主成分的特征值、贡献率和累计贡献率如表 5 所示。提取 3 个主成分因子,第 1、2、3 主成分的贡献率分别为 76.739%、16.217%、3.117%,累积贡献率达到 96.073%。将各指标成分矩阵表(表 6)中的数据除以对应主成分特征值的平方根,得到 3 个主成分得分值计算公式如下:

表 4 不同水肥处理下的黄花菜品质指标

Table 4 Effects of different water and fertilizer treatments on the quality of day lily

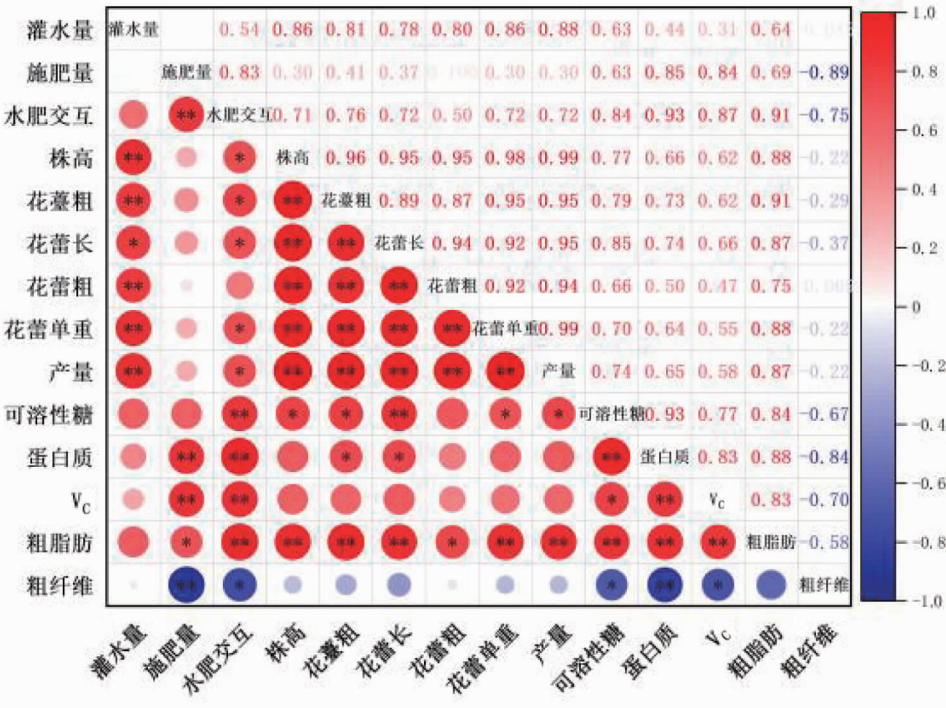
处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar//%	蛋白质 Protein//mg/g	V _C //mg/kg	粗脂肪 Crude fat//mg/g	粗纤维 Coarse fiber//mg/g
T1F1	6.27±0.07 b	12.31±0.73 b	107.63±7.08 d	1.33±0.08 e	12.42±0.26 a
T1F2	6.73±0.18 ab	13.47±0.46 ab	115.63±4.35 bcd	1.41±0.06 e	11.29±0.27 bc
T1F3	7.14±0.09 a	14.30±0.38 a	129.17±6.31abc	1.63±0.04 bcd	10.21±0.24 d
T2F1	6.97±0.07 a	13.19±0.20 ab	120.93±5.39 abcd	1.47±0.08 de	12.36±0.39 a
T2F2	7.02±0.20 a	13.83±0.29 ab	129.83±6.87 abc	1.73±0.05 abc	11.50±0.50 ab
T2F3	7.09±0.24 a	14.34±1.11 a	133.80±6.65 ab	1.82±0.03 a	11.32±0.48 bc
T3F1	6.91±0.31 a	13.37±0.46 ab	113.23±7.07 cd	1.61±0.06 cd	11.87±0.35 bcd
T3F2	7.28±0.39 a	14.40±0.55 a	120.37±9.23 abcd	1.72±0.10 abc	11.24±0.24 d
T3F3	7.30±0.21 a	14.58±0.70 a	137.77±5.53 a	1.78±0.04 ab	11.41±0.23 cd

注: 同列不同字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different letters in the same column indicate significant differences between different treatments at the 0.05 level.

$$F_1 = 0.329x_1 + 0.328x_2 + 0.332x_3 + 0.301x_4 + 0.321x_5 + 0.230x_6 - 0.230x_7 - 0.384x_8 - 0.317x_9 - 0.106x_{10} + 0.326x_6 + 0.307x_7 + 0.291x_8 + 0.263x_9 + 0.331x_{10} + 0.131x_{11} \quad (1)$$

$$F_2 = 0.215x_1 + 0.122x_2 + 0.095x_3 + 0.308x_4 + 0.234x_5 + 0.230x_6 - 0.230x_7 - 0.384x_8 - 0.317x_9 - 0.106x_{10} + 0.645x_{11} \quad (2)$$

$$F_3 = 0.048x_1 - 0.072x_2 - 0.172x_3 - 0.189x_4 - 0.058x_5 - 0.016x_6 - 0.132x_7 - 0.044x_8 + 0.803x_9 + 0.155x_{10} + 0.486x_{11} \quad (3)$$



注: * .*P*≤0.05; * * .*P*≤0.01。

图 4 灌水量、施肥量与黄花菜监测指标的相关性

Fig.4 Correlation of water and fertilizer application amount with monitoring index of day lily

表 5 主成分的特征值、贡献率和累计贡献率

Table 5 Eigenvalues, contributions and cumulative contributions of principal components

主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	贡献率 Contribution rat//%	累计贡献率 Cumulative contribution rate//%
第 1 主成分 The first principal component	8.441	76.739	76.739
第 2 主成分 The second principal component	1.784	16.217	92.956
第 3 主成分 The third principal component	0.343	3.117	96.073

不同处理的 3 个主成分得分及综合得分(以 3 个主成分特征值的占比为权重对 F1、F2、F3 加权求均值所得)值见表 7。在 T1 和 T3 水平下,综合得分值随着施肥量的增加而增高,T2 水平下综合得分值随着施肥量的增加呈先升高后降低趋势;在 F1 和 F3 水平下,综合得分值随着灌水量的增加而增高,F2 水平下综合得分值随着灌水量的增加呈先升高后降低趋势;水肥耦合模式下,综合得分排在前 3 位的分别是 T2F2、T3F3、T2F3 处理,排在后 3 位的分别是 T1F3、T1F2、T1F1 处理。

表 6 各指标成分矩阵
Table 6 Matrix of each index component

序号 No.	指标 Index	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3
1	株高	0.956	0.288	0.028
2	花薹粗	0.954	0.163	-0.042
3	花薹长	0.963	0.127	-0.101
4	花薹粗	0.873	0.411	-0.111
5	花薹单重	0.933	0.312	-0.034
6	产量	0.946	0.307	-0.010
7	可溶性糖	0.893	-0.307	-0.077
8	蛋白质	0.844	-0.513	-0.026
9	V _c	0.764	-0.423	0.470
10	粗脂肪	0.961	-0.142	0.091
11	粗纤维	-0.380	0.861	0.285

3 讨论

水和肥是影响作物产量的关键因素,滴灌条件下合理施肥在减少肥料使用量的同时能提高作物产量,提升作物的经济效益^[10-11]。马彦霞等^[12]对娃娃菜的研究也表明,娃娃菜产量受水肥交互作用影响显著。该试验结果认为,在中、高灌水水平下黄花菜的花薹长、花薹粗、花薹单重及产量随着施肥量呈先上升后下降的变化趋势;中肥水平下黄花菜的花薹长、花薹粗、花薹单重及产量随着灌水量的增加呈先上升后下降的变化趋势。

表 7 不同处理的综合评价
Table 7 The comprehensive evaluation of different treatments

处理 Treatment	F1	F2	F3	综合得分 Comprehe- nsive score	排序 Rank
T1F1	-5.622	0.825	0.357	-4.245	9
T1F2	-2.991	-0.880	-0.352	-2.483	8
T1F3	-0.644	-2.860	-0.259	-0.970	7
T2F1	-1.149	1.030	0.413	-0.721	6
T2F2	2.446	0.917	0.049	2.057	1
T2F3	2.473	-0.201	0.576	1.910	3
T3F1	0.398	1.529	-0.699	0.542	5
T3F2	2.421	0.202	-0.887	1.902	4
T3F3	2.669	-0.561	0.803	2.009	2

蔬菜的营养成分是评价其品质的重要依据。该研究发现,黄花菜可溶性糖随着施肥量的增加逐渐升高,但在中、高灌水水平下,随着施肥量的增大,可溶性糖含量增长幅度变缓,在一定的范围内增加施肥量可以提高黄花菜的可溶性糖含量,这与张建锴等^[13]围绕苹果的研究结论相似;黄花菜 V_c 含量随着施肥量的增加而增大,这与马彦霞等^[14]围绕大棚甘蓝的研究结论相似;黄花菜粗纤维的含量在低和中灌水水

平下随着施肥量的增加而降低,在高灌水水平下呈先降低后缓慢升高趋势,在一定范围内增加施肥量,可以降低黄花菜粗纤维的含量,这与冯鹏等^[15]对青贮玉米的研究结论相似。

马彦霞等^[12]用主成分分析方法对娃娃菜的产量、品质等指标进行了综合评价,提出了娃娃菜最优的水肥组合模式;范海燕等^[16]通过主成分分析方法确定露地白萝卜最优滴灌施肥制度。该研究通过主成分分析方法,得到黄花菜最优水肥耦合模式为 T2F2 处理。

4 结论

综合考虑黄花菜生长性状、产量和品质指标,宁夏扬黄灌区黄花菜较优的水肥管理模式为生育期灌水 10 次,总灌水量 3 525 m³/hm²,水溶肥施肥 6 次,在黄花菜萌芽出土期和展叶期分别随水施肥 1 次,在抽薹期和花期分别随水施肥 2 次,总施肥量为 562.5 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O 为 1:0.43:0.71。

参考文献

[1] 梁博惠,唐瑞,张上宁,等.宁夏中部干旱带水肥一体化苹果滴灌灌溉制度及生长影响研究[J].中国农村水利水电,2020(6):105-110,115.
[2] 张上宁,徐利岗,汤英,等.不同补灌水量对膜下滴灌马铃薯产量及水分利用的影响研究[J].中国农村水利水电,2020(7):149-153,162.
[3] 张乐,尹娟,王怀博.宁夏中部干旱带马铃薯膜下滴灌补灌参数试验研究[J].节水灌溉,2017(12):5-7,12.
[4] 陈静茹,王晓巍,马彦霞,等.河西冷凉灌区膜下滴灌娃娃菜产量和品质对水肥耦合的响应[J].中国土壤与肥料,2023(6):159-166.
[5] SINHA I,BUTTAR G S,BRAR A S.Drip irrigation and fertigation improve economics,water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Indian Punjab[J].Agricultural water management,2017,185:58-64.
[6] WANG X K,XING Y Y.Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality:A principal component analysis[J].Scientific reports,2017,7:1-13.
[7] 祝洋,刘志应,李新苗,等.水肥耦合对设施番茄叶片酶活性及水肥利用的影响[J].节水灌溉,2023(12):18-26.
[8] 宋卓琴,段九菊,梁峰,等.抽薹期不同施氮量对黄花菜生长、光合特性及产量的影响[J].北方园艺,2023(13):8-14.
[9] 李金泽,伏海中,侯峰,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.
[10] 王振华,扁青永,李文昊,等.南疆沙区成龄红枣水肥一体化滴灌的水肥适宜用量[J].农业工程学报,2018,34(11):96-104.
[11] 刘小刚,孙光照,彭有亮,等.水肥耦合对芒果光合特性和产量及水肥利用的影响[J].农业工程学报,2019,35(16):125-133.
[12] 马彦霞,陈静茹,王晓巍,等.水肥耦合对娃娃菜产量和品质的影响[J].灌溉排水学报,2023,42(9):40-45.
[13] 张建锴,曹红霞,潘小燕,等.基于产量和品质的陕北苹果滴灌水量和追施氮量优化研究[J].干旱地区农业研究,2020,38(5):143-152.
[14] 马彦霞,张玉鑫,王晓巍.河西绿洲区大棚甘蓝产量、品质和养分吸收对不同水肥组合的响应[J].水土保持学报,2018,32(5):270-276.
[15] 冯鹏,王晓娜,王清娜,等.水肥耦合效应对玉米产量及青贮品质的影响[J].中国农业科学,2012,45(2):376-384.
[16] 范海燕,潘兴瑶,胡秀君,等.基于主成分分析的露地白萝卜滴灌施肥制度研究[J].灌溉排水学报,2021,40(S1):87-93.

(上接第 114 页)

参考文献

[1] 李家苗,涂雨晴.绿色发展理念视域下乡村振兴路径研究[J].环渤海经济瞭望,2022(3):19-21.
[2] 朱继东.始终坚持中国特色社会主义的正确前进方向[J].实践(思想理论版),2017(10):41-43.
[3] 陈卫中.深耕红色沃土 助力富民兴陇[N].甘肃日报,2021-05-19(010).
[4] 程小强.红色基因的深刻内涵与时代价值[J].人民论坛,2021(1):106-108.
[5] 习近平.在庆祝中国共产党成立 100 周年大会上的讲话[J].求是,2021

(14):4-14.
[6] 叶丽.论红色旅游助推乡村振兴中存在的问题及对策[J].旅游纵览,2023(20):150-152.
[7] 张栋.红色旅游赋能乡村振兴[N].甘肃经济日报,2021-06-08(002)
[8] 习近平.用好红色资源,传承好红色基因 把红色江山世世代代传下去[J].求是,2021(10):2023-03-17].http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2021-05/15/c_1127446859.htm.
[9] 崔洋洋,马文杉,王宏德.承德地域红色文化资源助力乡村旅游产业发展现状及策略研究[J].产业创新研究,2022(23):63-65.
[10] 习近平.用好红色资源 赓续红色血脉 努力创造无愧于历史和人民的新业绩[J].求是,2021(19):4-9.