

绵羊ESR基因生物信息学分析

张小雪¹, 潘香羽¹, 李发弟^{1,2}, 王维民^{1,2}

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省肉羊繁育生物技术工程实验室, 甘肃民勤 733300)

摘要: 利用生物基因组学数据库, 对绵羊雌激素受体 (estrogen receptor, *ESR*) 基因进行生物信息学分析。结果表明, 绵羊 *ESR* 基因含有 1 个 1 413 bp 的开放阅读框, 编码 470 个氨基酸; *ESR* 蛋白分子质量为 53 393.85 D。*ESR* 基因主要位于细胞核中, 参与机体转录调控过程。

关键词: 绵羊; 雌激素受体; 生物信息学分析

中图分类号: S826; Q57 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)09-0030-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2014.09.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2014.09.011)

Biological Informatics Analysis of Sheep's *ESR* Gene

ZHANG Xiao-xue¹, PAN Xiang-yu¹, LI Fa-di^{1,2}, WANG Wei-min^{1,2}

(1. College of Animal Science Technology, Gansu Agriculture University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Engineering Laboratory of Mutton Sheep Breeding and Reproduction Biotechnology in Gansu Province, Minqin Gansu 733300, China)

Abstract: This study aimed to bioinformatics of sheep *ESR* gene. The physicochemical characteristics, structures and functions of ovine *ESR* were predicted and analyzed with software tools and database. Meanwhile, the phylogenetic tree of *ESR* and related proteins was constructed, The results shows that the ORF of *ESR* was 1 413 bp which encoded 470 amino acids. The sheep protein of *ESR* was 53 393.85 D in molecular weight. The *ESR* gene played an important role in transcription regulation in cell nucleus.

Key words: Sheep; Estrogen receptor gene; Biological Informatics

雌激素 (estrogen) 主要产生于卵泡内膜细胞、颗粒细胞和胎盘, 卵泡间质细胞和肾上腺皮质也能少量产生^[1]。能刺激雌性动物的副性腺和生殖道, 引起第二性征的发育及性周期的变化, 协同 FSH、LH 作用能使卵泡产生 FSH、LH 受体。雌激素在雌性动物各生长发育阶段都有一定的生理作用, 胚胎期能促进动物胚胎子宫和阴道的充分发育; 初情期前能抑制下丘脑 GnRH 的分泌, 促进第二性征的形成, 使骨骼软骨较早骨化而使骨骼较小、骨盆相对宽大, 皮下脂肪易沉积、皮肤软薄、乳房发育等; 妊娠期可刺激乳腺腺泡和导管系统发育, 并对分娩启动具有一定作用; 分娩期能与 OXT 协同刺激子宫平滑肌收缩, 促进分娩; 泌乳期可与催乳素协同作用促进乳腺发育和乳汁分泌。雌激素的作用通过雌激素受体 (estrogen receptor, *ESR*) 来介导, 因而 *ESR* 的生物学作用与雌激素的生物学作用是密切相关的。*ESR* 是配体激活转录因子家族中的一种核酸受体, 具有转录

调控蛋白质的功能, 影响着雌激素基因在雌性脊椎动物组织中的表达与调控^[2]。我们以生物基因组数据库调取的绵羊 *ESR* 的序列为基础, 利用生物信息学方法, 对 *ESR* 基因及其编码产物的理化性质、序列特征、蛋白质结构以及生物学功能进行预测和分析, 以期为深入研究 *ESR* 基因及其编码蛋白的基本结构和生物学功能提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 序列来源

数据资料来源于 NCBI 网站的 GenBank 数据库, 包括绵羊 (XM_004011538.1)、牛 (NM_001001443.1)、人 (NM_000125.3)、家鼠 (NM_007956.4)、挪威鼠 (NM_012689.1)、热带爪蟾 (NM_203535.1)、金仓鼠 (NM_001281325.1) 斑马鱼 (NM_152959.1)。括号内字符为 GenBank 登录号。

1.2 研究方法

绵羊 *ESR* 基因开放阅读框 (Open reading frame, ORF) 采用 NCBI 的 ORF Finder 程序分析, 参照

收稿日期: 2014-06-09

基金项目: 甘肃省重大科技专项 (1102NKDH023) 部分内容

作者简介: 张小雪 (1984—), 女, 湖北武汉人, 助教, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究工作。联系电话: (0931)7631225。

E-mail: zhangxx@gsau.edu.cn

通讯作者: 李发弟 (1963—), 男, 甘肃民勤人, 教授, 博士生导师, 主要从事绵羊遗传育种与繁殖工作。联系电话: (0931)7631225。E-mail: lifd@gsau.edu.cn

Kozak 法则^[3]; ESR 编码产物的理化性质采用 Bioedit 及 DNASTar 分析软件预测; 亚细胞定位采用 PSORT II 预测^[4]; 功能域及功能分类采用 ProtFun 预测^[5-6]; 跨膜区域的预测采用 TMHMM 程序; 多序列比对及同源性分析采用 DNAMAN 软件分析。

2 结果与分析

2.1 绵羊 ESR 基因开放阅读框分析

图 1 结果表明, 绵羊 ESR 基因序列中有一条长 1 413 bp 的 ORF, 起始密码子位于 1 bp 处, 终止密码子位于 1 413 bp 处, 推测编码 470 个氨基酸残基。

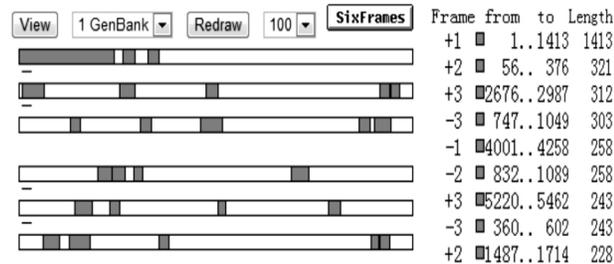


图 1 绵羊 ESR 基因序列的 ORF 分析

2.2 绵羊 ESR 编码产物的理化性质分析

蛋白质的基本性质包括相对分子质量、氨基酸组成和等电点等^[7]。用 Bioedit 及 DNASTar 分析软件对绵羊 ESR 基因编码产物的理化性质进行预测, 由 ESR 基因的氨基酸组成(图 2)可以看出, ESR 基因编码的 470 个氨基酸, 组成最多的氨基酸是 Leu(亮氨酸), 所占比例为 11.70%。其理论分子量约为 53 393.85 D。

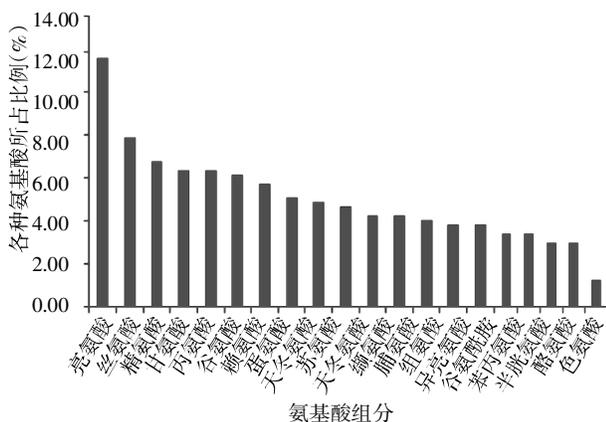


图 2 绵羊 ESR 编码产物氨基酸组成

2.3 绵羊 ESR 编码产物序列同源性分析

ESR 在很多物种中都有表达。ESR 编码产物系统发育树(图 3)证明, 绵羊和牛在系统发育树中的距离最近。从图 4 可以看出, 绵羊与牛的 ESR 氨基酸序列同源性较高, 说明它们在进化过程具有较近的亲缘关系。

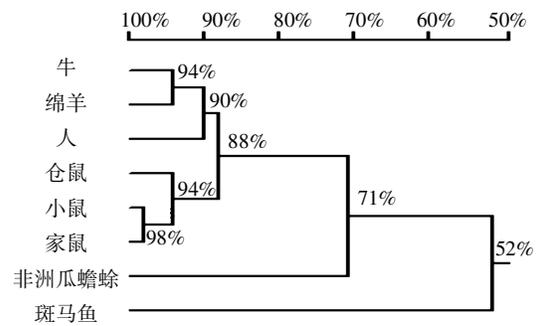


图 3 8 个物种的 ESR 基因编码产物的系统发育树

2.4 绵羊 ESR 编码产物亚细胞定位分析

从分析结果(表 1)可知, 通过工具 PSORT II 预测 ESR 编码产物的亚细胞定位, 其分布在细胞核的可能性为 73.9%, 分布在质膜的可能性为 13.0%, 分布在细胞质、囊泡的分泌系统和内质网的可能性均为 4.3%。由此可以推断, 绵羊 ESR 编码产物主要在细胞核中发挥生物学作用。

表 1 ESR 编码产物的亚细胞定位预测结果

亚细胞定位	可能性(%)
细胞核	73.9
质膜	13.0
细胞质	4.3
囊泡的分泌系统	4.3
内质网	4.3

2.5 绵羊 ESR 编码产物结构功能预测与分析

Protfun 是一款预测分析蛋白结构功能域及功能分类的分析软件。通过 Protfun 分析软件预测 ESR 编码产物的结果(表 2)可知, 该蛋白主要具有转录调控的功能, 其可能性最高(0.159), 由此推断 ESR 可能参与机体的转录调控过程。

表 2 ESR 编码产物结构功能分析

GO 功能类别	几率	GO 功能类别	几率
转录调控	0.159	离子通道	0.009
转录	0.088	金属离子转移	0.009
信号传感器	0.061	生长因子	0.007
运载体	0.025	电压门控通道	0.004
免疫应答	0.010	结构蛋白	0.004
阳离子通道	0.010	受体	0.003
胁迫应答	0.010	激素	0.001

2.6 绵羊 ESR 编码产物跨膜区域的预测与分析

由图 5 TMHMM 预测结果可知, 绵羊 ESR 编码产物为非跨膜蛋白。

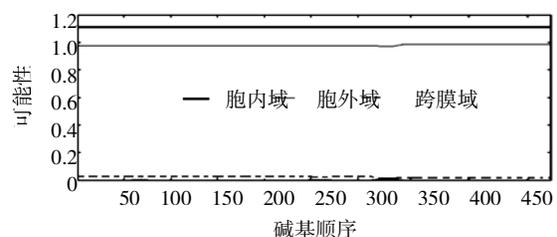


图 5 TMHMM 程序分析 ESR 编码产物的跨膜区域结果

绵羊	.....	0
牛	MTMTLHTRKASGMALLHQIQANELEFLNRPQLKIPLERFLG EVYMDSSKPAVYNYVEGAAAYFNAAA... ASAPVYQG	75
人	MTMTLHTRKASGMALLHQIQGNELEFLNRPQLKIPLERFLG EVYLDSSKPAVYNYVEGAAAYFNAAA... ANAQVYQG	75
属	MTMTLHTRKASGMALLHQIQGNELEFLNRPQLKMPERALG EVYVNSKPTVFNVEGAAAYFNAAA... ASAPVYQG	79
挪威鼠	MTMTLHTRKASGMALLHQIQGNELEFLNRPQLKMPERALG EVYVNSKPAVFNVEGAAAYFNAAA... ASAPVYQG	80
金仓鼠	MTMTLHTRKASGMALLHQIQGNELEFLSRPQLKMPERALS EVYVLDSSKPAVFNVEGAAAYFNAA... AFAPVYQG	74
热带爪蟾	.....MIFFCLEIIMLSIFVA SVFTAA... AAPVYSS	30
斑马鱼	.....MYPKEEHSAGGISSVNYLDG... AYEYF... NPTQTFGT	34
绵羊	.....MRVSKAFWKKS... LNFALDEYEFFSG... ..	26
牛	SGLFYGPGSEAA .AFGANLIGAFPPINSVSPSPVLLHPPF... QQVFPYYLENESSGYAVR... EAG	146
人	TGLFYGPGSEAA .AFGSNLIIGFPPINSVSPSPMLLHPPF... QLSPFLLPHG... .. QQVFPYYLENEPSSGYAVR... EAG	145
属	SGIAYGPGSEAA .AFANSIIGAFPPINSVSPSPMLLHPPF... QLSPFLLPHG... .. QQVFPYYLENEPSSAYAVR... DTG	149
挪威鼠	SSITFYGPGSEAA .AFGANLIGAFPPINSVSPSPMLLHPPF... HVSFLLPHG... .. HQVFPYYLENEPSSAYAVR... DTG	150
金仓鼠	TGIAYGSGSEAT .AFGSNLIIGFPPINSVSPSPMLLHPPF... QLSPFLLPHG... .. QQVFPYYLENEPSSAYAVR... DSG	145
热带爪蟾	ASLSYAASSET... EGSSTITGLHLNVPSPVFLQTE... QLSPFIIHHG... .. QQVFPYYLESECGTFVAVR... EAA	97
斑马鱼	SSPAEFASVGYYPAPDPHEHLQITIGGGSSSFLMFAFSS... QLSPLYLSHHGHHHTTFCVSYLLDSSS... TVRSSVSS	113
绵羊	.....PNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	100
牛	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	226
人	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	225
属	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	229
挪威鼠	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	230
金仓鼠	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	225
热带爪蟾	PFAYYRPNNSDNRRQGGRERLASTSDKGSMMAMESPKETRYC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	177
斑马鱼	QCAAVGLCEELCSATLRQELTYTGS .RAAGFMSLSEKTRFC... AVCDYASGYHYGVWVSCGCGRAFFFRSIQGHNDYVCPATN	192
绵羊	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... IMIKHTTK	178
牛	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... IMIKHTTK	304
人	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... LMIKRSTK	303
属	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... LMIKRSTK	307
挪威鼠	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... LVIKHTTK	308
金仓鼠	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... LVIKHTTK	303
热带爪蟾	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... SVK... SMK	252
斑马鱼	QCTIDNRRKSCQACRLRRCYEVGMMKGGIRKDRGGGRLKHKRQRDDIGGRNEAVPSSGDMRAANLWSPF... QDKRKRSSG	271
绵羊	NSEVLSLTADQMISRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	258
牛	NSEVLSLTADQMISRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	384
人	NSLALSLTADQMVSRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	383
属	NSEVLSLTADQMVSRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	387
挪威鼠	NSEVLSLTADQMVSRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	388
金仓鼠	NSEVLSLTADQMVSRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	383
热带爪蟾	LSEVLSLTAEQLISRLDAEPEIINSEYDPTFFSASMMGLLTNLADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	332
斑马鱼	VVSTLMSPEQLVILLIGAEPEAVCSRQRHSFYITITMMSLLTNMADRELVHMNNAWRVPGFVDLHLHDQVLELCAW	351
绵羊	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	338
牛	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	464
人	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	463
属	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	467
挪威鼠	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	468
金仓鼠	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	463
热带爪蟾	LELMLGVLWRSMEEPGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	412
斑马鱼	LEVLMGLWRSIHSRGKLLFAENLLDRNQCRCVEGMVEIFDMLLATSSFRMMNLQCEEFVCLKSITILLNSGVYTFIS	431
绵羊	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	418
牛	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	544
人	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	543
属	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	547
挪威鼠	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	548
金仓鼠	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	543
热带爪蟾	STLRSLEEKDHIHRVLDRIIDTILHLMARAGLTLQCCQHRRLAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	492
斑马鱼	SPVEFMDNFMVQCMLDNDTILYICISRSASLQCSFRCAQLLLLSHRHMSNKGMEHLYSMRCKNVVFDLLEEM	511
绵羊	LDAERLHAF...ANFGSAPFEDVNQSQLATTGCTSSHSLSQTYYITGEAENFFSTV... ..	470
牛	LDAERLHAF...ANFGSAPFEDVNQSQLATTGCTSSHSLSQTYYITGEAENFFSTV... ..	596
人	LDAERLHAF...TSRGGASVETDQSHLATAGTSSHSLSKYYITGEAEGFFATV... ..	595
属	LDAERLHAF...ASRMGVFPPEPSCQTALTTSSSAHSLSQTYYIPPEAEGFFNTI... ..	599
挪威鼠	LDAERLHAF...ASRMGVFPPEPSCQTALTTSSSAHSLSQTYYIPPEAEGFFNTI... ..	600
金仓鼠	LDAERLHAF...VSRMGVSPPEPSCQTALTTSSSAHSLSQTYYIPPEAEGFFNTI... ..	595
热带爪蟾	LDAERLHAF...KDK.ATACEDSRSPITTTANGASPLQFYITSTEVSLSQSTV... ..	543
斑马鱼	LDAERLHAF...KDNFPTPTSSSSSNNSPRGGAAGAIQSNAGCHSHSPD	568

图 4 8 个物种的 ESR 基因编码产物序列的同源性分析

3 小结

绵羊 ESR 基因 ORF 长度为 1413 bp, 编码 470 个氨基酸残基, Leu (亮氨酸) 所占比例最高, 为 11.7%, 其理论分子量约为 53 393.85 D。ESR 在很多物种中都有表达, 其中绵羊与牛 ESR 编码的氨基酸序列同源性较高, 在系统发育树中的距离最近。绵羊 ESR 基因主要位于细胞核中, 参与机体的转录调控过程。

参考文献:

[1] 王 锋. 动物繁殖学[M]. 北京: 中国农业大学出

版社, 2012.

[2] 狄 冉, 贾立华, 储明星, 等. 绵羊雌激素受体基因外显子 4 多态性分析[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35 (12): 89-92.

[3] 罗 轶. 鸡 FATP1 基因 cDNA 的克隆、组织表达及其生物信息学分析[D]. 四川农业大学动物科学技术学院, 2008.

[4] NAKAI K, HORTON P.PSORT: a program for detecting sorting signals in proteins and predicting their subcellular localization[J]. Trends Biochem. Sci., 1999(24): 34-36.

[5] JENSEN L J, GUPTA R, BLOM N, et al. Prediction of

NaHCO₃ 胁迫对 2 个啤酒大麦品种萌发期的影响

张华瑜, 潘永东

(甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 用不同浓度的 NaHCO₃ 胁迫 2 个啤酒大麦品种种子萌发。结果表明, 随 NaHCO₃ 浓度的增加, 2 个啤酒大麦品种发芽势减小, 发芽率下降, 根数、根长、苗长、苗重下降, 盐害指数增大, 尤其对根长的影响最突出。当 NaHCO₃ 浓度 ≥ 200 mmol/L 时, 完全抑制啤酒大麦根系生长; 浓度 ≤ 50 mmol/L 时促进甘啤 4 号的根数增加。综合各个指标, 低浓度 NaHCO₃ 胁迫下甘啤 5 号表现出较好的耐盐性。

关键词: NaHCO₃ 胁迫; 啤酒大麦; 耐盐性; 种子萌发

中图分类号: S512.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)09-0033-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.09.012

盐碱土是一种分布广泛的土壤类型, 是重要的土地资源。全球大约有 3.8 亿 hm² 土地存在不同程度的盐渍化, 约占可耕地面积的 10% [1-4], 而且, 全球的盐渍土每年以 100 万 ~ 150 万 hm² 的速度增长 [5]。我国盐碱地面积约 0.27 亿 hm², 尤其是内陆盐碱地多是盐化碱化混杂, 程度各异十分复杂, 使研究者至今仍不得不将盐碱混为一谈, 笼统地称为盐碱地 [6]。土壤盐化与碱化含义的区别是盐化以土壤盐度升高为主要特征, 碱化则以土壤 pH 升高为主要特征。在内陆盐碱地中, 由 NaHCO₃、Na₂CO₃ 等碱性盐所造成的土壤碱化问题可能比由 NaCl、Na₂SO₄ 等中性盐所造成的土壤盐化问题更加严重。许多研究发现, 中性盐胁迫与碱性盐胁迫实际是两种性质不同的胁迫, 应该将前者称为盐胁迫而将后者称为碱胁迫。大量研究以中性盐的处理为主, 很少涉及碱性盐的胁迫 [7-14], 其实盐、碱对于植物来说是 2 种不同的胁迫, 植物对其适应机制也有所不同。大麦是禾本科作物中公认的耐盐碱作物 [15-17], 我们利用不同浓度 NaHCO₃ 溶液模拟盐胁迫环境, 选择发芽势、发芽率、盐害指数、根长、苗长 5 项萌发期重要指标, 比较甘肃省主要啤酒大麦品种萌芽期的碱害情况, 旨在了解盐碱胁迫下啤酒大麦萌发期的生长状况, 为进一步开展啤酒大麦种质的耐盐碱研究和提高

盐碱地啤酒大麦生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示啤酒大麦品种甘啤 4 号、甘啤 5 号, 均由甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所提供。甘啤 4 号适应于甘肃省河西走廊、新疆及内蒙古种植, 甘啤 5 号适应于甘肃省中部、河西走廊海拔 2 000 m 以上及新疆、内蒙古同类地区种植。供试药剂为 NaHCO₃ 溶液。

1.2 试验设计

试验于 2013 年 5 月在甘肃省农业科学院西部啤酒大麦及麦芽品质检测实验室进行。试验 NaHCO₃ 溶液设 6 个浓度处理, 分别为 0 (对照)、100、200、300、400、430 mmol/L, 每啤酒大麦品种处理重复 3 次。精选种子经 7% 次氯酸钠消毒 5 min, 用蒸馏水洗净后播于直径 10 cm 并铺有滤纸的培养皿 (经过 70% 酒精消毒) 中, 分别加入不同浓度的盐溶液。置恒温恒湿培养箱进行培养, 温度 20 ℃, 湿度 75%。每天定时定量添加一定量的蒸馏水, 保持种子发芽所必需的水分。

1.3 测定指标及方法

每天观察记录发芽种子数, 种子发芽以胚芽长度达种子 (或种子直径) 长度的 1/2, 或胚根与种子 (或种子直径) 等长为标准, 以 3 个重复中有

收稿日期: 2014-05-05

基金项目: 国家大麦青稞产业技术体系 (CARS-05); 甘肃省农业科学院农业科技创新专项 (2012GAAS15-3)

作者简介: 张华瑜 (1967—), 女, 湖南安仁人, 高级实验师, 主要从事啤酒大麦育种及品质分析工作。E-mail: zhanghuayu67@163.com

通讯作者: 潘永东 (1962—), 男, 甘肃武威人, 研究员, 主要从事啤酒大麦育种及栽培试验研究工作。E-mail: panyongdong1010@163.com。

human protein function from post-translational modifications and localization features [J]. Journal of Molecular Biology, 2002, 319: 1257-1265.

[6] JENSEN L J, STRFELDT H H, BORUNAK S. Prediction of human protein function according to gene ontolo-

gy categories [J]. Bioinformatics, 2003, 19(5): 635-642.

[7] 王维民, 李发弟, 潘香羽. 绵羊 *LHB* 基因生物信息学分析 [J]. 甘肃农业科技, 2013(10): 14-16.

(本文责编: 陈 伟)