

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20160432

· 农业区划 ·

冬牧 70 在宁夏灌区复种的适宜种植区划^{*}

张学艺¹, 韩颖娟^{1*}, 马力文¹, 段晓凤¹, 张玉兰², 杨 婧³

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002; 2. 宁夏气象局应急与减灾处, 银川 750002;
3. 宁夏气象服务中心, 银川 750002)

摘 要 宁夏为一年一熟制地区, 为提高冬闲田的复种指数, 合理利用光热资源, 发挥其生态效益和经济效益, 需做好冬牧 70 的推广。为此, 需搞清楚什么茬口种, 什么地方适合种? 为回答这两个问题, 文章利用 14 个气象观测站 1981~2010 年的气象观测数据, 首先, 根据文献反查和大田试验数据反推气候适宜性区划指标, 再结合坡度、海拔和土地利用类型等信息, 构建冬牧 70 总的适宜种植区划指标, 然后利用 Arc-GIS 平台, 获得不同复种模式下冬牧 70 的适宜种植区划结果。根据区划结果可知: 玉米—冬牧 70—插秧稻复种模式最适宜推广, 大部分地区可保障齐穗期收割的需求。其次是水稻—冬牧 70—插秧稻复种模式, 大部分地区可保障抽穗期收割的需求。而玉米—冬牧 70—玉米或旱直播稻复种模式仅能保障孕穗期收割, 水稻—冬牧 70—玉米或旱直播稻复种模式仅能保障拔节期至孕穗期收割。通过该文的研究为指导冬牧 70 在宁夏灌区的大范围推广提供了技术支撑, 也为其他复种作物的大面积推广提供了参考。

关键词 冬牧 70 宁夏灌区 种植区划

中图分类号: S543+.6; F323.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9121[2016]04-0192-06

0 引言

宁夏灌区为传统的一年一熟制地区, 但气候变暖、热量资源的增加, 为一年两熟制或提高复种指数提供了可能。无论是发展一年两熟制还是提高复种指数都必须先解决好两个方面的问题, 一是既不能因为发展两熟制作物而出现农牧争地, 影响粮食安全。二是也不能只考虑粮食安全而忽视草畜产业的发展, 两者必须兼顾。在国内, 冬牧 70 的研究开展较早, 从 1994 年开始陈庆沐、李应中、王道龙等^[1-4]先后开展了冬闲田复种冬牧草的专题研究与探索, 为在其他地区的推广提供了借鉴。在宁夏, 许强等^[5]在 2000 年前后开始探索引黄灌区农牧结合的种植模式, 试验研究了 11 种农牧组合种植模式, 最终筛选出了 6 种综合效益比传统小麦/玉米套作提高 50% 以上的“理想模式”, 但此研究并不是最早在宁夏进行冬牧 70 引种的试验研究, 最早的记载是 1997 年陈东升等^[6]在永宁县王太的宁夏农科院作物所进行的小范围引种试验, 也是目前能查到的宁夏的唯一一个进行全生育期观测的试验研究。2003 年, 高新华^[7]等在宁夏中卫县进行了冬牧 70 的引种试验, 总结了在宁夏灌区南部栽培种植的技术要点。同年, 胡艳莉等^[8]进行了冬牧 70 生长发育特性与种子生产性能的研究试验, 对具体的生理发育期参数进行了深入研究, 得出了冬牧 70 生育期为 123d 的结论, 为其在宁夏这个热量资源相对不足地区的推广提供了支撑。但以往的研究基本上都是小范围、小区域的试验, 直到 2014 年才由宁夏农牧厅的大力推动, 在宁夏的灵武、吴忠、贺兰等地开始大范围、多区域的示范推广^[9], 研究不同播量、不同株高收割、不同复种作物种植效益对比等, 为其在宁夏大范围推广夯实了基础, 但以上的试验推广都没有进行长时间序列的观测, 而不同年份的气候状况

收稿日期: 2015-06-21

作者简介: 张学艺 (1978—), 男, 河南漯河人, 高工、科长。研究方向: 农业气象遥感应用及气候变化。*通讯作者: 韩颖娟 (1981—), 女, 甘肃平凉人, 工程师。研究方向: 农业气象与 3S 应用。Email: yifei_lzu@sohu.com

***资助项目:** 中国气象局气候变化研究专项“气候变化对宁夏旱作农业的影响与适应对策”(CCSF201415); 2015 年中央财政“三农”服务专项(气减函[2014]42号)

往往存在较大的年际间差异，不能很好地回答什么时候种，在哪种的问题。该文基于前人的试验研究以及近年来的示范推广，应用资料反查法获得其发育期积温指标，建立稳定通过 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温并将其作为主要的区划指标之一。然后，利用 14 个气象观测站 1981 ~ 2010 年的气象观测数据，依据区划指标获得不同复种模式下的热量资源分布情况。而后，结合土壤类型、坡度信息等基础地理信息资料，利用 ArcGIS 平台，最终获得不同复种模式下冬牧 70 的适宜种植区划专题图，为冬牧 70 在宁夏灌区的大面积推广提供科学支撑。

1 资料选取及处理

1.1 资料选取

1.1.1 发育期资料

永宁地区发育期资料来源于胡艳莉等^[8]的观测，灵武地区来源于吴少忠等^[10]的观测，吴忠利通区利用当地农牧局提供的 2014 ~ 2015 年观测资料，贺兰县利用贺兰原种场提供的 2014 ~ 2015 年观测资料。

1.1.2 气象资料

1) 选取观测点附近气象站逐日平均气温资料，永宁地区为永宁县气象站 2003 年 4 月 29 日至 9 月 2 日日平均气温资料，灵武市崇兴镇为 2012 年 9 月 30 日至 2013 年 4 月 27 日崇兴镇自动气象站日观测资料，吴忠市利通区金银滩为 2014 年 9 月 28 日至 2015 年 5 月 6 日金银滩自动气象站日数据，贺兰原种场为 2014 年 10 月 5 日至 5 月 20 日原种场自动气象站日观测数据。

2) 推算站点气象资料为宁夏灌区 7 县及中部干旱带的盐池、同心 1981 ~ 2010 年大监站逐日平均气温资料，来源于宁夏气象局信息中心档案室。

1.1.3 地理信息数据

- 1) 气象站地理信息数据：经度、纬度、海拔高度，来源于宁夏气象局信息中心档案室。
- 2) GIS 地理信息数据，包括行政边界、坡度、土壤类型，来源于中国气象局下发的宁夏地理信息基础资料，进行相应的边界提取。

1.1.4 气候适宜性指标

根据江苏太湖地区冬牧 70 课题组及马玉胜^[11-12]的研究，冬牧 70 停止生长的临界温度为 0.4°C ，适宜温度为 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，茎、叶、苗在 $-25 \sim -15^{\circ}\text{C}$ 气温条件下可不受冻害。另据高新华等^[7]的研究也表明，“冬牧 70”在日平均气温 0°C 条件下仍可以缓慢生长。故此，可将 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温作为“冬牧 70”的气候区划生理指标。

1.2 资料处理

1.2.1 稳定通过 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的 5 日滑动积温计算

使用宁夏气象科研所研制的宁夏省级农业气象服务系统相关模块进行计算，由于程序不支持跨年计算，越冬期的积温为当年值和第二年值的累加。计算时段根据论文和试验中“冬牧 70”的发育期观测时段。根据陈东升等^[6]的研究，以牧草为主的黑麦种植业，可在抽穗后 10d 收割，此时其生长量达到最大值，而且也是营养状况的最佳时期。所以，最佳收获期定为“齐穗期”，即抽穗后 10d，各地不同发育期的积温计算结果如下表 1。

1.2.2 插值推算

常见的空间插值方法一般可分为整体插值法、局部插值法、地学统计法和混合插值法。其中，局部插值法是提取研究区域内全部已知数据点中邻近于插值点的部分数据点，基于部分点的特征值对插值点进行估算的一种方法，因为这种方法考虑了插值点局部区域内的特征，它对于插值点的估计值较为精确。代表性的局部插值法有反距离加权插值法、样条函数插值法、最近邻点插值法和 Kriging 插值法等。该研究空间插值方法选取局部插值法，根据研究^[13-15]，在温度的局部空间插值方法中，Kriging 插值法比较有优势。研究中为积温推算，属于温度范畴。另外，对比使用了 IDW、Spline 和 Natural 等插值计算方法，并对推

算后的整体效果进行了比较，结合实际的分布情况，确认 Kriging 插值效果最好。

表 1 灌区试验点“冬牧 70”各发育期≥0℃积温统计

发育期	永宁王太		利通区金银滩		灵武崇兴镇		贺兰县原种场	
	(月/日)	(积温℃)	(月/日)	(积温℃)	(月/日)	(积温℃)	(月/日)	(积温℃)
播种	4/29		9/28		9/30		10/05	
出苗	5/08	163.6	10/08	157.1	10/09	114.7	10/22	184.0
分蘖	5/23	179.4	10/23	149.8	10/22	110.3		
越冬			11/25	133.0				
返青			3/08	8.9	2/13	54.1	3/10	160.3
拔节	6/04	245.0	4/21	385.6	4/15	425.7		
孕穗					4/21	78.1		
抽穗	6/14	201.1	5/06	252.5	4/27	87.2	5/10	670.3
齐穗	6/24	244.2	5/16	167.6	5/07	178.2	5/20	158.7
开花	6/26	41.1						
盛花	7/02	118.3						
成熟	9/02	1 379.2						
播种至抽穗积温		789.1		1 086.9		870.1		1 014.6
播种至齐穗积温		1 033.3		1 254.5		1 048.3		1 173.3
全生育期积温		2 571.9						

1.2.3 坡度、海拔、土地利用类型

根据《宁夏自治区高标准农田建设标准》中基本农田对坡度的相关规定要求^[16]，基本农田坡度要求小于 20°，灌区基本农田的海拔要求在 1 600m 以下，土地利用类型为可耕地，将以上 3 种资料进行重分类，符合要求的定义其值为 1，不符合要求的定义其值为 0。

2 结果与分析

表 2 宁夏灌区“冬牧 70”种植区划指标

区划等级	≥0℃积温	坡 度	海拔高度	土地利用类型
适 宜	>1 213.0	<20°	<1 600m	可利用耕地
较适宜	1 086.9 ~ 1 213.0	<20°	<1 600m	可利用耕地
不适宜	<1 086.9	≥20°	≥1 600m	非利用耕地

2.1 区划指标

根据高新华、孙学钊等^[7,17]的研究以及吴忠市利通区和贺兰原种场的试验结果表明：冬牧 70 多次割青和 1 次齐穗期收割其收获量和效益相差不大，而在宁夏灌区多次割青面临的主要问题是①生长 30 ~ 50cm 收割后干鲜比小，脱水严重，造成总产并不高。②割青后灌溉往往跟不上或面临无水可灌，影响生长速度及下次的收割时间，割青次数偏少，总产量不足。③多次割青导致水肥管理和人力投入成本大，效益不明显。一般认为冬牧 70 在抽穗后的 10d 即齐穗期收割其效益最佳，所以，可将满足播种至齐穗期的积温为最佳适宜气候区划指标，满足播种至抽穗始期的积温时为较适宜气候区划指标，当不能满足播种至抽穗始期的积温时为不适宜种气候区划指标。需要注意的是：积温指标的确定原则是就高不就低，积温指标为两个高值站点的平均值。此外，考虑地形因素、海拔高度、土地利用类型因素，最终形成冬牧 70 在宁夏灌区的总的种植区划指标，具体如下表 2：

2.2 复种模式及积温统计

根据宁夏灌区实际的种植结构，可将冬牧 70 的复种模式分为 4 种，并参考多年的作物发育历期对种植时间和收获时间取值，原则是在保障灌区主粮（玉米、水稻）完全能够成熟收获的情况下，播种期时间尽量往前靠，而收获期时间尽量向后延，以保障玉米、水稻的完全成熟、收获。4 种复种模式及时间如下：

模式 1: 玉米 (9 月 25 日) ——冬牧 70——玉米或旱直播水稻 (4 月 10 日)

模式 2: 玉米 (9 月 25 日) ——冬牧 70——插秧稻 (5 月 15 日)

模式 3: 水稻 (10 月 5 日) ——冬牧 70——玉米或旱直播稻 (4 月 10 日)

模式 4: 水稻 (10 月 5 日) ——冬牧 70——插秧稻 (5 月 15 日)

根据不同的复种模式, 应用软件按进行积温统计, 获得灌区 7 县及中部干旱带 2 县的 1981 ~ 2010 年新 30 年的 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的 5 日稳定滑动平均气温的积温 (表 3)。

表 3 不同复种模式下新 30 年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温统计

站 号	站 名	经 度	纬度	海 拔	模式 1	模式 2	模式 3	模式 4
53 518	大武口	106. 3	39. 0	1 102. 0	721. 8	1 255. 5	585. 1	1 113. 1
53 519	惠农	106. 8	39. 2	1 092. 2	642. 6	1 143. 8	509. 9	1 006. 7
53 615	陶乐	106. 7	38. 8	1 102. 9	618. 3	1 114. 8	489. 3	979. 6
53 611	平罗	106. 6	38. 9	1 099. 9	659. 6	1 164. 3	528. 5	1 027. 6
53 609	贺兰	106. 3	38. 5	1 108. 0	667. 0	1 176. 9	537. 9	1 040. 8
53 614	银川	106. 2	38. 5	1 112. 7	682. 7	1 194. 6	552. 8	1 059. 0
53 618	永宁	106. 3	38. 3	1 117. 9	706. 2	1 216. 7	576. 2	1 080. 5
53 610	灵武	106. 3	38. 1	1 117. 3	646. 2	1 147. 1	522. 8	1 017. 0
53 617	青铜峡	106. 1	38. 0	1 132. 2	717. 3	1 231. 7	587. 9	1 095. 6
53 612	吴忠	106. 2	38. 0	1 129. 0	733. 8	1 252. 7	602. 1	1 113. 9
53 705	中宁	105. 7	37. 5	1 184. 9	731. 2	1 250. 8	599. 1	1 112. 6
53 704	中卫	105. 2	37. 5	1 226. 8	675. 2	1 174. 0	547. 8	1 041. 4
53 723	盐池	107. 4	37. 8	1 348. 9	585. 2	1 048. 9	465. 4	922. 9
53 810	同心	105. 9	37. 0	1 345. 2	694. 0	1 183. 9	563. 4	1 047. 2

2.3 不同复种模式的区划结果

根据冬牧 70 的区划指标, 具体见 2. 1, 按照不同的复种模式分别进行区划。其中, 积温推算方法使用 Kriging 插值, 坡度、海拔高度、土地利用类型进行重分类。利用 ArcGIS 栅格计算功能进行多图层运算, 使用人为断点法进行区划结果分类, 所有图层的空间分辨率为 250m, 采用 WGS84 坐标投影, 最终得到 4 种复种模式下冬牧 70 的适宜种植区划, 具体见图 1。

根据区划结果 (图 1), 模式 1 和模式 3, 灌区各地 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温不能满足冬牧 70 生长至抽穗始期的要求, 说明玉米或水稻收获后至玉米播种或旱直播稻播种前这段时间不适宜复种冬牧 70; 模式 2, 灌区除盐池的东部、麻黄山地区、同心高海拔山区、兴仁及中卫香山不适宜复种外, 其他地区都可以复种, 都能满足抽穗始期后收割, 尤其是贺兰山东麓地区以及热量资源非常好的中宁县、青铜峡、吴忠利通区西部和红寺堡区西部地区, 热量条件完全可以满足齐穗期收获的要求; 模式 4, 灌区偏东地区为较适宜种植区, 盐池全县、灵武山区、沙坡头区及同心县大部地区为不适宜区, 其热量条件都无法满足冬牧 70 齐穗的要求。

3 结论与讨论

总的来说, 在宁夏引黄灌区利用秋季作物收获后的冬春季空闲期复种冬牧 70, 在①提供青绿饲草, 缓解畜牧业急剧发展对饲草的需求; ②缓解粮饲争地矛盾; ③改善土壤结构、培肥地力; ④控制农田冬春起尘、防止农田沙化等方面有着广阔的发展前景。宁夏区内前期虽做了大量工作, 但仍存在范围小、时间短的问题, 不具备大面积推广所需的过硬的科技支撑。尤其是西北地区气候条件恶劣、敏感且脆弱, 在复种作物上表现的尤为突出, 而获得好的区划指标和区划结果对指导推广十分必要。该文总结了冬牧 70 的气候适宜性区划指标, 结合土壤、土地利用、海拔等因素进行了种植区划研究, 为大范围推广冬牧 70 提供了支撑, 也为其他地区的冬牧 70 的推广起到了抛砖引玉的作用。但由于可借鉴的相关文献少, 所以区划仍存在诸多值得商榷和推敲的地方。

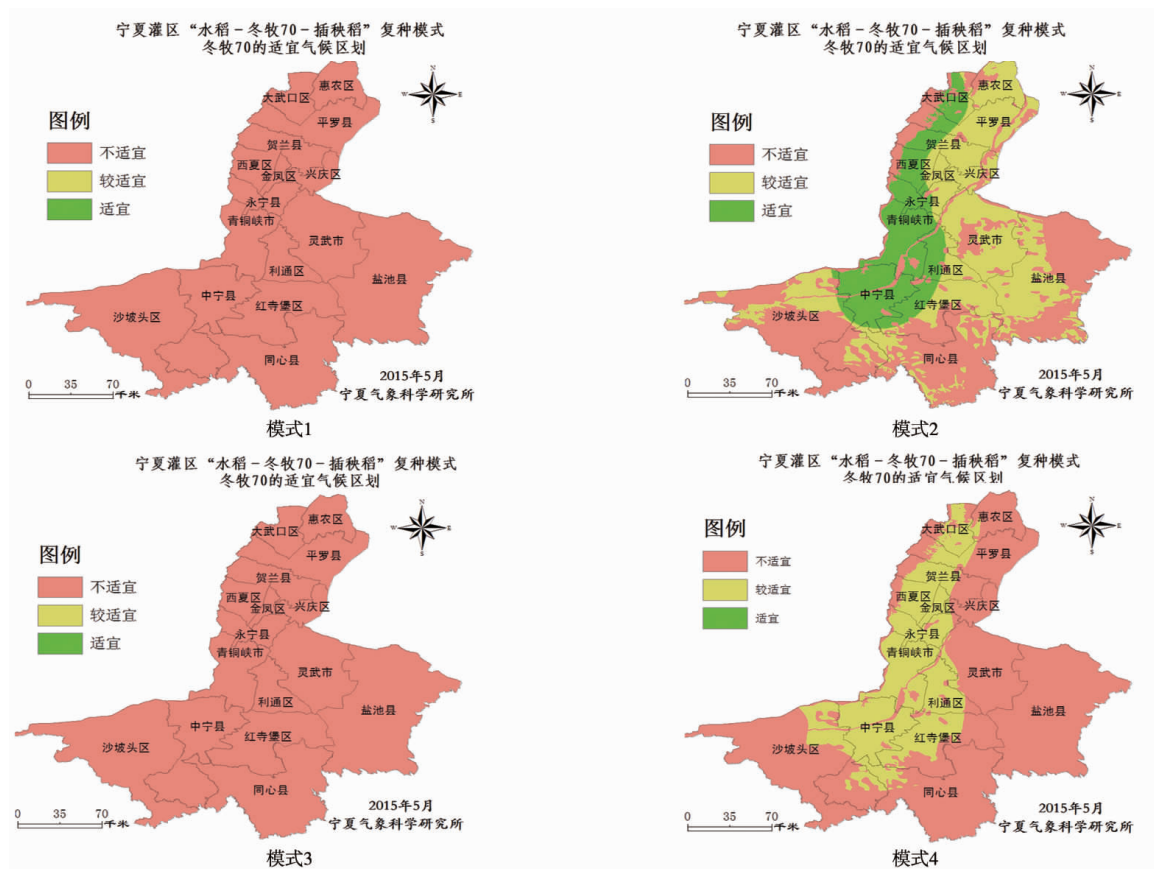


图1 不同复种模式下冬牧70的适宜种植区划

3.1 讨论

(1) 该文只讨论了4种复种模式且复种的都是冬牧70, 其中模式1和模式3都完全不适宜复种冬牧70, 那适宜复种什么作物并没有进行更深入的探讨, 需进一步的研究解决此问题。

(2) 该文所反推的积温指标并不是试验田块的观测数据, 而是使用了临近气象站点的替代数据, 这在一定意义上对区划结果的精度存在影响, 如想获得精确的区划指标, 应进行严格的试验观测, 获得更加精确的指标。

(3) 任何一种作物的区划指标是关键, 该文的区划指标虽考虑了气温、土壤、土地利用, 但对西北地区来讲, 冬春季的土壤水分条件、越冬期最低气温等也是制约冬牧70推广的关键因素, 若要在西北地区进行大范围推广, 需结合本地的实际情况进行区划指标的组合。

3.2 结论

(1) 根据区划结果, 玉米—冬牧70—插秧稻复种模式最适宜在宁夏灌区进行推广, 大部分地区能够满足齐穗期收获。其次是水稻—冬牧70—插秧稻复种模式, 大部分地区基本能够满足抽穗期收割。而玉米—冬牧70—玉米或旱直播稻复种模式仅满足孕穗期收割。水稻—冬牧70—玉米或旱直播稻复种模式仅满足拔节期至孕穗期间的收割。

(2) 在宁夏, 灌区玉米争取在9月20日前收获, 冬牧70最好在9月25日前播种; 水稻争取在10月1日前收完, 冬牧70争取在10月5日前播种。冬牧70的最佳收割日期最好在抽穗后10~15d收割, 使产量和质量达到最佳状态。

(3) 冬牧70饲草越冬期往往不是冻死而是因土壤水分不足旱死, 建议越冬前要大水灌溉, 对漏水严重的田块可适当补灌, 严禁冰层覆盖。土壤封冻后, 于12月下旬及时镇压打碾, 弥合裂缝, 保温防冻;

次年返青前于2月上中旬进行1~2次镇压打碾,提墒促进返青。

参考文献

- [1] 陈庆沐. 开发棉花冬闲田发展冬牧草. 中国农业资源与区划, 1994, (3): 19~20
- [2] 陈庆沐, 马兴林, 许建新. 利用冬闲田种牧草促进畜牧业再发展. 中国农业资源与区划, 1995, (5): 53~57
- [3] 李应中. 开发利用北方冬闲田, 种植冬牧70黑麦草. 中国农业资源与区划, 1994, (3): 21~23
- [4] 王道龙, 毕于运, 徐斌, 等. 西北地区利用冬闲田种植冬牧70黑麦的建议. 中国农业资源与区划, 2003, 24 (5): 1~4
- [5] 许强, 刘跟红, 杨建功, 等. 宁夏粮食主产区农牧结合种植模式的研究. 干旱地区农业研究, 2003, 21 (4): 1~5
- [6] 陈东升, 袁汉民, 范金萍, 等. 冬牧70黑麦秋播试验初报. 宁夏农林科技, 1999, (6): 54~55
- [7] 高新华, 郭荣. 宁夏引黄灌区稻前种植美国70黑麦的前景及栽培技术要点. 宁夏科技, 2002, (6): 66
- [8] 胡艳莉, 兰剑. 冬牧70黑麦生长发育特性与种子生产性能研究. 宁夏农林科技, 2009, (6): 31~33
- [9] 宁夏农牧厅, 冬牧70种植技术手册. 2014
- [10] 吴少忠, 唐辉, 张仲军. 冬牧70黑麦最佳播种方法筛选试验报告. 科技信息, 2013, (23): 459
- [11] 江苏太湖地区“冬牧70”课题组. 冬牧70的引种及应用. 江苏农业科学, 1984, (9): 40~41
- [12] 马玉胜. 冬季优良牧草—冬牧70黑麦. 草业科技, 2004, 158 (31): 16
- [13] 刘智勇, 张鑫, 方睿红. 基于DEM的榆林市降水空间插值方法分析. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38 (7): 227~234
- [14] 刘劲松, 陈辉, 杨彬云, 等. 河北省年均降水量插值方法比较. 生态学报, 2009, 29 (7): 3493~3500
- [15] 黄永麟, 钟仕全, 莫建飞. GIS支持下的自动站雨量插值方法比较. 气象研究与应用, 2011, 32 (1): 60~64
- [16] 宁夏自治区农田水利基本建设指挥部办公室. 宁夏回族自治区高标准农田建设标准(试行), 宁农建指发[2011]3号
- [17] 孙学钊, 陈唯真, 邢甬初. 冬牧70黑麦冬季及早春刈割试验. 牧草与饲料, 1992, (2): 7~11

THE WINTERGRAZER - 70 SUITABLE PLANTING REGIONALIZATION OF MULTIPLE CROPPING PATTERNS IN NINGXIA IRRIGATION AREA

Zhang Xueyi¹, Han Yingjuan^{1*}, Ma Liwen¹, Duan Xiaofeng¹, Zhang Yulan², Yang Jing³

(1. Ningxia Key Lab for Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002, China;

2. Emergency and Hazard Mitigation Department of Ningxia Meteorological Bureau, Yinchuan 750002, China;

3. Ningxia Meteorological Service Center, Yinchuan 750002, China)

Abstract Ningxia belongs to a single cropping system region. It is essential to popularize Wintergrazer - 70 in order to improve the fallow cropping index, use reasonably the light and heat resources, and obtain ecological and economic benefits. Based on 14 meteorological stations observation data from 1981 to 2010, this paper firstly established climate suitable regionalization index using the literature reverse lookup and field test methods. And then, it constructed the total suitable planting regionalization indexes of the wintergrazer - 70 by combined with slope, elevation and land use type and other information. Finally, it analyzed the suitable planting regionalization results under the different cropping patterns by used the ArcGIS platform. The results showed that the multiple cropping pattern of the corn - wintergrazer - 70 - transplanting rice was the best pattern, and can be harvested at the full heading stage. The rice - wintergrazer - 70 - transplanting rice was the better pattern and could be harvested in the heading stage. While, the multiple cropping pattern of the corn - wintergrazing - 70 - corn (or dry direct seeding rice) and the rice - wintergrazing - 70 - corn (or dry direct seeding rice) were the worse patterns which could be harvested in the booting stage or in the stage from jointing to booting stage. This paper could provide the technical support to guide the wide extension of the wintergrazing - 70 in the Ningxia irrigation area.

Keywords wintergrazer - 70; Ningxia irrigation area; planting regionalization