文章编号:1000-7601(2017)02-0009-05 doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2017.02.02

北方冬小麦品种(系)节水抗旱性研究

张 园,田文仲,吴少辉,高海涛,张灿军
(洛阳市农林科学院, 河南 洛阳 471000)

摘 要:本研究选取中国北方不同生态型冬小麦品种(系)进行产量、收获指数、WUE、抗旱指数、冠层温度等指标和一些农艺性状的测定与分析,以评价参试品种的节水抗旱性。随着灌水量的增加,参试品种的产量均有不同程度的增加,由于参试品种对水分的敏感度不同,产量增加幅度也不尽相同。充分灌溉、自然降水与干旱胁迫处理洛旱 6 号产量均最高,分别为 6 316.20 kg·hm^{-2}、2 538.75 kg·hm^{-2}、1 119.75 kg·hm^{-2}。充分灌溉处理周麦 24 对水分最为敏感,产量较自然降水处理增加 44.12%;自然降水处理开麦 20 对水分最敏感,产量较干旱胁迫处理增加 201.47%。通过产量、抗旱指数与灌浆期的冠层温度的相关性研究,发现产量与灌浆期的冠层温度呈极显著的负相关,与灌浆中期的冠层温度相关系数最高为 -0.908。抗旱指数与灌浆后期的冠层温度呈极显著的负相关,相关系数 -0.453,与灌浆前期和灌浆中期的冠层温度呈显著负相关,相关系数分别为 -0.342、-0.366。

关键词:北方冬小麦;抗旱指数;水分利用效率;冠层温度
中图分类号:S332.1 **文献标志码**:A

Study on drought resistance and water-saving capacity of winter wheat varieties (strains) in northern China

ZHANG Yuan, TIAN Wen-zhong, WU Shao-hui, GAO Hao-tao, ZHANG Can-jun
(*Luoyang Academy of Agriculture and Forestry, Luoyang, He'nan* 471000, *China*)

Abstract: Through the measurement and analysis of yield, harvest index, water use efficiency, drought resistance index, canopy temperature and some agronomic traits of winter wheat varieties (strains) with different ecotypes in northern China, their drought resistance and water-saving capacity was evaluated. With the increase of irrigation amount, the yield of tested varieties was wholly increased. Since the sensitivity of different varieties to water was varied, the increase extend of yield was also different each other. Under the treatments of full irrigation, natural precipitation and drought stress, the yield of Luohan 6 was invariably the highest, being 6 316.20 kg·hm^{-2}, 2 538.75 kg·hm^{-2} and 1 119.75 kg·hm^{-2}, respectively. Under the treatment of full irrigation, Zhoumai 24 was most sensitive to water, whose yield was increased by 44.12% compared with that under natural precipitation; under the treatment of natural precipitation, Kaimai 20 was most sensitive to water, whose yield was increased by 201.47% compared with that under drought stress. Through the correlation analysis among yield, drought resistance index and canopy temperature at filling stage, it was found that there was a negative correlation at extremely significant level between yield and canopy temperature at filling stage, and the highest correlation coefficient at middle filling stage was -0.908. Drought resistance index was negatively correlated with canopy temperature at late filling stage at extremely significant level, and the correlation coefficient was -0.453; it was negatively correlated with canopy temperature at early and middle filling stage at significant level, and the correlation coefficient was -0.342 and -0.366, respectively.

Keywords: winter wheat in northern China; drought resistance index; water use efficiency; canopy temperature

小麦是世界主要的粮食作物之一,其全生育期的需水量平均为 540 mm,降水满足率为 55.9% ~ 86.4%,需灌 1 ~ 2 水才能保证小麦全生育期的需水量,达到丰产丰收的目的。干旱缺水已成为制约小

收稿日期:2015-11-18
基金项目:国家小麦产业体系(CARS-E-2-36);河南省小麦产业体系(S2010-10-02);河南旱地小麦育种研究洛阳创新基地项目(2014-A2411-410307-A0109-001);旱地小麦新品种新技术集成与示范项目
作者简介:张 园(1983—),女,硕士,主要从事旱地小麦育种及栽培生理研究。E-mail:718377155@qq.com。

麦高产、稳产的主要因素。随着水资源严重短缺,提高小麦品种水利用效率是小麦生产迫切需要解决的问题[1-6]。随着作物节水新品种的出现和自然条件的变化,在水资源相对紧张的情况下,探明灌水与否对小麦田间水分的利用特点很有必要。其次生物节水也是提高作物水分利用效率最具潜力的方面[7]。冠层温度(CT)作为衡量作物缺水的重要生物节水指标,已被广泛地用来推断作物水分状况,近年来成为作物抗旱基因型选择的重要依据[8],与作物水分利用密切相关。张嵩午和王长发[9]根据冠层温度特征,将灌浆结实期冠层温度持续偏低的小麦称为冷型小麦,反之,称为暖型小麦。朱云集等[10]研究了6个小麦品种灌浆期间冠层温度的差异,灌浆后期冠层温度与产量之间的相关系数达到0.837。

本研究选取黄淮北片及北部冬麦区的新近审定的品种及正在参加区域试验的品系共12个进行产量、WUE、抗旱指数、冠层温度等指标的测定与分析,评价品种的节水抗旱性,对提高小麦产量、为区域农业水资源的节约利用提供帮助,为区域农业水资源的节约利用提供技术支撑与品种保证。

1 材料与方法

1.1 试验区概况及试验年度气象概况

本试验于2012—2013年在洛阳农科院区域试验站干旱棚内及棚外试验地进行,洛阳农林科学院主持国家黄淮旱地区域试验,具有完备的抗旱性鉴定设施及方法。小麦生育期降雨量为147.3 mm,其中2012年10月到2013年4月无较有效的降雨,总降雨量仅为64.8 mm;而5月份有82.5 mm的大量降雨,不利于小麦灌浆,易造成雨后青干和穗发芽。

1.2 供试材料

本试验冬小麦品种(系)12个,其中黄淮北片冬麦区品种(系)11个:洛旱7号(黄淮冬麦区旱肥组试验的对照种,也是本次试验的对照品种CK,国审麦2007018,代号12)、洛旱6号(国审麦2006020,旱地品种,代号11)、长6858(新品系,代号6)、长8255(新品系,代号5)、开麦20(豫审麦2011006,代号7))、豫农211(豫审麦2014004,代号10)、周麦24(豫审麦2009002,代号1)、西农538(陕审麦2010004,代号4)、郑麦9694(豫审麦2006005,代号2)、漯6058(新品系,代号9)、漯6135(新品系,代号8);北部冬麦区品种1个:兰天26(甘审麦2010007,代号3)。为便于文中作图,参试品种按1~12代号排列。

1.3 试验设计

试验设"干旱胁迫"、"自然降水"和"充分灌溉"3个处理,2次重复,完全随机区组排列。干旱胁迫在干旱棚内进行,自然降水和充分灌溉处理在干旱棚外进行。充分灌溉处理于拔节期进行补灌,灌溉量为900 $m^3 \cdot hm^{-2}$。干旱胁迫小区长2 m,行距0.23 m,4行区;自然降水与充分灌溉处理小区长1.5 m,行距0.23 m,6行区。基本苗225万·hm^{-2}。本试验播前施红三角牌复合肥375 kg·hm^{-2},其N:P:K含量比为15:15:15。在小麦起身期架设防倒网,防倒网高度随小麦株高增加而升高,其他田间管理同国家区域试验抗旱性鉴定试验。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 抗旱指数及抗旱级别判定 根据国标小麦抗旱性评价技术规范(GB/T 21 127—2007)提供的抗旱指数计算公式进行抗旱指数及抗旱级别判定。

1) 抗旱指数。

抗旱指数:

$$DI = GY_{S.T}^{2} \times GY_{S.w}^{-1} \times GY_{CK.W} \times (GY_{CK.T}^{2})^{-1}$$

式中,DI为抗旱指数;$GY_{S.T}$为待测材料胁迫处理籽粒产量("干旱胁迫"处理产量);$GY_{S.w}$为待测材料对照处理籽粒产量("充分灌溉"处理产量);$GY_{CK.W}$为对照品种对照处理籽粒产量("充分灌溉"处理籽粒产量),$GY_{CK.T}$为对照品种胁迫处理籽粒产量("干旱胁迫"处理籽粒产量)。本试验对照品种(CK)为国家黄淮冬麦区旱肥组区域试验对照品种洛旱7号。

2) 抗旱级别判定。

根据抗旱指数把抗旱级别划分为5级,抗旱指数≥1.30的为1级,抗旱性极强;抗旱指数1.10~1.29的为2级,抗旱性强;抗旱指数0.90~1.09为3级,抗旱性中等;抗旱指数0.70~0.89的为4级,抗旱性弱;抗旱指数≤0.69的为5级,抗旱性极弱。

表1 抗旱性级别划分

Table 1 Classification of drought resistance

抗旱性级别 Level of drought resistance	抗旱指数 Drought resistance index	抗旱性评价 Drought resistance evaluation
1	≥1.30	极强 Highly resistant(HR)
2	1.10~1.29	强 Resistant(R)
3	0.90~1.09	中等 Moderate(MR)
4	0.70~0.89	弱 Sensitive(S)
5	≤0.69	极弱 Highly sensitive(HS)

1.4.2 冠层温度(CT)的测定[7-10] 采用国产ST-2955型手持式红外测定仪,选择晴朗无云的天气,于冬小麦灌浆初期、灌浆中期、灌浆后期测定各小区的CT值,每次测定时间为午后13:30~15:30。观测用往返重复读数法测定,测定时视场角取5度,手持

测温仪置于 1.5 m 高度左右,以 30 度瞄准小区内中间的冠层,其测点为群体生长一致、有代表性的部位,避开裸地影响,直接在显示屏上读取数据。为了减少误差,对每个小区的测定重复 5 次,取其平均值作该次测定的 CT 值。

不同小麦品种的开花期及同一品种不同处理的开花期均会有所不同,一般干旱胁迫处理下的品种会较充分灌溉处理的开花期有 3 – 5 天的提前;冠层温度又与测定当天的大气温度有极大相关,同一处理不同天气测定结果会差异很大。综合考虑,把不同品种不同处理的冠层温度测定设在同一天进行。灌浆前期测定时间为 4 月 30 日,灌浆中期的测定时间为 5 月 10 日,灌浆后期的测定时间为 5 月 20 日。

1.4.3　WUE 的计算[11 – 13]

WUE($kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$) = 供试品种籽粒产量($kg \cdot hm^{-2}$)/供试品种耗水量(mm);

耗水量(mm) = (播前 2 m 土层储水量 mm + 生育期降水量 mm) – 收获时 2 m 土层储水量 mm;

1.4.4　数据处理　利用 EXCEL2010 和 SPSS15.0 进行数据处理和统计分析。

2　结果与分析

2.1　不同水分处理下的产量差异

随着灌水量的增加,参试品种的产量均有不同程度的增加(见图 1)。相同品种不同灌水处理产量差异极显著,但相同水分处理不同品种的产量差异却不尽相同。

干旱胁迫处理的平均产量为 885.98 $kg \cdot hm^{-2}$,洛旱 6 号的产量最高为 1 119.75 $kg \cdot hm^{-2}$,其中周 24 与西农 538 差异不显著,郑麦 9694 与开麦 20 差异不显著,兰天 26 与洛旱 7 号差异不显著。

自然降水处理的平均产量为 1 739.94 $kg \cdot hm^{-2}$,洛旱 6 号产量最高为 2 538.75 $kg \cdot hm^{-2}$,兰天 26 与长 6858 差异不显著,周 24 与长 8255 差异不显著。与干旱胁迫处理相比较,参试品种中产量增幅最大的是开麦 20,增幅达 201.47%。产量在 2 000 ~ 2 500 $kg \cdot hm^{-2}$的品种有 4 个,分别是洛旱 6 号、洛旱 7 号和开麦 20、长 6858。

充分灌溉处理的平均产量为 4 869.84 $kg \cdot hm^{-2}$,洛旱 6 号产量亦最高为 6 316.20 $kg \cdot hm^{-2}$,长 6858 次之为 6 131.55 $kg \cdot hm^{-2}$,周 24 与兰天 26 差异不显著,长 8255 与开麦 20 差异不显著。与自然降水处理相比较,参试品种中周麦 24 对水分最为敏感,产量增幅最大(44.12%)。产量水平在 6 000 ~ 6 400 $kg \cdot hm^{-2}$的品种有 2 个:洛旱 6 号和长 6858,产量在 5 000 ~ 6 000 $kg \cdot hm^{-2}$的品种有 3 个:周 24、兰天 26、洛旱 7 号。

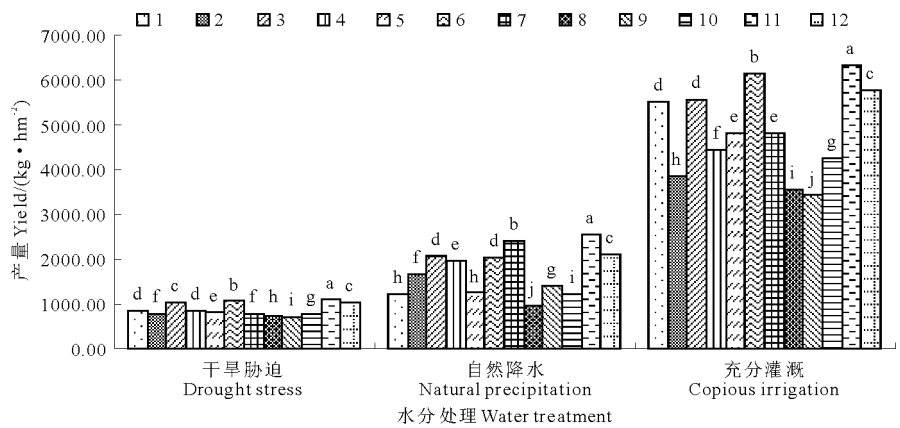

图 1　不同水分处理产量差异

Fig.1　Differences of yield under different water treatments

2.2　不同水分处理下的 WUE 差异

随着灌水量的增加,WUE 有不同程度的增加。干旱胁迫处理,长 8255、开麦 20、豫农 211 的 WUE 差异不显著;自然降水处理,郑麦 9694、长 8255、豫农 211 的 WUE 差异不显著;充分灌溉处理不同品种的 WUE 均呈极显著差异。干旱胁迫处理的平均 WUE 为 5.26 $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$,自然降水处理的平均 WUE 为 6.03 $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$,充分灌溉处理的平均 WUE 为 9.50 $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$。充分灌溉处理的 WUE 较干旱胁迫处理增加 80.61%,较自然灌水处理增加 57.55%。

不同品种对水分的敏感度不同,三个水分处理,洛旱 6 号的 WUE 均最高。干旱胁迫处理洛旱 6 号(6.30 $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$)的 WUE 最高,兰天 26(6.20

kg·hm^{-2}·mm^{-1})次之;自然降水处理 WUE 在 7.00~7.40 kg·hm^{-2}·mm^{-1}的品种有 2 个:洛旱 6 号、开麦 20。WUE 在 6.00~7.00 kg·hm^{-2}·mm^{-1}的品种有 4 个:兰天 26、西农 538、长 6858、洛旱 7 号。与干旱胁迫处理相比较,西农 538、开麦 20、漯 6058 的 WUE 增幅均较大,分别为 24.00%、46.94%、40.48%;充分灌溉处理 WUE 在 10.00~12.00 kg·hm^{-2}·mm^{-1}的品种有 4 个:周 24、兰天 26、长 6858、洛旱 7 号。与自然灌水处理相比较,周麦 24、兰天 26、长 8255、长 6858、漯 6135 的 WUE 增幅均在 75%以上。

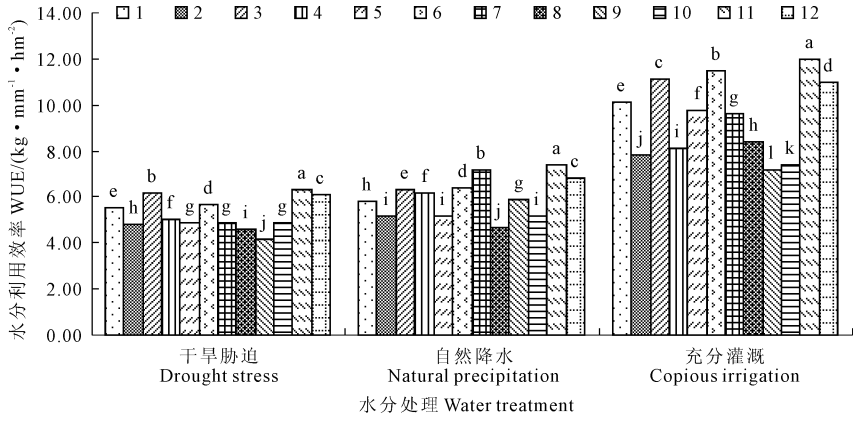

图 2 不同水分处理 WUE 差异

Fig.2 Differences of WUE under different water treatments

2.3 不同生态型冬小麦品种抗旱性

以洛旱 7 号为抗旱性鉴定的对照品种,其抗旱指数为 1.000,进行抗旱指数的计算:洛旱 6 号和兰天 26 的抗旱指数均较高,开麦 20 抗旱指数最低为 0.69。经过分析鉴定出抗旱指数三级品种有:兰天 26、长 6858、西农 538、洛旱 6 号、洛旱 7 号;抗旱性 4 级的品种有周麦 24、郑麦 9464、长 8255、漯 6135、漯 6058、豫农 211。

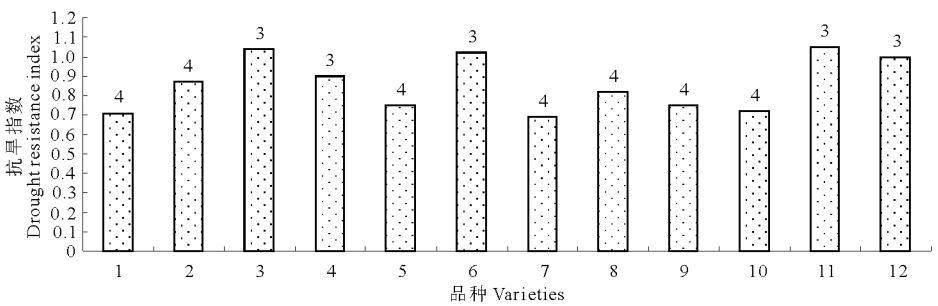

图 3 不同品种抗旱指数及抗旱级别

Fig.3 Drought resistance index and drought resistance classification of different cultivars

2.4 不同水分处理下灌浆期的冠层温度差异

随着灌浆的推移,不同水分处理的冠层温度差异渐渐变小,其中灌浆前期与灌浆后期干旱胁迫处理下不同品种的冠层温度差异不显著;充分灌溉与自然降水处理,灌浆前、中、后期不同品种的冠层温度均呈极显著差异。干旱胁迫处理下,灌浆前、中、后期的平均灌浆温度为 25.80℃、27.42℃、29.15℃;自然降水处理下,灌浆前、中、后期的平均灌浆温度为 23.03℃、26.05℃、28.13℃;充分灌溉处理下灌浆前、中、后期的平均灌浆温度为 21.45℃、23.03℃、27.04℃。不同水分处理下兰天 26 的冠层温度均最低,豫农 211 的冠层温度均最高。兰天 26、长 6858、洛旱 6 号灌浆期的冠层温度在不同水分处理条件下均不同程度的低于其他品种。

2.5 产量、抗旱指数与灌浆期冠层温度的相关性分析

运用 SPSS15.0 做不同水分处理的产量与抗旱指数、灌浆期冠层温度的相关分析得出:产量与抗旱指数呈正相关关系,相关系数为 0.183;产量与灌浆期的冠层温度呈极显著的负相关,与灌浆中期的相关系数最高为 -0.908。抗旱指数与灌浆后期的冠层温度呈极显著的负相关,相关系数 -0.453,与灌浆前期和灌浆中期的冠层温度呈显著负相关,相关系数分别为 -0.342、-0.366。

表 2　灌浆期冠层温度/℃

Table 2　Canopy temperature during grain filling stage

品种 Variety	灌浆前期 Early filling stage			灌浆中期 Mid filling stage			灌浆后期 Late filling stage		
	干旱胁迫 Drought stress	自然降水 Natural precipitation	充分灌溉 Copious irrigation	干旱胁迫 Drought stress	自然降水 Natural precipitation	充分灌溉 Copious irrigation	干旱胁迫 Drought stress	自然降水 Natural precipitation	充分灌溉 Copious irrigation
1	25.50ab	22.60b	20.30d	26.40d	25.80b	22.20d	29.10a	27.90bc	26.30de
2	25.80ab	24.00a	23.00ab	27.20abcd	27.10a	24.90a	29.20a	29.00ab	28.40ab
3	25.10b	21.20a	19.20f	26.80cd	24.10c	20.70e	28.80a	26.80d	25.40e
4	26.20a	23.90a	22.70ab	27.90ab	27.10a	24.40ab	29.30a	28.90ab	28.10ab
5	26.20a	23.50a	22.50b	27.80abc	26.70ab	24.30ab	29.30a	28.40ab	27.80ab
6	25.50ab	21.70cd	20.10de	27.10abcd	24.60c	21.50de	29.00a	27.10cd	25.80e
7	26.10ab	24.00a	23.00ab	27.70abc	27.30a	24.80a	29.30a	28.90ab	28.20ab
8	26.00ab	23.70a	21.40c	27.90ab	26.60ab	23.10c	29.30a	28.70ab	26.80cd
9	26.10ab	23.80a	22.20b	28.10a	27.00a	23.60bc	29.30a	28.70ab	27.50bc
10	26.20a	24.20a	23.40a	28.00ab	27.30a	24.60a	29.30a	29.10a	28.60a
11	25.40ab	21.60cd	19.40ef	27.10abcd	24.20c	20.80e	28.90a	26.80d	25.50e
12	25.50ab	22.20bc	20.20d	27.00bcd	24.80c	21.50de	29.00a	27.30cd	26.10de
F	1.66	17.07**	38.07**	3.03*	17.96**	36.7**	0.3	7.7**	14.55**

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different small letters in same columns indicate significant differences at 0.05 level.

表 3　产量、抗旱指数与灌浆期冠层温度的相关性

Table 3　Correlation among yield, drought resistance index and canopy temperature at filling stage

项目 Item	产量 Yield	冠层温度 Canopy temperature		
		灌浆前期 Early filling stage	灌浆中期 Mid filling stage	灌浆后期 Late filling stage
产量 Yield	1.000	−0.837**	−0.908**	−0.804**
抗旱指数 Drought resistance index	0.183	−0.342*	−0.366*	−0.453**

注:* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

Note: * and ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively.

3　结论与讨论

干旱缺水是我国北方第一大作物小麦的首要灾害。本研究针对小麦抗旱节水研究中存在鉴定技术与评价方法缺乏量化标准,现有指标与抗旱节水高产遗传育种衔接不足,抗旱节水高产种质资源缺乏,国家急需抗旱节水高产品种等问题,以建立抗旱节水鉴定评价技术指标体系为突破口,以抗旱节水种质创新为基础,以选育和推广抗旱节水高产品种为目标,开展系统深入研究。本研究鉴定了供试品种的抗旱性及抗旱等级并研究了 WUE 及与节水相关的冠层温度,通过综合评定认为兰天 26、长 6858、西农 538、洛旱 6 号、洛旱 7 号在充分灌溉条件下均有较优的节水抗旱性,但是由于兰天 26、长 6858 株高较高,且抗倒性较弱,适宜在北方旱地种植;西农 538、洛旱 7 号、洛旱 6 号适宜在北方旱地及扩灌区种植。周麦 24、郑麦 9464、长 8255、漯 6135、漯 6058、豫农 211 适合在黄淮麦区的高水肥地种植。

小麦抗旱性评价技术体系是洛阳农林科学院与中国农科院合作制定的抗旱性评价技术规程,作为国标被国家小麦区域试验充分运用,抗旱指数作为其中重要指标用来计算小麦的抗旱性十分精准有效。洛阳农林科学院拥有干旱棚 3 座,从 90 年代开始独立承担国家小麦区域试验中黄淮冬麦及北部冬麦区旱地组抗旱性鉴定试验。干旱指数计算需要通过干旱棚内和干旱棚外的两组产量数据进行计算,其中干旱棚内试验小麦全生育期需要干旱棚遮盖,保证小麦全生育期无降水,只在每年 6—9 月小麦休闲期推开棚盖接受自然降水,待降水量达 300 mm 时推棚遮盖;干旱棚外试验是与棚内试验平行试验,无干旱棚遮盖全生育期接受自然降水。抗旱性鉴定需要有干旱棚协助进行,有干旱棚的单位运用起来比较方便,无干旱棚的单位需要到洛阳农林科学院进行抗旱性鉴定试验。可否建立抗旱指数简化评价体系?是否可以利用现有国家小麦区域试验对参试品种的抗旱性鉴定评判结果,联合区域试验不同生态区承担试验的试点,对其不同品种小麦休闲期及生育期的气象数据及农艺性状等大量数据进行分析建模,找出水分、农艺性状等与抗旱性相关的模型,以便于在没有干旱棚种植条件下通过气象条件和农艺指标等对抗旱性及抗旱级别进行判定?

(下转第 67 页)

盖提高地温,增加有效积温,缩短生育周期,防治霜冻,可有效提高胡麻种植海拔;垄侧种植,有利于防止板结,以保证胡麻全苗、壮苗,为高产稳产奠定基础;大小垄组合型种植模式,使胡麻在生长后期通风透光,抗倒伏。为了配合该项技术的推广应用,我们已研制了全膜大小垄侧栽培起垄、覆膜、播种一体机,大大提高了劳动效率。该技术对同类旱作区密植作物抗旱保苗、高产稳产具有指导意义。

参 考 文 献:

[1] 李文珍.旱地胡麻配方施肥试验[J].甘肃农业科技,2011,(2):39-40.

[2] 党占海,赵蓉英,王　敏,等.国际视野下胡麻研究的可视化分析[J].中国亚麻科学,2010,32(6):305-313.

[3] 党占海,张建平.我国亚麻产业现状及发展对策[M].北京:中国农业科学技术出版社,2004.

[4] 令　鹏.密度和氮磷施用量对旱地胡麻产量的影响[J].甘肃农业科技,2010,(9):34.

[5] 赵　利,党占海,张建平,等.不同类型胡麻品种资源特性及相关性研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):6-9.

[6] 高世民.陇中黄土高原丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究[M].郑州:黄河水利出版社,2003.

[7] 王彩绒,田霄鸿,李生秀.沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用率及产量的影响[J].中国农业科学,2004,37(2):208-214.

[8] 段喜明,吴普特,白秀梅,等.旱地玉米垄膜沟种微集水种植技术研究[J].水土保持学报,2006,20(1):143-146.

[9] 李永平,刘世新,贾志宽,等.垄沟集水种植对土壤有效蓄水量及谷子生长、光合特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(10):163-167.

[10] 陈明灿,李友军,熊　英,等.豫西旱地小麦不同种植方式增产效应分析[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):29-32.

[11] 李志军,赵爱萍,丁晖兵,等.旱地玉米垄沟周年覆膜栽培增产效应研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):12-17.

[12] 肖继兵,孙占祥,杨久廷,等.旱作农田高粱垄膜沟种高产栽培技术研究[J].辽宁农业科学,2008,(3):30-32.

[13] 张德奇,廖允成,贾志宽.旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):208-213.

[14] 张　雷,牛建彪,赵　凡.旱作玉米双垄面集雨全地面覆膜沟播抗旱增产技术研究[J].甘肃科技,2004,20(11):17.

[15] 吴文荣,刘晓艳,吴桂丽,等.不同干旱胁迫对胡麻种子萌发特性的影响[J].作物杂志,2012,(2):134-137.

[16] 牛建彪.半干旱区小麦玉米雨水高效利用技术模式[J].甘肃农业科技,2005,(5):22-23.

[17] 张　雷,牛建彪,赵　凡.旱作玉米提高降水利用率的覆摸模式研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):8-11.

[18] 乔　明.半干旱区谷子膜侧栽培技术[J].甘肃农业科技,2009,(11):48.

[19] 张　雷.旱地胡麻微垄地膜覆盖沟播栽培对土壤水分和胡麻产量的影响[J].作物杂志,2011,(4):95-97.

[20] 刘世海,孙　慧,魏方红,等.旱作胡麻全膜覆土穴播栽培技术[J].甘肃农业科技,2010,(11):22-23.

[21] 刘广才,李　福,刘素敏,等.甘肃省旱地胡麻全膜覆土穴播栽培技术规程[J].甘肃农业科技,2012,(4):22-23.

(上接第 13 页)

通过研究发现冠层温度与产量关系密切,需要进一步对冠层温度进行更深入的研究。冠层温度的测定需要冠层温度仪,冠层温度仪的精准度对试验影响较大。冠层温度受环境温度影响较大,需要按照试验方法操作,并且一次测定的品种和处理不宜太多。

参 考 文 献:

[1] 信乃诠,赵聚宝.旱地农田水分状况与调控技术[M].北京:中国农业出版社,1992.

[2] K.G.布伦格尔 著,冯祖光,等 译.旱地农业理论与实践[M].北京:中国农业出版社,1987.

[3] 刘庚山,郭安红,任三学,等.人工控制有限供水对冬小麦根系生长及土壤水分利用的影响[J].生态学报,2003,23(11):2342-2352.

[4] 郭晓维,赵春江,康书江,等.水分对冬小麦形态、生理特性及产量的影响[J].华北农学报,2000,15(4):40-44.

[5] 邓西平,山　仑,稻永忍.有限供水条件下旱地春小麦水分的高效利用[J].农业工程学报,2002,18(5):84-91.

[6] 全国农业技术推广服务中心.中国冬小麦新品种动态 2003—2004 年度国家冬小麦品种区域试验汇总报告[M].北京:中国农业科学技术出版社.

[7] 樊廷录,宋尚有,徐银萍,等.旱地冬小麦灌浆期冠层温度与产量和水分利用效率的关系[J].生态学报,2007,27(11):4491-4497.

[8] 张正斌.作物抗旱节水的生理遗传育种基础[M].北京:科学出版社,2003.

[9] 程旺大,赵国平,姚海根,等.冠层温度在水稻抗旱性基因型筛选中的应用及其测定技术[J].植物学通报,2001,18(1):70-75.

[10] 朱云集,李向阳,郭天财,等.小麦灌浆期间冠层温度与产量关系研究[J].河南科学,2004,22(6):798-801.

[11] 吕树作,谢惠民,张　洁,等.不同冬小麦品种气冠温差与抗旱节水性的关系研究[J].麦类作物学报,2007,27(3):533-538.

[12] 郭清毅,黄高宝, Li G D, 等.保护性耕作对旱地麦 – 豆双序列轮作农田土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(3):165-169.

[13] 晋小军,黄高宝.陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):109-112.