



胡琼娟,郑明. 新疆棉田“干播湿出”的土壤生境指标与棉花出苗率的相关性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2023(10):6-12.

# 新疆棉田“干播湿出”的土壤生境指标与棉花出苗率的相关性研究

胡琼娟<sup>1</sup>, 郑 明<sup>2</sup>

(1. 新疆职业大学, 新疆 乌鲁木齐 830013; 2. 新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049)

**摘要:**为探究“干播湿出”条件下棉花出苗与土壤生境之间的关系,调查了新疆沙雅县 34 个“干播湿出”棉田土壤水热气与出苗数据,运用偏相关方法分析了出苗率与土壤积温、土壤含水率、电导率及土壤板结度之间的相关关系,明确各因素对出苗率的影响程度,建立了基于土壤积温、土壤含水率与土壤板结度下的棉花出苗率综合预测模型。结果表明,土壤生境与出苗率的相关关系为土壤含水率<土壤板结度<土壤电导率<土壤积温<昼夜最大温差。土壤板结度、土壤电导率、土壤积温与出苗呈现线性关系,含水率与出苗率呈现二次函数关系,其中出苗期土壤含水率为 19.03% 时出苗率最高。建立两种出苗率与土壤板结度、土壤积温及含水率的多元非线性模型,优选其中一种模型预测棉花出苗,土壤积温对出苗率敏感性最大,土壤含水率与土壤板结度敏感性次之。单因素与综合因素出苗率预测模型的精度均符合模拟精度要求,但综合因素的多元非线性模型模拟精度优于其他 3 个单因素模型。综上,可以使用建立的多元非线性模型指导新疆“干播湿出”棉田的实际生产。

**关键词:**新疆;棉花;土壤积温;含水率;土壤板结度;“干播湿出”

新疆已经成为我国最重要的棉花生产省, 2019 年棉花种植面积为 249.9 万  $\text{hm}^2$ , 皮棉总产

量为 500 万 t 左右,全国占比在 80% 以上<sup>[1]</sup>。然而,由于新疆地处干旱内陆区,气候干燥,降雨量少,蒸发量大,区域水资源短缺,致使农田传统的冬春大水灌溉模式难以为继。要实现新疆棉花生产的可持续发展,必须寻求新型的高效节水生产方式<sup>[2]</sup>。近年来,棉花“干播湿出”技术是一种减免冬春灌,播后灌溉少量出苗水的种植技术,相比常规冬春灌种植技术作物具有较高出苗率,同

收稿日期:2023-04-19

**基金项目:**新疆维吾尔自治区重大专项“棉田高效节水技术及产品开发集成与应用”(2020A01002-1);新疆科研院所基金项目“地下加气滴灌对黏壤土干播湿出棉田出苗与促生效应研究”(KY2023109)。

**第一作者:**胡琼娟(1983—),女,硕士,高级讲师,从事节水灌溉技术研究。E-mail:xjhuqiongjuan@126.com。

## Effects of Low Temperature and Chilling Injury on Germination and $\alpha$ -Amylase Activity of Different Maize Seeds

XU Ting<sup>1</sup>, WANG Junqiang<sup>1</sup>, HAN Yehui<sup>1</sup>, ZHOU Chao<sup>1</sup>, QU Zhongcheng<sup>1</sup>, GAO Pan<sup>1</sup>, DING Xinying<sup>2</sup>

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China; 2. Branch of Animal Husbandry and Veterinary, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161005, China)

**Abstract:** In the spring sowing of maize in Northeast China, the temperature fluctuates greatly in early spring, and there is often a phenomenon of "abnormal coldness after spring comes", low temperature and cold damage occur frequently. In response to the frequent occurrence of low temperature and cold damage in the spring sowing of maize in Northeast China, which leads to a reduction in maize yield, maize hybrids planted in different accumulated temperature zones in Heilongjiang were selected as the test materials, with 25  $^{\circ}\text{C}$  as the control and 15  $^{\circ}\text{C}$  and 8  $^{\circ}\text{C}$  as the low temperature stress, study on the germination characteristics of different maize varieties seeds affected by low temperature and cold damage the effect of  $\alpha$ -amylase activity. The results showed that low temperature chilling injury significantly affected the germination rate, germination potential, germination index, vitality index, and  $\alpha$ -amylase activity, manifested as 25  $^{\circ}\text{C}$  > 15  $^{\circ}\text{C}$  > 8  $^{\circ}\text{C}$ . There were significant differences in low temperature resistance among different maize varieties, among which Fuyu 208, Zhongbang 9 and Hudan 1779 were greatly affected by temperature, Qihe 401, Jingnongke 728, Nendan 19, Fuer 116 and Nendan 35 had better low temperature resistance.

**Keywords:** maize; low temperature; seed germination;  $\alpha$ -amylase activity

时在节水、水分利用效率以及综合效益方面具有明显优势。因此结合新疆普遍采用成熟的棉花膜下滴灌技术基础,棉花“干播湿出”技术具有较高的推广价值<sup>[3]</sup>。

目前,针对“干播湿出”棉田的研究较多,在淋洗土壤盐分方面,“干播湿出”较常规灌溉模式可以节约  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的水量<sup>[4]</sup>。但也存在灌水量较少会使耕作层土壤出现明显积盐<sup>[5]</sup>,水量过大时会造成地表覆土板结等现象<sup>[6]</sup>。在地温方面,“干播湿出”相比常规冬春灌技术模式可以有效提升与平抑地表土壤温度,使底层土壤温度峰值滞后于地表土壤温度,地表土壤降温速度高于底层土壤<sup>[7]</sup>,促进棉花快速生芽<sup>[8]</sup>。在生长与产量方面,“干播湿出”处理棉花较冬灌处理棉花花蕾期前干物质累积量和积累速度更快<sup>[9]</sup>。然而,“干播湿出”的技术效果同时受播种时的土壤温度、电导率、含水量和盐分值等因素的共同影响<sup>[10]</sup>,目前的相关研究缺乏区域代表性,不能反映实际大田中主控棉花出苗的因素,且这些因素间对出苗是否有交互作用尚不清楚。

“干播湿出”技术已在北疆地区大面积应用,但在南疆地区仍需进一步研究,南疆地区冬季无积雪,采用“干播湿出”后,存在播前土壤墒情差,整地后土壤蓬松,播种质量差,种穴与膜孔错位率高等问题。该模式对滴水量要求较严,滴水过多则土壤容易板结,滴水过少种穴盐分难以消减,因此严重影响了其大面积推广与应用。

因此,本研究选取南疆地区沙雅县 34 块干播湿出棉田,监测该技术下棉花苗期播种出苗阶段的土壤积温(热)、温差(热)、含水率(水)、电导率(盐)、板结度(气)与出苗率等数据。运用偏相关方法分析各因素与出苗的相关关系,优选出与出苗率极显著的相关因素,构建基于土壤指标的多因素出苗预测模型,旨在分析出苗率与土壤微环境因素相关关系,明确棉花“干播湿出”出苗率的主控因素,为新疆地区棉田“干播湿出”种植技术研究与推广提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验区域位于新疆沙雅县( $41.25^\circ\text{N}$ ,  $82.70^\circ\text{E}$ , 海拔 986 m),该地属暖温带沙漠边缘气候,年平均降雨量为 81.6 mm,年蒸发量 2 000 mm 以上,年平

均日照长达 3 000 h,年平均气温  $10.7^\circ\text{C}$ 。分别在 2021 年与 2022 年棉花出苗阶段采集土样,共计 34 个样点,样点耕作层土壤质地为壤土与沙壤土。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验点共 34 个,其中 27 个试验点数据进行偏相关分析与模型构建,剩余 7 个试验点数据用来验证模型精度。棉田膜宽均为 2.05 m,均采用机采棉种植模式—膜三管六行( $10 \text{ cm} + 66 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 66 \text{ cm} + 10 \text{ cm}$ ),即宽行宽度为 66 cm,窄行宽度为 10 cm,膜间宽度为 66 cm。滴头流量  $2.1 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ ,滴头间距 30 cm,铺在宽行之间距棉行间距 10 cm。棉穴覆土模式为侧封土,播种深度为 1~2 cm,播种株距为 10 cm。

1.2.2 测定项目及方法 土壤板结度测定:棉花出苗前,使用土壤硬度计(TYD-2)数据从每个处理中随机选取 20 组棉穴,使用硬度计测定土壤板结程度,硬度计插入土中的深度为 3 cm,求均值得到相应处理的土壤板结度。

土壤含水率与电导率测定:灌水后至出苗前,在每个处理中宽行与窄行间使用土钻进行取样,取样深度为 0~20 cm,3 次重复。采用烘干法测定土样质量含水率,并将其与土壤容重相乘得到体积含水率,利用 DDS-307A 电导率仪测定电导率<sup>[6]</sup>。将出苗期内的宽行与窄行的土壤含水率与电导率分别求均值得到每个调研点的土壤含水率和土壤电导率。

地温测定:地温采用 LASCAR EL-USB-1 温度记录仪测定,埋设位置为窄行间,深度为地表以下 10 cm 处,记录时间为 30 min,精度为  $0.1^\circ\text{C}$ ,测定周期为灌溉后至出苗期,地积温的有效积温计算参照王全九等<sup>[11]</sup>的方法。

出苗率测定:灌出苗水后 10 d 左右,沿行向随机量取长度为 2 m 的 1 膜棉花,3 次重复,对棉花的出苗数,空穴数(无出苗数)进行统计。

出苗率(%) = 出苗数 / (总穴数 - 空穴数)  $\times 100$

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2019 对数据进行统计、计算与绘图,SPSS 19.0 的双因素方差对数据进行显著性分析以及偏相关分析。并用 DPS 推求模型参数,采用决定系数  $R^2$ 、纳什系数(NSE)和均方根误差(RMSE)3 种最常用的评价指标进行误差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 棉花土壤生境指标与出苗率统计特征

由表 1 可知,土壤电导率、板结度与出苗率最大值与最小值差别较大,说明该区域土壤电导率、板结度与出苗率空间分布不均匀。变异系数(CV)表示随机变量的离散程度,可以反映随机变

量的变异程度。变异系数等级的划分标准如下:当  $CV<0.1$ ,为弱变异性;当  $0.1\leq CV\leq 1.0$ ,为中等变异性;当  $CV>1.0$ ,为强变异性。由变异程度划分依据可知,土壤积温处于弱变异,温差、土壤含水率、土壤电导率、土壤板结度与出苗率处于中等变异。

表 1 “干播湿出”处理下棉花出苗期间土壤主要指标和出苗率统计

统计值	土壤积温/℃	土壤温差/℃	土壤含水率/ %	土壤电导率/ ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	土壤板结度/ kPa	出苗率/%
最小值	118.91	6.81	17.83	120.00	33.54	18.89
最大值	131.00	12.88	33.75	1490.00	179.87	89.42
平均值	125.42	9.23	26.88	469.98	120.13	57.37
SD 标准差	2.68	1.43	4.33	307.93	36.05	22.23
变异系数 CV	0.02	0.15	0.16	0.66	0.30	0.39
分布类型	正态分布	正态分布	正态分布	正态分布	正态分布	对数正态分布

### 2.2 棉田调研数据相关性与差异性分析

2.2.1 棉田调研数据偏相关分析 由表 2 可知,土壤积温、土壤含水率、土壤板结度与出苗率均呈现极显著相关性,其中出苗率与土壤含水率、土壤板结度呈现负相关关系,与土壤积温、昼夜最大温

差呈现正相关关系;而昼夜最大温差和电导率呈现负相关关系。各因素与出苗率的相关性由小到大依次为:土壤含水率<土壤板结度<土壤电导率<土壤积温<昼夜最大温差。

表 2 棉花出苗期间土壤主要指标和出苗率之间的相关性

因素	土壤积温	昼夜最大温差	土壤含水率	电导率	土壤板结度	出苗率
土壤积温	1	-0.150	-0.016	-0.506**	-0.231	0.469**
昼夜最大温差		1	-0.075	-0.208	-0.183	0.921*
土壤含水率			1	0.330	-0.231	-0.543**
土壤电导率				1	0.115	0.388*
土壤板结度					1	-0.525**
出苗率						1

注:\*\*和\*分别表示极显著相关( $P<0.01$ )和显著相关( $P<0.05$ )。下同。

2.2.2 棉田调研数据交互作用影响分析 基于各因素与出苗率的偏相关分析,选取与出苗率呈现极显著相关性的指标(土壤积温、土壤含水率与土壤板结度),根据土壤积温、土壤含水率与土壤板结度的最大值与最小值,分别将其划分为 6,6 和 7 个梯度,其中土壤积温划分范围为 118.91~131.00℃,梯度为 2.00℃;土壤含水率范围为 17.83%~33.75%,梯度为 3.00%;土壤板结度范围为 33.54~179.91 kPa,梯度为 21.00 kPa。以土壤积温、土壤含水率与土壤板结度为自变量,出苗率为因变量,进行三因素方差分析,方差齐性检

验  $P<0.05$ ,不满足三因素方差分析。

将土壤积温与土壤含水率,土壤积温与土壤板结度,土壤含水率与土壤板结度作为自变量,与出苗率进行双因素方差分析,方差齐性检验均为  $P>0.05$ ,满足双因素方差分析。不同梯度下的土壤积温、土壤含水率、土壤板结度对出苗率均有显著性影响。土壤积温与土壤含水率对出苗率有显著的交互作用( $P<0.05$ ),但土壤积温与土壤板结度、土壤含水率、土壤板结度对出苗率无交互作用(表 3)。说明不同土壤积温、土壤含水率、土壤板结度梯度对棉花出苗有极显著影响。

表 3 棉花土壤生境指标与出苗率间的关系

自变量	土壤积温	土壤含水率	土壤积温× 土壤含水率	土壤积温	土壤板 结度	土壤积温× 土壤板结度	土壤含水 率	土壤板 结度	土壤含水率× 土壤板结度
F 值	7.389 **	4.182 *	3.43 *	6.683 **	5.231 **	0.526	8.329 **	8.923 **	1.248

2.3 出苗率与各因素的定量模型

利用曲线拟合出苗率与土壤积温、土壤含水率、电导率、土壤板结度函数关系(图 1)。

$y = 7.2501x_1 - 851.34 \quad (R^2=0.7293)$

$y = -0.3441x_2^2 + 13.766x_2 - 57.46 \quad (R^2=0.7456)$

$y = -0.0336x_3 + 74.55 \quad (R^2=0.2030)$

$y = -0.5574x_4 + 124.90 \quad (R^2=0.7169)$

式中,y 为棉花出苗率(%); $x_1$  为土壤积温(℃); $x_2$  为土壤含水率(%); $x_3$  为土壤电导率( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ); $x_4$  为土壤板结度(kPa)。

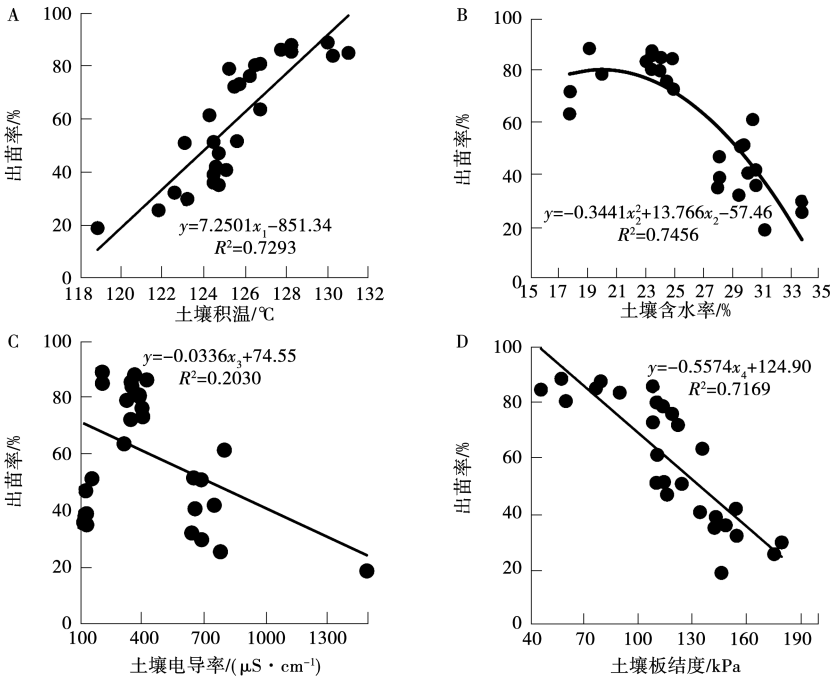


图 1 土壤生境指标与出苗率的关系

2.4 出苗率与各因素综合定量模型及敏感性分析

2.4.1 模型构建 棉花出苗与土壤微生物息息相关,出苗率除受播种等农艺措施的影响外,主要受土壤积温、土壤含水率、土壤电导率、土壤板结度等土壤微生物因素综合影响,单一因素建立的函数关系难以拟合棉花出苗的实际情况。因此需要建立与出苗率呈极显著相关的土壤微生物因素

出苗率与土壤积温、土壤板结度之间的函数关系拟合效果较好,均为线性关系,决定系数均大于0.72。出苗率与土壤含水率之间的函数关系拟合效果也较好,为二次函数关系,决定系数为0.7456。但出苗率与土壤电导率之间的函数关系拟合效果较差。原因是“干播湿出”技术均在轻度盐渍化棉田实施,因此出苗率与土壤电导率拟合度差。将出苗率与土壤含水率函数关系式求一阶导函数,并令该函数等于0。结果表明,当含水率为19.03%时,棉花出苗率为80.50%。

的综合函数关系。

本研究以土壤积温、土壤含水率与土壤板结度为自变量,出苗率为因变量,建立综合关系模型。在没有确定模型公式时,可以拟合为多元非线性模型<sup>[10-11]</sup>,但多元二次模型方程较多元高次模型方程具有参数简单、方便应用的优势。本研究不确定哪种模型方程模拟结果更优,因此将两种拟合模型均列出:



$$y = -63.3788x_1 + 0.7367x_1^2 - 0.0025x_1^3 + 188.5872x_2 - 7.7936x_2^2 + 0.1044x_2^3 - 1.8548x_3 + 0.0197x_3^2 - 7.3247 \times 10^{-5}x_3^3 \quad (1)$$
$$y = 6.9675x_1 - 0.04178x_1^2 - 30.3864x_2 - 0.00157x_2^2 - 1.64387x_3 - 0.00328x_3^2 + 0.19322x_1x_2 + 0.00876x_1x_3 + 0.03799x_2x_3 \quad (2)$$

式中,  $y$  为棉花出苗率(%);  $x_1$ 、 $x_2$  与  $x_3$  分别为土壤积温(℃)、土壤含水率(%)和土壤板结度(kPa)。

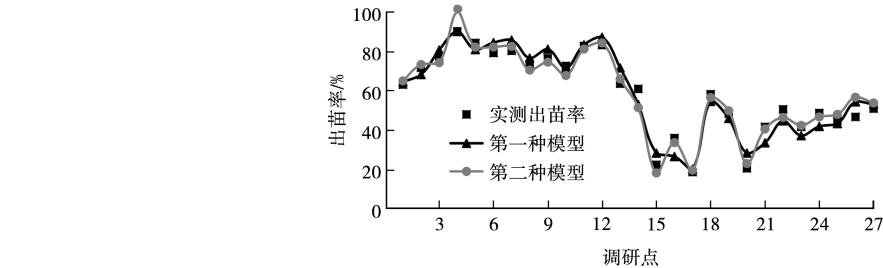


图 2 两种模型拟合出苗率的动态曲线

2.4.2 模型参数敏感性及可靠性分析 为验证模型可靠度,以及参数与出苗率的正负向关系,同时分析哪种因素对出苗率影响最大。将土壤积温、土壤含水率与土壤板结度分别增加±10%,分析建模的 27 组数据的出苗率累积值数据变化(表 4)。土壤积温与土壤含水率无论是增加与减小 10%,第一种模型预测出苗率累积值均为负增长,然而地温的升高会促进棉花早出苗<sup>[6]</sup>,模拟结果与客观事实不符,因此第一种模型虽拟合度较高,但不具备可靠度。第二种模型出苗率累积值的变化量与土壤积温同步,与土壤含水率、土壤板

结度的变化量呈现负同步,累计值变化量的增减方向与表 1 中各变量的偏相关关系结果相符,说明第二种模型具有较高可靠度。由表 4 中第二种模型模拟结果可知,土壤积温对出苗率敏感性最大。受农户播期的选择以及调研数据分布影响,出苗率对土壤积温负增长更为敏感,对土壤积温正向增长敏感性次之,出苗率随土壤积温的增长仍有较大提升空间,这也说明播期地温有待进一步提高,可通过天气选择、灌水量控制等外因调控。出苗率对土壤含水率与土壤板结度敏感性次于土壤积温。

表 4 模型参数敏感性分析

项目	第一模型模拟 出苗率累积值	第二模型模拟 出苗率累积值	第一模型模拟出苗率 累积值差值比率/%	第一模型模拟出苗率 累积值差值比率/%
原始出苗率累积值	1595.63	1595.63	—	—
土壤积温+10%	1260.95	2296.92	−20.97	43.95
土壤积温−10%	128.89	538.39	−91.92	−66.26
土壤含水率+10%	1799.46	1477.44	12.77	−7.41
土壤含水率−10%	1631.67	1713.21	2.26	7.37
土壤板结度+10%	1424.36	1469.60	−10.73	−7.90
土壤板结度−10%	1722.35	1694.96	7.94	6.23

2.5 模型精度验证

对单因素模型与综合因素出苗率预测模型的精度进行评价,选取未建模数据(7 组数据)进行模拟,结果如图 3 所示。综合因素模型预测值与实测值之间的均方根误差(Root mean squared error, RMSE)与纳什系数(Nash-Sutcliffe efficiency coefficient, NSE)分别为 4.98 和 0.94,

模拟精度较高,可靠性较强,高于其他单因素模型。其他 3 个单因素模型模拟精度虽较差,但也符合模拟精度要求,且存在模型参数简单的优势。说明以土壤积温、土壤含水率和土壤板结度为自变量建立的综合因素预测模型可以较为准确地描述南疆“干播湿出”棉田的出苗情况。

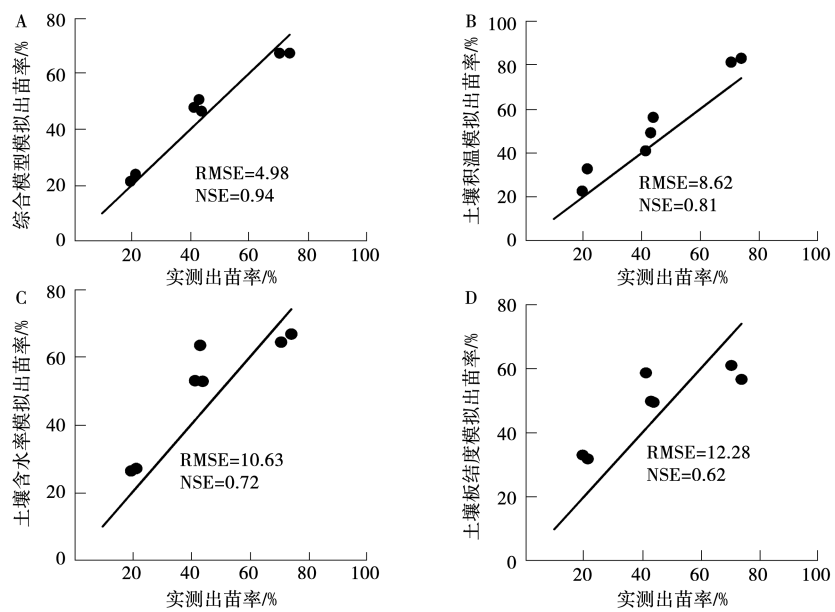


图3 出苗率模拟值与实测值的关系

### 3 讨论

水分为种子萌发提供了基本条件,种子吸水后膨胀萌发,若水分过少种子无法吸收足够水分就不能萌发<sup>[12]</sup>。有研究认为种子萌发程度会随着水分的增加而增加<sup>[13]</sup>。但种子萌发过程中还需适宜的温度和氧气,尤其是在土壤中,土壤含水率过高势必会影响土壤孔隙结构中的氧气含量,此外在黏性土壤中过高的含水率会造成土壤板结,对种子萌发和出苗破土均不利。地温越高对种子出苗时间与出苗率越有利,10℃的地温仅能使种子萌发但不能出苗<sup>[14]</sup>。盐分也是影响种子萌发的一个重要因素,盐分过高会抑制种子吸收水分,此外萌发后胚根也会因失水坏死。然而在新疆地区“干播湿出”技术基本应用在轻度盐渍化土壤棉田,因此本试验中的出苗率与土壤盐含量相关性不显著,但与含水率、板结度以及土壤积温有显著关系。研究基于不同土壤质地、灌水量等采集原始出苗数据与含水率、板结度等相关数据,将不同质地土壤表现得不同理化性质归结至以上几个指标,沙壤土较黏性壤土保水性较差,但地温回升快,因此南疆“干播湿出”棉田中土壤含水率是决定出苗率的关键因素,这点与韩政宇等<sup>[10]</sup>研究不同。本研究调研点棉田多为沙壤土,因此本研究中各因素与出苗率的相关性表现为:土壤含水率<土壤板结度<土壤电导率<土壤积温<昼夜最大温差。土壤含水率、土壤板结度与地温均受灌水量影响,即灌水量越大含水率越高、土壤板结

程度越大、地温越低。因此灌水时保证棉花出苗期土壤体积含水率在19.03%左右时可提高出苗率。

棉花出苗率受土壤水、热、盐、气共同影响,单一预测模型虽具有参数简单的优势,但在实际预测时由于不符合大田实际,造成模拟精度较低。有研究表明在没有确定模型公式时,可以通过常见的多元非线性模型来预测目标变量<sup>[15-16]</sup>。因此本研究以与出苗率呈现关系显著的板结度、含水率以及土壤积温为自变量,出苗率为因变量构建了两多元非线性模型,两种模型拟合均较高,但无法判别哪种模型更符合实际出苗模拟过程,因此采用模型参数敏感度来判别模型可靠度,确定第二种模型为最优模型。由于本研究试点较多,所以不同含水率、土壤积温与板结度等涵盖面较广,构建综合模型具有普遍性和广泛性,在验证过程中均有较好的模拟效果。

### 4 结论

各因素与出苗率的相关关系大小为:土壤含水率<土壤板结度<土壤电导率<土壤积温<昼夜最大温差。出苗率对土壤积温敏感性最大,土壤含水率与土壤板结度次之,出苗期土壤含水率为19.03%时出苗率最高。综合因素出苗率预测模型精度较高,可以用于南疆“干播湿出”棉田的实际生产。

#### 参考文献:

[1] 卢秀茹,贾肖月,牛佳慧.中国棉花产业发展现状及展望[J].中国农业科学,2018,51(1):26-36.

- [2] XIAO C, LI M, FAN J L, et al. Salt leaching with brackishwater during growing season improves cotton growth and productivity, water use efficiency and soil sustainability in Southern Xinjiang[J]. Water, 2021, 13(18): 2602.
- [3] 陈四龙, 裴冬, 王振华, 等. 华北平原膜下滴灌棉花水分利用效率及产量对供水方式响应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005(6): 30-35.
- [4] 张瑞喜, 于健, 史吉刚, 等. 不同灌溉方式对土壤水分盐分布及向日葵产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(S2): 47-51.
- [5] 王成, 姚宝林, 王兴鹏, 等. 棉花膜下滴灌干播湿出土壤水分盐变化与耗水规律试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2012(10): 25-30.
- [6] 郑明, 白云岗, 张江辉, 等. 干播湿出灌水量和灌水频率对棉田土壤板结、水盐分布及出苗的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2022, 40(6): 100-107.
- [7] 张永玲, 王兴鹏, 肖让, 等. 干播湿出棉田土壤温度及水分对出苗率的影响[J]. 节水灌溉, 2013(10): 11-13.
- [8] 肖让, 姚宝林. 干播湿出膜下滴灌棉花现蕾初期地温变化规律[J]. 西北农业学报, 2013, 22(5): 49-54.
- [9] 袁席天, 白云岗, 孙三民, 等. 干播湿出模式下不同出苗水对棉花生理性状及产量的影响[J]. 节水灌溉, 2022(9): 46-51.
- [10] 韩政宇, 张江辉, 白云岗, 等. 土壤改良剂对南疆棉田“干播湿出”模式土壤性状和出苗率的影响研究[J]. 节水灌溉, 2022(8): 46-52, 59.
- [11] 王全九, 蔺树栋, 苏李君. 马铃薯主要生长指标对有效积温响应的定量分析[J]. 农业机械学报, 2020, 51(3): 306-316.
- [12] 周永萍, 师树新, 葛朝红, 等. 棉花种子发芽出苗的几个影响因素[J]. 现代农村科技, 2017(2): 99.
- [13] 王继玥, 石登红, 白禹, 等. PEG-6000 模拟干旱胁迫对黄秋葵种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26(6): 611-616.
- [14] 李志清. 沙子含水量和浸种对棉花种子发芽率的影响[J]. 湖南农业科学, 2019(7): 29-31.
- [15] 李雅善, 崔长伟, 南立军, 等. 基于遗传算法的设施葡萄光合优化调控模型研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2018(6): 59-63.
- [16] 胡瑾, 何东健, 任静, 等. 基于遗传算法的番茄幼苗光合作用优化调控模型[J]. 农业工程学报, 2014, 30(17): 220-227.

# Study on the Convelation Between Soil Environment of "Dry Sowing and Wet Germination" and Cotton Emergence Rate in Southern Xinjiang

HU Qiongjuan<sup>1</sup>, ZHENG Ming<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Vocational University, Urumqi 830013, China; 2. Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830049, China)

**Abstract:** In order to explore the relationship between cotton seedling emergence and soil environment under "dry sowing and wet germination" conditions, the soil hydrothermal gas and seedling emergence data of 34 cotton fields under "dry sowing and wet germination" in Shaya County, South Xinjiang were investigated, and analyzed the correlation between seedling emergence rate and soil temperature, soil water content, electrical conductivity and soil compactness by using partial correlation method to clarify the degree of influence of each factor on seedling emergence rate, and established a comprehensive prediction model for cotton seedling emergence rate based on soil temperature, soil water content and soil compactness. A comprehensive model for predicting cotton seedling emergence based on soil temperature, soil water content and soil consolidation was established. The results showed that the correlation between soil habitat and seedling emergence rate was as follows: soil water content < soil bulkiness < soil electrical conductivity < soil temperature < maximum diurnal temperature difference. Soil slump, soil electrical conducting, soil temperature and seedling emergence showed a linear relationship, and water content and seedling emergence showed a quadratic function relationship, the soil moisture content during the seedling stage was 19.03%, with the highest seedling rate. Two multivariate nonlinear models were developed for seedling emergence with soil bulkiness, soil cumulative temperature and water content, and one of the models was selected to predict cotton seedling emergence, with soil cumulative temperature being the most sensitive to seedling emergence and soil water content and soil bulkiness being the second most sensitive. The accuracy of both the single factor model and the comprehensive factor prediction model were complex to the simulation accuracy requirements, but the multivariate nonlinear model of the comprehensive factor was superior to the other three single factor models. In conclusion, the established multivariate nonlinear model can be used to guide the actual production of "dry sowing and wet germination" cotton fields in Southern Xinjiang.

**Keywords:** Xijiang; cotton; soil temperature accumulation; water content; soil compaction; "dry sowing and wet germination"