

# 大規模飼料作物栽培における草種品種の組み合わせ技術の開発

九石寛之、田丸直子、増山秀人、菅沼京子<sup>1)</sup>、前田綾子

1) 現 下都賀農業振興事務所

## 要 約

トウモロコシ-イタリアンライグラスの作付体系で乾物収量が最大となる品種の組合せは、5月上旬播種の「34B39」と10月中旬播種の「ワセアオバ」であったが、作期競合が発生しやすいため、6月上旬播種の「31N27」と10月中旬播種の「ワセアオバ」が最適な組合せであった。

また、トウモロコシにおいて、気温と日長によるDVRを算出したところ、品種間の差や播種時期による差がみられた。

## 目 的

畜産農家の規模拡大（一戸あたり飼養頭数の増加）が進むにしたいがい、今後、コントラクター等による飼料生産の外部化が必要となってきた。コントラクター等が安定した運営を維持するためには、労働の平準化や機械の利用効率の向上といった観点から、それぞれの作業時期を分散させることが不可欠である。とりわけ、寒冷地から温暖地にかけては夏作と冬作の二毛作が、暖地ではトウモロコシの二期作等が行われているが、こうした作付け体系では収穫時期と播種時期が接近するために、作業の平準化に対する要請が大きい。こうしたことから本研究では、本県におけるトウモロコシ-イタリアンライグラスの二毛作栽培体系を対象とし、労働を分散させかつTDN収量の確保が可能な草種・品種の組み合わせ、播種・収穫時期等の検討や、機械の効率的利用が可能となる作業技術・作業時期等を明らかにする。さらに、播種期移動試験による生育・収量データの蓄積により、二次元ノンパラメトリックDVR法等の発育予測手法を活用する。

## 材料及び方法

### 1. 飼料用トウモロコシの作期移動試験

栽培試験は、栃木県那須塩原市の場内ほ場（表層腐植質黒ボク土）で2006年から2009年まで実施した。

飼料用トウモロコシのディアHT（極早生）、35Y65（早生）、34B39（中生）、31N27（晩生）4品種について、4月5日、4月25日、5月15日、6月5日、6月25日、7月15日、8月5日と20日間隔の7播種期について播種を行った。栽植密度は10aあたり6,667本（畝間75cm×株間20cm）で、各播種期1品種2区設定し、播種後の出芽、出穂、絹糸抽出期、黄熟期等の生育ステージの経過を確認した。施肥は高度化成を10aあたり $N-P_2O_5-K_2O:10-10-10kg$ になるように播種前に散布した。

また、それぞれの播種期における乾物収量及び酵素法によるTDN収量を算出した。推定式は大槻ら(2001)を用いた。

### 2. イタリアンライグラスの作期移動試験

栽培試験は、栃木県那須塩原市の場内ほ場（表層腐植質黒ボク土）で2006年から2009年まで実施した。

イタリアンライグラスのいなずま（極早生）、ワセアオバ（早生）、タチムシャ（中生）、ジャイアント（晩生）4品種について、8月25日、9月25日、10月5日、10月15日、10月25日、3月25日、4月15日の7播種期について播種を行った。播種量は、各播種期・各品種ともに2kgで、各播種期1品種2区設定し、施肥は高度化成を10aあたり $N-P_2O_5-K_2O:10-10-10kg$ になるようには種前に散布した。播種後の出芽、出穂期等の生育ステージの経過を確認した。また、それぞれの播種期における乾物収量を測定した。

### 3. 飼料用トウモロコシにおけるノンパラメトリックDVR法による生育予測手法

得られた4品種の7播種期生育データをもとに、日平均気温と天文日長による二次元ノンパラメトリックDVR法で生育進度を算出した。計算には「対話型ノンパラメトリックDVR法プログラム」(P第7672号-1)を用いた。そのデータを元に生育予測を行い、実際の生育ステージと確認した。

## 結 果

### 1. 気象の概要

#### (1) 2006年の気象

4月と5月は曇りや雨の日が多く、日照時間は平年より少なくなった。梅雨入りは平年並であったが、梅雨明けは平年より遅くなり、また、7月中旬は梅雨前線の影響で大雨となったため、7月の降水量は平年よりかなり多く、日照時間もかなり少なくなった。6月も日照時間は平年よ

り少なく、4月から日照時間の少ない状態が続いた。梅雨明け後は太平洋高気圧に覆われたが、晴れの日は長く続かなかつた。8月と9月の気温は平年より高くなった。10月と11月は南岸低気圧の影響で大雨となる時期があり、降水量は平年より多くなり、また、気温も平年より高くなった。12月は冬型の気圧配置となっても長くは続かず、気温も平年よりかなり高くなった。下旬は南岸低気圧の影響で降水量が100mmを超え、12月としては記録的な大雨となった。

#### (2)2007年の気象

1月と2月は、冬型の気圧配置となる日は少なく、気温も記録的に高くなった。3月は一時的に強い寒気の南下があったが、高気圧に覆われ晴れて気温は記録的に高くなった。4月は低気圧が周期的に通過し、強い寒気の南下で気温は低くなったが、5月は高気圧に覆われて晴れて気温の高い日が多くなった。6月は移動性高気圧に覆われる日が多く、梅雨入りは平年より遅くなった。7月も梅雨前線が停滞し、梅雨明けが遅れた。7月14日から15日にかけては前線や台風第4号の影響で大雨となった。8月は太平洋高気圧の勢力が強く、記録的な高温となり、9月も記録的な高温となった。9月5日から7日にかけては、台風第9号の影響で大雨となった。10月は26日から27日にかけて前線や台風第20号の影響で大雨となった。11月の後半は強い寒気の南下で、気温は低くなったが、12月は冬型の気圧配置は長く続かず、気温は高くなった。

#### (3)2008年の気象

1月2月は冬型の気圧配置となる日が多く、気温は全般に平年より低くなった。3月から5月上旬までは、寒気の影響は小さく気温は平年より高くなった。5月中旬から6月までは、低気圧や前線の影響で曇りや雨の日が多かったが、梅雨入りしてから高気圧に覆われて晴れの日が多くなった。7月は、晴れの日が多く、降水量は平年より少なくなった。8月は、中下旬に低気圧や前線の影響で曇りや雨の日が多く、寒気の影響で気温は平年よりかなり低くなった。9月は、前半は晴れの日が多く、後半は前線や低気圧などの影響で曇りや雨の日が多くなった。10月は、晴れの日が多く、気温は平年より高くなった。11月は、日本付近を高気圧と低気圧が交互に通過し、気温の変動が大きくなった。12月は、気温は平年より高くなった。

#### (4)2009年の気象

1月2月とも気温は平年より高くなり、日照時間は平年より少なくなった。3月は、高気圧に覆われて晴れた日が多くなったが、下旬は寒気の影響で気温が低くなった。5月は、気温は平年より高くなった。6月は、梅雨前線が離れて停滞することが多く降水量は平年より少なくなった。7月は、上旬は梅雨前線の影響があったが、中旬から太平洋高気圧に覆われて晴れた日が多くなった。下旬は前線が停滞して雨の日が多くなった。日照時間は平年より少なくなった。8月は、上旬は前線が本州付近に停滞することが多く、曇りや雨の日が多くなった。10日は台風第9号の北上に伴って大雨となった。中旬以降は晴れた日が多くなった。9月は晴れた日が多かったため、記録的な少雨となった。10月は、台風第18号のため暴風雨となったが、中旬以降は高気圧に覆われて晴れた日が多くなった。11月は前線や低気圧の影響が大きく、曇りや雨の日が多くなった。気温は変動が大きくなった。12月の気温は平年より高くなった。

#### 2. 飼料用トウモロコシの作期移動試験 (表1)

各品種とも、6月25日播種または7月15日播種で、発芽期から絹糸抽出期が最も短くなった。絹糸抽出期から黄熟期では、ディアHT、35Y65、34B39が4月5日播種で短くなり、31N27は4月25日播種で短くなった。播種から黄熟期までの期間で見ると、どの品種でも7月15日播種で最も短くなり、播種が早ければ早いほど長くなった。また、8月5日播種のすべての品種で黄熟期に達しなかった。

稈長は品種によって差がみられ、ディアHTと34B39、31N27は4月25日、35Y65は5月15日播種で最大となった。雌穂割合は6月5日で最大となった。着穂高も同様の傾向を示した。稈径はディアHTと34B39、31N27は4月25日、35Y65は4月5日播種で最大となった。雌穂割合は全ての品種で6月5日播種で最大となった。

乾物収量については、ディアHTと34B39は4月25日播種で、35Y65は5月15日播種で、31N27は4月5日播種で最大となったが、TDN収量ではディアHT、35Y65、34B39が4月25日播種で最大となり、残りの31N27も4月5日播種が最大となった。

表1 トウモロコシ作期移動試験結果 (2006~2009年)

播種月日	品種	期日(月/日)			所要日数(日)				稈長 cm	着穂高 cm	稈径 mm	雌穂 割合 %	10aあたり 乾物収量 kg/10a	10aあたり 乾物TDN収量 kg/10a
		発芽期	絹糸抽出期	黄熟期	発芽~絹糸 抽出	播種~絹糸 抽出	絹糸抽出~ 黄熟	は種~黄熟						
4月5日	テ17HT	4/25	6/30	8/11	66日	85日	42日	126日	215	87	20.3	56.8	1102	763
	35Y65	4/25	7/8	8/17	73日	93日	41日	132日	254	118	23.6	54.7	1528	1065
	34B39	4/24	7/13	8/20	80日	98日	38日	135日	296	149	26.1	52.3	1957	1346
	31N27	4/25	7/15	8/26	81日	100日	42日	141日	290	141	27.5	48.2	2039	1400
4月25日	テ17HT	5/5	7/6	8/17	62日	71日	43日	113日	232	99	21.1	53.0	1226	811
	35Y65	5/5	7/13	8/25	69日	78日	43日	121日	256	126	23.2	54.9	1665	1155
	34B39	5/5	7/19	8/28	75日	85日	40日	124日	304	157	26.5	53.2	2032	1356
	31N27	5/5	7/21	8/29	77日	87日	39日	125日	292	149	28.7	45.4	1931	1310
5月15日	テ17HT	5/23	7/17	8/28	55日	63日	42日	104日	229	99	20.4	52.0	1088	717
	35Y65	5/22	7/23	9/3	62日	69日	42日	110日	263	127	22.7	56.3	1741	1145
	34B39	5/22	7/28	9/9	66日	73日	43日	115日	292	144	25.1	56.2	1766	1154
	31N27	5/22	7/29	9/11	68日	75日	44日	118日	268	127	26.7	46.3	1602	1067
6月5日	テ17HT	6/12	7/31	9/11	49日	54日	42日	95日	222	82	19.7	64.1	935	623
	35Y65	6/12	8/5	9/17	55日	59日	42日	101日	259	116	20.8	60.5	1414	923
	34B39	6/12	8/7	9/20	56日	61日	43日	104日	294	133	22.7	57.1	1477	952
	31N27	6/12	8/10	9/24	59日	64日	45日	108日	288	130	24.9	60.8	1673	1118
6月25日	テ17HT	6/30	8/12	9/22	43日	48日	41日	88日	230	81	20.3	51.3	659	392
	35Y65	6/30	8/19	9/30	50日	54日	42日	96日	265	127	22.2	48.3	1244	774
	34B39	6/30	8/21	10/5	52日	57日	45日	101日	296	140	24.0	54.1	1276	771
	31N27	6/30	8/24	10/7	55日	60日	44日	102日	290	138	27.0	49.0	1507	865
7月15日	テ17HT	7/21	9/2	10/12	43日	47日	39日	84日	187	75	18.2	18.5	403	185
	35Y65	7/21	9/8	10/19	48日	52日	41日	92日	205	103	20.0	27.6	700	370
	34B39	7/21	9/11	10/22	52日	55日	41日	96日	219	114	21.6	37.0	778	424
	31N27	7/21	9/12	10/27	53日	57日	44日	100日	228	112	23.1	30.0	773	382
8月5日	テ17HT	8/9	9/21		43日	46日			123	38	16.6	7.8	228	103
	35Y65	8/8	9/27	黄熟期まで 達せず	50日	52日	黄熟期まで 達せず	黄熟期まで 達せず	175	64	17.7	16.1	490	252
	34B39	8/8	10/1		54日	56日			197	78	20.3	24.1	679	375
	31N27	8/8	10/3		56日	58日			192	74	20.7	18.6	592	314

3. イタリアンライグラスの作期移動試験 (表2)

各播種期において、各品種とも発芽期に差はみられなかった。いなずま、ワセアオバ、タチムシャでは、播種日の違いによる出穂期の差はあまりみられなかった。各品種とも播種が遅くなるほど、播種から出穂期の期間は短くなった。

8月25日播種では、全ての品種で11月までに起生してしまい、冬枯れが発生した。

乾物収量は、いなずまとワセアオバが10月15日播種

で、タチムシャが9月25日播種、ジャイアントが10月5日播種で最大となった。

2と3から、トウモロコシ-イタリアンライグラスの作付体系で乾物収量が最大となる品種の組合せは、5月上旬播種の「34B39」と10月中旬播種の「ワセアオバ」であったが、気象条件によっては、イタリアンライグラスの出穂が遅れて、トウモロコシの播種が遅れるといった作期競合が発生しやすいため、6月上旬播種の「31N27」と10月中旬播種の「ワセアオバ」が最適な組合せであった。

表2 イタリアンライグラス作期移動試験結果 (2006~2009年)

播種日	品種	期日(月/日)		所要日数(日)		乾物収量 (kg/10a)
		発芽期	出穂期	発芽~出穂	播種~出穂	
8月25日	いなずま	9/5	4/28	236	247	245
	ワセアオバ	9/5	4/27	235	246	240
	タチムシャ	9/5	4/30	238	249	293
	ジャイアント	9/5	5/1	239	250	237
9月25日	いなずま	10/2	4/29	210	217	721
	ワセアオバ	10/2	4/30	211	218	719
	タチムシャ	10/2	5/1	212	219	860
	ジャイアント	10/2	5/4	215	222	649
10月5日	いなずま	10/11	4/30	202	208	726
	ワセアオバ	10/11	4/30	202	208	851
	タチムシャ	10/11	5/3	205	211	833
	ジャイアント	10/11	5/6	208	214	740
10月15日	いなずま	10/21	4/30	192	198	753
	ワセアオバ	10/21	4/28	190	196	986
	タチムシャ	10/21	5/4	196	202	749
	ジャイアント	10/21	5/8	200	206	598
10月25日	いなずま	11/6	4/29	175	187	437
	ワセアオバ	11/6	4/30	176	188	483
	タチムシャ	11/6	5/6	182	194	468
	ジャイアント	11/6	5/10	186	198	397
3月25日	いなずま	4/5	5/30	55	66	447
	ワセアオバ	4/5	5/30	55	66	410
	タチムシャ	4/5	5/30	55	66	442
	ジャイアント	4/5	5/30	55	66	381
4月15日	いなずま	4/22	6/10	49	56	182
	ワセアオバ	4/22	6/10	49	56	171
	タチムシャ	4/22	6/10	49	56	196
	ジャイアント	4/22	6/10	49	56	173

4. 飼料用トウモロコシにおけるノンパラメトリック DVR 法による生育予測手法

過去 4 カ年分のデータを整理し、気温と日長による二次元ノンパラメトリック DVR 法により、DVR 値を計算した。生育期間を播種～絹糸抽出期と絹糸抽出期～黄熟期までの 2 つに分けて算出した結果、播種から絹糸抽出期において、ディア HT は生育進度に気温が大きく影響しているが、日長は抑制の値を示した。他の 3 品種は気温と日長が影響している傾向を示した (図 1)。

一方、絹糸抽出期から黄熟期において、31N27 は生育進度に気温が大きく影響しているが、日長は抑制の値を示した。他の 3 品種は気温と日長が影響している傾向を示

した (図 2)。

播種時期が遅い 6 月 25 日、7 月 15 日、8 月 5 日の 3 播種期について、別に算出したところ、7 播種期とは異なった値を示した。播種から絹糸抽出期まででは、ディア HT は生育進度に他の 3 品種よりも気温が大きく影響している値を示した (図 3)。絹糸抽出期～黄熟期まででは、31N27 は気温が他の 3 品種よりも大きく影響しているが、ディア HT、35Y65、34B39 では日長が大きく影響している値を示した (図 4)。

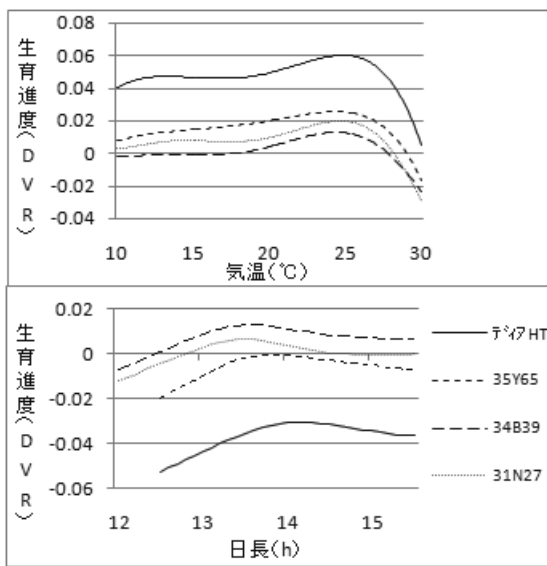


図 1 絹糸抽出期までの DVR

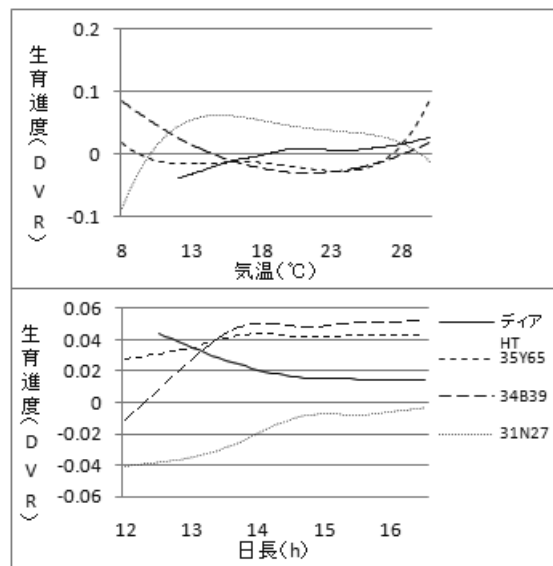


図 2 黄熟期までの DVR

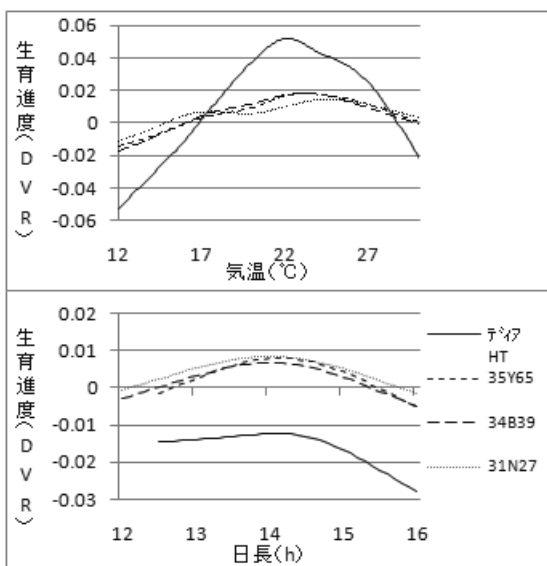


図 3 3 播種期の絹糸抽出期までの DVR

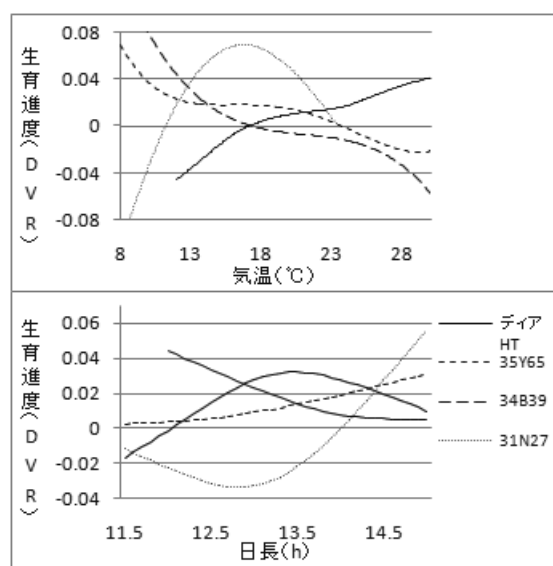


図 4 3 播種期の黄熟期までの DVR

## 考 察

### 1. 飼料用トウモロコシの作期移動試験

生育期間が長くなれば、乾物 TDN 収量は多くなった。これは作期分散を行う上で、収量を確保するためには生育期間を確保しなければならないことを示しており、乾物 TDN 収量を 10a あたり 1t 確保するには、早生～中生を 5 月中までに播種するか、晩生を 6 月上旬までに播種しなければならないと考えられる。冬作にイタリアンライグラスを作付けしている場合、5 月上～中旬に刈取調製が行われるため、トウモロコシの播種は早くても 5 月下旬から 6 月上旬となり、作期分散とならない。作期分散するためには、トウモロコシ単作、トウモロコシ－イタリアン二毛作、トウモロコシ二期作をうまく組み合わせる必要があり、競争を避ける必要があると考えられる。

### 2. イタリアンライグラスの作期移動試験

生育期間と乾物収量の関係はあまりないと考えられる。ただ、200 から 220 日が確保されていれば、乾物収量は大きくなるが、むしろ播種時期によって左右される。9 月下旬から 10 月中旬で最大となる品種が多く、出穂期はほとんど変わらない。このことから播種時期を逃さないことが、収量確保に重要である。出穂期が変わらないことは、冬季に生育が一度リセットされ、ある時期からの積算気温で出穂が決まると考えられる。

今回の試験では、6 月上旬播種の 31N27 と 10 月中旬播種のワセアオバが最適な組合せであったが、県北部では、イタリアンライグラスは播種適期が 10 月上中旬であり、旬平均気温で 15℃が目安となる。県南部等気温の高い地域では、イタリアンライグラスの生育期間が短くなるため、トウモロコシの生育期間と積算気温を確保しやすい。さらに収量性の高いトウモロコシ品種を用いることができるかもしれない。

### 3. ノンパラメトリック DVR 法による生育予測手法

絹糸抽出期までの DVR 値では、品種間差はあるものの、気温要素の影響が大きかった。特に極早生では温度の影響が大きかった。一方、黄熟期までの DVR 値では、晩生は気温の影響が大きく、極早生、早生、中生では日長の影響が大きかった。このことから、温度が高ければ絹糸抽出期が早くなり、黄熟期までは、日長が長ければ早生・中生が早く、気温が低くなれば晩生が早くなると考えられる。

現在、地球規模で温暖化が進行している。過去 40 年間の気象データをみても、ここ数十年の気温は、年平均で 1～2℃も高い。これは現在のトウモロコシ－イタリアンライグラス二毛作栽培体系を揺るがす大きな変化である。これからも温暖化が進行していくのであれば、西南暖地の栽培体系、トウモロコシ二期作や暖地型永年牧草、冬季のエンバク等が参考になるかもしれない。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、当試験場の技術員各位には、ほ場作業から各種調査についてご協力いただいた。また、畜産草地研究所の菅野主席研究員に多大なるご指導及びご助言をいただいた。併せて御礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) Atsushi MARUYAMA et al (2010). Modeling of phenological development in winter wheat to estimate the timing of heading and maturity based on daiary mean air temperature and photoperiod. *J. Agric. Meteorol.* 66 (1) :41-50.
- 2) 星一好・百武友紀子 (2000) 飼料用トウモロコシの生育予測手法の確立. 栃木県酪農試験場研究報告. No. 124: 11-19.
- 3) 星一好・百武友紀子 (2005) 飼料用トウモロコシ生育ステージ予測法の現場適用. 日本草地学会誌. Vol. 51. No. 2: 209-212.
- 4) 九石寛之・天野祐敏・宮原雅明・鮎田直子・菅沼京子・神辺佳弘 (2009) 我が国 3 地点における飼料用とうもろこしの作期と生育パターン. 日本草地学会誌. Vol. 55. 別: 157
- 5) 九石寛之・鮎田直子・増山秀人 (2010) 栃木県における飼料用トウモロコシの生育予測と実測値の差. 日本草地学会誌. Vol. 56. 別: 153
- 6) 大槻和夫 (2001) 飼料の TDN の推定. 改訂粗飼料の品質ガイドブック (自給飼料研究会編). 日本草地種子協会. p77-83

- 7) 竹澤邦夫・田村良文・小野祐幸 (1987). 作物の発育ステージのノンパラメトリック推定の有効性. 農業気象. Vol. 45. No. 3:151-154
- 8) 竹澤邦夫 (2002) B-スプラインを用いたノンパラメトリック DVR 法. システム農学. Vol. 19. No. 2:121-129
- 9) 農業技術大系 畜産編 7 飼料作物

Development of combination of herb species and varieties for an extensive cultivation system.

When Corn (*Zea mays* L.)-Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) is cultivated, a maximum dry matter yield of combination of varieties is “34B39” seeded in middle May and “WASEAOBA” seeded in middle October, but because this combination tends to occur working competition, it’s “31N27” seeded in early June and “WASEAOBA” seeded in middle October.

And at Cornes, DVR calculated of air temperature and photoperiod is a defference of varieties and seeding time.