

DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2025.0344

灌溉量与有机无机肥配施比例 对沙葱产量及品质的影响

李 丽¹, 王志刚², 黄修梅¹, 马建华¹

(1. 内蒙古农业大学职业技术学院 内蒙古包头 014109; 2. 内蒙古创绿佳农业科技有限公司 呼和浩特 010019)

摘要:以4年生沙葱为试验材料,采用双因素试验方法,通过设置3个灌溉水平[W1(充分灌溉,土壤田间持水量70%~75%)、W2(亏缺灌溉,土壤田间持水量50%~55%)、W3(严重亏缺灌溉,土壤田间持水量40%~45%)]和5个施肥水平[F1(不施肥)、F2(单施化肥)、F3(100%有机肥+100%化肥)、F4(100%有机肥+75%化肥)、F5(100%有机肥+50%化肥)]共15个处理,研究沙葱在不同水分条件下,有机肥和无机肥配施比例对沙葱产量及品质的影响。结果表明水分对沙葱产量影响显著,不同灌溉水平下沙葱产量由高到低依次为充分灌溉>亏缺灌溉>严重亏缺灌溉。在充分灌溉时,施用100%有机肥+50%化肥,对沙葱的株高、茎粗、氮含量和产量有明显的促进作用,沙葱产量最高,综合表现最优。在亏缺灌溉时,施入100%有机肥+50%化肥,沙葱产量和品质仍保持较高水平,但与其他处理差异不显著。在严重亏缺灌溉时,施入100%有机肥+50%化肥,对沙葱根冠比和水分利用效率有明显促进作用。综上,当田间持水量、氮、磷、钾肥及有机肥的实际用量(纯养分量)分别为70%~75%、304.50 kg·hm⁻²、147.00 kg·hm⁻²、178.50 kg·hm⁻²和300.00 kg·hm⁻²(充分灌溉配施100%有机肥+50%化肥)时,可获得最高产量9 004.00 kg·hm⁻²。所以在沙葱规模化生产中,建议在充分灌溉条件下,优化有机肥与化肥配施比例可以提高产量和品质。

关键词:沙葱;肥料;产量;品质;灌溉梯度

中图分类号:S633.9

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)05-203-08

Effects of irrigation levels and ratios of combined organic and inorganic fertilizer application on the yield and quality of *Allium mongolicum* Regel

LI Li¹, WANG Zhigang², HUANG Xiumei¹, MA Jianhua¹

(1. Vocational and Technical College of Inner Mongolia Agricultural University, Baotou 014109, Inner Mongolia, China; 2. Inner Mongolia Chuanglijia Agricultural Technology Co., Ltd., Hohhot 010019, Inner Mongolia, China)

Abstract: In this study, four-year old *Allium mongolicum* was used as the test material, and a two-factor experimental method was adopted. By setting three irrigation levels [W1 (soil field water holding capacity of 70%-75%), W2 (soil field water holding capacity of 50%-55%), W3 (soil field water holding capacity of 40%-45%)] and five fertilizer levels [F1 (no fertilizer), F2 (chemical fertilizer alone), F3 (100% organic fertilizer+100% chemical fertilizer), F4 (100% organic fertilizer+75% chemical fertilizer), F5 (100% organic fertilizer+50% chemical fertilizer)] 15 treatments were conducted to simulate the effect of applying different combinations of organic and inorganic fertilizers at different rates on the yield and quality of *Allium mongolicum* under different levels of moisture conditions. The results showed that moisture had a significant effect on the yield of *Allium mongolicum*, and the effect of irrigation volume on the yield of *Allium mongolicum* was in descending order of fully irrigated > deficit irrigated > severely deficit irrigated. Under full irrigation (W1), the best performance was achieved by applying a combination of 100% organic fertilizer+50% chemical fertilizer, which gave the highest yield and significantly promoted plant height, stem thickness, nitrogen content and yield of *Allium mongolicum*. Under deficit irrigation (W2), the application of 100% organic fertilizer+50% chemical fertilizer still maintained a high level of yield and quality of *Allium mongolicum*, but the differences with other treatments were not significant. Under severe deficit irrigation (W3), the application of 100% organic fertilizer+50% chemical fertilizer significantly promoted the root-crown ratio and water use efficiency of *Allium mongolicum*. In conclusion, the theoretical maximum yield

收稿日期:2025-05-05;修回日期:2025-12-22

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(2025SYFHH0473);内蒙古自然科学基金(2024LHMS03058);内蒙古农业大学职业技术学院“研究生科创项目”(RC2400001262)

作者简介:李 丽,女,在读硕士研究生,研究方向为沙生植物栽培技术。E-mail:446220895@qq.com

通信作者:马建华,女,副教授,研究方向为植物营养生理。E-mail:mjh4444@163.com

of 9 004.00 kg·hm⁻² was obtained when the field water holding capacity, the actual amounts of N, P, K and organic fertilizers were 70%~75%, 304.50, 147.00, 178.50 and 300.00 kg·hm⁻² (full irrigation in combination with the application of 100% organic fertilizer and 50% chemical fertilizer), respectively. Therefore, in the large-scale production of *Allium mongolicum*, it is recommended to optimize the ratio of organic to chemical fertilizer application under full irrigation conditions to enhance both yield and quality.

Key words: *Allium mongolicum*; Fertilizer; Yield; Quality; Irrigation gradient

沙葱(*Allium mongolicum* Regel),又名蒙古韭、胡穆利(蒙语),为石蒜科葱属多年生植物,广泛分布于我国西北及内蒙古等荒漠草原和沙地地区,主要集中于新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西、内蒙古及辽宁等地^[1-2]。其叶片细长呈圆柱状,叶色浓绿,茎粗0.5~1.5 mm,株高10~30 cm。沙葱风味独特,叶片鲜嫩多汁,常用作肉食调味品和蔬菜,含有丰富的多糖和总黄酮,其中多糖具有抗氧化和免疫调节的作用^[3-4],总黄酮则兼具抗氧化和抗炎功能^[5-6]。同时沙葱有降血压、降血脂、增加食欲等多种药用功效^[7],被誉为“菜中灵芝”。此外,沙葱还是一种优质牧草,尤其在春秋季节,对牲畜抓膘促肥有显著作用。沙葱具有极强的固沙、防风蚀和水蚀能力,生态价值极高,同时表现出良好的抗旱性和抗盐性^[8-10]。沙葱还能改善土壤质量,增加土壤有机质含量,提高土壤肥力,对沙漠化土地的生态修复具有重要意义。

在农业生产中,水分与养分是影响作物生长的关键因素,二者相互作用、相互制约。合理施肥不仅能够改善土壤结构和理化性质,还可增强土壤的保水保肥能力,从而为作物生长提供良好的水肥环境。有机肥料养分释放缓慢,可减少养分流失,提高养分利用效率;无机肥料则能快速为作物提供生长所需的特定养分,但过量施用可能导致养分浪费和环境污染。赵玉平等^[11]研究表明,褐煤基有机肥可显著提高沙葱产量和土壤肥力,最佳用量为4.5 t·hm⁻²。张莹莹等^[12]研究表明,生物炭对沙葱品质的提升作用较为突出,且能促进产量增加。合理灌溉则有助于提高作物对水分的利用效率。研究表明,灌溉方式对沙葱产量具有显著影响,其中大水漫灌易导致烂苗、黄化及生长势减弱等问题,进而降低产量。适宜的灌水量和施肥量可以使水肥产生协同效应,促进水肥的高效利用,实现作物高产^[13]。因此,在科学灌溉条件下,合理调配有机肥与无机肥的施用比例,协调作物对水分与养分(氮、磷、钾等)的需求,是提高水肥利用效率、提升作物产量并减少养分流失的关键。但若水肥比例不合理,则会形成拮抗效应,对沙葱生长不利^[14]。

近年来,国内外对野生沙葱的研究主要集中在资源分布、人工栽培技术^[15]、营养成分^[16]、种子萌发特性、光合生理特征^[17]及其与气候因子的关联^[18]等方面,其中研究多以我国西北干旱荒漠地区为主要区域。近年来,人们对沙葱需求量逐年增加,但其供应受到风沙干旱等特殊环境因素的限制,供需矛盾日益突出。因此,本试验采用盆栽的方式种植沙葱,通过精确控制水分和养分等关键的环境因素,探讨不同灌溉条件下有机肥与化肥配施比例对沙葱生长、产量、品质及水分利用效率的影响,以期筛选适宜的水肥管理模式,为沙葱高效种植提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2024年5月在中国敕勒川农业博览园塑料大棚内进行。供试材料为沙珍SC-2品种4年生沙葱,采用分株移栽方式,材料取自中国敕勒川现代农业博览园,选取生长一致、分蘖数相近的植株进行试验。栽培基质所用沙子取自鄂尔多斯达拉特旗毛乌素沙地沙葱原生境,理化性质:pH为8.72,有机质含量(w,后同)为2.72 g·kg⁻¹、速效磷含量为27.5 mg·kg⁻¹、速效钾含量为1.57 mg·kg⁻¹。所用有机肥为元泰丰根之本水溶肥,由元泰丰(包头)生物科技有限公司生产。氮肥为尿素(N含量≥46%),由内蒙古鄂尔多斯化学工业有限公司生产;磷肥为磷酸二铵(P₂O₅含量≥46%),由湖北三宁化工股份有限公司生产;钾肥为硫酸钾(K₂O含量≥52%)由国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司生产。

1.2 试验设计

试验采用双因素裂区试验设计,因素一为灌溉水平:设置充分灌溉W1(土壤田间持水量70%~75%)、亏缺灌溉W2(土壤田间持水量50%~55%)、严重亏缺灌溉W3(土壤田间持水量40%~45%)3个水平;因素二为施肥水平:设置F1不施肥(CK),F2单施化肥(N、P、K分别为609.00、294.00、357.00 kg·hm⁻²),F3施100%有机肥+100%化肥(有机肥300 kg·hm⁻²,N、P、K分别为609.00、294.00、357.00 kg·hm⁻²),F4施100%有机肥+75%化

肥(有机肥 300.00 kg·hm⁻², N、P、K 分别为 456.76、220.50、267.75 kg·hm⁻²), F5 施 100% 有机肥+50% 化肥(有机肥 300.00 kg·hm⁻², N、P、K 分别为 304.50、147.00、178.50 kg·hm⁻²) 5 个水平, 共 15 个处理, 其中 F3 为常规施肥, N、P、K 按纯养分投入量计算。采用盆栽试验, 花盆面积为 0.075 2 m² (长 47 cm, 宽 16 cm, 高 30 cm), 沙葱采用 Z 字形栽种, 每盆 6 穴。有机肥和化肥作为基肥一次性施入, 后期不再追肥。待沙葱长出后统一刈割, 每个处理 3 次重复。

1.3 指标测定

沙葱为丛生型植物, 由多个分蘖形成丛状群体(丛), 单个分蘖个体定义为株, 本研究以丛为取样单位, 并在每丛中选取 1 株作为测定对象。沙葱返青后开始进行生长指标测定, 每 5 d 用直尺和游标卡尺测量 1 次株高和茎粗, 用于动态监测植株生长变化, 直至达到刈割标准, 刈割标准为连续 5 d 内株高不再变化, 各指标以每次刈割前测定值为准。全生育期共刈割 3 次。产量以每盆 3 次刈割地上部鲜质量累计值计算, 并折算成每 hm² 产量。于每次刈割时, 每盆随机选取 3 株植株, 测定地上部鲜质量; 在最后 1 次刈割后, 选取植株测定根系长度、分蘖数以及地上、地下部干鲜质量, 其中, 分蘖数以丛为单位统计, 而根系长度及地上、地下部干鲜质量等指标均以单株为单位测定。样品用清水洗净后吸干表面水分, 采用电子天平称取鲜质量, 随后于 105 °C 杀青 0.5 h, 再于 65 °C 烘干至恒质量, 测定干质量, 并计算根冠比。根冠比=地下部干质量/地上部干质量。每天 09:00—10:00 采用土壤水分测定仪测定 0~15 cm 处的土壤含水量, 每 7 d 采用环刀法测定基质含水量^[19]。

每次刈割之前采用叶绿素测定仪 (SPAD-502, 浙江托普云农科技股份有限公司) 测定叶片叶绿素相对含量 (SPAD 值); 采用钼酸铵比色法测定叶片维生素 C 含量^[20], 并计算水分利用效率 (water use efficiency, WUE)^[21]。

计算公式如下:

$$WUE/(kg \cdot m^{-3}) = Y/ET$$

式中: Y 为每盆产量 (kg·盆⁻¹); ET 为作物全生育期内每盆耗水量 (m³·盆⁻¹)

1.4 数据处理

采用 Excel 和 SPSS27.0 进行数据整理与分析, 采用单因素方差分析 (one-way ANOVA) 进行数据间的差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同水肥处理对沙葱生长发育的影响

2.1.1 不同水肥梯度对沙葱株高的影响 由表 1 可知, 不同水肥处理对沙葱株高具有显著影响, 各处理株高为 8.37~17.93 cm。其中 W1F5 处理株高最高, 为 17.93 cm, 与 W2F2、W2F5、W1F4、W3F5、W1F2、W2F4 和 W1F3 差异均不显著, 但显著高于其他处理。在 W1 灌溉水平下, 沙葱株高为 14.02~17.93 cm, 平均为 15.70 cm。与 W1F3 相比, W1F5 处理株高提高了 19.77%, 但与其他处理差异均不显著 (W1F1 除外)。在 W2 灌溉水平下, 株高为 12.83~16.62 cm, 平均为 14.76 cm, 其中 W2F2 处理最高, 为 16.62 cm, 较 W2F3 提高了 29.54%, 且显著高于 W2F1 和 W2F3, 但与其他处理差异不显著。在 W3 灌溉水平下, 株高为 8.37~15.77 cm, 平均为 12.04 cm, 其中 W3F5 处理最高, 为 15.77 cm, 较 W3F3 处理显著提高了 47.79%, 且也显著高于 W3F1, 但与其他处理差异不显著。各灌溉水平平均株高表现为 W1>W2>W3。

综上, 充分灌溉更有利于沙葱株高形成; 在充

表 1 不同水肥处理对沙葱生长发育的影响
Table 1 Effects of different water and fertilizer treatments on the growth and development of *Allium mongolicum* Regel

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem thickness/mm
W1F1	14.02±1.32 bcde	1.58±0.14 b
W1F2	15.65±0.99 abcd	1.66±0.19 ab
W1F3	14.97±0.33 abcd	1.47±0.11 bc
W1F4	15.95±0.50 abc	1.63±0.08 ab
W1F5	17.93±1.43 a	1.84±0.04 a
W2F1	12.88±0.99 cde	1.46±0.16 bc
W2F2	16.62±1.85 ab	1.60±0.20 ab
W2F3	12.83±2.87 cde	1.43±0.13 bc
W2F4	15.43±0.15 abcd	1.55±0.26 b
W2F5	16.05±0.10 abc	1.65±0.05 ab
W3F1	8.37±2.80 f	1.62±0.15 ab
W3F2	13.05±0.93 bcde	1.27±0.03 c
W3F3	10.67±0.28 ef	1.42±0.03 bc
W3F4	12.33±0.61 de	1.53±0.11 b
W3F5	15.77±4.88 abcd	1.63±0.07 ab

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

分灌溉条件下,与常规施肥相比,减施50%化肥并配施有机肥有利于株高生长。

2.1.2 不同水肥处理对沙葱茎粗的影响 由表1可知,不同水肥处理对沙葱茎粗具有显著影响。各处理茎粗为1.27~1.84 mm,其中W1F5处理茎粗最大,为1.84 mm,与W1F4、W1F2、W2F2、W3F1、W2F5和W3F5差异不显著,但显著高于其他处理。在W1灌溉水平下,沙葱茎粗为1.47~1.84 mm,平均为1.64 mm,与W1F3处理相比,W1F5处理茎粗显著提高了25.17%。在W2灌溉水平下,沙葱茎粗为1.43~1.65 mm,平均为1.54 mm,其中W2F5处理最高,为1.65 mm,较W2F3处理提高了15.38%,但各处理间差异均不显著。在W3灌溉水平下,沙葱茎粗为1.27~1.63 mm,平均为1.49 mm,其中W3F5处理最高,为1.63 mm,较W3F3处理提高了14.79%,且显著高于W3F2,但与其他处理差异不显著。

综上,在不同灌溉水平下,F5处理较F3均能提高沙葱茎粗,其中在充分灌溉条件下促进效果最为明显,说明适当减少化肥施用量并配施有机肥有利于促进沙葱茎粗生长。

2.2 不同水肥处理对沙葱根冠比的影响

由表2可知,不同水肥处理对沙葱地上部、地下部干鲜质量及根冠比均产生显著影响。在地上部鲜质量方面,各处理为0.31~1.75 g,其中W3F5处理最高,为1.75 g,与W1F1、W1F2、W2F5、W3F2和W3F4差异均不显著,但显著高于其他处理。在

W1灌溉水平下,地上部鲜质量为0.31~1.40 g,平均为0.67 g,其中W1F2处理最高。与W1F3处理相比,W1F5处理提高51.61%,但两者差异不显著。在W2灌溉水平下,地上部鲜质量为0.32~1.20 g,平均为0.59 g,W2F5处理地上部鲜质量最高,为1.20 g,较W2F3提高135.29%。在W3灌溉水平下,地上部鲜质量为0.38~1.75 g,平均为1.03 g,W3F5处理显著高于W3F1和W3F3,较W3F3显著提高250.00%。

在地下部鲜质量方面,各处理为0.55~8.25 g,其中W3F5处理最高,为8.25 g,显著高于W1F5、W2F1、W1F1和W3F1处理,但与其他处理差异不显著。在W1灌溉水平下,地下部鲜质量为1.55~3.25 g,平均为2.53 g,W1F2处理地下部鲜质量最高,为3.25 g;在W2灌溉水平下,地下部鲜质量为1.65~7.65 g,平均为4.12 g,其中W2F3处理最高,为7.65 g,显著高于W2F1;在W3灌溉水平下,地下部鲜质量为0.55~8.25 g,平均为4.35 g,W3F5处理最高,显著高于W3F1,较W3F3提高了75.53%。

在根冠比方面,各水肥处理差异显著,其中W3F5处理最大,为2.36,与W3F3和W2F3差异不显著,但显著高于其他处理。在W1灌溉水平下,根冠比为0.44~0.82,平均为0.62,W1F3处理根冠比最大,为0.82,但其与其他处理差异均不显著;在W2灌溉水平下,根冠比为0.79~2.04,平均为1.22,W2F3处理根冠比最大,为2.04,显著高于其他处理;在W3灌溉水平下,根冠比为1.07~2.36,平均为

表2 不同水肥处理对沙葱根冠比的影响

Table 2 Effects of different water and fertilizer treatments on root-shoot ratio of *Allium mongolicum* Regel

处理 Treatment	地上部鲜质量 Aboveground fresh mass/g	地下部鲜质量 Underground fresh mass/g	地上部干质量 Aboveground dry mass/g	地下部干质量 Underground dry mass/g	根冠比(干质量) Root-shoot ratio (dry mass)
W1F1	0.73±0.67 ab	1.55±0.21 c	0.042 5±0.005 2 b	0.018 8±0.003 6 f	0.44±0.030 5 g
W1F2	1.40±0.99 ab	3.25±0.78 abc	0.026 9±0.000 7 efgh	0.020 2±0.005 7 ef	0.75±0.193 2 efg
W1F3	0.31±0.13 b	2.85±1.34 abc	0.028 6±0.001 0 defg	0.025 0±0.004 3 def	0.82±0.179 3 efg
W1F4	0.46±0.09 b	3.00±2.97 abc	0.051 8±0.000 9 a	0.032 1±0.005 9 de	0.62±0.124 2 efg
W1F5	0.47±0.02 b	2.00±0.57 bc	0.054 5±0.001 6 a	0.026 3±0.002 9 def	0.48±0.067 0 fg
W2F1	0.53±0.53 b	1.65±0.21 c	0.035 0±0.002 6 c	0.032 5±0.005 5 de	0.94±0.228 3 ef
W2F2	0.32±0.08 b	2.90±1.56 abc	0.024 2±0.002 2 gh	0.021 2±0.002 7 ef	0.88±0.032 5 efg
W2F3	0.51±0.06 b	7.65±3.61 ab	0.031 7±0.002 3 cde	0.064 5±0.000 3 a	2.04±0.155 2 ab
W2F4	0.37±0.03 b	5.55±0.78 abc	0.032 6±0.002 2 cd	0.047 9±0.005 9 b	1.47±0.083 3 cd
W2F5	1.20±0.57 ab	2.85±1.20 abc	0.034 1±0.002 2 c	0.027 2±0.004 9 def	0.79±0.092 5 efg
W3F1	0.38±0.15 b	0.55±0.21 c	0.031 8±0.001 1 cde	0.033 9±0.007 3 cd	1.07±0.266 5 de
W3F2	1.20±0.07 ab	3.30±0.99 abc	0.024 8±0.003 0 gh	0.036 0±0.008 8 cd	1.48±0.531 9 cd
W3F3	0.50±0.17 b	4.70±3.25 abc	0.022 0±0.001 4 h	0.045 3±0.001 3 bc	2.06±0.073 7 ab
W3F4	1.30±0.85 ab	4.95±5.59 abc	0.026 1±0.001 1 fgh	0.048 2±0.004 2 b	1.85±0.087 3 bc
W3F5	1.75±0.64 a	8.25±3.46 a	0.030 2±0.002 5 cdef	0.071 3±0.007 8 a	2.36±0.061 2 a

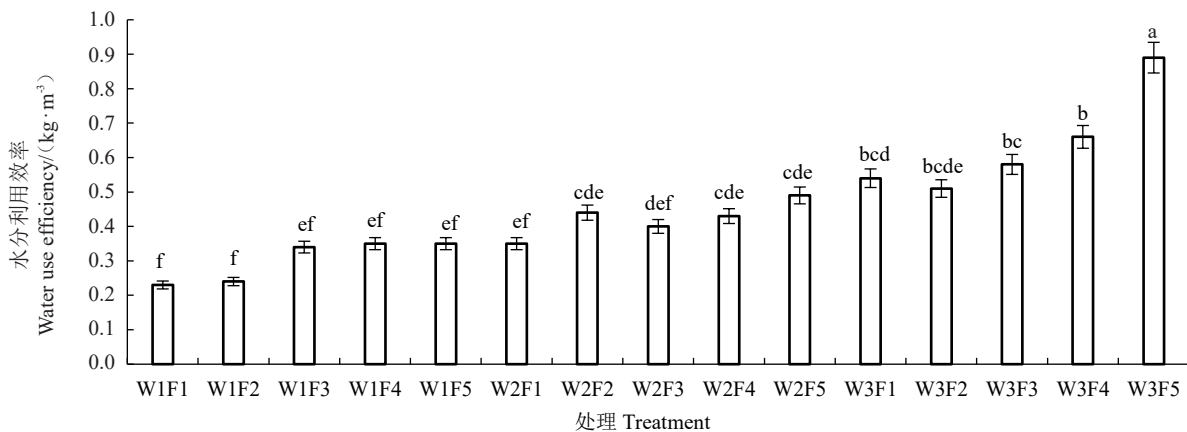
1.76, W3F5 处理根冠比最大,与 W3F3 差异不显著,但显著高于其他处理,较 W3F3 提高 14.56%。

综上,不同灌溉水平下沙葱地上部鲜质量、地下部鲜质量及根冠比存在差异。其中,地上部鲜质量平均值为 W3>W1>W2,而地下部鲜质量和根冠比均为 W3>W2>W1。

2.3 不同水肥处理对沙葱水分利用效率的影响

水分利用效率是衡量植物在水分胁迫条件下适应能力的重要综合指标,在农业生产中具有重要

指导意义。由图 1 可知,不同水肥处理对沙葱水分利用效率均产生显著影响。其中, W3F5 处理水分利用效率最高,为 $0.89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,显著高于其他处理。在 W1 灌溉水平下,各处理水分利用效率维持在 $0.23 \sim 0.35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,平均值为 $0.30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,其中 W1F4 和 W1F5 处理均为 $0.35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,与 W1F3 处理差异不显著。在 W2 灌溉水平下,水分利用效率为 $0.35 \sim 0.49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,平均值为 $0.42 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,其中 W2F5 处理最高,为 $0.49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,较 W2F3 提高 22.50%,但



注:不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference between different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 不同水肥处理对沙葱水分利用效率的影响

Fig. 1 Effects of different water and fertiliser treatments on water use efficiency of *Allium mongolicum* Regel

各处理间差异不显著。在 W3 灌溉水平下,水分利用效率为 $0.51 \sim 0.89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,平均值为 $0.64 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,其中 W3F5 处理显著高于其他处理,较 W3F3 处理显著提高了 53.45%。

综上,沙葱水分利用效率整体表现为 W3>W2>W1,表明在水分亏缺条件下植株可通过调节生理过程提高水分利用能力。在不同施肥水平中, F5 处理在各灌溉水平下均表现出较高的水分利用效率。在 W3 灌溉水平下水分利用效率最高,与 F3 相比, F5 处理显著提高了水分利用效率,说明在土壤田间持水量为 40%~45%条件下,施用 100% 有机肥并配施 50% 化肥更有利于提高沙葱水分利用效率。

2.4 不同水肥处理对沙葱叶片 SPAD 值和含氮量的影响

由表 3 可知,不同水肥处理对沙葱叶片 SPAD 值和含氮量均产生显著影响。各处理 SPAD 值为 46.87~56.07,其中 W2F3 处理最高,为 56.07,显著高于 W2F1、W1F1 和 W2F5 处理,但与其他处理差

异不显著。在 W1 灌溉水平下, SPAD 值为 46.87~54.90,平均为 50.41,其中 W1F2 处理最高,较 W1F3 提高 13.82%,但两者差异不显著;在 W2 灌溉水平下, SPAD 值为 47.67~56.07,平均为 51.41, W2F3 处理最高;在 W3 灌溉水平下, SPAD 值为 48.20~52.33,平均为 50.06, W3F5 处理 SPAD 值最高,较 W3F3 提高 1.28%,但两者差异不显著。

由表 3 可知,沙葱叶片含氮量为 $16.20 \sim 21.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,其中 W1F5 处理最高,为 $21.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与 W3F5 差异不显著,但显著高于其他处理。在 W1 灌溉水平下,含氮量为 $17.40 \sim 21.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,平均为 $18.63 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, W1F5 处理显著高于 W1F3,较 W1F3 显著提高了 18.78%;在 W2 灌溉水平下,含氮量为 $16.67 \sim 19.23 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,平均为 $18.27 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, W2F5 处理含氮量较高,较 W2F3 提高了 1.91%;在 W3 灌溉水平下,含氮量为 $16.20 \sim 21.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,平均为 $18.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, W3F5 处理最高,较 W3F3 显著提高 16.00%。

综上,沙葱叶片 SPAD 值在 W2 灌溉水平下较

表3 不同水肥处理对沙葱 SPAD 值和含氮量的影响
Table 3 Effects of different water and fertilizer treatments on SPAD value and nitrogen content of *Allium mongolicum* Regel

处理 Treatment	SPAD 值 SPAD value	w(氮) Nitrogen content/(mg·g ⁻¹)
W1F1	46.87±3.92 c	17.40±0.53 cde
W1F2	54.90±1.74 abc	17.93±0.64 cde
W1F3	48.23±3.76 abc	18.10±1.74 cde
W1F4	51.83±4.20 abc	18.20±1.32 cde
W1F5	50.20±1.97 abc	21.50±1.28 a
W2F1	47.67±3.45 bc	16.67±1.03 de
W2F2	55.60±7.27 ab	17.60±0.70 cde
W2F3	56.07±6.31 a	18.87±1.70 bcd
W2F4	49.97±3.20 abc	18.97±1.56 bcd
W2F5	47.73±3.05 bc	19.23±1.11 bc
W3F1	49.30±1.01 abc	16.20±0.80 e
W3F2	48.20±2.17 abc	17.13±1.53 cde
W3F3	51.67±2.86 abc	18.13±1.68 cde
W3F4	48.80±1.93 abc	17.70±1.21 cde
W3F5	52.33±8.16 abc	21.03±1.56 ab

高,而含氮量在 W1 灌溉水平下较高,其中 W2F3 和 W1F5 处理分别表现最优。

2.5 不同水肥处理对沙葱维生素 C 含量的影响

由图 2 可以看出,不同水肥处理对沙葱维生素 C 含量具有显著影响。W1F5 处理的维生素 C 含量最高,为 59 mg·100 g⁻¹,与 W1F1、W1F2、W1F3 以及 W2F5 处理差异均不显著,但显著高于其他处理。在 W1 灌溉水平下,维生素 C 含量为 41~59 mg·100 g⁻¹,平均为 51 mg·100 g⁻¹,其中 W1F5 处理较 W1F3 提高了 5.36%,显著高于 W1F4,但与其他处理差异不显著。在 W2 灌溉水平下,维生素 C 含量为 36~47 mg·100 g⁻¹,平均为 42.20 mg·100 g⁻¹,W2F5 处理最高,为 47 mg·100 g⁻¹,较 W2F3 提高了 4.44%,但各处理间差异均不显著。在 W3 灌溉水平下,维生素 C 含量为 27~40 mg·100 g⁻¹,平均为 32.40 mg·100 g⁻¹,W3F2 处理维生素 C 含量最高,为 40 mg·100 g⁻¹,与 W3F3、W3F4 和 W3F5 处理差异不显著,但显著高于 W3F1 处理。

综上,在不同灌溉水平下,沙葱维生素 C 含量

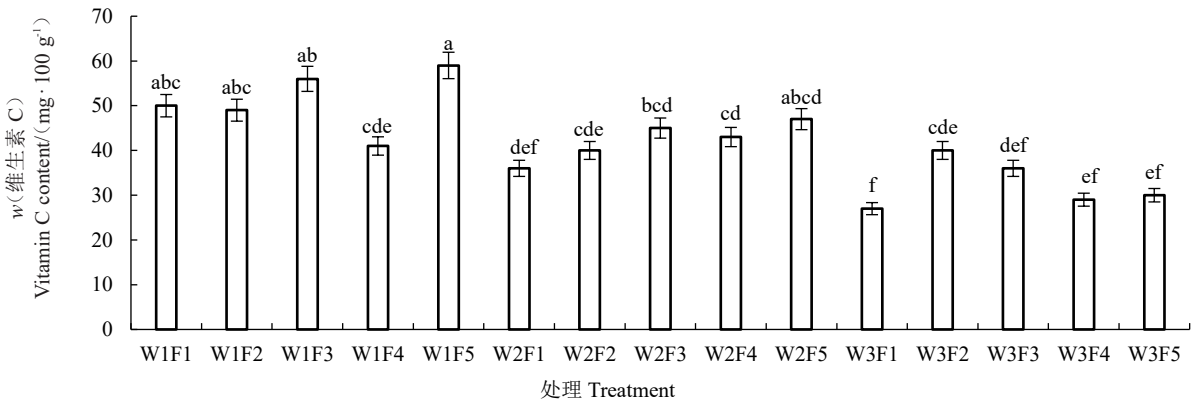


图 2 不同水肥处理对沙葱维生素 C 含量的影响

Fig. 2 Effects of different water and fertilizer treatments on the vitamin C content of *Allium mongolicum* Regel

整体表现为 W1>W2>W3,说明适宜水分条件更有利于品质形成。在充分灌溉条件下(W1),与 F3 相比,F5 处理能够提高维生素 C 含量,表明在田间持水量为 70%~75%时,施用 100%有机肥配施 50%化肥有助于改善沙葱品质;而在严重亏缺灌溉条件下,有机无机肥配施处理优势并不明显,说明水分亏缺对维生素 C 形成具有主导限制作用。

2.6 不同水肥处理对沙葱产量的影响

由图 3 可知,不同水肥处理对沙葱产量具有显著影响。各处理产量为 4 329.76~9 004.00 kg·hm⁻²,平均为 6 766.91 kg·hm⁻²。其中,W1F5 处理产量最高,为 9 004.00 kg·hm⁻²,与 W1F3、W1F4、W2F2、W2F4、W2F5 及 W3F5 处理差异均不显著,但显著

高于其他处理。在不同灌溉水平下,各处理产量存在差异。其中,W1、W2 和 W3 灌溉条件下产量最高的处理分别为 W1F5、W2F2 和 W3F5,分别为 9 004.00、8 256.40 和 7 591.97 kg·hm⁻²。W1F5、W2F5 和 W3F5 处理较同灌溉水平下的 F3 处理分别增产 3.14%、12.03%和 54.42%,说明在相同水分条件下,减少化肥施用并配施有机肥仍可维持或提高沙葱产量。

W1、W2 和 W3 灌溉水平下平均产量分别为 7 729.73、7 165.43、5 405.57 kg·hm⁻²,沙葱产量随灌溉水平提高而增加,充分灌溉条件下产量最高。在 W1 灌溉水平下,F5 处理在减少 50%化肥投入的同时仍获得最高产量,表明有机无机肥优化配施能够

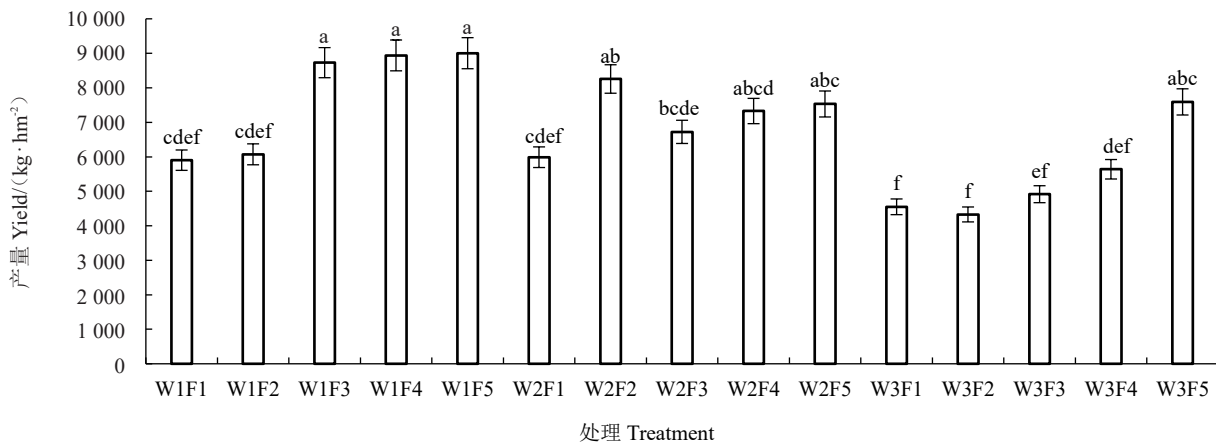


图3 不同水肥处理对沙葱产量的影响

Fig. 3 Effects of different water and fertilizer treatments on the yield of *Allium mongolicum* Regel

在保证产量的同时降低化肥施用量。

3 讨论与结论

水分和养分是影响作物生长发育及产量形成的关键因素,二者之间存在显著的耦合效应^[22]。本研究表明,灌溉水平与有机无机肥配比比例对沙葱生长、产量及品质存在显著的互作效应。其中,充分灌溉结合100%有机肥+50%化肥处理(W1F5)综合表现最优。该处理沙葱的株高、茎粗、叶片含氮量及产量分别达到17.93 cm、1.84 mm、21.50 mg·g⁻¹和9 004.00 kg·hm⁻²,较常规施肥处理(W1F3)分别提高了19.77%、25.17%、18.78%和3.14%;维生素C含量为59 mg·100 g⁻¹,较W1F3提高5.36%。这表明在水分供应充足的条件下,有机肥替代50%化肥投入能维持较高的养分供应水平,不仅可以促进沙葱生长,还可提高沙葱品质和产量。前人研究也表明,适宜的灌溉与施肥耦合可促进沙葱生长^[12-13],且有机肥部分替代化肥在马铃薯^[23]和大蒜^[24]等作物上均较单施化肥具有更强的增产潜力,本研究结果与之一致。

在品质调控方面,本研究发现沙葱不同品质指标对水肥组合的响应存在差异。SPAD值在亏缺灌溉结合常规施肥处理(W2F3)下较高,而叶片含氮量和维生素C含量均在W1F5处理最高。这表明在水分不受限的条件下,有机无机肥配比对氮素积累与品质形成的促进效应更为突出。相关研究发现,适宜水肥组合能提升番茄果实硬度和糖酸比^[25],且有机肥配施有助于增加猕猴桃果实的可溶性固形物、蛋白质及维生素C含量^[26]。然而,张腾等^[27]研究发现,施肥量超过阈值后马铃薯品质不升反降,这与本研究中减量施肥处理(F5)品质优于高量化

肥处理(F3)的结果相一致,进一步佐证了沙葱生产中合理控肥对提质增效的重要性。

在水分亏缺条件下,水肥耦合对沙葱的资源利用效率表现出更强的调控作用。本研究中,严重亏缺灌溉配合减量施肥处理(W3F5)的根冠比和水分利用效率分别达2.36和0.89 kg·m⁻³,较常规施肥处理(W3F3)显著提高了14.56%和53.45%。这表明在干旱胁迫下,沙葱通过增加根系生物量分配以增强水分获取能力,而有机无机肥配施可进一步强化这一适应性策略。该结果与段科龙等^[28]在黑麦草及王艳丹等^[29]在番茄上的研究结论一致。此外,周利利等^[30]在甜瓜上的研究证实有机肥替代50%化肥综合评分最高,这与本试验F5处理在亏缺灌溉下的资源高效利用结果一致。周广威等^[31]在藜麦上的研究亦表明,适宜的水肥配置是提升旱区作物生产力的关键,而过量施肥则会产生抑制作用。

综上所述,在本试验条件下,综合考虑产量、品质及资源利用效率,W1F5处理(田间持水量70%~75%,有机肥300.00 kg·hm⁻²,N 304.50 kg·hm⁻²,P₂O₅ 147.00 kg·hm⁻²,K₂O 178.50 kg·hm⁻²)为最优水肥管理模式。该模式在减少50%化肥投入的前提下,实现了沙葱高产与优质的协同效果。因此,建议在沙葱规模化生产中推广应用“充分灌溉+100%有机肥配施50%化肥”的水肥一体化策略。

参考文献

- [1] 李朝英,郑路.流动分析仪同时快速测定植物全氮、全磷含量的方法改进[J].中国土壤与肥料,2021(2):336-342.
- [2] 严子柱.沙葱生态生理特性及驯化栽培技术研究[D].兰州:甘肃农业大学,2007.
- [3] LIU Y, SUN Y Y, HUANG G L, et al. Preparation and antioxi-

- dant activities of important traditional plant polysaccharides[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018 (111):780-786.
- [4] 张兴夫.沙葱多糖提取工艺及对小鼠免疫机能影响的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [5] 萨茹丽,木其尔,王翠芳,等.沙葱不同部位提取物总黄酮含量及其体外抗氧化抗菌活性研究[J]. *食品工业科技*, 2014, 35 (22):124-127.
- [6] 敖长金.沙葱及其提取物的抗氧化、抗炎和免疫调节作用[J]. *饲料工业*, 2021, 42(11):1-6.
- [7] WANG W Y, LI J, ZHANG H Z, et al. Phenolic compounds and bioactivity evaluation of aqueous and methanol extracts of *Allium mongolicum* Regel[J]. *Food Science & Nutrition*, 2019, 7 (2):779-787.
- [8] 严子柱,张莹花,李菁菁.民勤荒漠区沙葱种群的生态特性分析[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(22):62-66.
- [9] 马全林,刘世增,严子柱,等.沙葱的抗旱性特征[J]. *草业科学*, 2008(6):56-61.
- [10] 王国泽,高山,李昊虬,等.沙葱的生理特性功能性成分及开发利用[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(15):3482-3484.
- [11] 赵玉平,戎素平,黄修梅,等.褐煤基有机肥对土壤肥力和沙葱产量的影响[J]. *现代农业*, 2022(3):52-54.
- [12] 张莹莹,马利利,李正鹏,等.灌水及施肥对沙葱生长、产量和品质的影响[J]. *青海大学学报*, 2021, 39(6):50-58.
- [13] 詹昌峰.水肥耦合对沙葱产量、品质及土壤理化性质的影响[D].吉林延吉:延边大学,2022.
- [14] 詹昌峰,战超,陈国双,等.水肥耦合效应对沙葱产量的影响[J]. *延边大学农学学报*, 2022, 44(2):47-54.
- [15] 严子柱,刘世增,严子仁.野生蔬菜沙葱的人工栽培技术[J]. *甘肃农业科技*, 2005(7):33-34.
- [16] 刘世增,蒋志荣,马全林,等.驯化沙葱生长及营养变化规律研究[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(5):94-97.
- [17] 马全林,刘世增,严子柱,等.人工栽培沙葱的光合生理特征[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(1):127-132.
- [18] 严子柱,刘世增,马全林,等.气候因子对沙葱生长的影响[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(19):4954-4955.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [20] 占文婷,胡思卓,黄惊文,等.辣椒粉中还原型维生素C含量的测定[J]. *中国调味品*, 2017, 42(3):104-109.
- [21] 赵绮志,尹嘉德,谢军红,等.减氮配施有机肥对旱作覆膜春小麦产量和水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2026, 44(1):166-177.
- [22] 张立军,樊金娟.植物生理学实验教程[M].北京:中国农业大学出版社,2007.
- [23] 袁辉,谢军红,李玲玲,等.有机肥替代化肥对马铃薯生长生理特性及产量的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2024, 59(4):35-43.
- [24] 张丹.化肥减量配施生物有机肥和灌溉量对大蒜产量和品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2022, 51(3):139-145.
- [25] 闫沛玉,张生银,陈亮,等.不同水肥耦合对设施栽培番茄生长、产量和品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2025, 37(12):2516-2524.
- [26] 陈德秀,王连春,普应斌,等.有机肥和生物炭施用对猕猴桃果实品质的影响[J]. *北方园艺*, 2022(2):18-26.
- [27] 张腾,邢英英,谢奎,等.水肥调控对马铃薯块茎品质及水肥利用效率的影响[J]. *西北农业学报*, 2024, 33(5):842-850.
- [28] 段科龙,牛最荣,张真荣,等.水氮调控对多年生黑麦草生长特性和产量的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2025, 44(1):34-42.
- [29] 王艳丹,何光熊,杨溟舟,等.水肥耦合对干热河谷冬春番茄产量及其品质的影响[J]. *热带作物学报*, 2021, 42(8):2297-2304.
- [30] 周利利,周肖瑜,于璇,等.化肥减量配施有机肥对土壤养分及甜瓜产量与品质的影响[J]. *中国瓜菜*, 2026, 39(3):55-63.
- [31] 周广威,王明双,王静,等.水肥耦合对新疆不同生态区藜麦养分吸收及水肥利用效率的影响[J]. *西南农业学报*, 2025, 38 (7):1510-1517.