

北疆“一年两作”冬小麦-复播青贮玉米模式 物质生产及资源利用率研究

张占琴^{1,2}, 魏建军^{1,2*}, 杨相昆^{1,2}, 桑志勤^{1,2}

(1. 新疆农垦科学院作物研究所, 新疆 石河子 832000;

2. 谷物品质与遗传改良兵团重点实验室, 新疆 石河子 832000)

摘要: 为建立与农区畜牧业发展相适应的资源高效利用的新型饲料生产体系, 满足市场对青贮玉米需求, 2011—2012 年在新疆天山以北地区对冬小麦-复播青贮玉米、单季冬小麦、单季青贮玉米不同模式的物质积累和生育过程的光、温资源的实际利用效率进行系统测定分析。结果表明, 冬小麦-复播青贮玉米双季模式优于传统单季种植冬小麦模式, 其全年干物质生产率提高 84.8%、周年干物质产能提高 87.8%, 年总辐射利用效率提高 87%, 年总有效积温利用率 103%。复播青贮玉米干物质生产效比春播率低 7.1%, 太阳总辐射生产率和温度生产效率复播比春播分别高 0.12 g·MJ⁻¹ 和 0.7 kg·hm⁻²·°C⁻¹。因此冬小麦-复播青贮玉米具有高产高效特点, 为一熟农区畜牧发展提了一条新型饲料生产种植模式。

关键词: 冬小麦-青贮玉米; 一年两作; 物质与能量生产率; 资源利用效率; 北疆地区

中图分类号: S344.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)06-0028-06

Dry matter production and resources use efficiency of double-cropping winter wheat-forage maize system in North Xinjiang

ZHANG Zhan-qin^{1,2}, WEI Jian-jun^{1,2*}, YANG Xiang-kun^{1,2}, SANG Zhi-qin^{1,2}

(1. Cotton Research Institute, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science Shihezi Xinjiang 832000, China;

2. Key Lab of Xinjiang Production and Construction Corps for Cereal Quality Research and Genetic Improvement, Shihezi Xinjiang 832000, China)

Abstract: In order to meet the market requirement for forage maize and develop new cropping system with high dry matter production and resources use efficiency, the field experiments were conducted in the temperature limited regions of North Xinjiang in 2011 and 2012. The ecologic conditions including radiation and temperature were recorded and dry matter production was determined. In addition, dry matter production and resources use efficiency were compared between winter wheat-forage maize system and conventional winter wheat systems. The results showed that annual production efficiency of dry matter, energy production, radiation production efficiency, and temperature production efficiency in double-cropping wheat-maize system were 84.8%, 87.8%, 87.0% and 103% compared with conventional winter wheat system, respectively. Annual production efficiency of dry matter of sequential cropping forage maize was 7.1% lower than spring forage maize, and the light use efficiency and temperature efficiency were 0.12 g·MJ⁻¹ and 0.7 kg·hm⁻²·°C⁻¹ higher than spring forage maize, respectively. Therefore, the double cropping system can increase natural resources use efficiency and have favourable effect on the utilization of light and temperature during the growing season. The proposed system offers a new approach both for increasing crop diversity and crop production in northern Xinjiang.

Keywords: winter wheat-forage maize system; double-cropping; dry matter and energy production efficiency; resource use efficiency; Northern Xinjiang

收稿日期: 2013-06-21

基金项目: 新疆建设兵团科技支疆项目(2009ZJ02); 国家科技支撑计划(2011BAD29B06); 新疆建设兵团重点实验室基金项目(CQG2012-XJ04)

作者简介: 张占琴(1983—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事耕作与农作物栽培研究工作。E-mail: zzzq3000qwe@163.com。

* 通信作者: 魏建军(1966—), 男, 博士, 研究员, 主要从事耕作与农作物栽培研究工作。E-mail: xjwj807@163.com。

新疆是我国畜牧业的优势区,随着动物性产品需求日益增加,青贮玉米市场需求快速增长。与庞大的需求量相比,现有玉米生产量远远不足^[1-2]。探索更高效、高产的玉米生产新技术体系对促进畜牧业发展、提高农民收入是十分重要的。种植制度的变迁随着农业生产水平发展和种植业技术的提高发生着明显的阶段性变化^[3]。进入21世纪以来,我国耕作制度正向着高经济效益和高资源利用率方向发展^[4]。新疆属典型的大陆性气候,光照充足,热量丰富,日照时间长。北疆地区日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $2\ 500^{\circ}\text{C} \sim 3\ 500^{\circ}\text{C}$,无霜期 $140 \sim 170\ \text{d}$ 。北疆早熟冬麦成熟收获后尚有的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $2\ 000^{\circ}\text{C} \sim 2\ 200^{\circ}\text{C}$,无霜期 $95 \sim 100\ \text{d}$, $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 的持续日数 $80 \sim 85\ \text{d}$ 。而一年两作研究主要集中在热量资源充足的南疆,北疆地区受热量资源、品种、农机具等因素限制,一年两作农田较少,2009年滴灌小麦种植成功,北疆地区一年两熟技术有了新的突破。本研究在此基础上应用早熟冬小麦及青贮玉米品种,麦后免耕复播抢农时,充分利用热量资源,探索冬小麦-复播青贮玉米新模式的物质生产和资源效率,为热量限制两熟区北疆畜牧业及城郊畜牧业经济的发展提供理论与技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种和试验设计

本试验于2011—2012年在新疆农垦科学院作物所试验地进行,试验田土壤为黏质壤土。一年两作模式第一季为新冬22号,第二季为新玉15号。新冬22号全生育期265 d,新玉15号春播青贮全生育期100 d,复播青贮全生育期85 d,新饲玉10号春播青贮全生育期135 d。一年两作模式采用麦后免耕滴灌方式种植,冬小麦滴灌带配置为1管4行,玉米为1管2行,冬小麦收获穗数 $750\ \text{万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$,玉米种植密度 $75\ 000\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$,小区面积 $600\ \text{m}^2$,12行种植。

本试验所设4个处理模式分别是:

模式I:为一年两作冬小麦-青贮玉米,第一季冬小麦于9月23日播种(2011年),6月21日收获;第二季于6月28日播种(2012年),9月20日收获(乳熟中期)。

模式II:CK1,单季种植冬小麦,于9月23日播种(2011年),6月21日收获。

模式III:即CK2,为单季春播青贮玉米新玉15号(2012年),于4月27日播种,8月5日收获(乳熟后期)。

模式IV:即CK3,为单季春播青贮玉米新饲玉10

号(2012年),于4月27日播种,9月12日收获(乳熟后期)。

1.2 主要测定项目及方法

1.2.1 生态资源测定 利用澳大利亚生产的SPAC田间农业生态监测系统,进行间隔60 min的全时程($24\ \text{h}\cdot\text{d}^{-1}$)全年度(365 d)自动记录,温度采用U盘式温度计(microlite,美国)测量,依据年度和生育阶段的总辐射、有效积温,计算出相关效率值。

1.2.2 物质生产量分析 冬小麦完全成熟时收获,新饲玉10号和新玉15号均在乳熟期收获,收获时随机选取3个测产点,每个点取宽3.6 m、长20 m小区,测量整个小区的鲜重,计算 $666.7\ \text{m}^2$ 干物质生产量。青贮玉米品种从每个取样点植株中随机抽取7株,称重、烘干;冬小麦品种从每个取样点植株中取10株考种,将所有主茎与分蘖分开,称重、烘干。计算植株含水率及 $666.7\ \text{m}^2$ 干物质生产量。

1.3 物质、能量生产与生态因素资源效率分析

1.3.1 物质生产与干物质产能 物质生产效率以单位面积干物质的产量表示。

物质生产效率($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) = 小区收获鲜重 \times (1 - 植株含水量)/小区面积

干物质产量转换为能量以干重热值(燃烧值)来表示^[5]。干重热值(GCV)是指每克干物质燃烧所释放的能量($\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$)。本试验玉米干重热值为 $1.807 \times 10^4\ \text{J}\cdot\text{g}^{-1}$;小麦干重热值为 $1.747 \times 10^4\ \text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ ^[6]。

干物质产能以单位面积生产的干物质产量的干重值热值表示。

干物质产能($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) = 干物质产量/单位面积 \times 干重热值

1.3.2 光能生产效率和年总辐射利用率 光能生产效率以生育期间平均单位热量生产的干物质重量表示。

光能生产效率($\text{g}\cdot\text{MJ}^{-1}$) = 干物质产量/作物生育期内单位面积的太阳辐射

年总辐射利用率(%) = 干物质产能/单位面积的全年太阳辐射

1.3.3 温度生产效率 温度生产效率是指生育期间日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温生产的干物质重量。

温度生产效率(%) = 单位面积干物质生产量/生育期间有效积温

年有效积温利用率(%) = 作物生育期间有效积温/全年有效积温

2 结果与分析

2.1 一年两作青贮玉米生产与其它模式的生育进程比较

不同种植模式对全年的时间利用不同(见图1)。

冬小麦-复播青贮玉米模式全生育期 356 d,其中复播青贮玉米生育期 84 d,冬小麦生育期 272 d;单季冬小麦全生育期为 272 d;春播新玉 15 号全生育期 100 d;春播新饲玉 10 号全生育期 138 d。复播新玉 15 号麦后比春播全生育期缩短 16 d。冬小麦-复播青贮玉米模式有效积温天数 189 d,分别比单季种植冬小麦、单季春播新饲玉 10 号、单季春播新玉 15 号多 84 d、51 d、89 d。

2.2 不同种植模式周年干物质生产效率、能量及其季节分配比较

2.2.1 不同种植模式周年干物质生产效率及分配

一年两作冬小麦-青贮玉米模式周年总干物质生产效率显著高于其它 3 种模式(表 1),4 种模式干物质生产的季节分配不同。一年两作冬小麦-青贮玉米模式周年总干物质生产效率比单季冬小麦、春播新玉 15 号、春播新饲玉 10 号分别增加 16 315、17 995、7 214 kg·hm⁻²,干物质生产效率提高

84.8%、102%和 25.4%。新玉 15 号麦后复播比春播干物质生产效率降低 1256 kg·hm⁻²,其中叶片、茎秆、果穗分别降低 83、338、835 kg·hm⁻²,其差异主要表现在果穗上。新饲玉 10 号干物质生产效率比冬小麦高 9 102 kg·hm⁻²;单季冬小麦比复播新玉 15 号干物质生产效率高 18%。

2.2.2 不同种植模式周年能量生产

热值是评价植物太阳能累计和化学能转化效率的重要指标^[9]。4 种不同种植模式的物质产能变化趋势一致(表 2)。冬小麦-青贮玉米模式周年干物质产能 63.1 MJ·m⁻²,比单季种植冬小麦、春播新玉 15 号、春播新玉 10 号分别高 29.5、31.3、11.9 MJ·m⁻²,即高 87.8%、98.4%和 23.2%。新玉 15 号复播比正播物质产能低 2.3 MJ·m⁻²,其中叶片、茎秆、果穗分别降低 0.2、0.6、1.5 MJ·m⁻²,差异表现在果穗上。单季冬小麦和春播新饲玉 10 号相比,后者比前者高 17.6 MJ·m⁻²。

表 1 不同种植模式周年干物质生产效率/(kg·hm⁻²)

Table 1 Dry matter production and distribution in different cropping systems

种植模式 Cropping system	第一季 1st season				第二季 2nd season				周年 Annual			
	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant
I	2221	6886	10143	19250	2218	7810	6287	16315	4439	14696	16431	35566
II	2221	6886	10143	19250	—	—	—	—	2221	6886	10143	19250
III	2301	8148	7122	17571	—	—	—	—	2301	8148	7122	17571
IV	4483	10307	13562	28352	—	—	—	—	4483	10307	13562	28352

注: I:冬小麦-复播青贮玉米; II:冬小麦; III:单季春播新玉 15 号; IV:单季春播新饲玉 10 号;—:该项无记录。下同。

Note: I: winter wheat-forage maize system; II: Winter wheat; III: Single spring maize Xinyu15; IV: Single spring maize Xinsiyu10;—: No data. The same as below.

表 2 不同种植模式周年物质能量生产比较/(MJ·m⁻²)

Table 2 The energy of dry matter production in different cropping systems

种植模式 Cropping system	第一季 1st season				第二季 2nd season				周年 Annual			
	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant	叶片 Leaf	茎秆 Stalk	果穗 Ear	全株 Whole plant
I	3.9	12.0	17.7	33.6	4.0	14.1	11.4	29.5	7.9	26.1	29.1	63.1
II	3.9	12.0	17.7	33.6	—	—	—	—	3.9	12.0	17.7	33.6
III	4.2	14.7	12.9	31.8	—	—	—	—	4.2	14.7	12.9	31.8
IV	8.1	18.6	24.5	51.2	—	—	—	—	8.1	18.6	24.5	51.2

2.3 不同种植模式作物光能资源分配与利用

比较年总辐射的分配与利用^[7],4 种不同种植模式之间存在差异(表 3),2011 年 9 月 27 日—2012 年 9 月 26 日全年太阳总辐射为 5 456 MJ·m⁻²,冬麦-复播青贮玉米模式年总辐射最大为 5 302 MJ·m⁻²,其中

冬小麦分配量 3 493 MJ·m⁻²,占太阳总辐射分配率的 64.0%,复播青贮玉米为 1 809 MJ·m⁻²,占 33.2%;冬小麦总辐射生产效率 0.55 g·MJ⁻¹,复播青贮玉米为 0.9 g·MJ⁻¹,年总辐射利用效率为 1.16%。由于该模式生育期(356 d 左右)年总辐射的分配量最大,其物质生产量大,光能生产率高,表现出较高的年总

辐射的利用效率。单季春播新玉 10 号的太阳总辐射生产效率最高为 $0.94 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$, 复播新玉 15 号太阳总辐射生产效率比春播高 $0.12 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ 。

2.4 不同种植模式有效积温分配与温度生产效率

全年有效积温的利用见表 4。2011 年 9 月 27 日—2012 年 9 月 26 日全年有效积温为 $4\ 265^\circ\text{C}$, 冬小麦—复播青贮玉米模式年有效积温为 $4\ 068^\circ\text{C}$, 有

效利用率为 95.4% , 显著高于单季种植作物。春播新玉 15 号全生育期有效积温为 $2\ 456^\circ\text{C}$, 温度生产效率 $7.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, 复播新玉 15 号全生育期有效积温 $2\ 065^\circ\text{C}$, 温度生产效率 $7.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, 复播比春播的温度生产率高 10% , 证明热量限制条件下提高作物系统的温度生产效率是十分重要的。

表 3 不同种植模式光能资源与光能利用

Table 3 Light energy use efficiency and distribution of light resources in different cropping systems

种植模式 Cropping system	太阳总辐射分配/ $(\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2})$ Light energy distribution			太阳总辐射分配率/ $\%$ Light energy distribution ratio			太阳总辐射生产效率/ $(\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1})$ Light energy production efficiency			年总辐射利用效率/ $\%$ Annual Light energy efficiency
	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	
I	3493	1809	5302	64.0	33.2	97.2	0.55	0.90	0.67	1.16
II	3493	—	3493	64.0	—	64.0	0.55	—	0.55	0.62
III	2253	—	2253	41.2	—	41.3	0.78	—	0.78	0.58
IV	3013	—	3013	55.2	—	55.2	0.94	—	0.94	0.94

表 4 不同种植模式有效积温分配与温度生产效率

Table 4 Temperature production efficiency and distribution of effective accumulated temperature in different cropping systems

种植模式 Cropping system	有效积温/ $^\circ\text{C}$ Effective accumulated temperature			有效积温分配率/ $\%$ Distribution ratio of effective accumulated temperature			温度生产效率/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$ Temperature production efficiency			年总有效积温利用率/ $\%$ Utilization ratio of total effective temperature
	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	第一季 1st season	第二季 2nd season	周年 Annual	
I	2003	2065	4068	47.0	48.4	95.4	9.6	7.9	8.7	95.4
II	2003	—	2200	47.0	—	47.0	9.6	—	9.6	47.0
III	2456	—	2456	57.6	—	57.6	7.2	—	7.2	57.6
IV	3348	—	3348	78.5	—	78.5	8.5	—	8.5	78.5

3 讨论

3.1 一年两作模式是北疆两熟区发展的一种新型模式

新疆是我国重要的粮食高产区, 随着农业生产的发展, 种植业结构也不断调整^[8]。20 世纪 70—80 年代中期, 南疆实现两早配套, 推广早熟小麦复种早熟玉米^[9]。20 世纪 90 年代北疆沿天山以北地区引进非传统的麦田套种玉米耕作技术^[10-11], 进入 21 世纪以来随着北疆地区机械化的大面积推广和全球气候变暖, 北疆地区开始探索一年两作机械化种植模式及生产技术模式。热量资源仍然为第一季的安全出苗和第二季的成熟及高产的主要限制因素, 随着 2009 年滴灌小麦的成功种植, 以及免耕技术的应用, 使麦后复播有了较大保障。笔者 2009—2012 年在北疆地区(石河子地区、奎屯地区)研究一年两作模式, 充分挖掘作物的高光效潜力, 进行了冬小麦—

复播青贮玉米双作高产技术模式探索。

3.2 一年两作是一种资源高效生产的种植模式

热量资源是限制作物种植和影响一个地区种植制度的关键因素, 复种指数主要受积温的影响, 在 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $4\ 000^\circ\text{C}$ 以上的地区才能复种^[12]。本研究试验表明, 冬小麦从播种到收获需要有效积温 $2\ 003^\circ\text{C}$, 复播青贮玉米从播种到收获需要有效积温 $2\ 065^\circ\text{C}$, 北疆只有生态区有效积温大于 $4\ 068^\circ\text{C}$ 的地区, 就可推行一年两熟。北疆地区光照资源非常丰富, 石河子、奎屯一线 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温达到了 $4\ 100^\circ\text{C} \sim 4\ 300^\circ\text{C}$, 完全能够满足麦后复播的需求。再通过冬麦收获之后免耕复播, 抢占农时, 复播青贮前期肥水早运筹, 可以提前加速青贮玉米前期生物质量的快速增长, 提高品质, 保证一年两熟的成功实施。

3.3 一年两作模式对品种的要求

北疆地区由于秋季温度下降快, 气候不稳定, 并

可能出现灾害性天气,实行复播有很大困难。本研究发现复播青贮玉米对本地区秋季气温有很好的适应性,抗风险能力强。复播青贮品种要求全生育期 90 d 左右,一般复播青贮播种期在 6 月底到 7 月 10 号之前,10 月上旬可在乳熟期收获,单位面积生物产量 $\geq 4\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,干物质含量 $\geq 30\%$,可满足青贮玉米作为饲料用的市场需求。本研究选用的复播青贮玉米新玉 15 号复播在 6 月 28 日播种,在 9 月 20 日收获时果穗达到了乳熟中期,干物质产量达到 $16\ 315\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,品质达到了青贮玉米的要求,可在生产中大面积推广。

4 结 论

本研究建立的冬小麦-复播青贮玉米模式,比传统冬小麦单季延长了 84 d 的生长时间,周年总干物质生产效率分别比单季种植冬小麦、春播新玉 15 号、春播新饲玉 10 号提高 84.8%、102% 和 25.4%,周年物质生产能量比单季种植冬小麦、春播新玉 15 号和春播新玉 10 号模式高 29.5、31.3、11.9 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,延长了作物品种与光热资源最佳光温耦合快速生长期,充分利用了北疆麦后的热量。

一年两作冬麦-复播青贮玉米种植模式生育期(356 d 左右)年总辐射的分配量最大,年总辐射利用效率高。复播青贮玉米的总辐射生产效率高,因其生育期主要跨越了一年光热资源最丰富的 5 月—8 月,有效地利用生育期内的光热资源。

冬小麦-复播青贮玉米模式年总有效积温利用率显著高于单季种植作物,其第二季青贮玉米由于充分利用全年有效生长季节和自身旺盛生长时期,不存在籽粒成熟后期光合机能显著下降过程,从而

保障其较充分利用有限的有效积温条件,表现出在热量限制两熟区有较高的生产效率。

冬小麦-复播青贮玉米种植模式增加了一熟区种植模式多元化,是单季冬小麦、单季春播玉米主模式的补充,其应用与推广主要与畜牧业发展密切相关,如何根据农业发展需求有效地规划北疆地区的种植模式,增加种植模式的多样化成为今后作物生产调节的重要任务之一。

参 考 文 献:

- [1] 王美云,任天志,赵明,等.双季青贮玉米模式物质生产及资源利用效率研究[J].作物学报,2007,33(8):1316-1323.
- [2] 郑玉彬,黄红梅.大力发展青贮玉米生产[J].农业科技通讯,2007,(2):11-12.
- [3] 程延年.气候变化对北京地区小麦玉米两熟种植制度的影响[J].华北农学报,1994,9(1):18-24.
- [4] 杨晓光,刘志娟,陈阜,等.全球气候变暖对中国种植制度可能影响[J].中国农业科学,2011,44(8):1562-1570.
- [5] 林益明,郑茂钟,林鹏,等.园林竹类植物叶的热值和灰分含量研究[J].厦门大学学报,2000,39(1):136-140.
- [6] 徐勇,齐文虎,谢高地,等.农业自然资源利用效率的因子-能量评价模型及其应用[J].资源科学,2002,24(5):86-91.
- [7] 杜红,路锦燕,石河子垦区太阳辐射特征分析[J].现代农业科技,2009,(16):238-239.
- [8] 徐文修.新疆绿洲农业耕作制度演变驱动因子分析[J].新疆农业科学,2010,47(9):1837-1841.
- [9] 管建生.新疆多熟种植的发展模式及技术措施[J].新疆农垦科技,2008,(3):10-11.
- [10] 王文静.非传统小麦套种玉米耕作技术造福新疆[J].中国农业信息快讯,2001,(7):22.
- [11] 周春江,申琳,挥友兰,等.新疆引进非传统小麦套种玉米耕作技术试验示范初报[J].作物杂志,2001,(4):1-4.
- [12] 钱有山,文文化.北京郊区气候资源和农业系统[J].北京农业科学,1994,12(4):33-37.

(上接第 21 页)

- [11] 于振文,田奇卓,潘庆民,等.黄淮海冬小麦超高产的栽培理论与实践[J].作物学报,2002,28(5):577-585.
- [12] 韩守良,单玉珊,慕美财,等.小麦超高产栽培理论探讨[J].沈阳农业大学学报,1999,30(6):576-580.
- [13] 陈雨海,余松烈,于振文.小麦边际效应的研究[J].山东农业大学学报,1999,30(4):431-435.
- [14] 陈雨海,李永庚,余松烈,等.小麦边际效应与种植方式规范化的研究[J].麦类作物学报,2003,23(2):68-71.
- [15] 李孟良,丁为群,宋结华.不同预留行宽度对冬小麦边际效应的影响[J].安徽农业技术师范学院学报,1999,13(1):16-20.
- [16] 江东岭,杜雄,张宁,等.种植密度对夏玉米群体库源关系的影响[J].华北农学报,2009,24(3):201-207.
- [17] 吴兰云,徐茂林,周得宝,等.淮北地区夏玉米高产的适宜收获期研究[J].中国农学通报,2010,26(7):103-107.
- [18] 王春虎,杨文平.不同施肥方式对夏玉米植株及产量性状的影响[J].中国农学通报,2011,27(9):305-308.
- [19] 王云奇,陶洪斌,王璞,等.施氮模式对夏玉米产量和籽粒灌浆的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(12):1594-1598.
- [20] 靳小利,杜雄,刘佳丽,等.黄淮平原北部高产夏玉米群体生理指标研究[J].玉米科学,2012,20(1):79-83.