

包奇军,柳小宁,张华瑜,等. NaCl 与 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对不同基因型啤酒大麦萌发期胁迫效应的比较[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):92-95.

NaCl 与 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对不同基因型啤酒大麦萌发期胁迫效应的比较

包奇军,柳小宁,张华瑜,徐银萍,方彦杰,火克仓,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 NaCl 和 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对甘肃省农业科学院选育的 3 个基因型啤酒大麦进行萌发期耐盐性研究,以发芽势、发芽率、根长和苗长等作为指标,分析不同盐胁迫对不同基因型啤酒大麦种子萌发的影响。结果表明:NaCl 和 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对 3 个基因型啤酒大麦萌发均有抑制作用,并且随着浓度的增大,3 个不同基因型啤酒大麦的发芽率、发芽势、根长和苗长均呈下降趋势,而盐害指数呈上升趋势;但 NaCl 和 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液对不同基因型啤酒大麦的萌发胁迫存在差异,随着盐浓度的增加,NaCl 胁迫下各指标的下降幅度小于 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 胁迫,尤其是 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对根长的胁迫最突出,当 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 浓度 $> 200 \text{ mmol/L}$ 时可完全抑制啤酒大麦根的生长。综合各个指标看出,NaCl 胁迫下萌发期内甘啤 5 号的耐盐性较好,其次为甘啤 4 号、甘啤 7 号;低 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 浓度时甘啤 5 号、甘啤 7 号的耐盐性较好,在高 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 浓度时甘啤 4 号的耐盐性较好。

关键词:NaCl; $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$; 盐胁迫; 啤酒大麦; 萌发

中图分类号: S512.3⁺10.1; Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0092-03

盐碱土是一种广泛分布的土壤类型,是重要的土地资源。全球大约有 $3.8 \text{ 亿 } \text{hm}^2$ 土地存在不同程度的盐渍化,约占可耕地面积的 10%^[1-4],而且每年以 $100 \text{ 万} \sim 150 \text{ 万 } \text{hm}^2$ 的速度增长^[5]。我国的盐碱地面积约 $0.27 \text{ 亿 } \text{hm}^2$ 。盐碱地尤其是内陆盐碱地多数是盐化碱化混杂,程度各异,十分复杂,使研究者至今仍不得不将盐地、碱地笼统地称为盐碱地^[6]。土壤盐化与碱化的含义应有所区别,盐化应以土壤盐度升高为主要特征,碱化则应以土壤 pH 值升高为主要特征。在内陆盐碱地中,由 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 等碱性盐所造成的土壤碱化问题可能比由 NaCl、 Na_2SO_4 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上是 2 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。目前大量研究以中性盐处理为主,很少涉及碱性盐胁迫^[6-13],而实际上盐、碱对于植物来说是 2 种不同的胁迫,植物的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^[14],笔者利用不同浓度 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液模拟胁迫环境,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在萌芽期内在 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 胁迫下的盐碱害情况,旨在了解盐碱胁迫下啤酒大麦萌发期的生长状况,从而选育出耐盐碱性较强的大麦品种,为盐渍化土地资源的开发和利用提供有效的

耐盐碱大麦新品种,为进一步开展啤酒大麦种质耐盐碱研究、提高啤酒大麦耐盐碱生产性能提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试啤酒大麦:甘啤 4 号、甘啤 5 号、甘啤 7 号,均由甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所选育。甘啤 4 号、甘啤 7 号适于在甘肃省河西走廊、新疆及内蒙古等地种植;甘啤 5 号适于在甘肃省中部、河西走廊 2 000 m 以上海拔及新疆、内蒙古同类地区种植。

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,采用恒温恒湿培养箱进行发芽试验,温度 20°C ,湿度 75%。分别设置 NaCl 溶液的浓度为 0 (对照)、100、200、300、400 mmol/L 等 5 个水平; $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液的浓度为 0 (对照)、100 mmol/L (50 mmol/L + 50 mmol/L)、200 mmol/L (100 mmol/L + 100 mmol/L)、300 mmol/L (150 mmol/L + 150 mmol/L)、400 mmol/L (200 mmol/L + 200 mmol/L) 等 5 个水平,每个基因型处理重复 3 次。将精选种子用 7% 次氯酸钠消毒 5 min 后,用蒸馏水洗净后播于直径 10 cm 并铺有滤纸的培养皿(经 70% 乙醇消毒)中,分别用不同浓度碱溶液培养,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。每天观察记录发芽种子数,种子发芽以胚芽长度达到种子长度(或种子直径)的一半或者胚根与种子(或种子直径)等长为标准,以 3 个重复中有 1 粒种子萌发的日期作为该处理的发芽始期,连续 3 d 不再种子发芽时为发芽结束期。分别于开始萌发后第 4、第 7 天统计种子的发芽势、发芽率,并在发芽试验结束后计算发芽率、发芽指数、相对盐害率等指标。每处理各取 5 粒萌发的种

收稿日期:2014-01-02

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

作者简介:包奇军(1978—),男,甘肃武山人,硕士,副研究员,主要从事啤酒大麦育种及栽培技术研究。E-mail:baogqjun78@163.com。
通信作者:潘永东,研究员,主要从事啤酒大麦育种及栽培技术研究。
E-mail:panyongdong1010@163.com。

子,测定幼苗胚根、胚芽长度,分别计算。

1.3 测定指标及方法

发芽势 = 规定日数内发芽的种子粒数/供试种子数 × 100%;发芽率 = 发芽终期全部正常发芽的种子粒数/供试种子数 × 100%;处理第 7 天测量各基因型啤酒大麦的苗长、主根长度,每处理选取 10 株长势均匀的植株进行测量;盐碱害指数 = (对照发芽率 - 处理发芽率)/对照发芽率 × 100%。

1.4 数据处理

应用 DPS 7.05 统计软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同盐碱胁迫对不同基因型啤酒大麦发芽势的影响

从表 1 可以看出,随着 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度的增大,3 个不同基因型啤酒大麦的发芽势均呈下降趋势,但不同盐胁迫下不同基因型啤酒大麦的发芽势影响存在差异:在低浓度 NaCl 胁迫下,甘啤 4 号、甘啤 5 号的发芽势下降差异不显著,甘啤 7 号下降差异显著($P < 0.05$);而在 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫下,甘啤 4 号、甘啤 5 号、甘啤 7 号发芽势下降差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 100 ~ 200 mmol/L 之间时,随着浓度增大,甘啤 4 号发芽势下降,但差异不显著,甘啤 5 号和甘啤 7 号发芽势下降,且差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 200 ~ 300 mmol/L 之间时,随着浓度增大,三者发芽势下降且差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 300 ~ 400 mmol/L 之间时,随着 NaCl 浓度增大,三者的发芽势均下降且差异极显著($P < 0.01$),随 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度增大,三者发芽势均下降,但甘啤 4 号差异不显著,甘啤 5 号差异极显著($P < 0.01$),甘啤 7 号差异显著($P < 0.05$)。从总体趋势看出,随着盐浓度增大,各基因型啤酒大麦发芽势下降,但下降幅度不同,说明不同盐胁迫对不同基因型啤酒大麦品种种子发芽势的影响存在明显差异,且 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 对啤酒大麦发芽势的抑制效果明显高于 NaCl。

表 1 不同盐碱胁迫对 3 个不同基因型啤酒大麦发芽势的影响

处理	浓度 (mmol/L)	发芽势(%)		
		甘啤 4 号	甘啤 5 号	甘啤 7 号
NaCl	0	92aA	90aA	85aA
	100	86aA	87aA	74bA
	200	82aA	69bB	59cB
	300	36bB	51cC	20dC
	400	20cC	5dD	0eD
NaHCO ₃ + Na ₂ CO ₃	0	92aA	90aA	85aA
	100	54bB	67bB	61bB
	200	45bB	44cC	41cC
	300	21cC	20dD	16dD
	400	13cC	1eEe	2eD

注:同类处理后不同浓度处理间不同大写、小写字母分别表示差异极显著($P < 0.01$)、显著($P < 0.05$)。表 2 至表 4 同。

2.2 不同盐碱胁迫对不同基因型啤酒大麦发芽率的影响

从表 2 可以看出,随 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度的增大,3 个不同基因型啤酒大麦的发芽率均呈下降趋势,但不同盐胁迫下不同基因型啤酒大麦的发芽率存在差异:低浓度的

NaCl 胁迫下,甘啤 4 号、甘啤 5 号发芽率下降差异不显著,甘啤 7 号下降差异显著($P < 0.05$);而在 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫下 3 个基因型啤酒大麦发芽率下降且差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 浓度在 100 ~ 200 mmol/L 之间时,随着 NaCl 浓度增加,甘啤 4 号发芽率下降,但差异不显著,甘啤 5 号和甘啤 7 号发芽率下降,甘啤 5 号差异极显著($P < 0.01$),甘啤 7 号差异显著($P < 0.05$);当 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 100 ~ 200 mmol/L 之间时,随着浓度增加,3 个基因型啤酒大麦发芽率下降且差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 200 ~ 300 mmol/L 之间时,随着浓度增加,3 个基因型啤酒大麦发芽率下降且差异极显著($P < 0.01$);当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度在 300 ~ 400 mmol/L 之间时,随着 NaCl 浓度增加,甘啤 4 号发芽率下降但差异不显著,甘啤 5 号、甘啤 7 号发芽率均下降且差异极显著($P < 0.01$),随着 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度增加,甘啤 4 号、甘啤 5 号的发芽率下降且差异极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$),甘啤 7 号下降但差异不显著。可以看出,随着盐浓度增加,各基因型啤酒大麦发芽率呈下降趋势,且下降幅度不同,说明不同盐胁迫对不同基因型品种啤酒大麦种子发芽率的影响差异明显,且 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 对啤酒大麦发芽率的抑制明显高于 NaCl,品种之间的总体发芽率表现为:NaCl 胁迫下表现为甘啤 5 号 > 甘啤 4 号 > 甘啤 7 号(除 300 mmol/L 处理),NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫中低浓度处理下的发芽率表现为甘啤 5 号 ≥ 甘啤 4 号 ≥ 甘啤 7 号(除 100 mmol/L 处理),高浓度时的发芽率表现为甘啤 4 号 > 甘啤 5 号 > 甘啤 7 号。

表 2 不同盐碱胁迫对 3 个不同基因型啤酒大麦发芽率的影响

处理	浓度 (mmol/L)	发芽率(%)		
		甘啤 4 号	甘啤 5 号	甘啤 7 号
NaCl	0	99aA	99aA	97aA
	100	96abA	98aA	83bB
	200	91bA	81bB	74cB
	300	42cB	59cC	55dC
	400	35cB	46dD	28eD
NaHCO ₃ + Na ₂ CO ₃	0	99aA	99aA	97aA
	100	65bB	74bB	71bB
	200	45cC	48cC	45cC
	300	24dD	23dD	19dD
	400	13eD	3eE	3dD

2.3 不同盐碱胁迫对不同基因型啤酒大麦盐害指数的影响

从表 3 可以看出,随着 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度的增加,3 个基因型啤酒大麦在不同盐胁迫下的盐害指数增大,但不同盐胁迫下不同基因型啤酒大麦的盐害指数存在差异:甘啤 4 号在 NaCl 浓度小于 200 mmol/L 时盐害指数较小,但随盐浓度增加盐害指数增大,差异不显著,随后随着盐浓度提高盐胁迫增大,盐害指数急剧升高;甘啤 5 号在 NaCl 浓度小于 100 mmol/L 时盐害指数较小,随后随着盐浓度提高盐胁迫增大,盐害指数急剧升高,且各处理间差异显著($P < 0.05$);各处理间甘啤 7 号的盐害指数均大于同一处理间甘啤 4 号、甘啤 5 号,并随着盐浓度提高及盐胁迫的增大,盐害指数急剧升高;当 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度小于 300 mmol/L 时,甘啤 4 号的盐害指数大于甘啤 5 号、甘啤 7 号;当 NaHCO₃ + Na₂CO₃

浓度大于等于 300 mmol/L 时,甘啤 4 号的盐害指数小于甘啤 5 号、甘啤 7 号。整体上看,在相同浓度NaHCO₃ + Na₂CO₃胁迫下,3 个基因型啤酒大麦的盐害程度明显大于 NaCl 胁迫,且甘啤 7 号的盐害程度均较严重。

表 3 不同盐碱胁迫对 3 个不同基因型啤酒大麦盐害指数的影响				
处理	浓度 (mmol/L)	盐害指数(%)		
		甘啤 4 号	甘啤 5 号	甘啤 7 号
NaCl	100	3.36cC	0.67eD	14.39dD
	200	8.71cC	17.59dC	23.94dD
	300	57.71bB	39.88cB	43.69cC
	400	64.45bB	53.41bA	71.28bB
NaHCO ₃ + Na ₂ CO ₃	100	34.94cC	25.02dD	27.42dC
	200	55.05bB	51.36cC	53.22cB
	300	75.78aA	76.37bB	80.83bA
	400	87.24aA	97.29aA	97.28aA

2.4 不同盐碱胁迫对不同基因型啤酒大麦苗长、根长的影响

从表 4 可看出,不同盐胁迫对啤酒大麦苗长、根长的影响表现为,随 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度的增加,3 个啤酒大麦品种在萌发期的根长和苗长度均呈下降趋势,但不同盐胁迫下不同基因型啤酒大麦的苗长和根长存在差异。

由表 4 还可以看出,在 NaCl 胁迫下,3 个基因型啤酒大麦的苗长和根长随浓度增加而下降,而苗长下降幅度大于根长,与对照相比,甘啤 5 号、甘啤 7 号各处理均达极显著差异

($P < 0.01$),甘啤 4 号的苗长在各处理胁迫下与对照间达到了极显著差异($P < 0.01$),而根长在低浓度盐胁迫下与对照的差异不显著,当 NaCl 浓度 ≥ 200 mmol/L,根长与对照的差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

在 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫下,3 个啤酒大麦的苗长及根长随盐浓度升高急剧下降,尤其是根长下降更为明显,各处理与对照差异均达极显著水平($P < 0.01$),甘啤 4 号苗长在处理之间差异均达极显著水平($P < 0.01$),300、400 mmol/L NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度之间的甘啤 5 号苗长差异不显著,甘啤 7 号苗长在 200 与 300 mmol/L、300 与 400 mmol/L 浓度之间差异不显著;当 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度 ≥ 200 mmol/L 时,盐胁迫完全抑制啤酒大麦根生长,当 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度 < 200 mmol/L 时,盐胁迫对 3 个不同基因型啤酒大麦根生长的影响表现为:甘啤 7 号 $>$ 甘啤 5 号 $>$ 甘啤 4 号(表 4)。

当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 溶液浓度 ≤ 100 mmol/L 时,在 NaCl 胁迫下的啤酒大麦苗长明显大于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫;当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 溶液浓度 ≥ 200 mmol/L 时,NaCl 胁迫下甘啤 4 号、甘啤 7 号的苗长明显小于或相当于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫;当 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 溶液浓度 ≥ 200 mmol/L 时,NaCl 胁迫下甘啤 5 号的苗长明显小于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫;NaCl 胁迫下啤酒大麦根长明显大于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫(表 4)。

表 4 不同盐碱胁迫对 3 个不同基因型啤酒大麦苗长、根长的影响

处理	浓度 (mmol/L)	苗长(cm)			根长(cm)		
		甘啤 4 号	甘啤 5 号	甘啤 7 号	甘啤 4 号	甘啤 5 号	甘啤 7 号
NaCl	0	8.10aAa	8.47aA	9.37aA	8.00aA	8.93aA	8.97aA
	100	7.23bB	6.71bB	6.67bB	7.27aA	6.77bB	7.11bB
	200	3.40cC	3.80cC	3.30cC	4.71bB	5.43cC	4.13cC
	300	2.77dD	2.60dD	0.97dD	2.93cBC	2.93dC	1.73dD
	400	0.91eE	0.45eE	0.45dD	1.23cC	1.16eD	0.85eD
NaHCO ₃ + Na ₂ CO ₃	0	8.10aA	8.47aA	9.37aA	8.00	8.93	8.97
	100	6.82bB	5.93bB	4.95bB	2.18	3.04	2.57
	200	3.63cC	3.52cC	3.62cBC	0	0	0
	300	2.73dD	1.43dD	2.61cdCD	0	0	0
	400	1.86cE	0.90dD	1.53dD	0	0	0

3 结论与讨论

大多数研究认为,盐碱胁迫对种子萌发有显著的抑制作用,即盐碱胁迫抑制了种子的正常萌发,这是因为高浓度盐碱胁迫破坏了细胞质膜的完整性,导致细胞膜选择透过性下降甚至丧失,而且盐碱溶液中盐分过多,使水势降低,种子吸水困难,细胞水分亏缺,影响根和芽的生长^[15]。

在植物生长的整个生育期中,种子萌发期是对盐碱胁迫响应比较敏感的阶段,因此本研究用不同盐溶液对啤酒大麦萌发期进行胁迫比较,研究表明:随 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 溶液浓度的增大,3 个不同基因型啤酒大麦的发芽率、发芽势、根长和苗长均呈下降趋势,而盐害指数呈上升趋势,但不同盐胁迫下不同基因型啤酒大麦的发芽率、发芽势、根长和苗长均存在差异,表明 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 对 3 个基因型啤酒大麦的萌发有抑制作用,但不同基因型啤酒大麦之间存在差异。在低 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫下,种子萌发伤害程度较轻,随着 NaCl 和 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度增

加,胁迫程度逐渐加重,并且 NaCl 胁迫对 3 个基因型啤酒大麦萌发的抑制明显小于 NaHCO₃ + Na₂CO₃,尤其是 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 对根长的胁迫最突出,当 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度 > 200 mmol/L 时可以完全抑制啤酒大麦根的生长。

在不同盐胁迫下,同一鉴定指标对于不同啤酒大麦品种或者同一品种的不同指标都存在差异,说明不同基因型对同种盐的耐性不同,并且同一基因型对不同盐胁迫的耐性也各不相同。NaCl 胁迫下随着盐浓度增大各指标下降幅度小于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫下,说明啤酒大麦种子萌发期忍受 NaCl 胁迫的能力大于 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 胁迫,这与王佳佳等对玉米研究的观点^[16-17]相一致,说明啤酒大麦对不同盐碱胁迫的生理适应能力不同。综合各个指标看出,NaCl 胁迫下萌发期甘啤 5 号耐盐性好,其次为甘啤 4 号、甘啤 7 号;低 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度胁迫下萌发期甘啤 5 号、甘啤 7 号耐盐性较好,在高 NaHCO₃ + Na₂CO₃ 浓度时甘啤 4 号的耐盐性较好。

选育高产优质耐盐碱啤酒大麦,对于扩大盐碱地啤酒大麦种植面积、提高啤酒大麦产量具有重要意义。本试验仅为

徐 敏,高 苹,徐经纬,等. 江苏省玉米气候资源的变化特征与未来气候情景预估[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):95-100.

江苏省玉米气候资源的变化特征与未来气候情景预估

徐 敏¹,高 苹¹,徐经纬²,于庚康¹,张力文¹,王雪燕¹

(1. 江苏省气象局,江苏南京 210008; 2. 南京信息工程大学大气科学学院,江苏南京 210044)

摘要:利用江苏省淮北地区 20 个气象台站 1961—2012 年的气象观测资料,统计分析夏玉米生育期内光、温、水等气候资源的变化特征;利用区域气候模式 RegCM4 在代表性浓度路径(representative concentration pathways,RCP)为 4.5、8.5 排放情景下的预估数据,对淮北地区未来近 20 年的农业气候资源进行了预估。结果表明:近 52 年内, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温在各年间均在 $2\ 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温在各年间均在 $2\ 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,且热量资源充足,在 20 世纪 90 年代存在显著上升趋势;日照时数、太阳总辐射都存在显著下降趋势,线性倾向率分别达到了 -4.8 h/年 、 $-7.5\text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$,2000 年之后明显低于气候平均值;降水量呈现“明显下降—平稳波动—快速上升”的特征;2014—2030 年,2 种气候情景下,光、温、水资源的年际波动都比较大;活动积温(个别年份除外)为正距平,总体呈现增加趋势;太阳净辐射基本上也都为正距平;水分盈亏基本上以正距平为主。研究结果可为政府部门和农户充分利用当地农业气候资源、调整种植结构、应对气候变化提供参考。

关键词:江苏省;气候变化;农业气候资源;夏玉米;情景预估

中图分类号: S162.5⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0095-06

全球气候变化对陆地生态系统、粮食安全等产生了重大影响,尤其是随着人口的不断增加,气候变化对全球粮食安全的威胁已成为 21 世纪人类必须面对的重大挑战^[1]。根据政府间气候变化专门委员会(intergovernmental panel on climate

change,IPCC)第 4 次评估报告,全球平均温度在过去 100 年上升了 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$,20 世纪 50 年代以来的变暖趋势尤为明显^[2]。近 50 年,江苏年平均气温升高了 $1.38\text{ }^{\circ}\text{C}$,并且极端天气气候事件趋多增强,降水区域性变化特征显著^[3]。

农业气候资源是农业自然资源的重要组成部分,是农业生产的基本环境条件和物质能源,在农业生产中起着主导作用,直接影响农业生产过程,并在一定程度上决定了一个地区农业生产结构和布局、作物种类和品种、种植方式、栽培管理措施和耕作制度等,最终影响农业产量的高低和农产品质量的优劣^[4]。气候变化对农业生产的影响程度和范围以及应

收稿日期:2013-12-24

基金项目:中国气象局气候变化专项(编号:CCSF201318);国家自然科学基金(编号:41005057)。

作者简介:徐 敏(1984—),女,江苏南京人,硕士,工程师,主要从事农业气候资源变化的研究。Tel:(025)83287133;E-mail:amin0506@163.com。

萌发期结果,在实际生产中,要因地制宜,根据土壤的盐渍化类型和程度对不同啤酒大麦进行整个生育期综合鉴定,才能全面评价啤酒大麦的耐盐碱性和在盐碱地上的适应程度。

参考文献:

- [1] 王星玉. 中国黍稷[M]. 北京:中国农业出版社,1996:52-60.
- [2] 阮成江,谢庆良. 盐胁迫下沙棘的渗透调节效应[J]. 植物资源与环境学报,2002,11(2):45-47.
- [3] Boyer J S. Plant productivity and environment[J]. Science,1982,218:443-448.
- [4] Zhu J K. Plant salt tolerance[J]. Trends in Plant Science,2001,6(2):66-71.
- [5] Szabolcs I. Salt-affected soils[M]. Boca Raton,Florida:CRC Press Inc,1989.
- [6] 颜 宏,石德成,尹尚军,等. 盐、碱胁迫对羊草体内 N 及几种有机代谢产物积累的影响[J]. 东北师大学报:自然科学版,2000,32(3):47-52.
- [7] Shi D C, Yin S J, Yang G H, et al. Citric acid accumulation in an alkali-tolerant plant *Puccinellia tenuiflora* under alkaline stress[J]. Acta Botanica Sinica,2002,44(5):537-540.
- [8] 盛彦敏,石德成,肖洪兴,等. 不同程度中碱性复合盐对向日葵生

- 长的影响[J]. 东北师大学报:自然科学版,1999,31(4):65-69.
- [9] Yan H, Zhao W, Jiao X Q, et al. Analysis of organic acids accumulated in *Kochia scoparia* shoots and roots by reverse-phase high performance liquid chromatography under salt and alkali stress[J]. Chemical Research in Chinese Universities,2006,22(3):315-318.
- [10] 颜 宏,赵 伟,盛彦敏,等. 碱胁迫对羊草和向日葵的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(8):1497-1501.
- [11] 尹尚军,石德成,颜 宏. 碱胁迫下星星草的主要胁迫反应[J]. 草业学报,2003,12(4):51-57.
- [12] 颜 宏,石德成,尹尚军,等. 外施 Ca^{2+} 、ABA 及 H_3PO_4 对盐碱胁迫的缓解效应[J]. 应用生态学报,2000,11(6):889-892.
- [13] 尹尚军,石德成,颜 宏. Na_2CO_3 胁迫下星星草胁迫反应与时间及胁强的关系[J]. 草业学报,1999,8(4):46-50.
- [14] 卢良恕. 中国大麦科学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:2-10.
- [15] 柳小宁,包奇军,张华瑜,等. 三种基因型啤酒大麦种子萌发期耐盐性的研究[J]. 作物杂志,2013(6):137-140.
- [16] 王佳佳,谷思玉. NaCl 与 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对玉米萌发期胁迫效应的比较[J]. 作物杂志,2012(2):138-141.
- [17] 王 宁,曹敏建,王 君,等. NaCl 和 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对玉米种子萌发及幼苗生长的影响差异研究[J]. 作物杂志,2009(4):52-56.