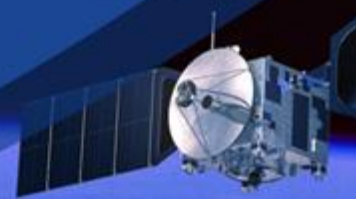




大河湾农场

5-6 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 1 日

目 录

前言.....	2
一、区域概述.....	4
二、农田基础数据调研.....	4
1、作物种植分布.....	4
2、土壤养分.....	5
3、土壤基础墒情监测.....	7
三、农气数据调研.....	8
四、土壤墒情动态监测.....	9
五、作物长势动态监测.....	10
1、NDVI 遥感监测.....	11
2、EVI 遥感监测.....	13
3、LCI 遥感监测.....	15
4、高分影像监测.....	17
六、作物估产.....	18



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，实现对大河湾农场主要作物的地块级估产。

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 5 月 1 日到 6 月 30 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 14-1 所示。

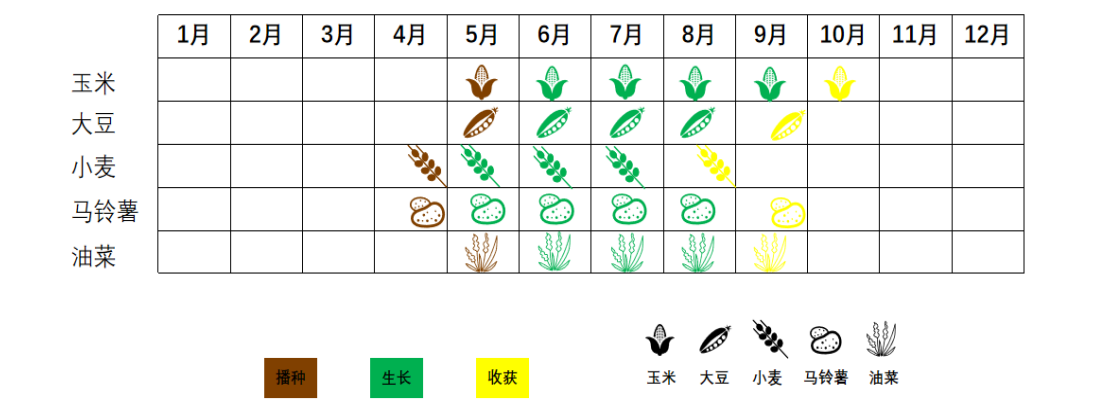


图 14-1 大河湾农场主要作物物候历

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[错误!未找到引用源。](#) a 所示。其中重点对大豆和玉米进行了区分，如下[错误!未找到引用源。](#) b 所示。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。

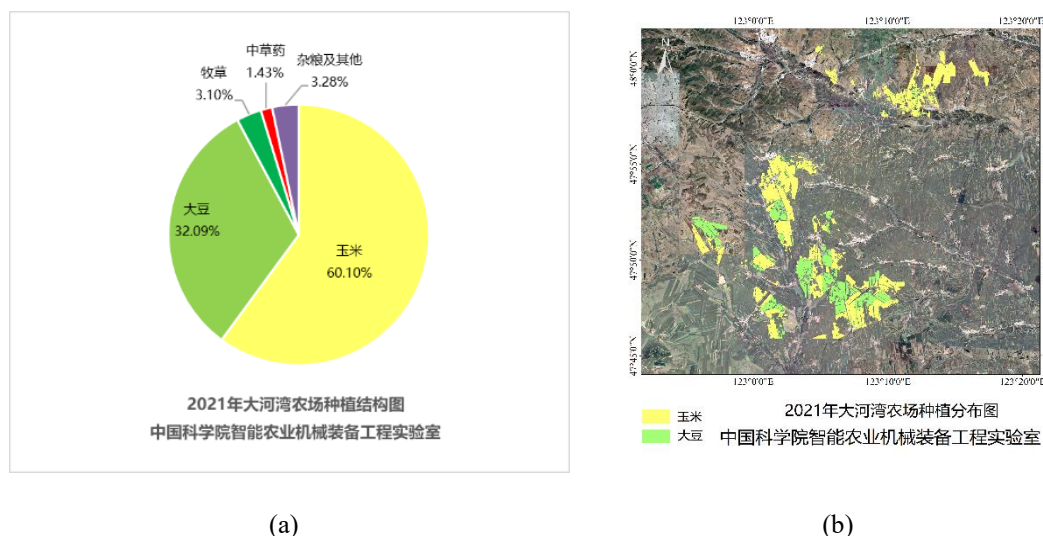


图 14-2 大河湾农场作物分布图

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 14-3 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。

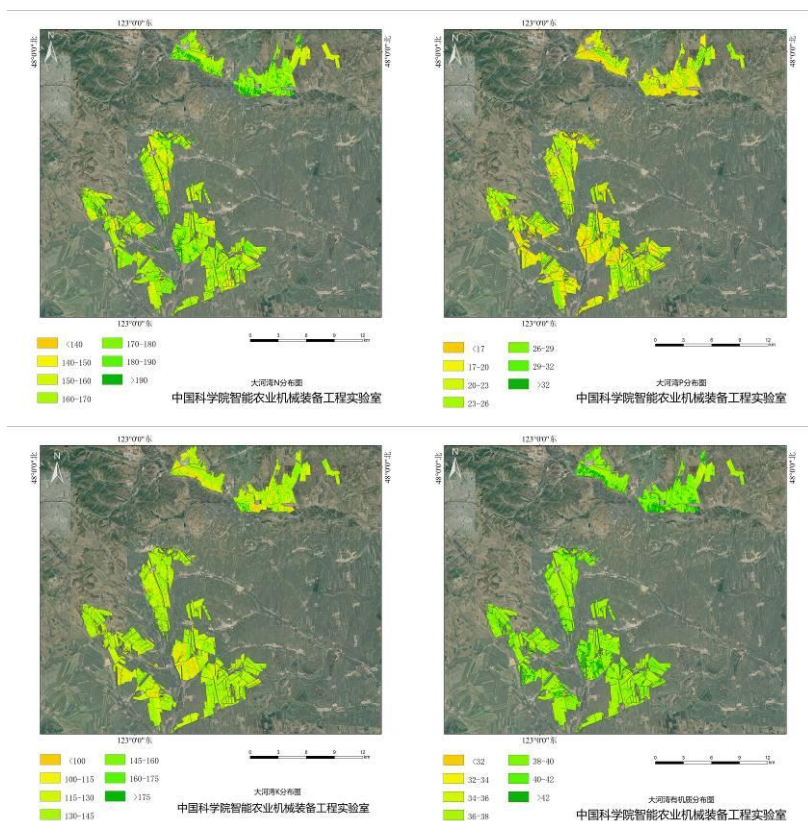


图 14-3 大河湾农场土壤基础理化性状

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镇的土壤含水率，监测频次为一年一次。如图 14-4 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。

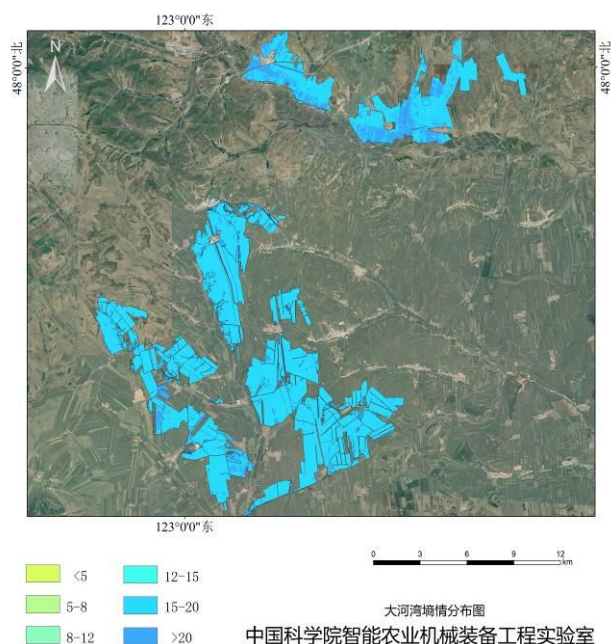


图 14-4 大河湾农场土壤含水率分布图（2021 年 5 月 1 日）

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。

2021 年大河湾农场春播工作始于 5 月初，从图 14-5 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-6 月 30 日该农场积温为 992℃，相比同期历史积温 1006℃，今年偏低 14℃；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-6 月 30 日该农场为 147 mm，相比同期历史积雨量 158 mm，今年偏低 11 mm。降雨主要集中在 6 月下旬，较历史往年降雨量有所降低，但基本与同期历史持平，降雨有利于作物生长，对作物产量提升有好处。

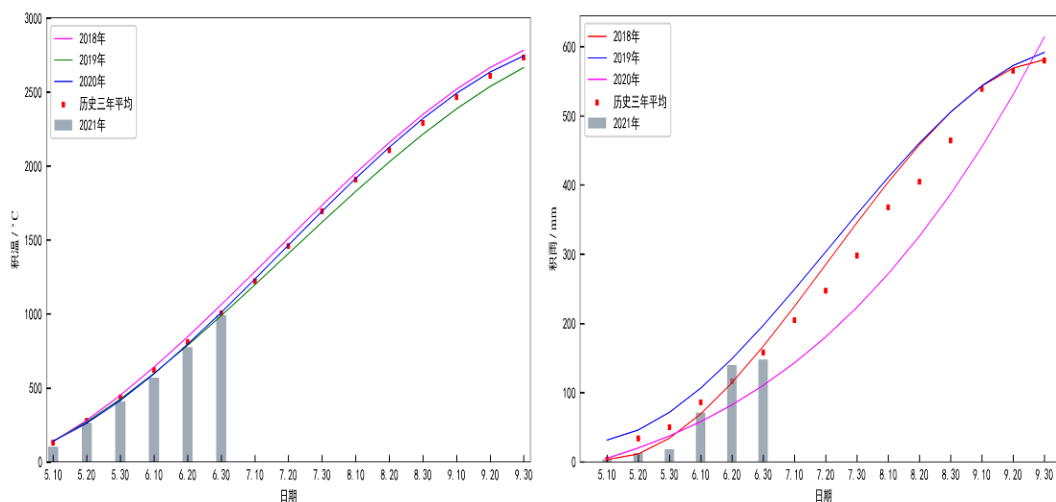


图 14-5 大河湾农场积温和积雨历史曲线图

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 5-6 月的土壤墒情变化,根据 MODIS 过境时间获得了 5 月 19 日、5 月 24 日、6 月 12 日和 6 月 24 日土壤墒情时空分布图,如图 14-6 所示,其分析结果如下所述:

1) 大河湾农场土壤平均含水量为 15%。有 78%的地块土壤墒情低于 15%。其中, 11%区域土壤含水量 $<5\%$, 36%区域土壤含水量处于 5-8% (灰墒状态), 区域属于灰墒状态 (8-12%), 占比 15%。说明该区域在作物生长季节人类活动干扰较少, 导致出现大河湾农场的土壤墒情普遍偏低。16%的农田土壤含水量处于 12-15% (黄墒状态) 干旱程度为轻旱。

2) 剩余农田墒情均适宜作物生长, 土壤含水量均大于 15%。

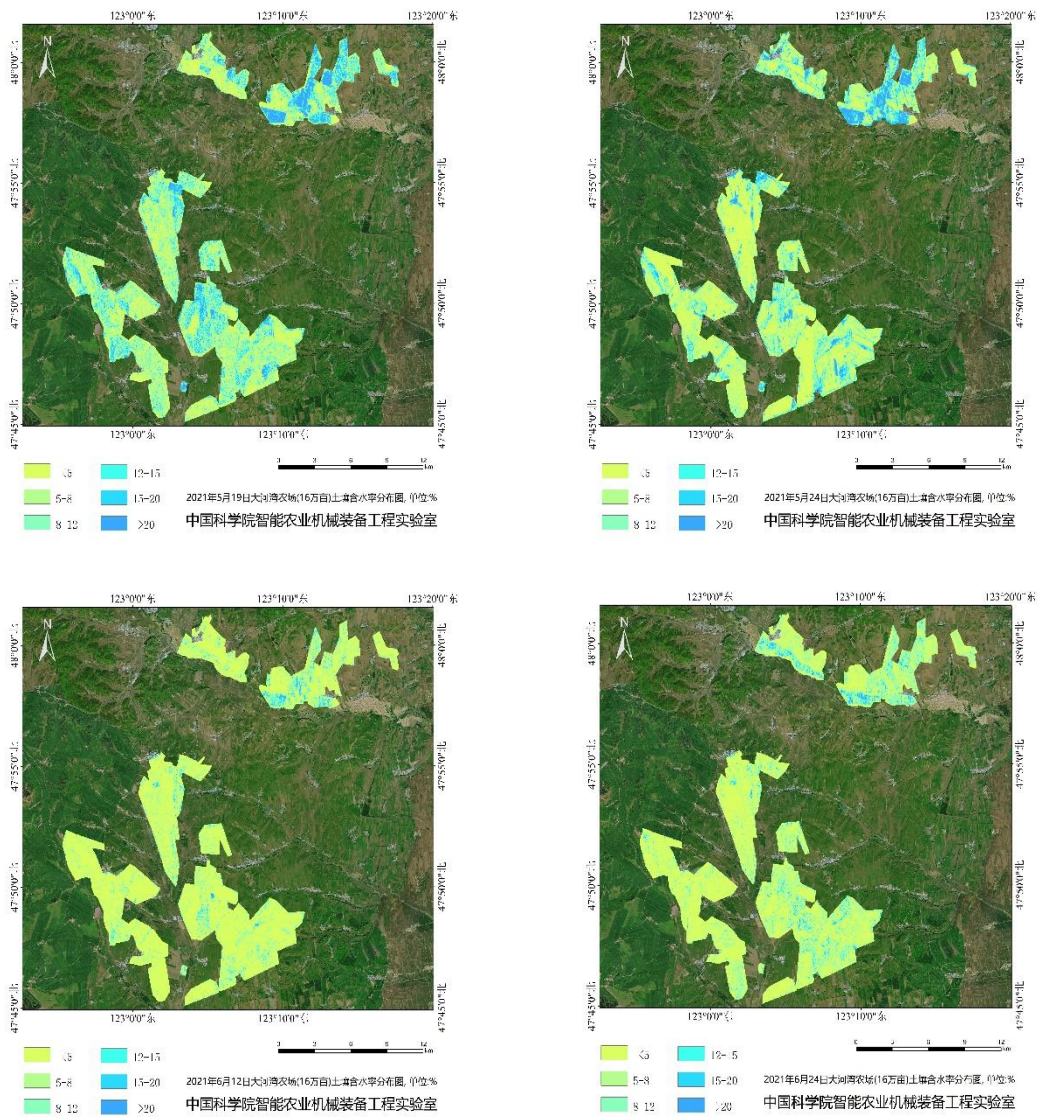


图 14-6 大河湾农场土壤墒情时空分布图

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 14-1 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 14-1 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
大豆	5 月 15 日	幼苗期
	5 月 23 日、5 月 31 日、6 月 8 日	苗期
	6 月 16 日	分枝期
	6 月 24 日	花芽分化期
玉米	5 月 15 日	幼苗期
	5 月 23 日	三叶期
	5 月 31 日、6 月 8 日、6 月 16 日	苗期
	6 月 24 日	拔节期

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认识能力，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。下图为 2021 年大河湾 5-6 月大豆和玉米 NDVI 变化分布图，随着大豆和玉米生长发育变化而增长。前期大豆和玉米的 NDVI 值变化差异不大，待大豆与玉米后期生长迅速。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。从下表可以看出在大豆幼苗期，长势持平以上的农田达到了 72% 以上，长势较差水平以下的农田比例为 28%；随着大豆生长，这个趋势变化差异较小，截至花芽分化期，长势持平以上的农田达到了 73% 以上，长势较差水平以下的农田比例为 27%。从下表可以看出在玉米幼苗期，长势持平以上的农田达到了 66% 以上，长势较差水平以下的农田比例为 34%；随着玉米生长，这个趋势变化差异较小，截至拔节期，长势持平以上的农田达到了 69% 以上，长势较差水平以下的农田比例为 31%。

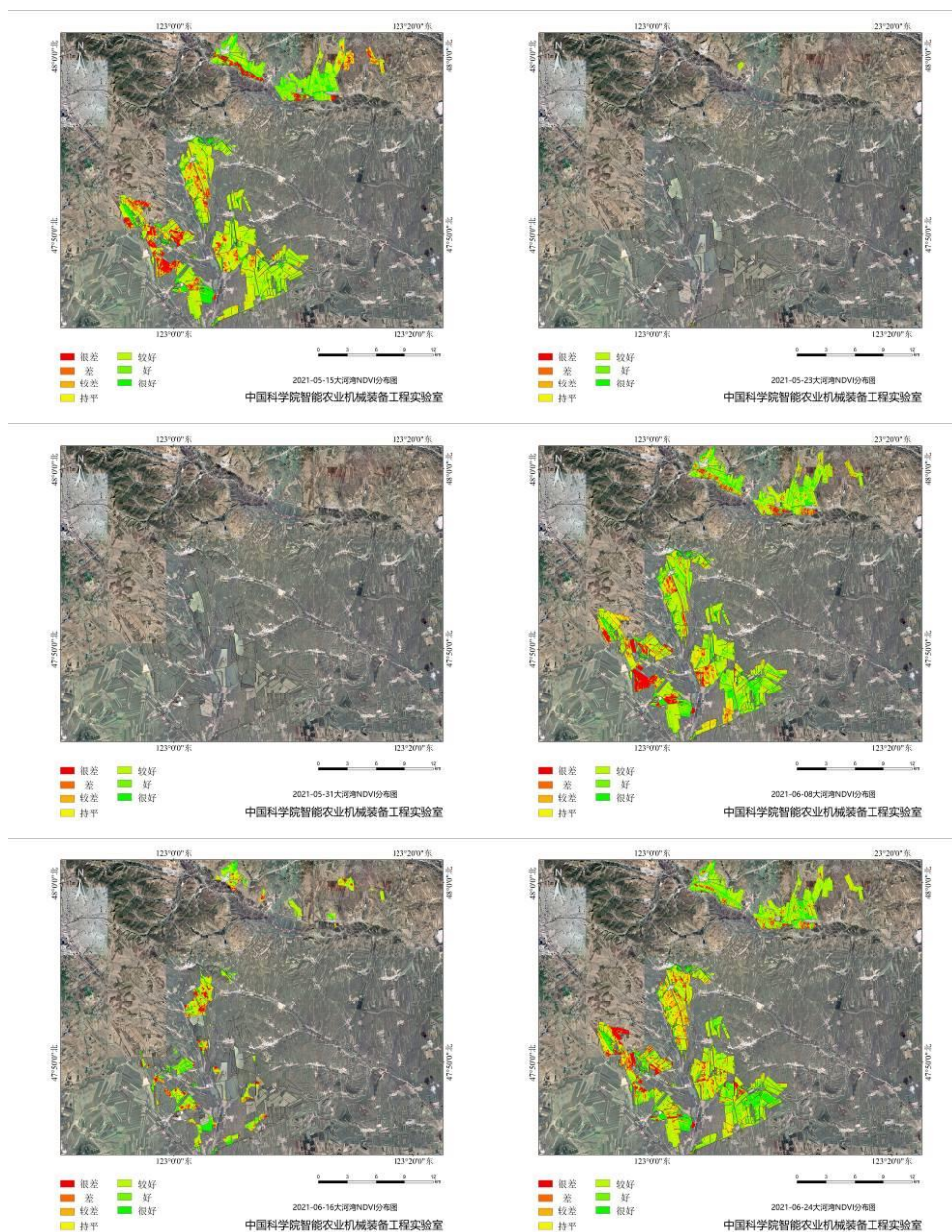


图 14-7 大河湾农场农作物 NDVI 变化分布图

表 14-2 大河湾农场农作物长势分级占比

		分类等级						
		很差	差	较差	持平	较好	好	很好
大豆	幼苗期	0.06	0.08	0.14	0.44	0.21	0.03	0.05
	苗期	0.14	0.07	0.10	0.44	0.17	0.03	0.05
	苗期	0.08	0.08	0.12	0.45	0.19	0.03	0.05



	苗期	0.09	0.08	0.14	0.45	0.16	0.03	0.05
	分枝期	0.09	0.08	0.11	0.45	0.19	0.04	0.04
	花芽分化期	0.08	0.08	0.12	0.44	0.17	0.06	0.05
玉米	幼苗期	0.09	0.09	0.15	0.41	0.16	0.04	0.06
	三叶期	0.08	0.07	0.15	0.38	0.22	0.03	0.09
	苗期	0.09	0.10	0.12	0.37	0.20	0.03	0.09
	苗期	0.07	0.08	0.13	0.31	0.24	0.06	0.11
	苗期	0.12	0.13	0.14	0.28	0.12	0.07	0.14
	拔节期	0.10	0.09	0.12	0.35	0.13	0.07	0.14

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。下图为 2021 年大河湾 5-6 月大豆和玉米 EVI 变化分布图，随着大豆和玉米生长发育变化而增长。前期大豆和玉米的 EVI 值变化差异不大，待大豆与玉米后期生长迅速。分析了 EVI 各分级占总耕作面积的比值及每个生育时期所对应的 EVI 平均值。大豆，从下表可以看出在大豆幼苗期，长势持平以上的农田达到了 68%以上，长势较差水平以下的农田比例为 32%；随着大豆生长，这个趋势变化差异较小，截至花芽分化期，长势持平以上的农田达到了 75%以上，长势较差水平以下的农田比例为 25%。玉米从下表可以看出在玉米幼苗期，长势持平以上的农田达到了 71%以上，长势较差水平以下的农田比例为 29%；随着玉米生长，这个趋势变化差异较小，截至拔节期，长势持平以上的农田达到了 71%以上，长势较差水平以下的农田比例为 29%。

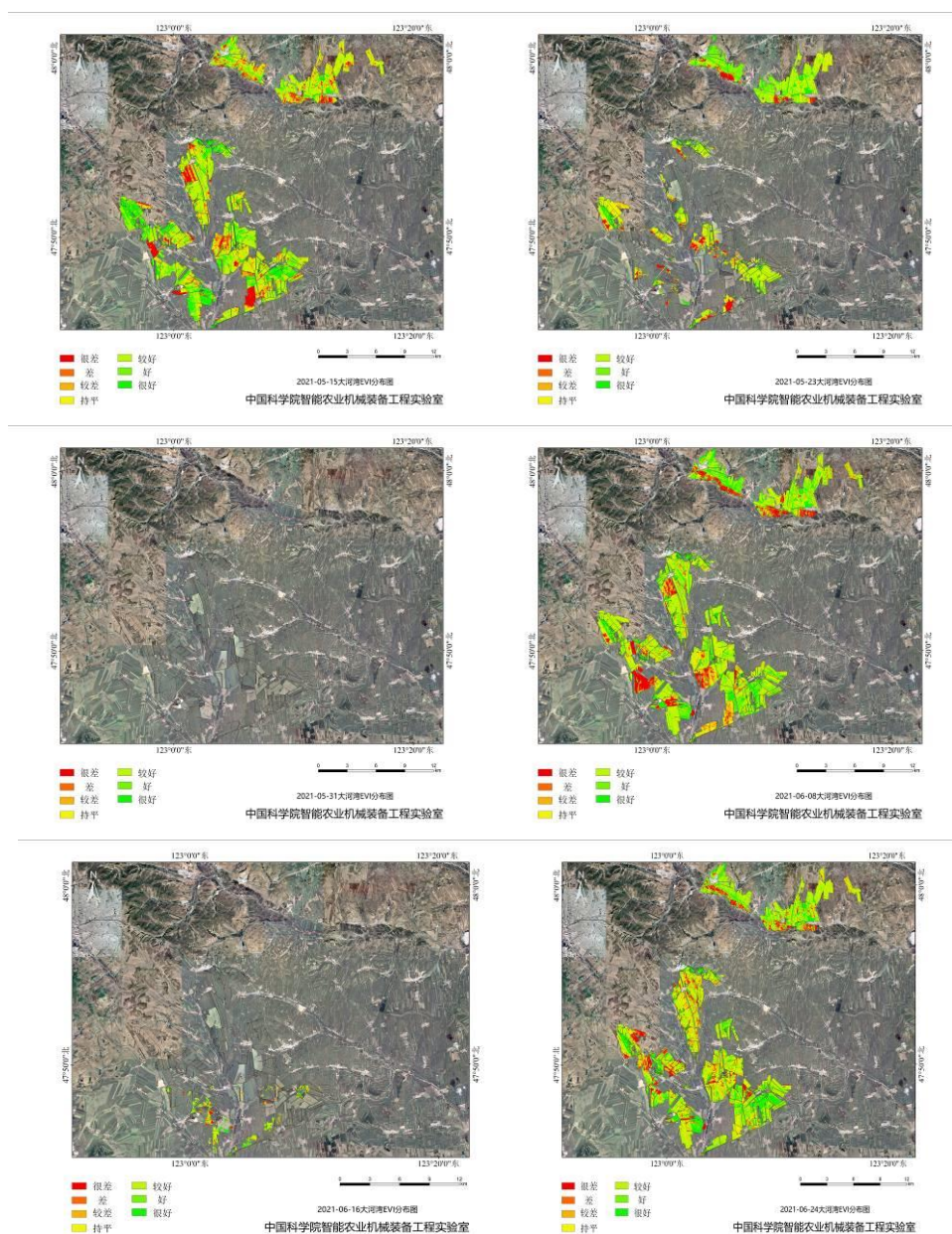


图 14-8 大河湾农场农作物 EVI 变化分布图

表 14-4 大河湾农场农作物 EVI 分级占比

		分类等级						
		很差	差	较差	持平	较好	好	很好
大豆	幼苗期	0.11	0.09	0.11	0.41	0.18	0.03	0.06
	苗期	0.15	0.09	0.09	0.43	0.17	0.03	0.05
	苗期	0.08	0.08	0.11	0.44	0.2	0.03	0.05
	苗期	0.08	0.08	0.11	0.44	0.2	0.03	0.05



	苗期	0.09	0.08	0.13	0.45	0.18	0.02	0.05
	分枝期	-	-	-	-	-	-	-
	花芽分化期	0.06	0.07	0.12	0.46	0.19	0.06	0.05
玉米	幼苗期	0.09	0.09	0.11	0.42	0.23	0.03	0.04
	三叶期	0.08	0.05	0.11	0.4	0.23	0.04	0.08
	苗期	0.11	0.1	0.14	0.38	0.15	0.03	0.08
	苗期	0.08	0.08	0.11	0.34	0.23	0.05	0.11
	苗期	-	-	-	-	-	-	-
	拔节期	0.13	0.11	0.13	0.3	0.12	0.06	0.14

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 14-9 为 2021 年大河湾镇 5-6 月大豆和玉米 LCI 变化分布图，随着大豆和玉米生长发育变化而增长。下图为 2021 年大河湾 5-6 月大豆和玉米 LCI 变化分布图，随着大豆和玉米生长发育变化而增长。前期大豆和玉米的 LCI 值变化差异不大，待大豆与玉米后期生长迅速。分析了 LCI 各分级占总耕作面积的比值及每个生育时期所对应的 LCI 平均值。大豆从下表可以看出在大豆幼苗期，长势持平以上的农田达到了 68%以上，长势较差水平以下的农田比例为 32%；随着大豆生长，这个趋势变化差异较小，截至花芽分化期，长势持平以上的农田达到了 72%以上，长势较差水平以下的农田比例为 28%。玉米从下表可以看出在玉米幼苗期，长势持平以上的农田达到了 70%以上，长势较差水平以下的农田比例为 30%；随着玉米生长，这个趋势变化差异较小，截至拔节期，长势持平以上的农田达到了 71%以上，长势较差水平以下的农田比例为 29%。

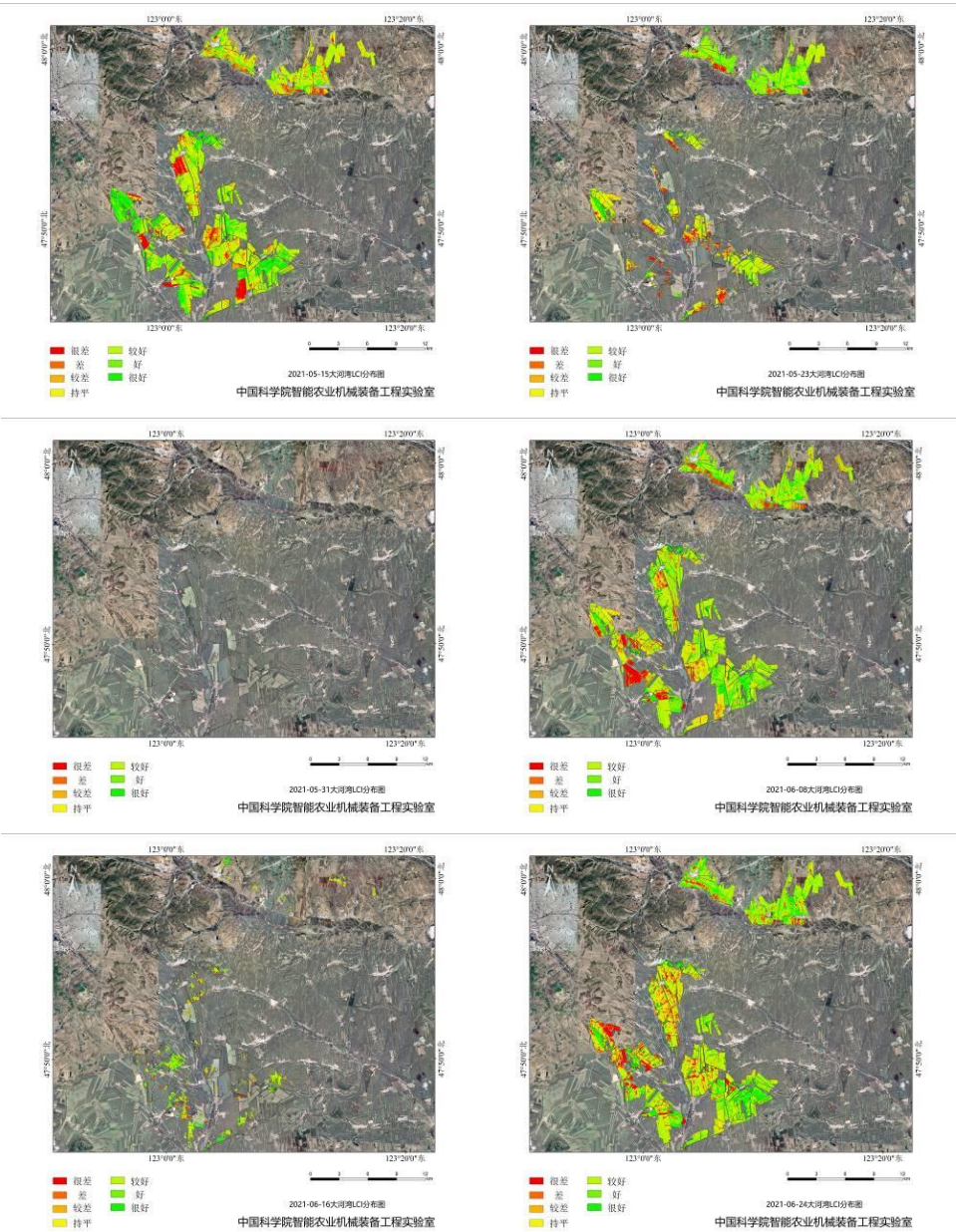


图 14-9 大河湾农场农作物 LCI 时间变化图

表 14-4 大河湾农场农作物 LCI 分级占比

分类等级		比例						
		很差	差	较差	持平	较好	好	很好
大豆	幼苗期	0.11	0.09	0.11	0.41	0.18	0.03	0.06
	苗期	0.13	0.09	0.09	0.42	0.19	0.03	0.05
	苗期	0.07	0.07	0.13	0.44	0.21	0.03	0.05
	苗期	0.08	0.08	0.14	0.45	0.17	0.03	0.05



	分枝期	0.08	0.07	0.12	0.46	0.20	0.03	0.04
	花芽分化期	0.07	0.08	0.12	0.45	0.17	0.05	0.05
玉米	幼苗期	0.09	0.09	0.12	0.42	0.21	0.04	0.04
	三叶期	0.08	0.07	0.11	0.42	0.21	0.03	0.08
	苗期	0.08	0.10	0.16	0.38	0.16	0.03	0.09
	苗期	0.08	0.09	0.13	0.31	0.22	0.06	0.11
	苗期	0.12	0.13	0.14	0.27	0.12	0.07	0.14
	拔节期	0.09	0.08	0.11	0.34	0.16	0.08	0.14

4、高分影像监测

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。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。下图为 2021 年大河湾 6 月作物 NDVI 变化分布图及各等级比例。由图所示，该农场作物长势一般，6 月农场大部分区域 NDVI 在 0.2-0.4 之间，少数区域处于 0.6-0.8 之间。其中玉米 NDVI 均值为 0.30，大豆 NDVI 均值为 0.32。

通过高精度卫星遥感数据，对该农场进行地块级监测，由监测结果显示。该农场目标地块的作物长势，大部分区域 NDVI 处于 0.2-0.4，少部分区域 NDVI 处于 0.4-0.6，表明该处作物长势一般，长势有一定差异。需加强田间管理，结合作物关键生育期进行及时的水肥施用，为作物稳产打下基础。

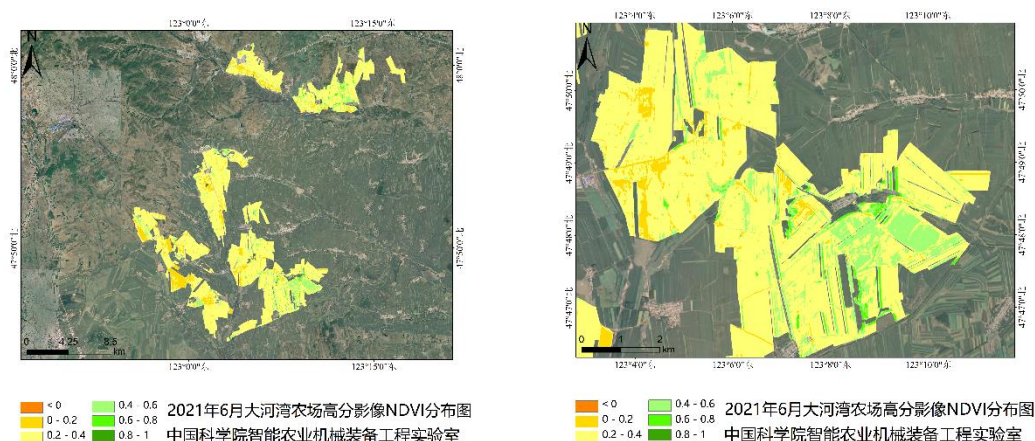


图 14-10 大河湾农场高分影像 NDVI 变化分布图

六、作物估产

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。

截至 6 月 30 日该农场积温为 992 °C，相比同期历史积温 1006 °C，今年偏低 14 °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-6 月 30 日该农场为 147mm，相比同期历史积雨量 158 mm，今年偏低 11mm。通过基于植被指数的农作物动态长势分析，截止 6 月 30 日，玉米和大豆作物长势在持平及以上占比均大于 70%，整体长势均匀，各等级差异不显著。综合上述指标，结合作物生长模型动态分析，截至 6 月 30 日，大河湾农场玉米和大豆的产量较历史同期的基本持平。