



# 大河湾农场

## 8-9 月作物估产报告

中国科学院智能农业机械装备工程实验室

2021 年 9 月 18 日



## 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 前 言.....           | 1  |
| 一、 区域概述.....       | 3  |
| 二、 农田基础数据调研.....   | 3  |
| 1、 作物种植分布.....     | 3  |
| 2、 土壤养分.....       | 4  |
| 3、 土壤基础墒情监测.....   | 6  |
| 三、 农气数据调研.....     | 8  |
| 1、 积温距平空间聚类分布..... | 8  |
| 2、 积雨距平空间聚类分布..... | 8  |
| 3、 积温积雨过程线.....    | 9  |
| 四、 土壤墒情动态监测.....   | 10 |
| 五、 作物长势动态监测.....   | 11 |
| 1、 NDVI 遥感监测.....  | 12 |
| 2、 EVI 遥感监测.....   | 13 |
| 3、 LCI 遥感监测.....   | 14 |
| 4、 LAI 遥感监测.....   | 15 |
| 5、 高分影像长势监测.....   | 16 |
| 6、 五号二地块（玉米）.....  | 17 |
| 7、 上号南节地块（大豆）..... | 20 |
| 六、 作物估产.....       | 23 |
| 1、 测产方案.....       | 23 |
| 目的.....            | 23 |
| 采样所需设备.....        | 23 |
| 测产工作实施.....        | 23 |
| 2、 作物估产分析.....     | 25 |



## 前 言

农业是国民经济建设和发展的基础，我国自古就是农业大国，农业的发展对于国家大计起着不可忽视的作用。然而我国的农业现代化进程缓慢，与发达国家相差甚远，在乡村振兴战略背景下，如何推动现代农业与乡村振兴融合快速发展，如何理解和把握乡村振兴战略是农村发展和“三农”问题的总抓手这一重大课题。

实施乡村振兴战略，是党的十九大作出的重大决策部署，是决胜全面建成小康社会、全面建设社会主义现代化国家的重大历史任务，是新时代“三农”工作的总抓手。农业农村农民问题是关系国计民生的根本性问题，必须始终把解决好“三农”问题作为全党工作重中之重。要坚持农业农村优先发展，按照产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕的总要求，建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系，加快推进农业农村现代化。

实施乡村振兴战略，产业兴旺是首要任务，产业发展是激发乡村活力的基础所在。而要推进乡村产业兴旺就离不开现代农业的发展，要夯实农业生产能力基础、推进农业高质量发展、加强农产品品牌建设、引领农业生产性服务业健康发展，就必须加快农业现代化改造，建设现代农业产业园、农业科技园，立足精致发展，大力推广现代绿色生产技术，提升现代化生产性服务水平。

当前我国最大的发展不平衡是城乡发展不平衡，最大的发展不充分是农村发展不充分，受发展不平衡不充分影响最大的群体是农民。乡村振兴战略对新时代“三农”工作提出了系统要求，部署了农业农村现代化发展的重大举措，成为今后较长一个时期内农业农村工作的总抓手。由此可见，现代农业发展是乡村振兴的重要支撑。

遥感技术属于现代化信息技术的一种前沿技术，在收集农业资源和信息方面具有快速、准确等多种特点。可以定时、定位、定量的进行智能化、自动化收集和分析信息，具有非常强大的客观性。利用多源卫星遥感数据、历史农耕数据和气象数据，全要素、多维度、系统化的感知农作物在生长过程中，各个环节的信息数据，为大面积快速获取目标作物态势等业务功能提供数据支撑。



根据农业农村部、国家发展改革委同有关部门编写的《乡村振兴战略规划实施报告(2020 年)》显示,2020 年各地各部门对标对表全面建成小康社会目标,有力应对严峻复杂的国际国内形势特别是新冠肺炎疫情影响,扎实推进《规划》实施,三农领域重点任务取得明显成效。粮食生产再获丰收,粮食产量实现“十七连丰”,连续 6 年稳定在 1.3 万亿斤以上。

影响作物产量的因素既有自然因素也有社会经济因素,其中自然因素包括水肥气热。面向呼伦贝尔农垦集团的需求,本报告结合遥感影像数据,对大河湾农场种植区域开展了作物种植结构可视化、土壤养分监测、土壤温度遥感监测、土壤墒情动态监测和作物长势动态监测,最终实现对该农场主要种植作物产量动态评估监测。

市场上目前已有的农作物估产产品,一般会使用 Landsat、MODIS 和哨兵等中分辨率卫星作为遥感数据来源,其分辨率一般在 10-30 米之间,较低的影像分辨率使得作物生长过程监测结果不够细致,准确度不能满足实际应用需求。因此,我司在 2021 年 5 月起,调用高分辨率国产高分系列卫星(高分一号、二号、六号等)对大河湾农场耕地区域进行定制化拍摄,在作物生产过程中,提供分辨率优于 3 米的卫星遥感数据,对土壤的墒情、有机质、肥力以及长势进行精细化高分辨率定制化监测。

通过高精度卫星遥感数据,结合实采作物数据、气象数据等多源数据,构建估产模型,实现对大河湾农场作物的地块级估产。

本期报告由中国科学院智能农业机械装备工程实验室发布。通过农气、农情和作物长势等指标开展多层次的遥感监测,增强空间分析单元监测准确化,不同的监测尺度采用不同的监测指标。监测期从 2021 年 8 月 20 日到 9 月 10 日。



## 一、区域概述

大河湾农场位于内蒙古自治区呼伦贝尔市扎兰屯市下辖镇大河湾镇，地处扎兰屯市区东南部，属中温带大陆性季风气候。其特点是日照丰富，太阳辐射较强，温度年较差和日较差都较大，积温有效性高。年平均气温 2.9℃。生长期年平均 123 天。年平均降水量 496 mm，降雨多集中在 6-9 月份，7 月份最多。主导风向为西北风，年平均风速为 3.1 米/秒。大河湾农场主要作物物候历如图 1 所示。

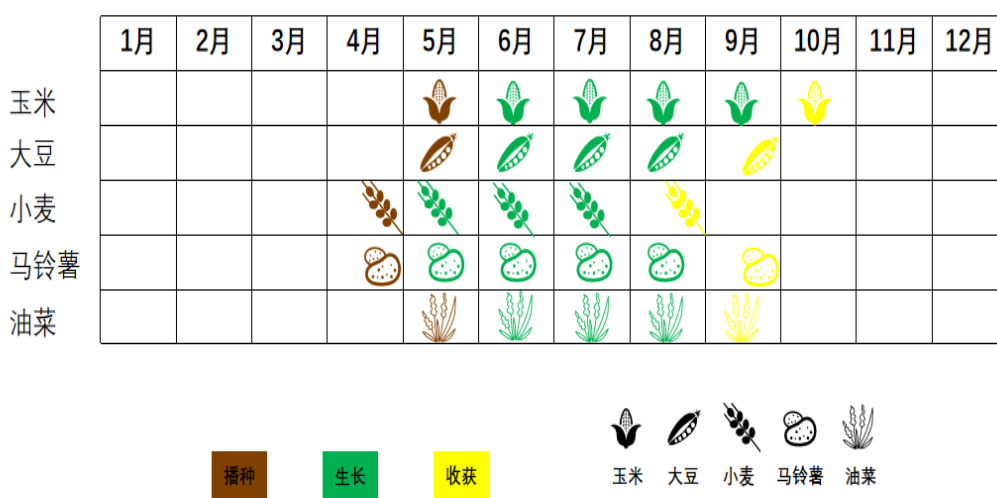
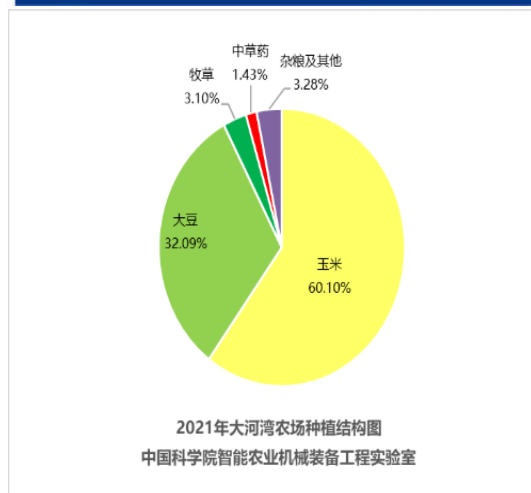


图 1 大河湾农场主要作物物候历

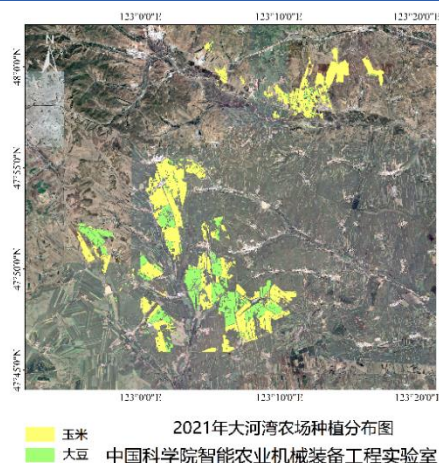
## 二、农田基础数据调研

### 1、作物种植分布

为获取作物类型的分类和种植面积的数量，在作物生长中期对研究区的农作物种植面积和耕地资源等进行相关调查，以信息数字化形式呈现调查结果。该调查结果可为后续实施轮作计划提供技术依据。大河湾农场 2021 年作物种植分布，如图 2 a 所示。其中重点对大豆和玉米进行了区分，如下图 2 b 绿色区域为大豆种植地块，黄色区域为玉米种植地块。根据统计结果分析，大河湾农场总体种植结构以大豆和玉米为主，其中，大豆种植面积 5.18 万亩，玉米种植面积 9.70 万亩。



(a)



(b)

图 2 大河湾农场作物分布图

## 2、 土壤养分

土壤养分含量的状况是决定农田潜在生产力的主要因素，而且还是土壤微生物活动的主要能量来源。其丰缺状况直接影响作物生长及产量和品质的形成。因此，土壤性状及肥力信息可为精准农业管理提供响应依据。结合测土配方施肥及作物养分吸收规律及利用率，提高肥料利用率。本报告中分析了四种土壤养分，包括：碱解氮，有效磷，速效钾和土壤有机质。采集时间：作物播种前，根据棋盘法采集土壤样品。采集次数为一年一次。

碱解氮也称土壤水解性氮或有效氮，一定程度上能够反映土壤近期内提供氮素的状况，它包括无机态氮(铵态氮、硝态氮)及易水解和直接吸收的有机态氮(氨基酸、酰胺和易水解蛋白质)。磷是作物生长发育所必需的大量营养元素之一，即使作物体内重要有机化合物的组分，还以多种方式参与作物体内各种代谢过程，土壤中的磷是作物磷养分的主要来源。因此，测定了土壤中可以作物吸收磷组分中的有效磷。钾素能促进作物进行光合作用，作物蛋白质的合成，使作物枝叶更坚韧和厚实；提高作物的抗病性、抗寒性、抗旱、抗倒伏、抗盐等性能，能改善作物的品质和质量，提高作物的吸收氮素的能力。土壤有机质含量与土壤肥力有着密切的关系，是作物养分的主要来源，促进作物生长，改善土壤结构，提高土壤保肥保水的能力，促进微生物的活动，对土壤形状、作物生长和肥料施用量





具有很大的影响。因此，结合遥感影像数据，本报告获取了作物种植前，呼伦贝尔市大河湾镇每个农田的土壤基础理化性质。

根据全国第二次土壤普查养分分级标准，对碱解氮、有效磷、速效钾和土壤有机质进行分级，其结果如图 3。所示：

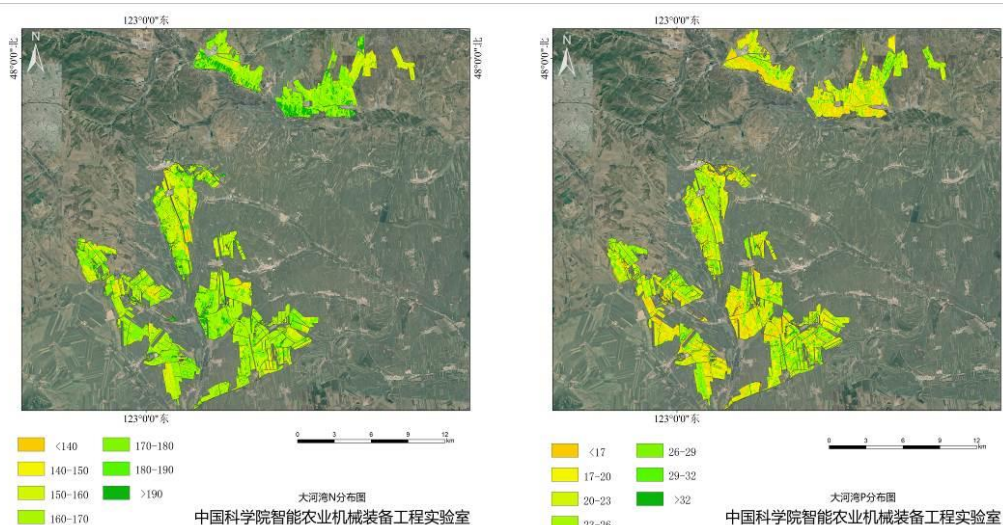
1) 碱解氮：大河湾农场整体土壤碱解氮含量较为丰富。遥感统计分析表明，大河湾农场碱解氮含量均值为 168 mg/kg，属于极高等级（>150 mg/kg）。其中 89% 土壤含氮量 >150 mg/kg，11% 含氮量在 120-150 mg/kg 之间。

2) 有效磷：大河湾农场土壤有效磷含量整体处于高含量（20-40 mg/kg）和中上含量（10-20 mg/kg）水平。遥感统计分析表明，大河湾农产有效磷含量均值为 21.7 mg/kg，属于高含量等级。其中 40% 土壤含磷量属于 10-20 mg/kg。57% 含磷量在 20-40 mg/kg 之间。3% 含磷量属于 5-10 mg/kg。

3) 速效钾：大河湾农场整体土壤含钾量处于高（150-200 mg/kg）和中上含量（100-150 mg/kg）。遥感统计分析表明，大河湾农场速效钾含量均值为 132 mg/kg，属于中上等级。其中 14% 土壤含钾量属于 150-200 mg/kg。79% 含磷量在 100-150 mg/kg 之间。6% 含磷量在 50-100 mg/kg 之间。1% 含磷量 > 200 mg/kg。

4) 土壤有机质：大河湾农场整体土壤有机质含量处于高等级（3%-4%）和极高等级（>4%）。遥感统计分析表明，大河湾农场有机质含量均值为 3.7%，属于高等级。其中 90% 土壤有机质含量属于 3%-4%。10% 地块有机质含量 >4%。

本报告中获取的土壤养分含量变化，可为后期农田施肥管理提供理论依据，制定合理的施肥措施。



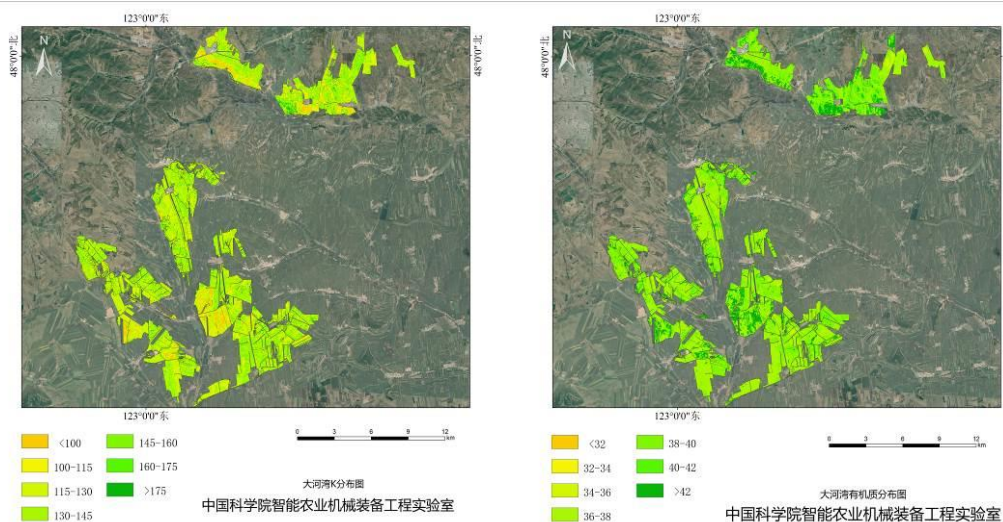


图 3 大河湾农场土壤基础理化性质

### 3、土壤基础墒情监测

土壤墒情是指土壤湿度的情况，作为种子发芽的三条件之一，充足的水分才能确保种子萌发和生长。所以，对旱作农业来说，为了保证苗齐，苗全实时抢墒播种就显得十分重要。综上考虑，本报告在作物播种前通过影像数据获得大河湾农场的土壤含水率，监测频次为一年一次。如图 4 所示，在 2021 年 5 月 1 日大河湾农场土壤含水率分布图，分析结果如下所述：

- 1) 大河湾农场有 85%地块处于 15%-20%，属于合墒状态，说明该区域土壤干旱程度适宜。
- 2) 14%地块处于饱墒状态，表明该区域土壤干旱程度属于偏湿状态。
- 3) 1%地块处于 12%-15%，属于轻旱。农场整体土壤墒情适宜播种。



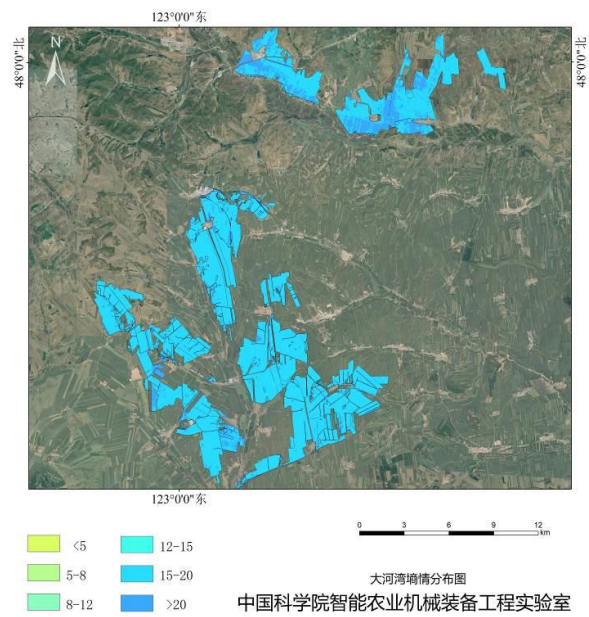


图 4 大河湾农场土壤含水率分布图（2021 年 5 月 1 日）



### 三、农气数据调研

气候是农业生产必须的自然条件之一，为农作物生长发育提供了光，热，水，空气等能量和物质资源。气候资源和其他资源一样是自然界资源中一个重要的组成部分，与其他资源的区别在于它的变异性，有很大的地域差异性和时间变化。气象条件对农作物产量和品质的影响是十分显著的，在农作物生产过程中研究好气象条件和作物产量之前关系对确保农作物产量和品质有着很大的帮助。

#### 1、积温距平空间聚类分布

大河湾农场截至 9 月 10 日积温距平聚类空间分布如图 5 所示，在监测期内，92.9%的农场区域耕地积温低于历史同期 1.94%-1%，7.1%的农场区域耕地积温低于历史同期 1.03%-0.3%（图 5 b）。从积温距平聚类折线图分析得到该农场积温与历史同期差值呈现先下降后升高的趋势，最大幅度的降温发生在 8 月 30 日后（图 5 a）。

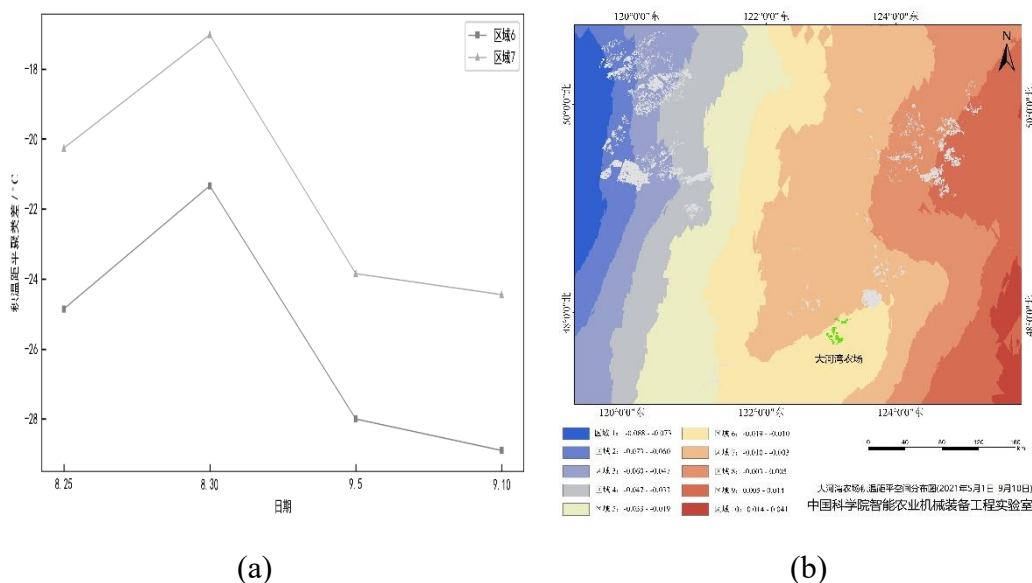


图 5 大河湾农场积温聚类类别曲线及距平空间分布图

#### 2、积雨距平空间聚类分布

大河湾农场截至 9 月 10 日积雨距平聚类空间分布如图 6 所示，在整个监测期内，农场 45%的耕地积雨高于历史同期 2.9%-9.9%（图 6 b）。从积雨距平



聚类折线图分析得到该农场在 8 月 25 日-8 月 30 日降雨较多，积雨量与历史同期差值呈现先升高后下降的趋势，最大幅度的降雨量升高发生在 8 月 30 日（图 6 a）。

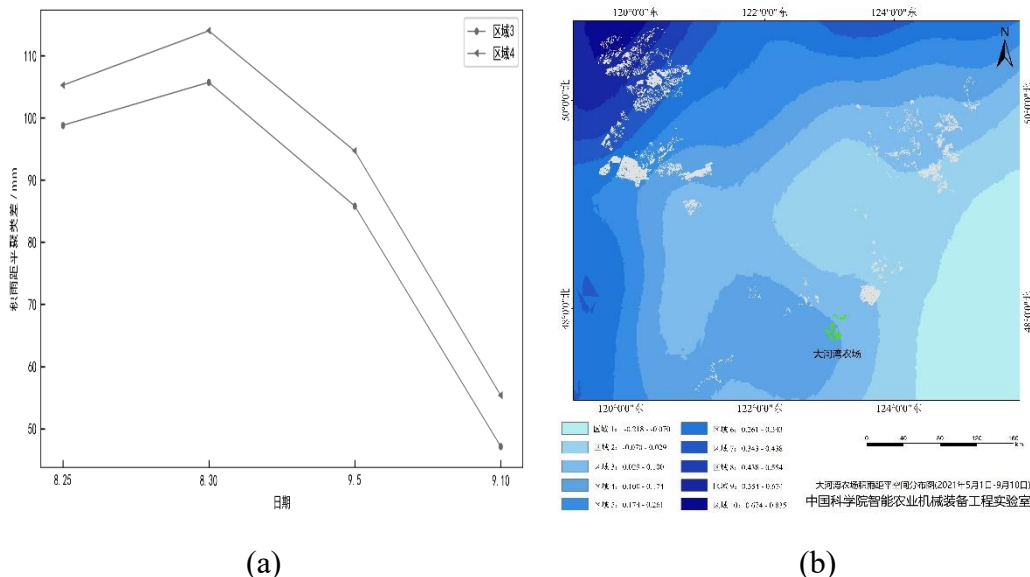


图 6 大河湾农场积雨聚类类别曲线及距平空间分布图

### 3、积温积雨过程线

2021 年大河湾农场春播工作始于 5 月初，从图 7 来看，今年农业气象条件正常，与过去 3 年平均水平相比。5 月 1 日-9 月 10 日该农场积温为 2407℃，相比同期历史积温 2465℃，今年偏低 58℃（图 7 a）；整体趋势与历史 3 年相近。前期积温的降低对作物出苗及苗势有一定影响。积雨量 5 月 1 日-9 月 10 日该农场为 587 mm，相比同期历史积雨量 539 mm，今年偏高 48 mm（图 7 b）。

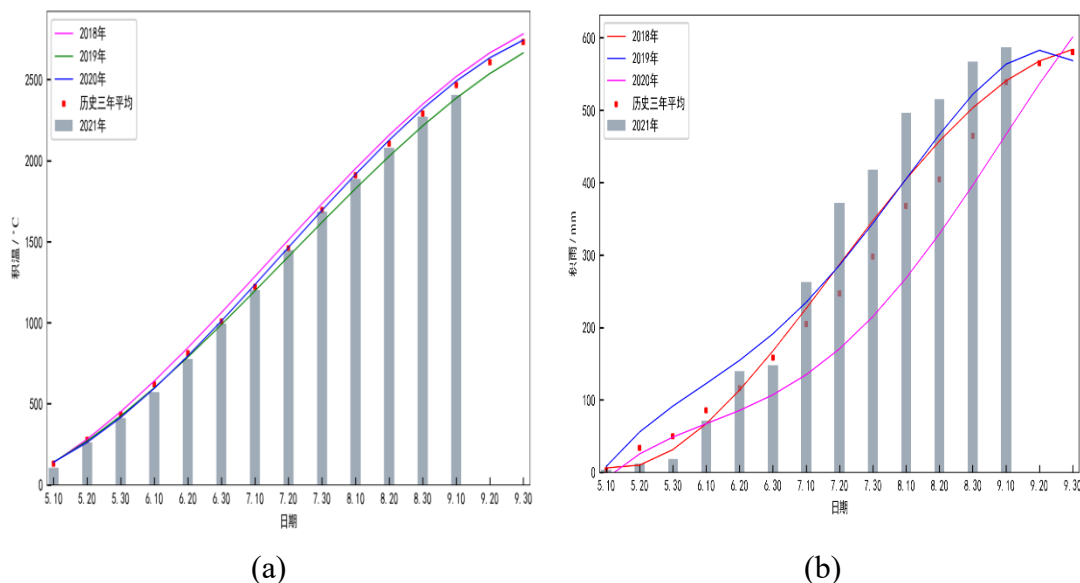


图 7 大河湾农场积温和积雨历史曲线图

## 四、土壤墒情动态监测

土壤墒情监测可为日常作物灌溉及抗旱工作提供重要的依据,在农垦原有的地面旱情仪器监测结果的基础上,针对农垦大面积作物,利用卫星遥感的方式,在大范围内迅速、及时地获取土壤水分和作物信息,为农垦集团及时掌握大面积土壤墒情提供依据。结合 MODIS 卫星影像数据,监测了大河湾农场 8-9 月的土壤墒情变化,根据 MODIS 过境时间获得了土壤墒情时空分布图,如图 8 和表 1。所示,其分析结果如下所述:

1) 在大河湾农场中玉米种植区域土壤墒情值大于 15%农场占玉米种植区域总面积的 8%,属于合墒状态(干旱程度适宜),其中土壤墒情值大于 20%的农田为 6%,属于偏湿程度。该区域干旱程度整体处于重旱状态,说明该区域在作物生长季节人类活动干扰较少,同时 8 月份降雨不足,导致该区域土壤墒情偏低。应及时采取给水措施,确保作物生长环境良好。大豆种植区域土壤墒情值大于 15%农场占大豆种植区域总面积的 16%,属于合墒状态(干旱程度适宜),其中土壤墒情值大于 20%的农田为 8%,属于偏湿程度。该区域干旱程度整体处于中旱状态,说明该区域在作物生长季节人类活动干扰较少,同时 8 月份降雨不足,导致该区域土壤墒情偏低,应及时采取给水措施。



2) 结合实时气象数据和农田土壤墒情的变化，以防作物生长环境出现厌氧情况，影响作物后期生长甚至影响作物产量和品质，该现象的出现可以作为预警。

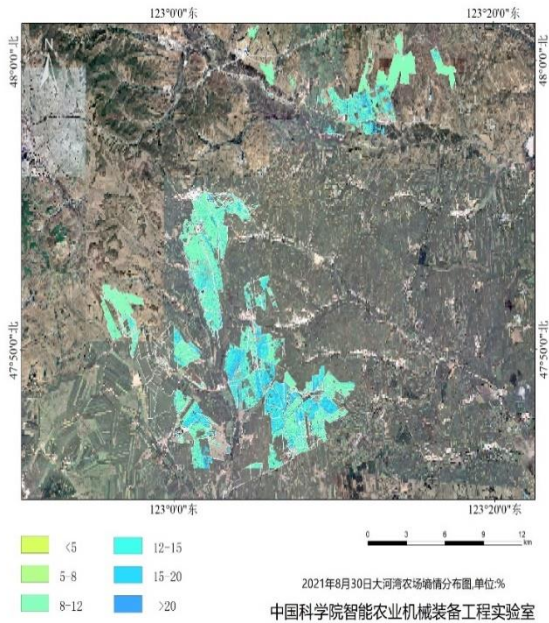


图 8 大河湾农场土壤墒情时空分布图（2021 年 8-9 月）

表 1 土壤墒情动态变化（2021 年 8-9 月）

| 分级范围<br>比例 | <5%  | 5-8% | 8-12% | 12-15% | 15-20% | >20% | 墒情<br>平均值 |
|------------|------|------|-------|--------|--------|------|-----------|
| 玉米         | 0.75 | 0.09 | 0.02  | 0.03   | 0.02   | 0.06 | 0.05      |
| 大豆         | 0.21 | 0.32 | 0.13  | 0.13   | 0.08   | 0.08 | 0.10      |

## 五、作物长势动态监测

根据获取影像的时间，列出其相对应的作物生育期，如表 2 所示。在分析作物长势动态监测，均以作物生育期来代替影像获取的时间。

表 2 基于时间序列影像的作物生育期

| 作物 | 影像获取时间   | 生育期   |
|----|----------|-------|
| 玉米 | 8 月 23 日 | 乳熟期   |
|    | 8 月 31 日 | 蜡熟期   |
|    | 9 月 8 日  | 蜡熟期   |
| 大豆 | 8 月 23 日 | 结荚鼓粒期 |
|    | 8 月 31 日 | 鼓粒期   |
|    | 9 月 8 日  | 鼓粒期   |





## 1、NDVI 遥感监测

植被指数（NDVI）能够监测植被生长状态和植被覆盖度，能提高对土壤背景的识别能力，还能消减大气层和地形阴影的影像，能监测生物量指标变化。NDVI 能反映出植物冠层的背景影响，如土壤、潮湿地表、表面粗糙度等。图 9 为 2021 年大河湾镇 8 月 20 日-9 月 10 日大豆和玉米 NDVI 变化分布图，随着大豆和玉米生长发育变化而增长。随着大豆与玉米后期生长迅速进入生殖生长，导致 NDVI 变化差异较大，玉米 NDVI 由 0.71 降低到 0.45，大豆由 0.77 降低到 0.62。表 3 分析了 NDVI 各分级占总耕作面积的比值及每个生育时期所对应的 NDVI 平均值。玉米 8 月 23 日遥感监测中，长势很好的农田为 11%，长势好及以上的农田比例为 20%；随着玉米生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田达到了 22%，其中长势很好的农田比例为 15%。还可以看出大豆 8 月 23 日的遥感监测中，长势很好的农田占比为 12%，长势好及以上的农田比例为 19%；随着大豆生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田为 17%。

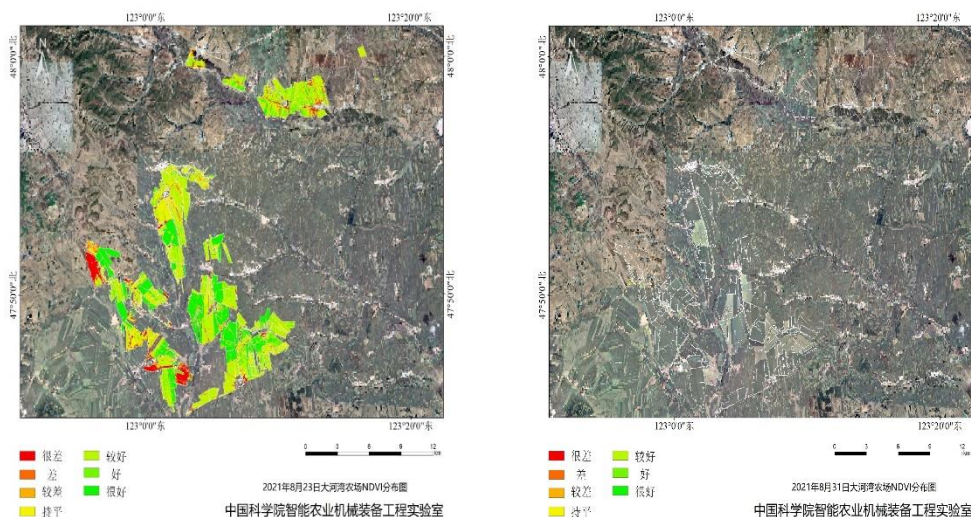


图 9 大豆和玉米 NDVI 变化分布图

表 3 大河湾农场农作物 NDVI 长势分级占比

| 作物 | 分级比例     | 很差   | 差    | 较差   | 持平   | 较好   | 好    | 很好   | NDVI 平均值 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 玉米 | 8 月 23 日 | 0.08 | 0.06 | 0.16 | 0.40 | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.71     |
|    | 8 月 31 日 | 0.10 | 0.08 | 0.12 | 0.40 | 0.07 | 0.07 | 0.15 | 0.45     |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -        |
| 大豆 | 8 月 23 日 | 0.10 | 0.07 | 0.13 | 0.40 | 0.11 | 0.07 | 0.12 | 0.77     |
|    | 8 月 31 日 | 0.09 | 0.03 | 0.20 | 0.40 | 0.11 | 0.11 | 0.06 | 0.62     |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -        |

## 2、EVI 遥感监测

增强植被指数（EVI）算法是遥感专题数据产品中生物物理参数产品中的一个主要算法，可以同时减少来自大气和土壤噪音的影响，稳定地反应了所测地区植被的情况。基于 MODIS 的 EVI 能够详细地反映地表植被生长特征。图 10 为 2021 年大河湾农场 8 月 20 日-9 月 10 日玉米和大豆 EVI 变化分布图，随着玉米和大豆生长发育变化而变化。玉米 EVI 由 0.67 降低到 0.51，大豆 EVI 变幅不大，为 0.85。从表 4 可看出在玉米 8 月 23 日遥感监测中，长势很好的农田为 11%，长势好及以上的农田比例为 20%；随着玉米生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田达到了 18%，其中长势很好的农田比例为 12%。还可以看出大豆 8 月 23 日的遥感监测中，长势很好的农田占比为 30%，长势好及以上的农田比例为 35%；随着大豆生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田为 0。

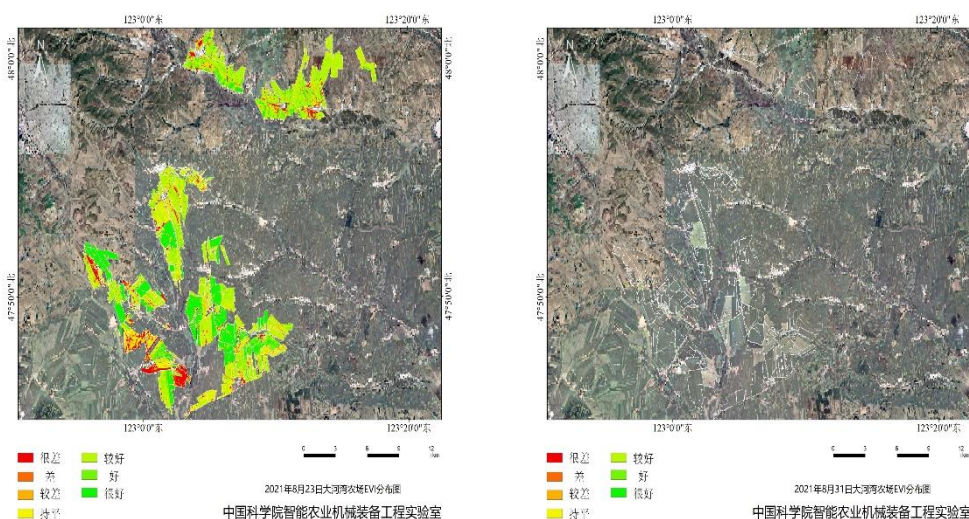


图 10 大河湾农场大豆和玉米 EVI 变化分布图



表 4 大河湾农场农作物 EVI 长势分级占比

| 作物 | 分级比例     | 很差   | 差    | 较差   | 持平   | 较好   | 好    | 很好   | EVI 平均值 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 玉米 | 8 月 23 日 | 0.09 | 0.07 | 0.15 | 0.40 | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.67    |
|    | 8 月 31 日 | 0.11 | 0.08 | 0.11 | 0.40 | 0.11 | 0.06 | 0.12 | 0.51    |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       |
| 大豆 | 8 月 23 日 | 0.00 | 0.08 | 0.12 | 0.40 | 0.06 | 0.05 | 0.30 | 0.85    |
|    | 8 月 31 日 | 0.00 | 0.00 | 0.23 | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.85    |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       |

### 3、 LCI 遥感监测

叶面叶绿素指数（LCI）能够反映叶片的叶面叶绿素，对叶绿素的含量很敏感。叶绿素含量是评价作物养分状况和生长发育阶段的指标之一，且叶绿素含量与叶片氮素含量呈正相关性，因此，通过实时监测 LCI 的动态变化，也可间接地获取作物产量的变化趋势。图 11 为 2021 年大河湾农场 8 月 20 日-9 月 10 日玉米和大豆的 LCI 变化分布图，随着玉米和大豆生长发育变化而降低。玉米 LCI 由 0.64 降低到 0.40，大豆 LCI 由 0.67 降低到 0.52。从表 5 可以看出在玉米 8 月 23 日遥感监测中，长势很好的农田为 10%，长势好及以上的农田比例为 19%；随着玉米生长，这个趋势变化差异增加，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田达到了 20%，其中长势很好的农田比例为 13%。还可以看出大豆 8 月 23 日的遥感监测中，长势很好的农田比例为 13%，长势好及以上的农田比例为 21%；随着大豆生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田达到了 14%。

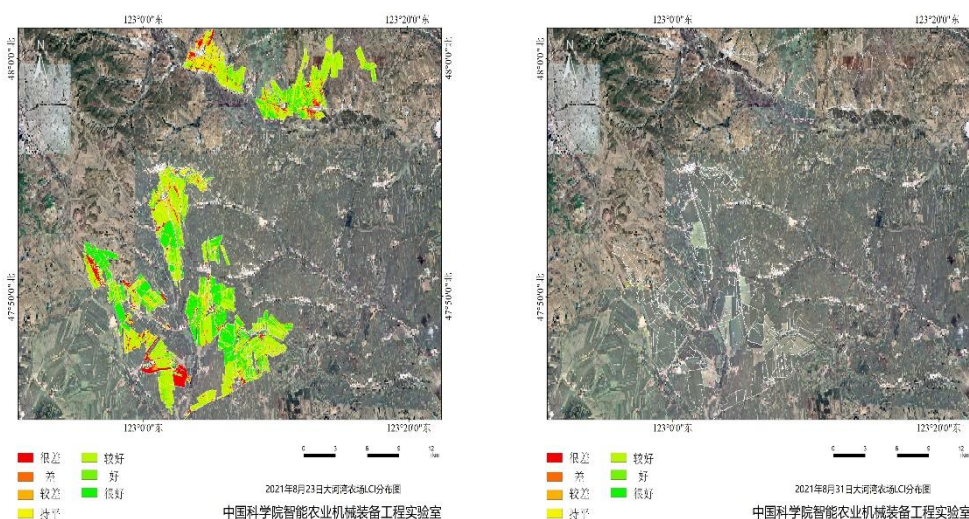


图 11 大豆和玉米 LCI 变化分布图





表 5 大河湾农场农作物 LCI 长势分级占比

| 作物 | 分级<br>比例 | 很差   | 差    | 较差   | 持平   | 较好   | 好    | 很好   | LCI<br>平均值 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| 玉米 | 8 月 23 日 | 0.09 | 0.07 | 0.14 | 0.40 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.64       |
|    | 8 月 31 日 | 0.10 | 0.07 | 0.13 | 0.40 | 0.10 | 0.07 | 0.13 | 0.40       |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -          |
| 大豆 | 8 月 23 日 | 0.09 | 0.06 | 0.15 | 0.40 | 0.09 | 0.08 | 0.13 | 0.67       |
|    | 8 月 31 日 | 0.09 | 0.03 | 0.20 | 0.40 | 0.14 | 0.00 | 0.14 | 0.52       |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -          |

## 4、LAI 遥感监测

叶面积指数是描述玉米冠层结构的重要参数之一，决定玉米冠层的光合作用、呼吸作用、蒸腾和碳循环等生物物理过程，因此精确反演叶面积指数对玉米长势监测具有重要意义。叶面积指数（LAI）定义为单位地表面积上单面绿叶面积的总和，是模拟陆地生态过程、生物地球化学循环以及水热循环的重要参数，在农业、林业、生态、气候变化等领域已经得到了广泛的应用。研究表明，LAI 同作物长势、物候期、产量、净初级生产力等具有较强的相关关系。因此快速、准确、可靠地获取农作物 LAI 具有重要意义。图 12 2021 年大河湾农场 8 月 20 日-9 月 10 日玉米和大豆的 LAI 变化分布图，随着玉米和大豆生长发育变化而变化。玉米 LAI 由 5.16 降低到 4.81，大豆 LAI 则由 4.91 上升到 4.99。从表 6 可以看出在玉米 8 月 23 日遥感监测中，长势很好的农田为 14%，长势好及以上的农田比例为 24%；随着玉米生长，这个趋势变化差异增加，截至 9 月 10 日，长势好及以上的农田虽然变幅不大，但长势很好的农田比例为 18%。还可以看出大豆 8 月 23 日的遥感监测中，长势很好的农田比例为 15%，长势好及以上的农田比例为 23%；随着大豆生长，这个趋势变化差异降低，截至 9 月 10 日，长势很好的农田比例为 9%，长势好及以上的农田比例为 18%。

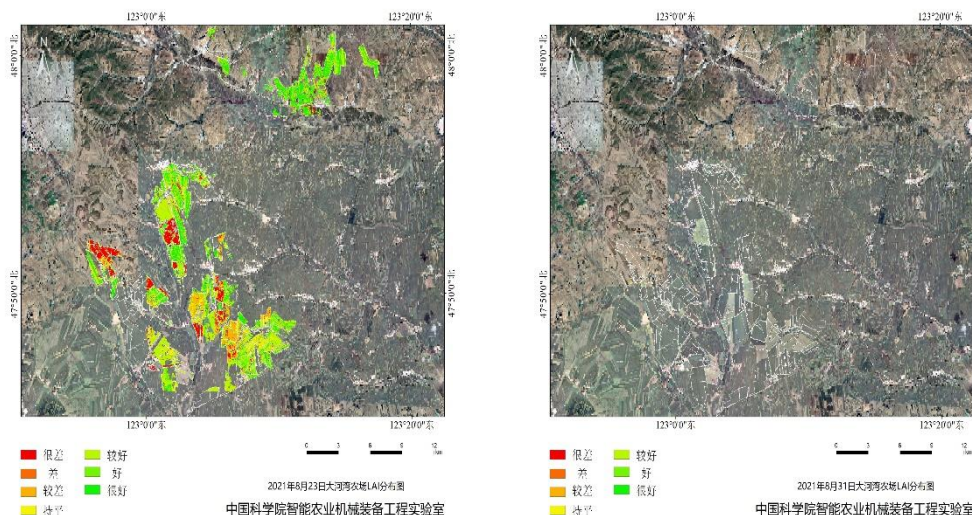


图 12 大豆和玉米 LAI 变化分布图

表 6 大河湾农场农作物 LAI 长势分级占比

| 作物 | 分级比例     | 很差   | 差    | 较差   | 持平   | 较好   | 好    | 很好   | LAI 平均值 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 玉米 | 8 月 23 日 | 0.07 | 0.05 | 0.18 | 0.40 | 0.07 | 0.10 | 0.14 | 5.16    |
|    | 8 月 31 日 | 0.08 | 0.05 | 0.17 | 0.40 | 0.05 | 0.06 | 0.18 | 4.81    |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       |
| 大豆 | 8 月 23 日 | 0.13 | 0.08 | 0.09 | 0.40 | 0.07 | 0.08 | 0.15 | 4.91    |
|    | 8 月 31 日 | 0.09 | 0.00 | 0.23 | 0.40 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 4.99    |
|    | 9 月 8 日  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       |

## 5、 高分影像长势监测

高分卫星提供分辨率优于 3 米的遥感数据,对作物长势进行精细化高分辨率定制化监测。图 13 和表 7 为 2021 年大河湾农场作物 9 月 NDVI 变化分布图及个等级比例,对作物长势 NDVI 进行不同级别划分,红色——绿色表明作物长势越来越好。其中红色(长势很差),黄色(长势持平),绿色(长势很好),根据 2021 年 9 月高分影像 NDVI 监测数据,大河湾农场作物种植区域 NDVI 均值为 0.71,其中 5.36%的种植面积长势很差;5.56%的种植面积长势差;13.2%的种植面积长势较差;10.94%的种植面积长势较好;9.92%的种植面积长势好;11.91%的种植面积长势很好。



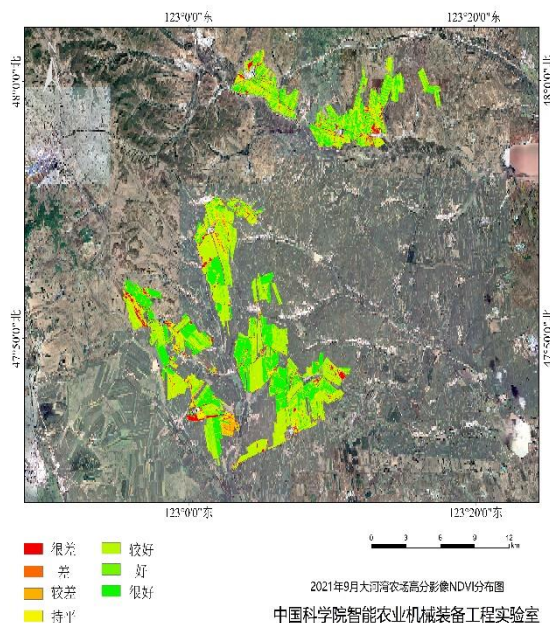


图 13 大河湾农场大豆和玉米 NDVI 变化分布图

表 7 大河湾农场农作物 NDVI 长势分级占比（高分）

| 作物 | 分级比例 | 很差   | 差    | 较差   | 持平   | 较好   | 好    | 很好   | NDVI 平均值 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|    | 9 月  | 0.05 | 0.06 | 0.13 | 0.43 | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.71     |

## 6、五号二地块（玉米）

### （1）NDVI 遥感监测

图 14 为 2021 年大河湾农场 8-9 月玉米 NDVI 变化分布图，对作物长势 NDVI 进行不同级别划分，红色-绿色表明作物长势越来越好。其中红色（长势很差），黄色（长势持平），绿色（长势很好）根据分布显示。8 月 22 日玉米种植区域的 7.59%长势很差；5.60%种植面积长势差；16.82%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.91%种植面积长势较好；8.51%种植面积长势好；10.59%种植面积长势很好（表 8）。8 月 29 日玉米种植区域的 7.92%长势很差；6.06%种植面积长势差；16.02%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；11.03%种植面积长势较好；8.47%种植面积长势好；10.50%种植面积长势很好（表 8）。9 月 5 日玉米种植区域的 8.61%长势很差；6.59%种植面积长势差；14.08%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.62%种植面积长势较好；8.60%种植面积长势好；10.78%种植面积长势很好（表 8）。9 月 12 日玉米种植区域的 9.03%长



势很差；7%种植面积长势差；13.97%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.48%种植面积长势较好；8.64%种植面积长势好；10.88%种植面积长势很好（表8）。

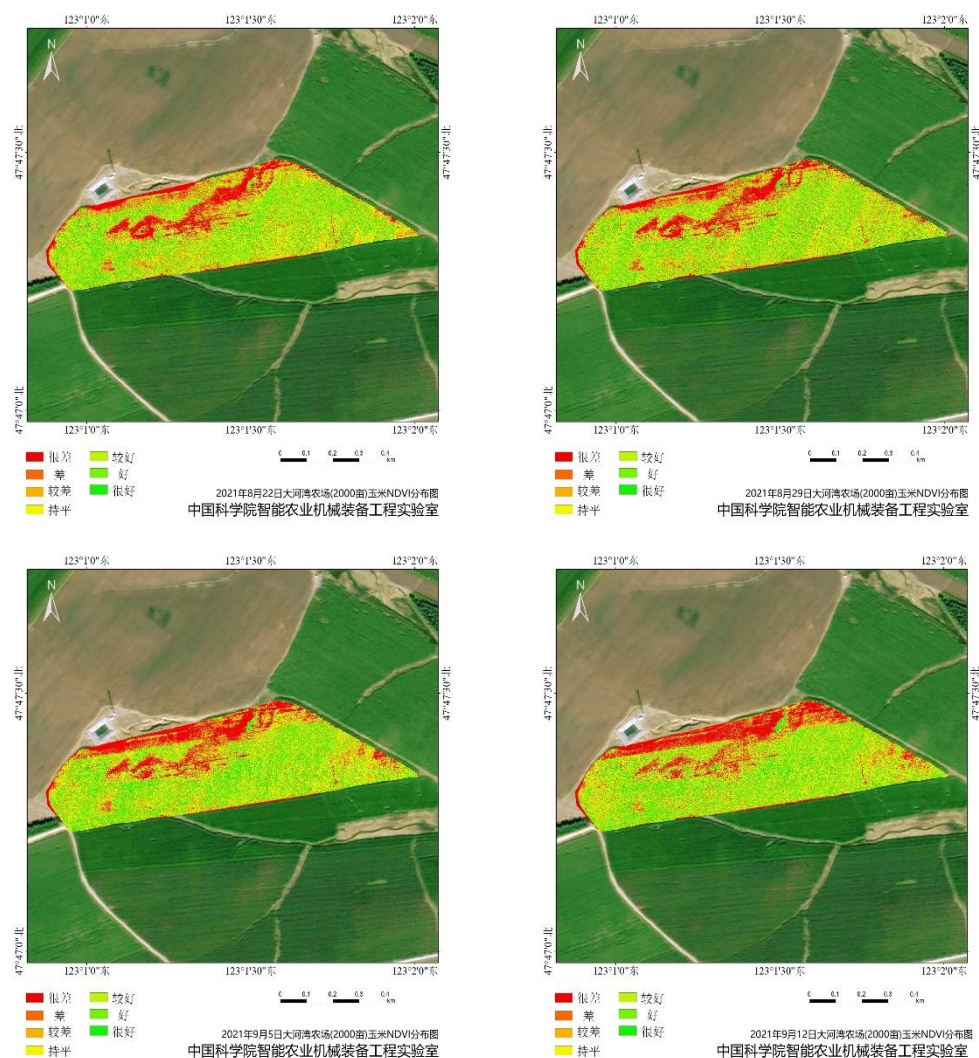


图 14 大河湾农场五号二地块影像 NDVI 变化分布图

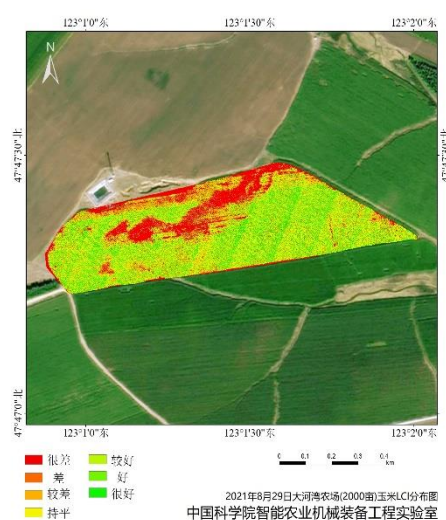
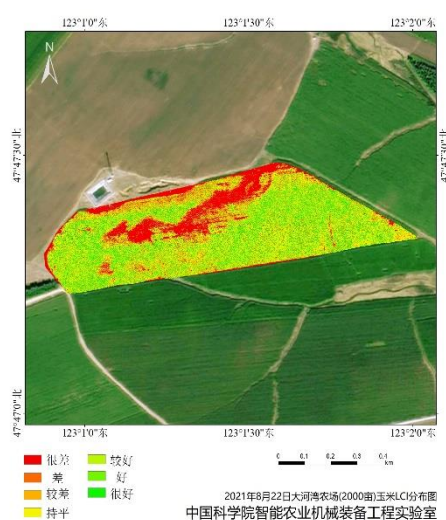
表 8 大河湾农场五号二地块 NDVI 分级占比

|    | 分级<br>比例 | 很差   | 差    | 较差    | 持平    | 较好    | 好    | 很好    | NDVI<br>均值 |
|----|----------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------------|
| 玉米 | 8 月 22 日 | 7.59 | 5.60 | 16.82 | 40.00 | 10.91 | 8.51 | 10.59 | 0.43       |
|    | 8 月 29 日 | 7.92 | 6.06 | 16.02 | 40.00 | 11.03 | 8.47 | 10.50 | 0.43       |
|    | 9 月 5 日  | 8.61 | 6.59 | 14.80 | 40.00 | 10.62 | 8.60 | 10.78 | 0.17       |
|    | 9 月 12 日 | 9.03 | 7.00 | 13.97 | 40.00 | 10.48 | 8.64 | 10.88 | 0.34       |



## (2) LCI 遥感监测

图 15 为 2021 年大河湾镇 8-9 月玉米的 LCI 变化分布图，对作物长势 LCI 进行不同级别划分，红色-绿色表明作物长势越来越好。其中红色（长势很差），黄色（长势持平），绿色（长势很好）根据分布显示。8 月 22 日玉米种植区域的 8.74% 长势很差；5.98% 种植面积长势差；12.58% 种植面积长势较差；40% 种植面积长势持平 11.32% 种植面积长势较好；8.39% 种植面积长势好；10.3% 种植面积长势很好（表 9）。8 月 29 日玉米种植区域的 9.04% 长势很差；6.53% 种植面积长势差；14.44% 种植面积长势较差；40% 种植面积长势持平；11.55% 种植面积长势较好；8.31% 种植面积长势好；10.14% 种植面积长势很好（表 9）。9 月 5 日玉米种植区域的 9.87% 长势很差；7.49% 种植面积长势差；12.64% 种植面积长势较差；40% 种植面积长势持平；11.28% 种植面积长势较好；8.41% 种植面积长势好；10.31% 种植面积长势很好（表 9）。9 月 12 日玉米种植区域的 10.22% 长势很差；7.77% 种植面积长势差；12.02% 种植面积长势较差；40% 种植面积长势持平；11.45% 种植面积长势较好；8.34% 种植面积长势好；10.22% 种植面积长势很好（表 9）。





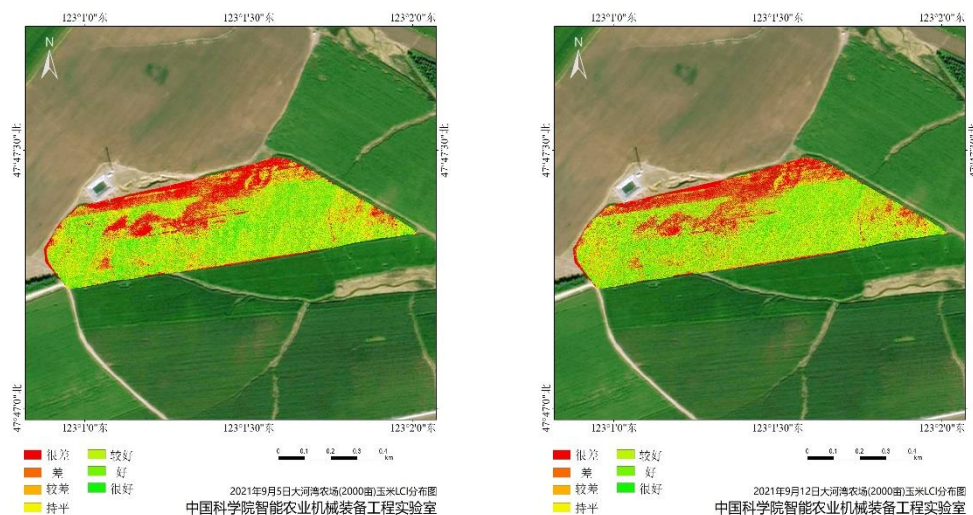


图 15 大河湾农场五号二地块影像 LCI 变化分布图

表 9 大河湾农场五号二地块 LCI 分级占比

|    | 分级<br>比例 | 很差    | 差    | 较差    | 持平    | 较好    | 好    | 很好    | LCI<br>均值 |
|----|----------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-----------|
| 玉米 | 8月22日    | 8.74  | 5.98 | 15.28 | 40.00 | 11.32 | 8.39 | 10.30 | 0.22      |
|    | 8月29日    | 9.04  | 6.53 | 14.44 | 40.00 | 11.55 | 8.31 | 10.14 | 0.21      |
|    | 9月5日     | 9.87  | 7.49 | 12.64 | 40.00 | 11.28 | 8.41 | 10.31 | 0.17      |
|    | 9月12日    | 10.22 | 7.77 | 12.02 | 40.00 | 11.45 | 8.34 | 10.22 | 0.15      |

## 7、上号南节地块（大豆）

### （1）NDVI 遥感监测

图 16 为 2021 年大河湾农场 8-9 月大豆 NDVI 变化分布图，对作物长势 NDVI 进行不同级别划分，红色-绿色表明作物长势越来越好。其中红色（长势很差），黄色（长势持平），绿色（长势很好）根据分布显示。2021 年 8 月 22 号监测数据说明，大豆种植区域的 6.46%长势很差；3.07%种植面积长势差；20.47%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.83%种植面积长势较好；8.56%种植面积长势好；10.61%种植面积长势很好（表 10）。8 月 29 日监测数据说明，大豆种植区域的 7.31%长势很差；6.10%种植面积长势差；16.58%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.33%种植面积长势较好；8.64%种植面积长势好；11.03%种植面积长势很好（表 10）。9 月 5 日监测数据说明，大豆种植区域的 10.06%长势很差；8.43%种植面积长势差；11.51%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；10.92%种植面积长势较好；8.17%种植面积长势好；10.91%种

植面积长势很好（表 10）。9 月 12 日监测数据说明，大豆种植区域的 10.51%长势很差；8.75%种植面积长势差；10.74%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；12.84%种植面积长势较好；7.55%种植面积长势好；9.61%种植面积长势很好（表 10）。

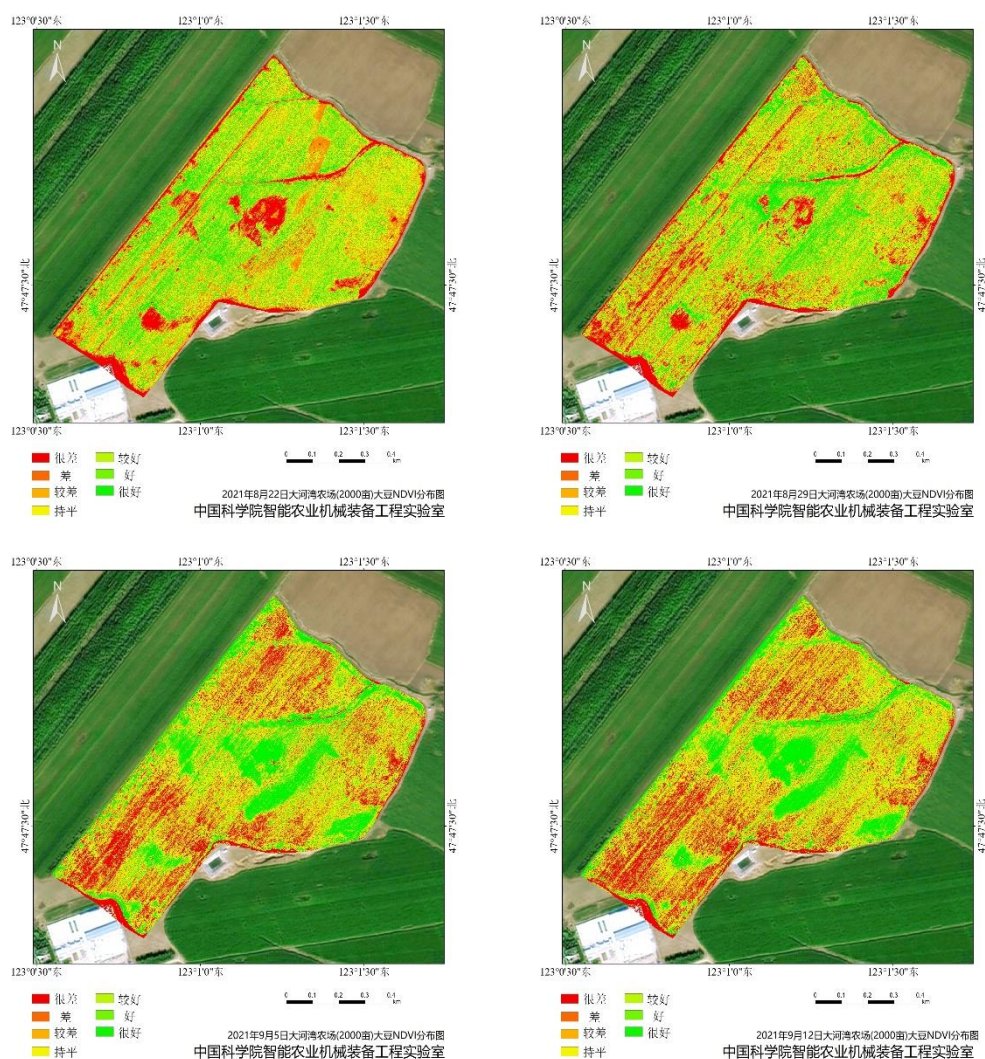


图 16 大河湾农场上号南节地块影像 NDVI 变化分布图

表 10 大河湾农场上号南节地块 NDVI 分级占比

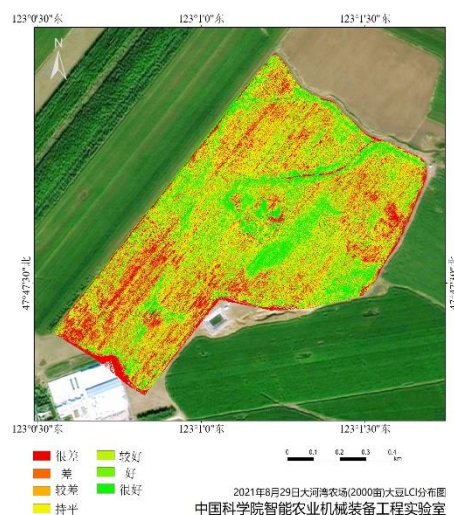
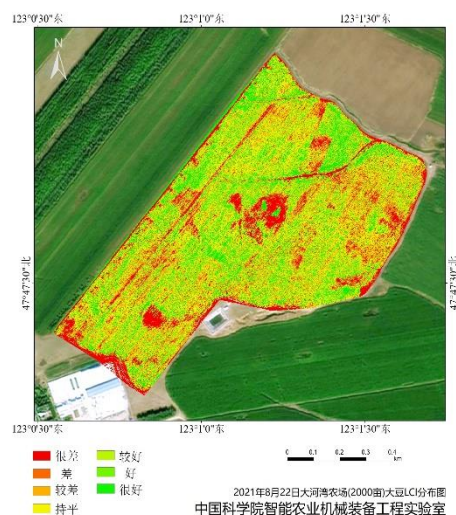
|    | 分级 (100%)<br>比例 | 很差    | 差    | 较差    | 持平    | 较好    | 好    | 很好    | NDVI<br>均值 |
|----|-----------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------------|
|    |                 |       |      |       |       |       |      |       |            |
| 大豆 | 8 月 22 日        | 6.46  | 3.07 | 20.47 | 40.00 | 10.83 | 8.56 | 10.61 | 0.39       |
|    | 8 月 29 日        | 7.31  | 6.10 | 16.58 | 40.00 | 10.33 | 8.64 | 11.03 | 0.37       |
|    | 9 月 5 日         | 10.06 | 8.43 | 11.51 | 40.00 | 10.92 | 8.17 | 10.91 | 0.24       |
|    | 9 月 12 日        | 10.51 | 8.75 | 10.74 | 40.00 | 12.84 | 7.55 | 9.61  | 0.18       |





## (2) LCI 遥感监测

图 17 为 2021 年大河湾镇 8-9 月大豆的 LCI 变化分布图，对作物长势 LCI 进行不同级别划分，红色-绿色表明作物长势越来越好。其中红色（长势很差），黄色（长势持平），绿色（长势很好）根据分布显示。2021 年 8 月 22 号监测数据说明，大豆种植区域的 7.39%长势很差；6.12%种植面积长势差；16.49%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；11.88%种植面积长势较好；8.3%种植面积长势好；9.82%种植面积长势很好（表 11）。8 月 29 日监测数据说明，大豆种植区域的 9.20%长势很差；7.93%种植面积长势差；12.87%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；11.80%种植面积长势较好；8.29%种植面积长势好；9.91%种植面积长势很好（表 11）。9 月 5 日监测数据说明，大豆种植区域的 10.81%长势很差；8.43%种植面积长势差；10.77%种植面积长势较差；40%种植面积长势持平；13.52%种植面积长势较好；7.53%种植面积长势好；8.94%种植面积长势很好（表 11）。9 月 12 日监测数据说明，大豆种植区域的 11.40%长势很差；11.13%种植面积长势差；16.14%种植面积长势较差；52.22%种植面积长势持平；7.06%种植面积长势较好；1.17%种植面积长势好；0.88%种植面积长势很好（表 11）。



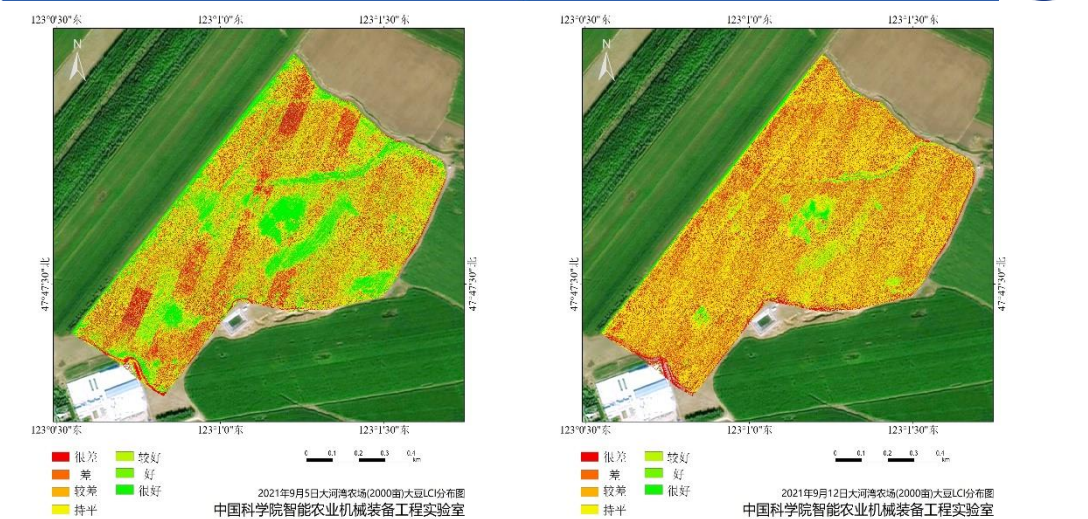


图 17 大河湾农场上号南节地块影像 LCI 变化分布图

表 11 大河湾农场上号南节地块 LCI 分级占比

|    | 分级<br>比例 | 很差    | 差     | 较差    | 持平    | 较好    | 好    | 很好   | LCI<br>均值 |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----------|
|    |          |       |       |       |       |       |      |      |           |
| 大豆 | 8 月 22 日 | 7.39  | 6.12  | 16.49 | 40.00 | 11.88 | 8.30 | 9.82 | 0.13      |
|    | 8 月 29 日 | 9.20  | 7.93  | 12.87 | 40.00 | 11.80 | 8.29 | 9.91 | 0.10      |
|    | 9 月 5 日  | 10.81 | 8.43  | 10.77 | 40.00 | 13.52 | 7.53 | 8.94 | 0.04      |
|    | 9 月 12 日 | 11.40 | 11.13 | 16.14 | 52.22 | 7.06  | 1.17 | 0.88 | 0.13      |

六、 作物估产

1、 测产方案

目的

在作物收获前对产量进行预测，做好作物收储等工作。

采样所需设备

电子秤、网袋、记号笔、标签纸、卷尺、编织袋。

测产工作实施

玉米：（大河湾种植玉米地块共 192 个，采样 100 个地块，共采集 300 个样方点。）



- (1) 选点时要避开地头，树下，路边等区域。
- (2) 在玉米成熟前 5-10 天（预计 10 月 8 日开始），结合遥感影像，将农场玉米种植区域按照作物产量划分为 5 个级别。
- (3) 每个等级选取该等级涵盖地块数量一半的地块作为采样点。
- (4) 每个采样地块取 3 个样方点，每个样方取 3m\*3m 的范围，样方点位置应具有代表性，长势均一。记录样方角点及中心点坐标，种植方式（如等行距种植、宽窄行种植），行距、株距等信息。
- (5) 对样方点内的玉米株树，穗数进行记录。并对玉米穗进行称重（鲜重），在其中选取 5 穗有代表性玉米穗进行单独称重记录鲜重并放入网袋和标签纸。
- (6) 对选取的 5 穗玉米在烘箱内 105℃杀青 2 个小时，温度调节至 80℃进行烘干。烘干至恒重后，进行考种。

**大豆：**（大河湾种植大豆地块共 53 个，采样 30 个地块，共采集 90 个样方点。）

- (1) 选点时要避开地头，树下，路边等区域。
- (2) 在大豆成熟前 5-10 天（预计 9 月 23 日开始），结合遥感影像，将农场范围内大豆种植区域按照作物产量划分为 5 个等级。
- (3) 每个等级选取该等级涵盖地块数量一半的地块作为采样点。
- (4) 每个采样地块取 3 个样方点，每个样方 10 m×10 m 的范围，样方点位置应具有代表性，长势均一。

注：如果该样方点大豆种植方式为三行等行距，则在 10 m×10 m 的范围内按照大豆种植方向选择 2 个，2 陇宽，1 米长的采样点进行采样，每两个样点混合作为该样方点的产量数据。

如果该样方点种植方式为“454”种植方式，则在 10 m×10 m 范围内，选取 2 个 4+5 行陇的种植宽度，1 m 长的样点进行采样，每两个样点混合作为该样方点的产量数据。

记录 10 m×10 m 样方点角点及中心点坐标，并记录作物种植方式（如等行距种植、宽窄行种植），行距、株距等信息。

- (5) 把 10 m×10 m 样方点内的 2 个采样点大豆豆荚进行采摘称重（鲜



重), 记录大豆株树, 两个样点大豆混合后, 在其中选取 20 株大豆豆荚进行单独称重记录鲜重并放入网袋和标签纸。

(6) 对选取的 20 株大豆豆荚在烘箱内 105 °C 杀青 2 个小时, 温度调节至 80 °C 进行烘干。在烘干至恒重, 并将大豆豆荚进行脱粒, 进行考种。

## 2、作物估产分析

大河湾农场主要监测作物为玉米和大豆。遥感分析显示, 该农场土壤养分较为丰富。碱解氮含量均值为 168 mg/kg, 属于极高等级 (>150 mg/kg)。有效磷含量均值为 21.7 mg/kg, 属于高含量等级。速效钾含量均值为 132 mg/kg, 属于中上等级。有机质含量均值为 3.7%, 属于高等级。

2021 年大河湾农场春播工作始于 5 月初, 总体来看, 今年农业气象条件正常, 与过去 3 年平均水平相比。5 月 1 日-9 月 10 日该农场积温为 2407 °C, 相比同期历史积温 2465 °C, 今年偏低 58 °C; 整体趋势与历史 3 年相近。前期积温的降低对作物出苗及苗势有一定影响。积雨量 5 月 1 日-9 月 10 日该农场为 587 mm, 相比同期历史积雨量 539 mm, 今年偏高 48 mm。降雨主要集中在 6 月下旬, 较历史往年降雨量有所提升, 降雨有利于作物生长, 对作物产量提升有好处。

综合上述指标, 结合作物生长模型动态分析, 截至 9 月 10 日综合分析该农场玉米 21% 地块单产小于 820 斤/亩, 70% 地块单产位于 820-860 斤/亩之间, 玉米 9% 地块单产大于 860 斤/亩, 综合分析该农场玉米单产预计 770-870 斤/亩, 2021 种植面积 9.7 万亩, 总产量预计 7469.0-8439.0 万斤; 大豆 15% 地块单产小于 270 斤/亩, 61% 地块单产位于 270-290 斤/亩之间, 大豆 24% 地块单产大于 290 斤/亩, 综合分析该农场大豆单产预计 260-310 斤/亩, 2021 种植面积 5.18 万亩, 总产量预计 1346.80-1605.80 万斤。



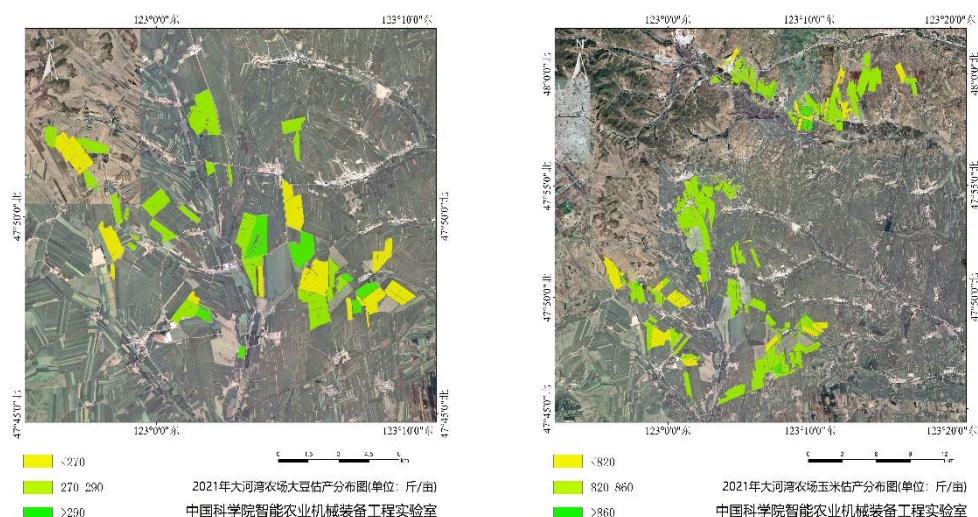


图 18 大豆和玉米产量分布图

### 五号二地块（玉米）

以作物生长模型为基础，通过对该地块玉米长势的动态监测。综合分析玉米三种作物指数，综合分析五号二地块玉米亩产 770-830 斤/亩，该地块面积 1150 亩，总产量预计 88.55-95.45 万斤。

### 上号南节地块（大豆）

以作物生长模型为基础，通过对该地块大豆长势的动态监测。综合分析大豆三种作物指数，上号南节地块大豆亩产 250-300 斤/亩，该地块面积 540 亩，总产量预计 13.5-16.2 万斤。