

土壤盐分调控及植物耐盐鉴定应用



鲁雪林¹, 冯薇¹, 孟然¹, 陈悦¹, 武瑞鑫², 贾银锁³, 杨扬⁴, 吴哲^{1,*}

¹河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063299

²河北省农林科学院旱作农业研究所, 河北衡水 053000

³河北理查德农业科技有限公司, 河北石家庄 050051

⁴唐山市曹妃甸区唐海镇人民政府农业综合服务中心, 河北唐山 063299

摘要: 中国盐碱地资源丰富但利用率低, 小黑麦作为抗逆性强、饲用价值高的作物具有重要开发潜力。本研究旨在通过全生育期耐盐鉴定的方法, 筛选出适合盐碱地种植的小黑麦资源, 以期为盐碱地的农业发展提供新的思路。本研究选取了 48 份小黑麦资源, 针对耕层土壤盐分分布不均的问题, 采取了少量多次滴灌的方式, 将鉴定期内耕层盐分含量控制在约 0.7%。随后对小黑麦的存活率、鲜重、干重及田间综合表现进行系统比较, 并结合当前常用的五级评价标准, 筛选出 9 份综合表现良好的小黑麦资源, 具体为 HS-006、HS-518、HS-476、HS-004、HS-520、HS-541、HS-447、HS-530 和 HS-139。这些资源不仅具有较强的耐盐能力, 还展现出丰富的生物量, 表明其在盐碱地的种植潜力。本研究旨在强调采用科学的土壤盐分调控方法对于植物资源的筛选至关重要, 小黑麦资源鉴定结果为后续的品种培育和推广提供了可靠的基础。

关键词: 耕层土壤; 盐分调控; 耐盐性; 小黑麦

DOI: [10.57237/j.jaf.2025.02.001](https://doi.org/10.57237/j.jaf.2025.02.001)

Regulation of Soil Salinity and Application of Plant Salt Tolerance Identification

Xuelin Lu¹, Wei Feng¹, Ran Meng¹, Yue Chen¹, Ruixin Wu², Yinsuo Jia³, Yang Yang⁴, Zhe Wu^{1,*}

¹Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan 063299, China

²Dry-Land Farming Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China

³Hebei Richard Agricultural Technology Co., Ltd., Shijiazhuang 050051, China

⁴Agricultural Comprehensive Service Center, Tangshan People's Government of Caofeidian, Tangshan 063299, China

Abstract: China possesses abundant resources of saline-alkali land; however, its utilization rate remains low. Triticale, known for its strong resistance to adversity and high forage value, presents significant development potential. This study aims to identify triticale resources suitable for cultivation in saline-alkali land through a method of salt-tolerance identification conducted throughout the entire growth period, thereby providing new insights for agricultural development in these regions. In this research, 48 triticale resources were selected. To address the issue of uneven soil salinity distribution within the plow layer, a strategy of minimal yet frequent drip irrigation was employed to maintain an

基金项目: 唐山市科技计划项目 (4150203C); 河北省高层次人次资助项目 (C2024085); 石家庄市市级科技计划资助 (20240019); 河北省重大科技支撑计划项目 (242N6401Z).

*通信作者: 吴哲, wuzhe26@163.com

收稿日期: 2025-04-29; 接受日期: 2025-06-18; 在线出版日期: 2025-07-04

<http://www.agrforestry.com>

approximate salinity level of 0.7% during the identification period. Under this condition, systematic comparisons were made regarding survival rates, fresh weight, dry weight, and overall growth performance of triticale resources. Using a widely adopted five-level evaluation standard, nine triticale resources with better comprehensive performance were obtained: specifically HS-006, HS-518, HS-476, HS-004, HS-520, HS-541, HS-447, HS-530 and HS-139. These selected resources not only exhibited high salt-tolerance but also demonstrated strong biomass production potential—indicating their viability for cultivation in saline-alkali land. This study underscores the critical importance of employing scientific methods for soil salinity regulation when screening plant resources. The identification results obtained from this research provide a reliable foundation for subsequent variety breeding and promotion efforts.

Keywords: Tillage Layer Soil; Salt Control; Salt Tolerance; Triticale

1 引言

中国现有盐碱地面积约 5.4 亿亩, 约占耕地总面积的三分之一。此外, 由于灌溉方法不当, 形成了超过 1 亿亩的次生盐渍化土地。尽管这些土地仍可进行种植, 但作物产量却显著降低。作为世界人口大国, 中国人均耕地面积相对较少, 因此保障粮食安全始终是国家的重要战略目标。盐碱地作为重要的后备土地资源, 其充分利用对于确保粮食安全具有深远意义[1]。为最大限度发挥和利用这部分土地资源, 耐盐碱种质资源的研究受到各国重视。近年来, 在作物耐盐碱遗传机制、品种选育、盐碱土壤改良及生产栽培措施等方面取得了显著成果, 提升了土壤生产潜力和作物单位面积产量。然而, 仅靠土壤改良已无法满足提高盐碱地产能的要求, 因此, 提高作物品种的耐盐碱性成为推动盐碱地农业发展的有效措施之一[2, 3]。如何快速准确地筛选出耐盐碱性强、农艺性状优良且高产的作物材料, 将直接影响盐碱地资源的有效利用与潜力发挥[4]。而可靠的植物耐盐碱鉴定技术, 是开展相关基础研究及选育耐盐碱品种的关键前提[5]。

小黑麦是由小麦与黑麦杂交而成的一种新兴粮饲兼用作物, 其耐盐能力优于普通小麦, 并具备一定的盐碱生态修复功能。根据用途, 小黑麦可分为饲用型、粮用型和粮饲兼用型。此外, 它还是小麦遗传改良的重要种质资源, 是将小黑麦优良性状转移至普通小麦的有效桥梁材料[6]。基于其多样化的用途, 小黑麦在全球范围内被广泛种植, 面积超过 380 万公顷, 2021 年产量接近 1500 万吨。培育和推广耐盐碱的小黑麦品种, 不仅能够充分利用盐碱地资源, 还能在冬春枯草季节提供高质量的饲料, 从而实现良好的生态效益与经济效益。目前关于小黑麦耐盐鉴定的研究相对较少。针对小黑麦进行盐胁迫

处理时, 多采用 NaCl 溶液作为处理方式[4, 6]。然而, 由于盐碱土壤中盐离子成分复杂, 因此所获得的鉴定结果是否与田间表现一致仍存在疑问[7]。从盐碱地种植角度来看, 尽管田间耐盐鉴定是评估小黑麦最合适的方法, 但其最大挑战在于土壤中盐分分布不均, 这可能导致鉴定结果出现较大误差。因此, 本研究重点从耕层土壤中的盐分调控入手, 对小黑麦全生育期进行耐盐鉴定, 这不仅对完善作物田间耐盐碱鉴定工作具有重要指导作用, 而且筛选的优异耐盐碱作物种质对进一步的盐碱地种植推广及耐盐育种具有重要意义。

2 材料与方法

2.1 研究地点及材料

本次实验于 2023~2024 年在河北省农林科学院滨海农业研究所第 11 农场基地进行。实验所用土壤为淤泥质滨海盐碱土, 其基本理化性质为耕层 (0~20 cm) 土壤盐分 0.2%~0.4%, pH 值为 7.6~7.9, 有机质含量为 1.23%, 全氮为 0.09%, 全磷为 0.07%, 速效钾为 2.15%。试验所用小黑麦资源由河北省农林科学院旱作农业研究所提供, 材料名称见结果描述部分 (表 4)。

2.2 试验设计

小黑麦种植于独立盐池中, 每个盐池的尺寸为 6 米长、4 米宽。经过平整土地后, 于 2023 年 10 月 13 日进行小黑麦播种 (见图 1)。每份材料播种三行, 每行 100 粒, 播种深度 3~5 cm。每份小黑麦重复三次, 并采取随机区组设计。在播种后, 实施淡水滴灌; 出

苗后则停止滴灌。在 2024 年返青后调控土壤盐分含量，同时调查存活株数。在整个生育期间，耕层（0~20 cm）土壤盐分控制在约 0.7%，具体措施详见土壤盐分调控部分。在乳熟期（开花后一周）刈割并评估生物量，

即鲜重和干重。刈割时，每个材料去掉行头 0.5 米，仅测定中间的生物量。此外，在四周设置一行 HS-003 号作为保护行，测产时去除该保护行。



图 1 48 份小黑麦田间全生育期耐盐鉴定试验

注：拍摄于 2024 年 4 月 26 日

2.3 耕层土壤盐分调控

小黑麦春季返青后（2024 年 4 月 7 日）开始调控耕层土壤盐分。采用地下咸水稀释后少量多次滴灌方式调控耕层土壤盐分。其中地下咸水总矿化度 26 g/L，主要成分为 NaCl、Na₂SO₄、MgSO₄、NaHCO₃、KCl、CaCl₂，摩尔比例约为 16:9:9:4:2:1。调控总体分为两个阶段，第一阶段为耕层盐碱土壤胁迫条件创制，滴灌量及咸水浓度见表 1；第二阶段为定期胁迫土壤环境维持，即定期检测耕层土壤含盐量，在盐分低于 0.5%时按少量多次原则及时补充 15~20 g/L 咸水直至耕层土壤盐分稳定在 0.7%左右。

表 1 初期盐碱胁迫溶液滴灌控制

	第一次	第二次	第三次	第四次
间隔天数	-	4	7	8
滴灌量（m ³ /亩）	15	10	8	6
溶液总浓度（g/L）	8	15	20	20

2.4 数据分析

由于本次试验的主要目的是筛选饲用耐盐小黑麦，

因此以生物量作为主要评价指标。采用 Excel 2010 软件 的描述性统计方法对各项试验数据进行分析，包括平均值、中位数、众数、最大值、最小值、变异系数等；同时计算每份材料各指标数对应的耐盐系数（包括存活率系数、鲜重系数及干重系数）。最后，根据各项指标进行排序，对 48 份小黑麦的耐盐性进行综合评价。耐盐系数计算公式如下：

$$RTI = V_{S.T} / V_{M.T}$$

式中：

RTI 为小黑麦各指标（存活率、鲜重和干重）对应的耐盐碱系数；

V_{S.T} 为参试材料胁迫处理下各指标对应的数值；

V_{M.T} 为所有材料胁迫处理下各指标对应的平均值。

3 结果分析

3.1 耕层土壤盐分变化

在返青期开始对耕层土壤盐分进行为期约 4 周的调控，最终使土壤盐分含量达到预期水平，具体结果

见表 3。自第二次滴灌后，不同土层的含水量逐渐趋于均匀；而各个土层内的盐分含量也在不断积累并升高。根据这一结果，可以预见，当盐碱土壤胁迫条件建立完成后，在后续定期胁迫的土壤环境维持阶段，深层土壤中的盐分也将持续积累，从而实现整个耕层上下部位盐分的相对稳定分布。根据表 3 的数据，如果目

标土壤盐分含量设定为 0.2%~0.3%，则需进行 2 次滴灌；若目标设定为 0.4%~0.5%，则需进行 3 次滴灌；如果目标设定为 0.6%~0.7%，则需进行 4 次滴灌。在本试验中，小黑麦耐盐鉴定所选用的胁迫浓度为 0.7%，因此选择了 4 次滴灌，以确保耕层（0~20 cm）达到预期的盐分含量。

表 2 初期土壤盐分调控结果

土层	第一次滴灌		第二次滴灌			第三次滴灌			第四次滴灌		
	SR	RWR1	RWR2	SR	RWR1	RWR2	SR	RWR1	RWR2	SR	RWR1
0-10cm	0.172	15.78	12.47	0.314	17.18	11.62	0.554	16.58	12.23	0.786	16.46
10-20cm	0.156	14.56	12.35	0.309	15.45	13.25	0.538	16.22	13.48	0.757	16.37
20-30cm	0.118	11.37	12.18	0.232	13.22	14.16	0.475	16.38	14.57	0.623	16.64
30-40cm	0.102	9.86	10.31	0.165	11.64	14.33	0.416	15.41	14.66	0.589	15.79
平均	0.137	12.89	11.83	0.255	14.37	13.34	0.496	16.15	13.74	0.689	16.32

注：表中 SR 为土壤盐分含量（%），RWR1 为滴灌后土壤相对含水量（%），RWR2 为滴灌前土壤相对含水量（%），0-40cm 为各土层土壤样本

3.2 小黑麦耐盐性表现

48 份小黑麦调查数据详见表 3 和表 4。从表 3 中可以看出，小黑麦资源的存活率在 33.7%至 80.0%之间，主要集中于 69%至 79%的区间。少数资源的存活率低于平均值 68.4%，极个别资源的存活率甚至在 60%以下。在所有样本中，有 23 份资源的存活率超过 70%。其中，HS555、HS550、HS514 等前 15 位资源的存活率均超过 72%。结合田间表现（如整齐度、分蘖情况及生长势等），HS550、HS517、HS489、HS502 和 HS516 综合表现较为优异。

小黑麦的鲜重范围为 2.48~4.96 kg，其中大部分资源的鲜重集中在 3.47~4.96 kg 之间。前 15 位资源的鲜重均超过 3.8 kg，而少部分资源的鲜重则低于 3 kg。结合田间表现，HS-006、HS476、HS520、HS447、HS139、HS550 和 HS528 等品种综合表现较为优异。

小黑麦的干重范围为 0.7~1.44 kg，前 15 位资源的干重均超过 1.12 kg，而少部分资源的干重低于 0.9 kg。结合田间表现，21-品 4、HS515、HS562 和 HS555 等品种综合表现较为优异。

表 3 48 份小黑麦数据描述性统计分析

	存活率（%）	鲜重（kg）	干重（kg）
平均值	68.40	3.54	1.05
标准误	1.29	0.07	0.02
中位数	69.22	3.47	1.03
众数	79.00	3.22	1.01
标准偏差	8.91	0.51	0.15
样本方差	79.46	0.26	0.02
峰度	4.23	0.46	0.55
偏度	-1.65	0.16	0.35
最小值	33.67	2.48	0.70
最大值	80.00	4.95	1.44

表 4 48 份小黑麦全生育期耐盐鉴定数据

资源	存活率%	CV %	鲜重 kg	CV %	干重 kg	CV %	存活系数	鲜重系数	干重系数	田间调查			耐盐等级
										重复 1	重复 2	重复 3	
HS-006	64.9	21.5	4.95	23.3	1.44	29.7	0.94	1.41	1.38	***	***	***	高耐
HS518	67.9	14.7	4.57	23.1	1.38	23.7	0.98	1.30	1.32		***	***	高耐

资源	存活率%	CV %	鲜重 kg	CV %	干重 kg	CV %	存活系数	鲜重系数	干重系数	田间调查			耐盐等级
										重复 1	重复 2	重复 3	
HS476	73.0	17.4	4.31	28.1	1.02	23.7	1.06	1.23	0.98	***	***	***	耐
HS-004	65.8	19.7	4.17	23.2	1.40	27.7	0.95	1.19	1.35				耐
HS520	68.2	8.0	4.16	28.1	1.15	25.7	0.99	1.19	1.11	***	***	***	耐
HS541	73.3	15.8	4.15	10.1	1.09	25.7	1.06	1.18	1.05	**	***		耐
HS447	77.3	12.2	4.09	21.9	1.15	24.7	1.12	1.16	1.11	***	***	***	耐
HS530	78.4	15.3	4.08	13.8	1.11	20.7	1.13	1.16	1.07		***	***	耐
HS139	64.3	18.1	4.05	21.6	1.13	22.7	0.93	1.15	1.08	***	***	***	耐
HS474	72.0	17.2	3.94	29.3	1.22	21.7	1.04	1.12	1.17				中等
HS519	63.2	25.7	3.93	26.7	1.14	24.7	0.91	1.12	1.10		***		中等
HS562	62.8	17.4	3.83	7.2	1.13	21.7	0.91	1.09	1.09				中等
HS550	79.2	9.6	3.82	21.5	1.01	27.7	1.15	1.09	0.97	***	***	***	中等
HS528	72.6	16.8	3.82	18.4	1.22	28.7	1.05	1.09	1.17	***	***	***	中等
HS555	80.0	7.7	3.81	17.0	1.12	29.7	1.16	1.09	1.07		***	***	中等
HS524	75.0	8.6	3.80	6.1	1.12	27.7	1.08	1.08	1.07	***	***		中等
HS441	68.8	15.5	3.76	20.9	1.15	23.7	0.99	1.07	1.11				中等
HS-005	56.3	19.4	3.72	25.5	1.06	28.7	0.81	1.06	1.02		***		中等
21-品 4	68.1	20.3	3.64	23.0	1.29	20.7	0.98	1.04	1.24	***	***	***	中等
HS459	70.7	22.1	3.64	14.0	1.07	29.7	1.02	1.04	1.03			***	中等
HS448	65.4	10.1	3.62	20.1	0.86	25.7	0.95	1.03	0.83				中等
HS515	66.6	24.4	3.57	28.4	1.25	20.7	0.96	1.02	1.20			**	中等
HS489	78.6	11.7	3.51	20.5	1.04	25.7	1.14	1.00	1.00	***		***	中等
HS574	59.6	26.1	3.48	9.7	1.18	23.7	0.86	0.99	1.13				敏
HS553	72.3	14.3	3.46	29.1	0.99	28.7	1.05	0.99	0.95				敏
HS483	71.8	11.4	3.44	22.3	0.98	24.7	1.04	0.98	0.95	***		***	敏
HS568	56.0	27.2	3.42	21.1	0.96	22.7	0.81	0.97	0.92			***	敏
HS517	79.0	14.2	3.40	27.5	1.06	22.7	1.14	0.97	1.02		***		敏
HS490	68.9	25.9	3.38	26.1	0.97	26.7	1.00	0.96	0.93				敏
HS516	77.1	10.5	3.38	24.1	1.01	21.7	1.11	0.96	0.97			**	敏
HS460	72.2	12.6	3.37	23.1	1.01	20.7	1.04	0.96	0.97			***	敏
HS538	73.9	15.2	3.36	17.7	1.00	23.7	1.07	0.96	0.96		***		敏
HS513	74.3	9.7	3.35	6.6	1.07	28.7	1.07	0.95	1.03				敏
HS522	65.4	13.3	3.33	27.8	1.01	26.7	0.95	0.95	0.97	*			敏
HS502	77.4	20.8	3.33	25.7	1.00	27.7	1.12	0.95	0.96				敏
HS529	68.3	15.0	3.26	16.0	0.92	29.7	0.99	0.93	0.88				敏
HS514	79.0	10.4	3.24	24.5	1.03	29.7	1.14	0.92	0.99	***			敏
HS-003	48.8	28.6	3.23	24.2	0.98	26.7	0.71	0.92	0.94	***	**	**	敏
HS453	70.1	14.1	3.22	28.3	0.99	26.7	1.01	0.92	0.95				敏
21-品 36	33.7	26.7	3.22	25.2	0.95	21.7	0.49	0.92	0.92			***	敏
HS531	67.6	17.5	3.06	11.6	0.88	21.7	0.98	0.87	0.85			***	敏
HS556	63.6	26.2	2.99	3.9	0.92	20.7	0.92	0.85	0.88			*	敏
HS458	72.2	21.6	2.89	6.0	0.97	28.7	1.04	0.82	0.93				高敏
HS542	63.0	29.9	2.83	5.6	0.81	26.7	0.91	0.81	0.78				高敏
HS454	70.1	20.3	2.80	16.0	0.88	27.7	1.01	0.80	0.84		***		高敏
HS540	47.8	10.7	2.56	11.9	0.70	24.7	0.69	0.73	0.67			***	高敏
HS475	69.1	22.1	2.48	29.6	0.78	22.7	1.00	0.71	0.75				高敏
HS535	69.3	21.9	2.48	20.0	0.80	22.7	1.00	0.71	0.77	***		***	高敏

注：表中各指标后的 CV 为相应指标的变异系数，数据排列主要以鲜重系数为主，田间调查主要关注长势、分蘖、整齐度等田间表现，***为最佳，**为中上，*表示中等。表中各指标前 15 位的数据均加粗

3.3 小黑麦耐盐性评价

根据表 4 的原始数据，将各指标转换为耐盐系数后，依据当前耐盐碱等级划分的常用方法，按照 1 或 1.5 个单位将各指标的耐盐系数等距离划分为五级[4, 5]。具体划分标准详见表 5。鉴于本次试验的主要目的是筛选饲用材料，因此以鲜重指数作为主要评价依据，根据表 5 的标准可对 48 份小黑麦材料进行耐盐等级划

分。其中，发现有 9 份材料表现出较强的耐盐性，分别为 HS-006、HS518、HS476、HS-004、HS520、HS541、HS447、HS530 和 HS139。在这 9 份材料中，HS-006 和 HS518 被评定为高耐等级，而大部分其他材料则属于中等或敏感等级。此外，从综合存活率、干重及田间表现来看，这 9 份材料均展现出了良好的耐盐和高产特性。

表 5 耐盐碱等级划分标准

	5 级（高敏）	4 级（敏）	3 级（中等）	2 级（耐）	1 级（高耐）
存活率系数	<0.85	0.85~0.95	0.95~1.05	1.05~1.15	> 1.15
鲜重系数	<0.85	0.85~1.00	1.00~1.15	1.15~1.30	> 1.30
干重系数	<0.85	0.85~1.00	1.00~1.15	1.15~1.30	> 1.30

4 讨论

准确鉴定与评价作物种质资源耐盐碱性，是开展相关基础理论研究及选育耐盐碱品种的关键基础。耐盐性是指植物对盐胁迫的适应能力和抵抗力。不同植物及同一植物不同品种的耐盐性存在差异。选择合适的耐盐指标一直是鉴定耐盐性的关键问题[8]。在不同阶段，使用不同指标可能得出不同结果。目前作物耐盐碱鉴定常用指标包括发芽率、存活率、株高、生物量、产量以及一些理化指标等。当前小黑麦耐盐碱鉴定主要集中在萌发期和苗期。例如钱娇娇等人利用 200 mmol/L 和 300 mmol/L 的 NaCl 溶液评价了 29 份小黑麦种质资源的苗期耐盐性[9]；王萌等人同样采用 0.9% 和 1.2% 的 NaCl 溶液评价了 14 份小黑麦种质资源的萌发期和苗期耐盐性[10]；李雪颖等人也采用 150 mmol/L 的 NaCl 溶液处理了 25 份小黑麦材料，并评价了萌发期的耐盐性。与上述学者不同，谢楠等人则采用土培方法对 32 份小黑麦资源的苗期和全生育期进行了耐盐性评价，但在胁迫处理中依然采用 0.3%~0.5% 的 NaCl 溶液配置土壤盐分[11]。本研究与上述研究不同，采用原土直接鉴定的方法，该方法与盐碱地实际条件相似，鉴定结果更可靠[7]。然而，土壤盐分分布不均均是田间耐盐鉴定的最大难题。由于气候因素，温度、湿度、风和降雨等直接影响土壤盐分，因此实际的土壤盐分调配需定期检测，滴灌频率和滴灌量也是动态变化的[12]。从表 4 中三个指标的变异系数（CV）来看，平均在 17.4%~25.2%，对于大田试验已达到相对稳定水平[13]。因此，本研究采用少量多次滴灌方式，有效维

持了鉴定期内土壤耕层盐分的相对稳定。

该土壤盐分调配方法能够模拟自然盐碱胁迫环境，达到一致的效果。特别是在创制土壤胁迫环境阶段，由于采用少量多次滴灌，不会破坏原有土壤结构，使得形成的耕层结构更接近自然盐碱土壤，避免了因一次性浇灌导致的板结、起皮和局部过涝等问题[12]。此外，间隔滴灌有效地将所需盐分保留在有效耕层内，防止过量浇灌使部分盐分淋溶至无效区域。在第一次少量滴灌后，随着水分蒸发，下渗的盐分会随水分上升回到有效耕层，通过多次反复滴灌和水分上下运动，最终在有效土壤中达到设定的盐分含量，这一过程与天然盐碱土壤形成相符[14]。这些因素共同确保作物耐盐鉴定结果与自然条件下的一致。

小黑麦与小麦相似，但小黑麦耐盐性更强。小麦在土壤盐分 0.3% 时能正常生长，超过此值会显著抑制其生长[15]。而本研究发现，小黑麦的株高在耕层土壤盐分为 0.5%~0.7% 时受到明显抑制。因此，在维持耕层土壤盐分稳定的阶段时，当耕层土壤盐分低于 0.5% 时应及时补充盐分。维持盐胁迫环境的相对稳定是保证耐盐鉴定结果准确的先决条件。据此，本研究综合评价了小黑麦存活率、鲜重、干重以及田间综合表现，并结合当前常用的五级评价标准[4, 5]，对 48 份小黑麦的耐盐性进行了评价，最终筛选出 9 份综合表现良好的资源，即 HS-006、HS518、HS476、HS-004、HS520、HS541、HS447、HS530 和 HS139。

5 结论

在小黑麦苗期采取少量多次滴灌创制耕层盐碱胁

胁迫条件协同全生育内耕层土壤盐分监控能有效保障鉴定期内耕层土壤盐分相对均匀,保证了鉴定结果的准确性。筛选出的9份综合表现良好的资源,即HS-006、HS518、HS476、HS-004、HS520、HS541、HS447、HS530和HS139,可为下一步的盐碱地种植推广或耐盐碱育种奠定材料基础。

参考文献

- [1] 仇玉霞. 河北省盐碱地开发利用措施与治理建议 [J]. 河北农业, 2019, 000(004): 62-64.
- [2] 赵可夫. 利用盐生植物改良盐碱地 [J]. 植物生理学报, 1997, 33(6): 501-502.
- [3] 翁森红. 耐盐植物种质资源利用价值分析 [J]. 中国种业, 2010, (11): 41-43.
- [4] 王军, 梁长东, 张灿宏, 等. 作物耐盐碱性鉴定评价方法探讨 [J]. 大麦与谷类科学, 2010, (3): 35-36.
- [5] 张永印, 寇贺, 赵福才, 等. 作物耐盐碱性鉴定评价方法 [J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2009, 11(2): 6-7.
- [6] 李雪颖. 25份小黑麦种质材料耐盐性评价与筛选 [D]: 宁夏大学, 2022.
- [7] 吴哲, 孟然, 冯薇, 等 [P]. 一种盐碱胁迫溶液和滨海盐碱胁迫土壤及其应用: 202410732615 [P] (2025-04-30).
- [8] 李俊萍, 王秀萍, 刘素娟, 等. 玉米苗期耐盐性鉴定评价方法研究 [J]. 中国农学通报, 2022, 38(18): 28-34.
- [9] 钱娇娇, 张丹婷, 王蕊, 等. 29份小黑麦种质资源苗期耐盐性评价与筛选 [J]. 江苏农业科学: 1-10.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1214.S.20241120.0930.006.html>, 2025-01-01.
- [10] 王萌, 鲁雪莉, 王菊英, 等. 小黑麦种质萌发期苗期耐盐资源评价与筛选 [J]. 草业学报, 2024, 33(5).
- [11] 谢楠, 赵海明, 李源, 等. 饲用小黑麦品种全生育期耐盐性评价 [J]. 草原与草坪, 2013, (03): 62-68.
- [12] 高宏远. 不同灌排模式下盐渍化农田土壤水盐养分分布规律及模拟分析 [D]: 内蒙古农业大学, 2023.
- [13] 张蛟, 冯芝祥, 崔世友, 等. 滩涂垦区不同盐分水平下土壤盐分动态及土壤因子变化研究 [J]. 江苏农业学报 2017, 33(4): 836-842.
- [14] 黄鹏飞, 黄艳丽, 康跃虎, 等. 滴灌条件下散水介质规格对龟裂碱土水盐运移特征的影响 [J]. 土壤通报, 2024, 55(4): 944-952.
- [15] 杨德光. 小麦耐盐种质遗传多样性分析 [D]: 中国农业科学院, 2003.