

辽河口盐地碱蓬萌发定植适宜流速研究

宋爽 曲搏正

(沈阳农业大学 辽宁沈阳 110866)

摘要: 本研究以辽河口地区盐地碱蓬群落生境土壤以及盐地碱蓬种子、幼苗为研究对象,通过室外潮滩模拟试验和室内分析试验确定在不同流速条件作用下,不同埋深盐地碱蓬种子萌发率、幼苗生长性状响应特征,主要结果如下:在 0~2cm 埋深下,0.059~0.073m/s 的流速范围内,盐地碱蓬萌发及生长性状均达到适宜区间。2~3cm 埋深下,0.059~0.069m/s 的流速范围内;3~4cm 深度下,0.059~0.069m/s 的流速范围内;4~5cm 深度下,0.059~0.076m/s 的流速范围内,盐地碱蓬的萌发及生长性状均可达到适宜区间。研究结果对辽河口盐地碱蓬的保护和恢复及湿地的可持续发展提供理论依据,具有重要科学意义与应用价值。

关键词: 适宜流速,萌发定植,盐地碱蓬,辽河口

1 引言

辽河口盐地碱蓬生长在海陆交汇处,对保护渤海海岸线具有不可替代的作用,是多种濒危物种的栖息地和全球著名红海滩景观,对区域生态意义重大。但近年来,盐地碱蓬面积锐减,导致湿地发生严重的退化问题,已直接影响濒危物种的生境安全^[1],辽河口湿地盐地碱蓬的保护和恢复亟待进行。辽河口湿地退化最直接的表现是盐地碱蓬覆盖度的锐减,水分条件改变是盐地碱蓬退化的主要驱动要素^[2]。而面对盐地碱蓬湿地生态系统的保护与恢复,盐地碱蓬种子的萌发状况:如萌发率、萌发速度等,对其整个生长阶段及群落的发展至关重要。因此在辽河口盐地碱蓬的保护和恢复过程中,如何通过水文条件的改变,改善盐地碱蓬的萌发状况,对盐地碱蓬群落的恢复尤为重要。

关于盐地碱蓬的研究报道目前主要集中于其不同器官或组织的生理生化特征及其对盐胁迫的反应^[3-6]。然而盐地碱蓬种子对盐胁迫反应的研究报道主要集中于种子在单碱(Na_2CO_3 、 NaHCO_3)或单盐(NaCl 、 Na_2SO_4)胁迫处理条件下的萌发情况^[7-9]。水文干扰是湿地生态系统中常见的干扰方式之一,大多数植物²

种子对于水文干扰都较为敏感^[10]。李连发等^[11]对 21 种草本植物种子的研究发现:经历水文干扰后,两个物种的萌发率不变;三个物种的萌发率增加;十六个物种的萌发率下降。由此可以发现水文干扰会对大部分物种的种子萌发造成阻碍作用。植物的天然更新过程包括种子搬运、种子库动态、种子萌发和幼苗定植等阶段^[12-14],而种子萌发和早期幼苗定植是植物生活史的重要阶段^[15-16]。植物发育的萌发及幼苗生长阶段是植物生活史中的敏感阶段^[17],在此阶段内,植物的萌发率及成活率极易受到外界环境的干扰^[18-19]。在滨海湿地环境中,对盐地碱蓬种子的萌发及幼苗生长最大的威胁便是流速干扰^[20]。研究盐地碱蓬萌发的适宜机制,对盐地碱蓬的保护和恢复至关重要。已有工作在此方面的研究取得了一些进展,然而,考虑生态水文学动力因素对盐地碱蓬萌发的影响还缺乏深入的研究。

2 材料与方法

2.1 供试材料

² 宋爽,女,1989年5月生,讲师,主要从事湿地生态水文方向,联系电话:18004021262

(1) 供试盐地碱蓬种子

供试种子来自辽宁省盘锦市辽河口国家保护区湿地 ($E121^{\circ}47'47.38''$, $N40^{\circ}57'9.64''$) 潮滩上的盐地碱蓬植株, 于 2021 年 10 月将植株采集并带回实验室后晾干、取种, 储存备用。

(2) 供试土壤

供试土壤由辽宁省盘锦市辽河口国家自然保护区内潮滩区域土壤, 于 2020 年 4 月将土壤采集并带回试验场地进行原土貌复原铺设于试验田内, 其 pH 为 7.1~7.2, 含水率为 69.32%~72.97%, 均达到田持状态。

(3) 供试水体

供试水体为辽宁省沈阳市沈阳农业大学水利学院综合试验基地试验用水。

2.2 实验设置

试验在沈阳农业大学水利学院综合试验基地中的潮滩模拟池内进行, 通过不锈钢钢板将潮滩模拟池分隔为 25 组模拟冲刷水道, 进而模拟 5 种不同流速、5 种不同埋种深度情况下, 盐地碱蓬种子萌发及幼苗生长情况的变化。

其示意图如图:

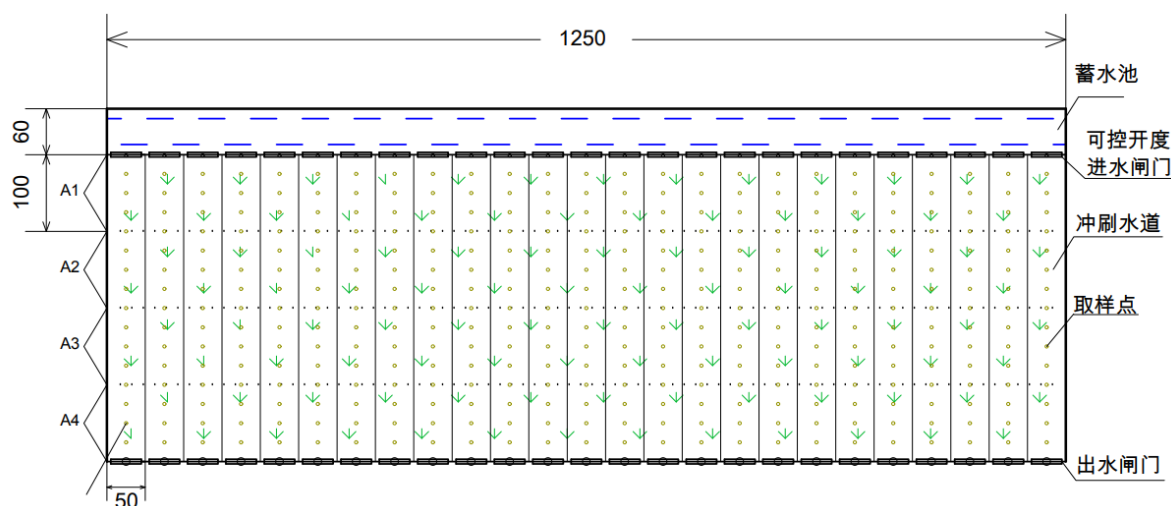


图1 试验场地示意图

Fig 1 Schematic diagram of test site

利用潮汐站近五年 (2017-2021) 潮汐监测数据定位取样点的日均潮时、潮高、涨潮时间及退潮时间, 以此来确定采样点的淹没时间、淹没时长; 并通过实地监测的方式获取采样点在被潮汐淹没情况下的潮汐流速, 通过观测分析可得采样点在每月潮汐作用下被水淹没的平均天数为两天, 平均每日淹没时长为 3.23 小时。通过实地观测可得采样点淹没状态下最大流速为 0.226m/s、最小流速为 0.025m/s、平均流速为 0.086m/s、涨潮时段平均流速为 0.156m/s、退潮时段平均流速为 0.056m/s, 本研究将此五组流速作为试验数值并将这五组流速命名为 $V1=0.226\text{m/s}$ 、 $V2=0.156\text{m/s}$ 、 $V3=0.086\text{m/s}$ 、 $V4=0.056\text{m/s}$ 、 $V5=0.025\text{m/s}$ 。

将由辽河口采样点取回的盐地碱蓬种子利用 500mg/L 的 KMnO_4 溶液进行浸泡, 30min 后选取下沉至烧杯底部的种子并用蒸馏水冲洗干净, 待阴凉风干后, 从中选取色泽为黑色的种子进行冷藏保存, 以备使用。

将挑选的种子均匀播撒在由不锈钢隔开的标准样方 ($1\text{m} \times 0.5\text{m}$) 中, 每个标准样方均匀撒播 1000 粒黑色种子后, 进行为期两天, 每天 3.23 小时的冲刷试验, 待 7 天后将幼苗及未萌发的种子挖出进行测量分

析。

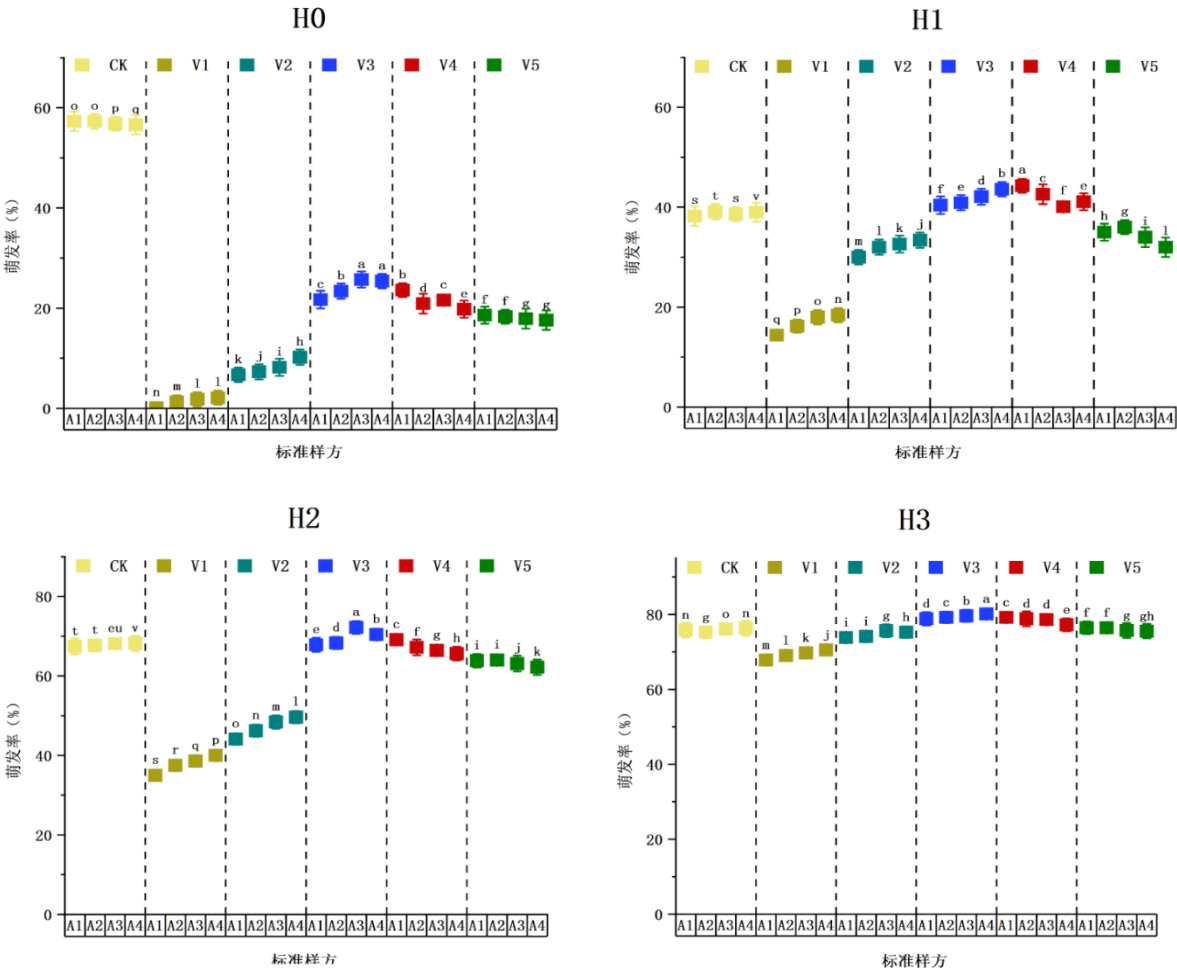
2.3 数据分析

采用 Office 软件进行数据记录、整理与统计，采用 SPSS22.0 软件进行分析，种子萌发和生长性状使用 Pearson 相关性分析；使用 Origin2021 软件进行绘图转。

3 结果与分析

3.1 流速对盐地碱蓬种子萌发率的影响

对于盐地碱蓬来说，种子能否能够萌发是直接影响到植株在恶劣环境中生存、繁殖及更新的重要因素之一^[21-22]。萌发率是测试种子发芽质量的重要指标之一。因此，为了确定不同流速条件对各级埋种深度下盐地碱蓬种子萌发率的影响，测定萌发率至关重要。不同流速条件对各级埋种深度下盐地碱蓬种子萌发率的影响情况如图 2 所示。



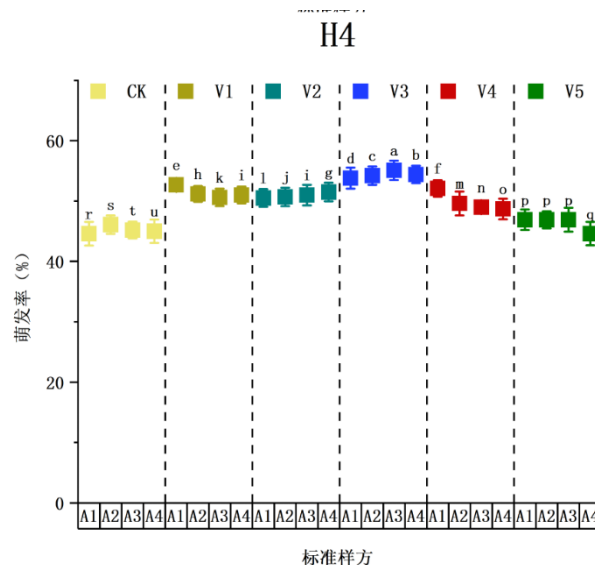


图2 不同流速对各级埋种深度种子萌发率的影响

Fig 2 Effects of different flow rates on seed germination rate at different levels of planting depth

根据图2可知,在H0深度下,盐地碱蓬种子萌发率随着流速的降低呈现先上升后下降的变化趋势,具体表现为流速由V1梯度向V2梯度变化时种子萌发率显著上升,并在V2梯度向V3、V4梯度变化时种子萌发率显著大幅提高,并达到最大萌发区间,随后当流速由V4向V5梯度变化时萌发率逐渐下降。与对照组相比,V1~V5流速梯度下的萌发率均显著低于对照组。在试验中发现,由于盐地碱蓬种子具有质量轻、密度小的特点,在径流进入冲刷水道时,极易随着径流发生流失,导致盐地碱蓬种子落种数量降低,进而导致萌发率降低。在H1深度下,盐地碱蓬种子萌发率随不同流速梯度的变化趋势与H0深度下基本相似,其中当V1流速梯度向V2流速梯度变化时,种子萌发率增长显著,与H0深度下差异性较大,这是由于土壤对种子的覆盖作用使种子的流失率降低。当流速梯度达到V3~V4梯度下时,种子萌发率达到最大萌发区间。与对照组相比,各流速梯度下的种子萌发率与静水状态下的种子萌发率差异性比H0深度下显著降低,这说明埋种深度能够极大程度的影响各流速梯度下的种子萌发率。在H2深度下,V1、V2流速梯度下的盐地碱蓬种子萌发率要显著低于V3~V5流速梯度及对照组,这说明在2~3cm的埋种深度下,0.121~0.226m/s的径流流速仍能对种子流失造成影响。在试验过程中发现,这是由于较大的径流流速和较强的水流剪切力所造成的土壤侵蚀深度较V3~V5流速梯度大,让本就依赖于土壤粗糙度落种的种子更加难以落种萌发。在H3深度下,各流速梯度下盐地碱蓬种子萌发率较其他深度显著增加,达到最大区间。各流速梯度间的种子萌发率差异性较其他深度下变低,随不同流速梯度下的种子萌发率变化趋势变缓,但其最大萌发区间仍处于V3~V4流速梯度下。与对照组相比,V1、V2、V5流速梯度下的种子萌发率要低于静水状态下的种子萌发率;但V3、V4流速梯度下的种子萌发率要高于静水状态下的种子萌发率,这说明在3~4cm的埋种深度下,适宜的流速范围反而会通过补水的方式来促进盐地碱蓬种子的萌发。在H4深度下,不同流速梯度下的盐地碱蓬种子萌发率变化趋势与H3深度下相似,但在V1向V2流速梯度变化时,种子萌发率由升高转变为降低,这是由于土壤侵蚀深度并未达到4~5cm,同时由于土层厚度的降低、入渗水量的增加,使V1流速梯度下的种子萌发率高于V2流速梯度。

根据上述分析可以发现,在H0、H1、H3深度下,当流速处于0.036~0.086m/s的范围内时,盐地碱蓬种子萌发率相对较高;在H2、H4深度下,当流速处于0.059~0.086m/s的范围内时,盐地碱蓬种子萌发率

相对较高。各深度下盐地碱蓬种子萌发率从高到低依次为 H3>H2>H4>H1>H0。

3.2 流速对盐地碱蓬幼苗生长性状的影响

3.2.1 流速对盐地碱蓬幼苗株高的影响 株高是植物观测工作中最基本的指标之一，株高可以直观地反映植株的生长速度与整齐度，同时株高的大小可以在一定程度上反映出生境土壤肥力的大小。

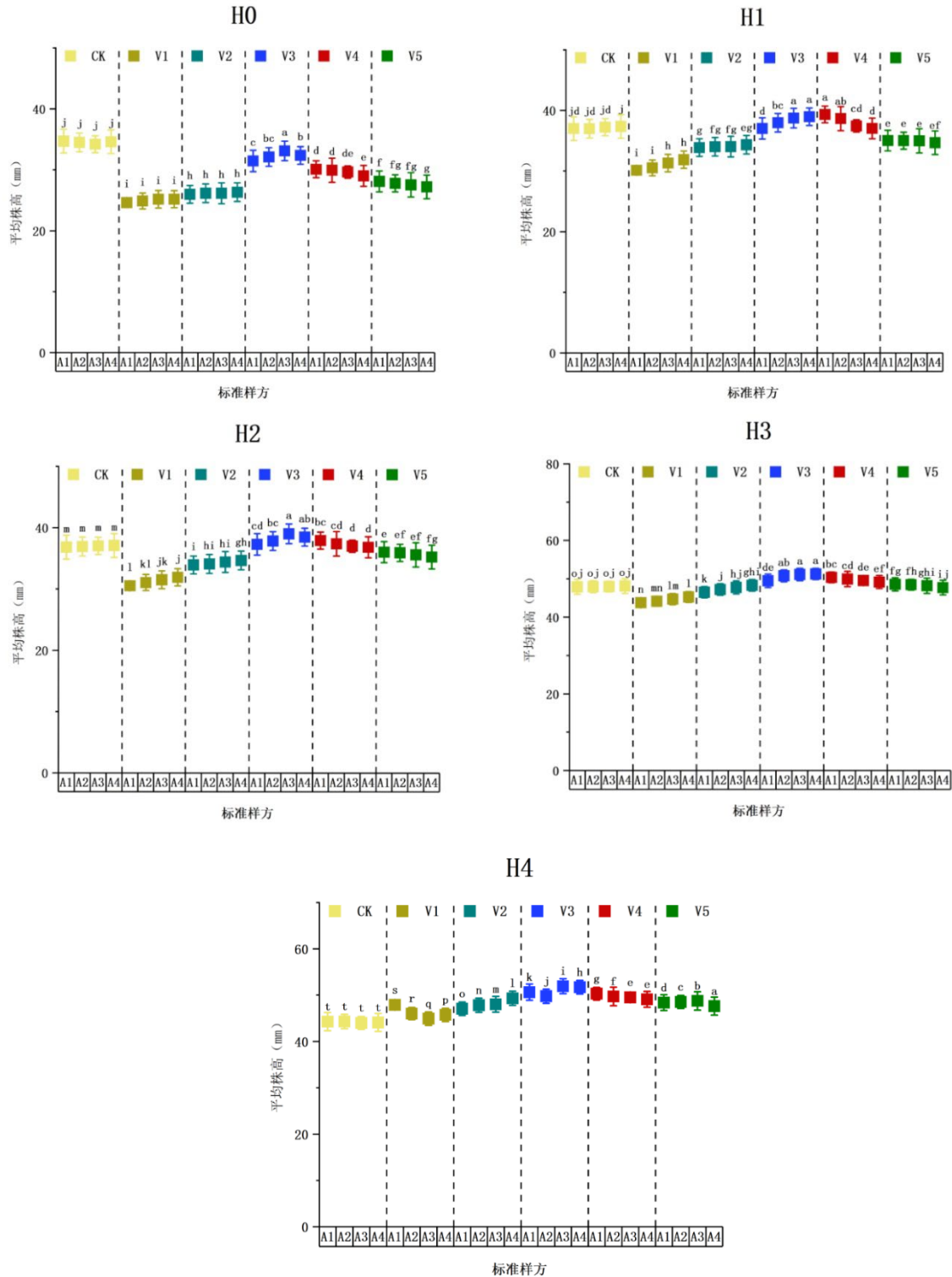


图3 不同流速对各级埋种深度幼苗株高的影响

Fig 3 Effects of different flow rates on plant height of seedlings at different levels of burial depth

根据图3可知，在H0深度下，随着流速梯度的变化，盐地碱蓬株高呈先升高后降低的变化趋势。其

中当流速梯度由 V1、V2 向 V3 变化时,盐地碱蓬株高显著增加并达到最大区间。随后在 V3 向 V4、V5 流速梯度变化时,盐地碱蓬株高逐渐降低。与对照组相比,V1~V5 流速梯度下的盐地碱蓬均显著低于静水状态下的盐地碱蓬株高,说明在 0cm 的埋种深度下,流速对盐地碱蓬幼苗生长株高起较强的抑制作用。在 H1、H2 深度下,随着流速梯度的变化,盐地碱蓬株高均呈先升高后降低的趋势,并在 V3、V4 流速梯度下达到较高区间,与 H0 深度下相似。与对照组相比,在 H1、H2 深度下 V1、V2、V5 流速梯度中的盐地碱蓬株高均低于静水状态,但 V3、V4 梯度下的盐地碱蓬株高高于静水状态,说明在 1~2cm、2~3cm 的埋种深度下,0.036~0.086m/s 范围内的径流流速对盐地碱蓬幼苗生长起一定的促进作用。分析发现,在 0.036~0.086m/s 范围内的径流流速对 1~3cm 深度的土壤具有较高的补水效率,所以促进了盐地碱蓬幼苗的生长。在 H3、H4 深度下,盐地碱蓬株高变化趋势较为平缓。其中 H3 深度下,各流速梯度间的盐地碱蓬株高差异性较低,最大株高区间在 V3、V4 流速梯度内达成,且 V3、V4 流速梯度内的盐地碱蓬株高要高于对照组;在 H4 深度下,盐地碱蓬株高变化趋势与 H3 深度相近,但在 V1 流速梯度下,A1、A2 样方内的盐地碱蓬株高高于 A3、A4 样方,在试验中发现,这是由于土壤侵蚀造成土层厚度减少,使入渗水量增加,导致其盐地碱蓬株高增加。与对照组相比,V1~V5 流速梯度下盐地碱蓬株高均高于静水状态下盐地碱蓬株高,并在 V3 流速梯度下达到最大区间。

根据上述分析可以发现,在 H0 深度下,当流速处于 0.059~0.086m/s 的范围内时,盐地碱蓬株高相对较高;在 H1、H2、H3、H4 深度下,当流速处于 0.036~0.086m/s 的范围内时,盐地碱蓬株高相对较高。各深度下盐地碱蓬种子萌发率从高到低依次为 H3>H4>H2>H1>H0。

3.2.2 流速对盐地碱蓬幼苗鲜重的影响 植物鲜重是指植物自然状态下的质量。不同流速条件对各级埋深下盐地碱蓬幼苗鲜重的影响如图 4 所示。

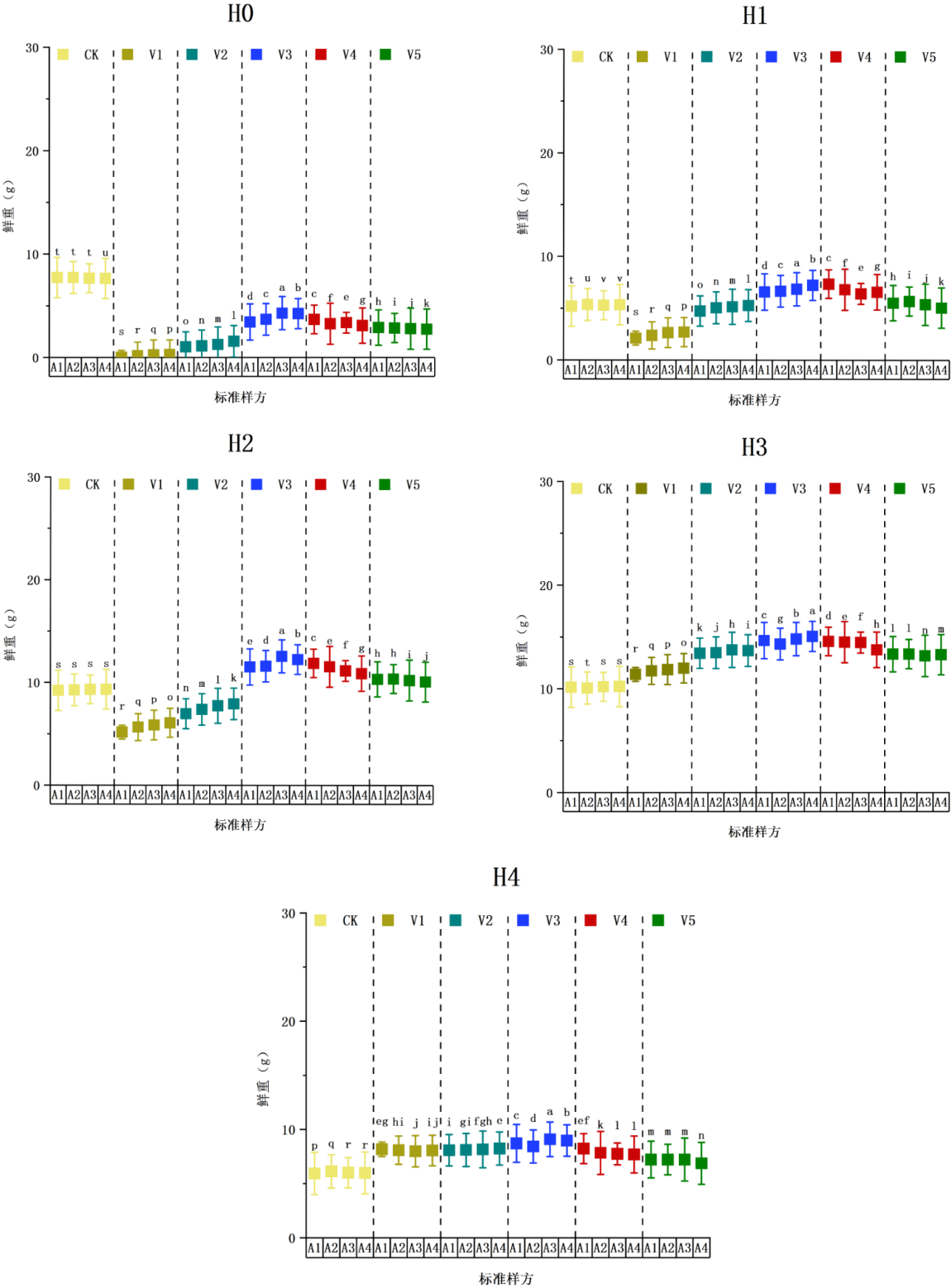


图4 不同流速对各级埋种深度幼苗鲜重的影响

Fig. 4 Effects of different flow rates on fresh weight of seedlings at different levels of burial depth

根据图4可知，各级深度下盐地碱蓬幼苗鲜重随流速的变化趋势与萌发率相似。在H0深度下，随着流速的逐渐减小，盐地碱蓬幼苗鲜重呈先上升后下降的趋势，具体表现为V1向V3流速梯度变化时，盐地碱蓬幼苗鲜重显著增加，并在V3流速梯度下达到最大区间；而后在V3向V5流速梯度变化时，盐地碱蓬幼苗鲜重随之降低。与对照组相比，V1~V5流速梯度下的盐地碱蓬幼苗鲜重均显著低于静水状态，与萌发

率特征一致。在 H1、H2 深度下，盐地碱蓬幼苗鲜重随流速的变化趋势与 H0 深度基本一致，均为先上升后下降，并在 V3 流速梯度下达到最大区间，但与对照组相比，在 H1、H2 深度下 V3、V4、V5 流速梯度下的盐地碱蓬幼苗鲜重大于静水状态。在 H3 深度下，随着流速的降低，盐地碱蓬幼苗鲜重变化趋势仍表现为先上升后下降，但各流速梯度间的差异性较 H0~H2 梯度减弱，并在 V3~V4 流速梯度下达到盐地碱蓬幼苗鲜重最大区间。分析发现，盐地碱蓬幼苗鲜重的最大区间与盐地碱蓬萌发率最大区间、土壤养分流失较小区间基本相似，说明流速在影响萌发率和土壤养分流失的同时也会进一步影响盐地碱蓬幼苗的生长性状。在 H4 深度下，各流速梯度间的盐地碱蓬幼苗鲜重变化差异性进一步降低，说明在 4~5cm 的埋种深度下，径流流速对盐地碱蓬幼苗鲜重的影响较小。通过分析发现，V3~V4 流速梯度下盐地碱蓬幼苗鲜重仍为各流速梯度下的最大区间。

通过上述分析发现，在 H0、H1、H2 深度下，当流速处于 0.059~0.086m/s 的范围内时，盐地碱蓬幼苗鲜重相对较高；在 H3、H4 深度下，当流速处于 0.036~0.086m/s 的范围内时，盐地碱蓬幼苗鲜重相对较高。各深度下盐地碱蓬幼苗鲜重从高到低依次为 $H3 > H2 > H4 > H1 > H0$ 。

4 结论

在同等流速条件下，各级埋深下的种子萌发率、平均株高、鲜重的整体变化趋势基本一致，H3 埋深条件下的种子萌发率、平均株高、鲜重高于其他四组埋深条件。在同等埋深条件下，种子萌发率、平均株高、鲜重对于流速的响应特征趋势基本保持一致，流速在 0.059~0.086m/s 的范围内各级埋深下的种子萌发率、平均株高、鲜重均可达到最大区间。