

ビール大麦「ニューサチホゴールド」の 高品質安定多収栽培法

大山亮・山口昌宏・大関美香・関和孝博・豊島貴子¹⁾・鈴木康夫²⁾・
白間香里³⁾・新井申⁴⁾・五月女敏範⁵⁾・加藤常夫

摘要: ビール醸造用二条大麦ニューサチホゴールドは2015年に品種登録出願され、原麦中の脂質酸化酵素を失活しビールの劣化を防ぐことができる特性を持つことから、今後の普及拡大が見込まれている。そのためニューサチホゴールドの能力を最大限に発揮させる施肥量、播種量および播種期について、収量性および麦芽品質の特性を検討した。ニューサチホゴールドは、増肥によって増収および子実中粗蛋白質含量が増加し、少播で穂数の減少、多播で千粒重の低下が見られた。また遅播で熟期の遅れや穂数減少による収量の低下、早播で側面裂皮粒の増加が見られた。そしていずれの反応も戻し交配親サチホゴールドと同様の反応を示したことから、ニューサチホゴールドの高品質安定栽培法はサチホゴールドと同様の、施肥窒素量 0.8 kg a^{-1} 、播種量 0.85 kg a^{-1} 、播種期は地域毎の適期に播種することが重要であると考えられた。

キーワード: 収量, 施肥(窒素)量, 麦芽品質, 播種期, 播種量

Optimum Cultivation Method to Obtain High Quality and High Yield stability in the Malting Barley Cultivar 'New Sachiho Golden'

Makoto OYAMA, Masahiro YAMAGUCHI, Mika OOZEKI, Takahiro SEKIWA, Takako TOYOSHIMA, Yasuo SUZUKI,
Kaori SHIRAMA, Shin ARAI, Toshinori SOTOME and Tsuneo KATO

Summary: In 2015, a new malting barley cultivar, 'New Sachiho Golden', was submitted for registration as a new variety. The use of 'New Sachiho Golden' is expected to expand because it lacks a lipid oxidase that degrades beer. Since 2015, we have investigated the effects of fertilizer, seed amount, and seeding date on its growth, yield components, and malting qualities. With an increased level of fertilization, the number of ears and crude protein content in 'New Sachiho Golden' were greater than those obtained using a normal level of fertilization. With a low seed amount, the panicle number was decreased. With a high seed amount, the 1000-grain weight was decreased. Furthermore, a late seeding date delayed maturation and decreased the number of ears because the number of panicles was decreased. An early seeding date increased the number of hull-cracked grains. Since any reaction triggered by this assay is very similar to that of 'Sachiho Golden' used in the backcross method. So we concluded that the optimum amount of basal nitrogen fertilizer was 0.8 kg a^{-1} , the optimum seed amount was 0.85 kg a^{-1} and the seeding date was the standard sowing date determined for every area in Tochigi Prefecture.

Key words: Fertilizer Amount, Malting Quality, Seed Amount, Seeding Date, Yield

1) 現栃木県下都賀農業振興事務所, 2) 現栃木県上都賀農業振興事務所, 3) 現栃木県河内農業振興事務所, 4) 現栃木県那須農業振興事務所,
5) 現栃木県安足農業振興事務所 (2017. 2. 10 受理)

I 緒言

ビール醸造用二条大麦品種サチホゴールド (加藤ら, 2006) は, 関東から九州地域の平坦地に適応性があり, 早生, 多収で栽培性に優れ, かつ麦芽エキスが極めて高く, 麦汁 β -グルカンが低い等の麦芽品質も良好である. 2005 年に栃木県の奨励品種として採用されて以来普及拡大が続き, 現在では栃木県内の作付面積の約 86 %, 国内でも約 60 % に普及している優良品種である (山口ら, 2015).

従来ビール醸造用二条大麦品種には, エキスが多いことやデンプン分解酵素活性 (ジアスターゼ力) が高いこと, 麦芽の適正な溶けや麦汁中 β -グルカン含量が低い性質が求められ, それに適応する品種が育成されてきた. しかし近年では前述の形質に加え, 輸送中のビールの鮮度が劣化しにくい“香味安定性”に優れた品種の開発が強く求められている. そこで栃木県農業試験場では, 大麦種子中の脂質を酸化して不快な劣化臭 (段ボール紙の臭い) を生成する脂質酸化酵素リポキシゲナーゼ (LOX-1) の機能欠損型形質を, サチホゴールドに導入した「ニューサチホゴールド」(2015 年品種登録出願) を育成した.

ニューサチホゴールドは, 六条大麦「Karl」の LOX-1 欠失突然変異である「大系 LM1」を母, 「サチホゴールド」を連続 5 回戻し交配した後, 系統育種法により選抜, 固定を図った (大関, 2015). その結果, ニューサチホゴールドは, 戻し交配親であるサチホゴールドの形質を引き継いでいる可能性が高いものの, 今後普及拡大を図るためには改めて高品質安定多収栽培法の確立が求められている.

そこで本研究では, 施肥量, 播種量および播種期を変えたニューサチホゴールドの栽培を検討し, 収量および麦芽品質を高位に安定させる栽培法を確立し, 栽培マニュアルを作成したので報告する.

本研究は, 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の予算を活用して行われた.

II 材料および試験方法

1. 2011 年度

1) 施肥量および播種量試験

試験は栃木市大塚町の原種農場栃木農場内ほ場 (灰色低地土, 前作は水稻青刈り) で実施した. 供試品種はニューサチホゴールド及びサチホゴールドの 2 品種とした. 播種は播種間隔を調整可能なプロットシード (HEGE 社製 HEGE-1250) を用い, 畦長 5.4 m, 条間 20 cm の 6 条ドリル播きで行った.

処理内容を第 1 表に示した. 施肥量を窒素成分で a 当たり 0.6 kg, 0.8 kg, 1.0 kg の 3 水準設定した. 使用した肥料は, 全て BBJA 那須野スーパー麦専用 284 (N:P₂O₅:K₂O=12:18:14, 窒素成分の 20 % は被覆尿素 LP40) である. 播種量は m² 当たり 161 粒 (a 当たり 0.71 kg), 192 粒 (同 0.85 kg), 238 粒 (同 1.05 kg) の 3 水準を設定し, 施肥窒素量と組み合わせで実施した. なお栃木農場のほ場は地力が低い (データ省略) ため, 一般ほ場よりも窒素成分を a 当たり 0.2 kg 程度多い水準に設定した. 試験規模は分割区法により 3 反復設けた. 播種期は県南地域の播種適期である 11 月中旬とした.

第 1 表 施肥量および播種量試験の処理内容 (2011 年度)

| 供試品種 | 施肥窒素量 kg a ⁻¹ | 播種量 粒/m ² |
|------------|-----------------------------|-------------------------|
| ニューサチホゴールド | 0.6 (少肥) | 161 (少播) |
| | 0.8 (標準肥) | 192 (標準播) |
| サチホゴールド | 1.0 (多肥) | 238 (多播) |

2) 播種期試験

施肥量および播種量試験と同様に, 栃木農場内ほ場で実施した. 処理内容を第 2 表に示した. 栃木農場がある県南地域の播種適期を基準に, 標準播 (11/18), 遅播 (11/28), 極遅播 (12/6) の 3 水準を設定した. 施肥量は窒素成分で a 当たり 0.8 kg, 播種量は m² 当たり 192 粒 (a 当たり 0.85 kg) とした.

第 2 表 播種期試験の処理内容 (2011 年度)

| 供試品種 | 播種時期 |
|-----------------------|-----------|
| ニューサチホゴールド サチホゴールド | 標準播 11/18 |
| | 遅播 11/28 |
| | 極遅播 12/6 |

施肥量および播種量試験, 播種期試験ともに, 調査項目はビール大麦合同比較試験に準じ, 出穂期・成熟期・稈長・穂長・穂数・1 穂粒数・倒伏程度・子実重・整粒歩合・千粒重・子実粗蛋白含有率等について調査した. また, 品種改良のためのビール麦品質検定法に準じて 60 g 製麦を行い, 麦芽品質についても調査した.

2. 2012 年度および 2013 年度

前年度の結果から, 施肥量試験および播種期試験の水準を変更した. それ以外のほ場, 播種期, 試験区面積, 使用資材, 試験規模および調査項目等は全て 2011 年度と

同一である。

1) 施肥量および播種量試験

処理内容を第3表に示した。施肥量を窒素成分でa当たり0.8 kg, 1.0 kg, 1.2 kgの3水準設定した。播種量はm²当たり161粒 (a当たり0.71 kg), 192粒 (同0.85 kg), 238粒 (同1.05 kg)の3水準を設定し, 施肥窒素量と組み合わせで実施した。試験規模は分割区法により3反復設けた。播種期は県南地域の播種適期である11月中旬とした。

第3表 施肥量および播種量試験の処理内容 (2012, 2013年度)

| 供試品種 | 施肥窒素量 kg a ⁻¹ | 播種量 粒/m ² |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| ニューサチホゴールデン | 0.6 (少肥) | 161 (少播) |
| | 0.8 (標準肥) | 192 (標準播) |
| サチホゴールデン | 1.0 (多肥) | 238 (多播) |

2) 播種期試験

処理内容を第4表に示した。県南地域の播種適期を基準に, 早播 (11/8 または 11/9), 標準播 (11/21 または 11/18), 遅播 (11/29 または 11/28) の3水準を設定した。施肥量は窒素成分でa当たり0.8 kg, 播種量はm²当たり192粒 (a当たり0.85 kg) とした。

第4表 播種期試験の処理内容 (2012, 2013年度)

| 供試品種 | 播種時期 |
|-------------|------------------|
| ニューサチホゴールデン | 早播 11/8, 11/9 |
| サチホゴールデン | 標準播 11/21, 11/18 |
| | 遅播 11/29, 11/28 |

第5表 施肥量および播種量の違いが農業形質・麦芽品質に与える影響 (2011年度)

| 品種名 | 処理区 | 成熟期 月/日 | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/m ² | 一穂粒数 粒 | 整粒歩合 % | 整粒重 kg a ⁻¹ | 千粒重 g | 子実中粗蛋白 % | 側面裂皮 率 % | 麦芽エキス dm/% | 可溶性窒素 dm/% | コールパツハ数 % | ジアスターゼ力 WK/TN | 麦芽粗蛋白質 % | β-グルカン mg L ⁻¹ | 粘度 mPa·s |
|-----------------|--------------|------------|----------|----------|------------------------|-----------|-----------|---------------------------|----------|-------------|----------------|---------------|---------------|--------------|------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| ニューサチホ ゴールデン | 施肥量(A) | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | * | ** | n.s. | * | n.s. | * | ** | ** | n.s. | ** |
| | 少肥 | 5/31 b | 84.8 b | 6.8 | 538 b | 25.6 b | 92.1 | 46.4 b | 44.5 b | 8.7 c | 1.1 | 84.8 ab | 0.71 | 52.1 a | 233 b | 8.5 b | 51 | 1.53 b |
| | 標準肥 | 6/01 a | 87.9 b | 6.9 | 642 a | 26.8 a | 93.0 | 54.7 a | 45.3 a | 9.3 b | 1.2 | 84.9 a | 0.70 | 48.6 ab | 230 b | 9.0 ab | 52 | 1.54 ab |
| | 多肥 | 6/01 a | 92.1 a | 7.0 | 709 a | 26.9 a | 92.1 | 56.9 a | 45.0 ab | 9.9 a | 1.3 | 84.4 b | 0.68 | 44.5 b | 273 a | 9.5 a | 67 | 1.57 a |
| | 播種量(B) | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. |
| | 少播 | 5/31 | 89.0 | 7.0 a | 597 b | 26.7 | 93.3 a | 52.1 | 45.7 a | 9.5 | 1.2 | 84.5 | 0.70 | 46.8 | 229 b | 9.4 | 57 | 1.56 |
| | 標準播 | 6/01 | 88.6 | 7.0 ab | 607 ab | 26.6 | 93.0 a | 52.2 | 45.3 a | 9.2 | 1.2 | 84.6 | 0.67 | 47.8 | 264 a | 8.8 | 54 | 1.54 |
| | 多播 | 6/01 | 87.1 | 6.7 b | 685 a | 26.0 | 91.1 b | 53.8 | 43.7 b | 9.2 | 1.2 | 84.9 | 0.71 | 50.0 | 246 ab | 8.9 | 61 | 1.55 |
| | A×B | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| | サチホ ゴールデン | 施肥量(A) | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | * | ** | n.s. | n.s. | * | ** | ** | n.s. | * |
| 少肥 | | 5/30 b | 84.2 b | 6.8 | 604 b | 26.0 | 92.1 | 47.9 | 43.5 b | 8.7 b | 1.0 | 84.9 | 0.71 a | 53.1 a | 238 b | 8.4 | 41 b | 1.52 |
| 標準肥 | | 5/31 ab | 86.0 ab | 6.7 | 638 a | 26.3 | 92.3 | 52.2 | 44.0 ab | 9.2 b | 1.6 | 84.8 | 0.70 ab | 49.3 a | 231 b | 9.0 | 59 a | 1.54 |
| 多肥 | | 6/01 a | 88.9 a | 6.8 | 726 a | 26.7 | 92.2 | 54.4 | 44.4 a | 9.7 a | 0.5 | 84.4 | 0.64 b | 42.9 b | 279 a | 9.3 | 55 ab | 1.53 |
| 播種量(B) | | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| 少播 | | 5/31 | 86.2 | 6.9 a | 604 b | 26.9 | 93.2 a | 51.5 | 44.5 a | 9.2 ab | 1.0 | 84.6 | 0.71 | 49.9 | 237 | 9.0 | 58 | 1.52 |
| 標準播 | | 5/31 | 86.6 | 6.8 ab | 644 ab | 26.5 | 92.6 a | 50.4 | 44.4 a | 9.5 a | 1.2 | 84.6 | 0.70 | 48.5 | 255 | 9.1 | 49 | 1.54 |
| 多播 | | 5/31 | 86.3 | 6.5 b | 719 a | 25.6 | 90.8 b | 52.6 | 43.0 b | 8.8 b | 0.8 | 85.0 | 0.65 | 47.7 | 253 | 8.5 | 47 | 1.52 |
| A×B | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| ニューサチホゴールデン平均 | | 5/31 | 88.2 | 6.9 | 629 | 26.4 | 92.4 | 52.7 | 44.9 | 9.3 | 1.2 | 84.7 | 0.69 | 48.1 | 247 | 9.0 | 57 | 1.55 |
| サチホゴールデン平均 | 5/31 | 86.4 | 6.7 | 656 | 26.3 | 92.2 | 51.5 | 44.0 | 9.2 | 1.0 | 84.7 | 0.69 | 48.7 | 248 | 8.9 | 52 | 1.53 | |

整粒歩合は2.5mm以上, 整粒重および千粒重は水分12.5%換算値。

** , * : 1%, 5%水準で有意。 n.s. : 有意差無し。表中の同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

III 結果

1. 気象概況および生育概況

試験期間の気象経過および生育の概要は次のとおりであった。気象は栃木農場に近い小山市のアメダス観測データ, 生育は生育診断ほ場 (栃木市) の平年対比・対差を記した。

2011年度は, 生育期間中の平均気温は平年より0.2℃低く, 降水量は平年比143%と多かった。出穂期～成熟期の降水量は平年比137%であった。出穂期は平年より5日遅く, 成熟期は7日遅かった。千粒重は平年より小さく整粒重は平年比97%と低収であった。

2012年度は, 平均気温は平年より0.3℃高く, 降水量は平年比75%で少なかった。出穂期～成熟期の降水量は平年比20%であった。出穂期は6日遅く, 成熟期は4日遅かった。千粒重や整粒歩合は平年より大きく, 整粒重は平年比121%で多収であった。

2013年度は, 平均気温は平年より0.4℃高く, 降水量は平年比89%であった。出穂期～成熟期の降水量は平年比58%であった。出穂期は平年より2日遅く, 成熟期は平年より3日早くなった。千粒重や整粒歩合が平年より大きく, 整粒重は平年比130%で多収であった。なお, 2013年度は登熟期後半の高温と成熟期の多雨により穂発芽が発生し, 県内23市町で合計23億円を超える被害を受けた (大山ら, 2015)。

ニューサチホゴールデンの播種期の検討において, 稈長・1穂粒数において交互作用が見られたが, 収量および麦芽品質については交互作用が認められず, 2012年と2013年の平均値を用いて検討した。

2. 2011 年度試験結果

1) 施肥量試験および播種量試験結果

施肥量および播種量の処理に対する、両品種の農業形質および麦芽品質に与える影響を第5表に示した。

(1) 施肥量試験結果

ニューサチホゴールドの農業特性は、少肥区に比べ標準肥区で成熟期が遅れ、穂数・1 穂粒数・整粒重・千粒重・子実粗蛋白質が増加した。標準肥区と多肥区を比較すると、長稈化および子実粗蛋白質が増加した。サチホゴールドは、少肥区に比べ標準肥区で穂数が増加し、標準肥区に比べ多肥区では子実粗蛋白質が増加した。両品種とも、少肥区に比べ多肥区で晩熟化、長稈化、穂数および子実粗蛋白質が増加した。また、両品種の整粒重と、収穫物の受入品質基準に関わる子実粗蛋白質含量についてはほぼ同様の水準であった。

麦芽品質について述べる。少肥区と標準肥区を比べると、施肥量の違いがニューサチホゴールドおよびサチホゴールドの麦芽品質に与える影響は判然としなかったが、少肥区に比べ多肥区では、両品種ともコールパツハ数の低下、ジアスターゼ力の上昇が見られた。麦芽粗蛋白質含量はニューサチホゴールドで少肥区よりも多肥区で有意に増加し、サチホゴールドでは有意な差は見られなかったが、ニューサチホゴールドと同等の水準であった。

(2) 播種量試験結果

農業特性については、両品種ともに少播区に比べ多播区で穂長が長くなり、穂数が増加、整粒歩合が低下、千粒重が低下した結果となり、同様の反応を示した。

また播種量の違いに対する麦芽品質に与える影響については、両品種とも判然としなかった。

また両品種のいずれの調査項目についても、施肥量と播種量についての交互作用は確認されなかった。

2) 播種期試験結果

播種期の処理に対する、両品種の農業形質および麦芽

品質に与える影響を第6表に示した。

農業特性については、両品種とも播種期が遅れるにつれ成熟期が遅くなり、また、標準播区に比べ遅播区および極遅播区で子実粗蛋白質が増加した。稈長と千粒重については、極遅播区で短稈化および千粒重が増加するなど、播種期の違いに対する反応は両品種ともほぼ同様であった。

麦芽品質については、両品種とも極遅播区は標準播区に比べ麦芽粗蛋白質含量および麦汁粘度が増加し、コールパツハ数およびジアスターゼ力が低下する傾向があった。麦芽エキスについては、ニューサチホゴールドは遅播区および極遅播区で低下する傾向が見られた。その他の調査項目については、播種期の違いが及ぼす影響に大きな違いは見られなかった。

3. 2012 年度および 2013 年度試験結果

2011 年度の結果から、ニューサチホゴールドは少肥栽培よりも多肥栽培で整粒重が増加し、播種期が遅れると成熟期の遅れや子実粗蛋白質が増加すること等が判明したため、2012 年度および 2013 年度は施肥量水準と播種期水準を変更して試験を行った。麦芽品質結果については、2012 年度は製麦時の発芽率が悪く品質分析に供しなかった試験区が多かったことから、結果から除外した。

1) 施肥量試験および播種量試験結果

施肥量および播種量の処理に対する、両品種の農業形質および麦芽品質に与える影響を第7表に示した。

(1) 施肥量試験結果

ニューサチホゴールドの農業特性は、標準肥区に比べ多肥区および極多肥区で長稈化、整粒重の増加、千粒重の増加および子実粗蛋白質の増加が見られた。穂数については極多肥区で多くなった。サチホゴールドはニューサチホゴールドとほぼ同様の反応を示し、稈長は施肥量を増やすにつれ長稈化し、多肥区および極多肥区で整粒重、千粒重および子実粗蛋白質含量が増加した。

麦芽品質は、両品種とも標準肥区に比べ極多肥区で麦

第6表 播種期の違いが農業形質・麦芽品質に与える影響 (2011 年度)

| 品種名 | 処理区 | 成熟期 月/日 | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/m ² | 一穂 粒数 粒 | 整粒 歩合 % | 整粒 重 kg a ⁻¹ | 千粒 重 g | 子実中 粗蛋白 % | 側面裂皮 粒率 % | 麦芽 エキス dm/% | 可溶性 窒素 dm/% | コール パツハ数 % | ジアス ターゼ力 WK/TN | 麦芽 粗蛋白質 % | β- グルカン mg L ⁻¹ | 粘度 mPa·s |
|------------------|------------------|------------|----------|----------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|
| ニューサチホ ゴールド | 播種期 | ** | ** | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | ** | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | ** | n.s | * |
| | 標準播 | 6/01 c | 86.8 a | 6.9 | 619 | 26.7 | 93.3 | 52.0 | 45.5 c | 9.3 b | 1.0 | 84.6 | 0.66 | 48.1 | 269 | 8.6 b | 40 | 1.51 b |
| | 遅播 | 6/03 b | 86.3 a | 6.7 | 633 | 25.7 | 93.8 | 57.0 | 46.8 b | 10.2 a | 2.5 | 84.2 | 0.77 | 49.5 | 214 | 9.8 a | 62 | 1.55 ab |
| サチホ ゴールド | 極遅播 | 6/05 a | 77.1 b | 6.6 | 611 | 25.7 | 92.5 | 49.3 | 48.9 a | 10.6 a | 5.8 | 84.2 | 0.71 | 43.6 | 198 | 10.3 a | 50 | 1.60 a |
| | 播種期 | ** | ** | n.s | * | n.s | * | n.s | ** | n.s | * | n.s | n.s | n.s | n.s | ** | n.s | * |
| | 標準播 | 6/01 c | 87.9 a | 6.8 | 647 a | 26.4 | 92.9 a | 54.4 | 44.6 b | 9.5 b | 2.0 | 84.6 a | 0.72 | 49.0 | 244 | 9.3 b | 57 | 1.55 b |
| ニューサチホ ゴールド平均 | 遅播 | 6/03 b | 86.2 a | 6.6 | 653 a | 26.6 | 90.9 b | 56.8 | 45.6 b | 10.8 a | 3.8 | 83.9 ab | 0.75 | 46.0 | 197 | 10.2 ab | 40 | 1.55 ab |
| | 極遅播 | 6/05 a | 77.8 b | 6.7 | 546 b | 24.8 | 92.6 ab | 51.3 | 48.5 a | 10.9 a | 2.7 | 83.5 b | 0.66 | 38.7 | 197 | 10.7 a | 80 | 1.63 a |
| | ニューサチホ ゴールド平均 | 6/03 | 83.4 | 6.8 | 621 | 26.0 | 93.2 | 52.8 | 47.1 | 10.0 | 3.1 | 84.4 | 0.72 | 47.0 | 227 | 9.5 | 50.8 | 1.55 |
| サチホ ゴールド平均 | 6/03 | 84.0 | 6.7 | 615 | 25.9 | 92.1 | 54.2 | 46.2 | 10.4 | 2.8 | 84.0 | 0.71 | 44.6 | 213 | 10.1 | 59.1 | 1.58 | |

整粒歩合は2.5mm以上、整粒重および千粒重は水分12.5%換算値。

**、*:1%,5%水準で有意。n.s.:有意差無し。表中の同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

第7表 施肥量および播種量の違いが農業形質・麦芽品質に与える影響 (2012, 2013年度)

| 品種名 | 処理区 | 成熟期 月/日 | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/m ² | 一穂 粒数 粒 | 整粒 歩合 % | 整粒 重 kg a ⁻¹ | 千粒 重 g | 子実中 粗蛋白質 % | 側面裂皮 粒率 % | 麦芽 エキス dm/% | 可溶性 窒素 dm/% | コール パツハ数 % | ジラス ターゼカ WK/TN | 麦芽 粗蛋白質 % | β- グルカン mg L ⁻¹ | 粘度 mPa·s |
|-----------------|--------|------------|----------|----------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ニューサチホ ゴールデン | 施肥量(A) | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. |
| | 標準肥 | 5/30 | 86.2 b | 7.0 | 711 b | 25.7 | 98.4 | 71.9 b | 48.4 b | 9.8 b | 9.1 | 85.0 | 0.70 | 44.9 | 234 | 9.8 b | 115 | 1.72 |
| | 多肥 | 5/30 | 88.3 a | 7.1 | 740 b | 25.8 | 98.3 | 78.7 a | 49.0 a | 10.6 a | 10.0 | 85.0 | 0.72 | 44.1 | 251 | 10.3 ab | 130 | 1.77 |
| | 極多肥 | 5/30 | 89.0 a | 7.1 | 793 a | 25.5 | 98.4 | 82.2 a | 49.3 a | 10.8 a | 8.0 | 85.0 | 0.74 | 42.8 | 233 | 10.8 a | 148 | 1.79 |
| | 播種量(B) | n.s. | n.s. | ** | ** | * | n.s. | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. |
| | 少播 | 5/30 | 87.3 | 7.2 a | 702 b | 26.1 a | 98.4 | 75.9 | 49.5 a | 10.7 a | 7.9 | 84.8 | 0.71 | 41.8 | 227 b | 10.7 a | 148 | 1.81 |
| | 標準播 | 5/30 | 88.5 | 7.1 a | 763 a | 25.7 ab | 98.4 | 79.7 | 49.2 a | 10.5 ab | 9.1 | 84.8 | 0.72 | 43.5 | 248 a | 10.4 ab | 129 | 1.74 |
| | 多播 | 5/30 | 87.6 | 6.9 b | 779 a | 25.3 b | 98.3 | 77.2 | 48.1 b | 10.0 b | 10.0 | 85.4 | 0.73 | 46.6 | 242 ab | 9.8 b | 116 | 1.73 |
| | 年次(C) | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | * | * | n.s. | ** | - | - | - | - | - | - | - |
| | A×B | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| | A×C | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| | B×C | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| A×B×C | n.s. | n.s. | * | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - | |
| サチホ ゴールデン | 施肥量(A) | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. | n.s. |
| | 標準肥 | 5/30 b | 85.4 c | 7.0 | 698 b | 25.5 | 98.5 | 71.5 b | 48.8 b | 10.0 b | 9.8 | 85.8 | 0.70 | 44.1 | 224 | 10.0 b | 131 | 1.74 |
| | 多肥 | 5/30 b | 87.6 b | 7.1 | 724 b | 25.7 | 98.4 | 77.7 a | 49.6 a | 10.7 a | 8.8 | 85.5 | 0.71 | 42.7 | 240 | 10.5 ab | 143 | 1.80 |
| | 極多肥 | 5/30 a | 90.0 a | 7.1 | 771 a | 25.6 | 98.1 | 82.7 a | 49.6 a | 10.9 a | 9.0 | 85.3 | 0.74 | 42.9 | 243 | 10.9 a | 128 | 1.77 |
| | 播種量(B) | ** | n.s. | ** | ** | ** | n.s. | n.s. | ** | ** | ** | * | n.s. | * | ** | ** | * | n.s. |
| | 少播 | 5/30 a | 87.5 | 7.3 a | 704 b | 26.1 a | 98.5 | 76.7 | 50.2 a | 11.0 a | 7.8 b | 85.1 b | 0.71 | 40.6 b | 224 b | 11.0 a | 163 a | 1.83 |
| | 標準播 | 5/30 a | 87.6 | 7.1 b | 724 b | 25.6 b | 98.1 | 77.9 | 49.5 b | 10.6 ab | 8.6 b | 85.4 ab | 0.72 | 42.6 ab | 229 b | 10.5 a | 131 ab | 1.75 |
| | 多播 | 5/30 b | 87.9 | 6.9 c | 765 a | 25.2 c | 98.3 | 77.4 | 48.2 c | 10.1 b | 11.2 a | 86.0 a | 0.73 | 46.5 a | 254 a | 9.8 b | 109 b | 1.72 |
| | 年次(C) | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | ** | - | - | - | - | - | - | - |
| | A×B | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| | A×C | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| | B×C | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| A×B×C | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - | |
| ニューサチホゴールデン平均 | 5/30 | 87.8 | 7.1 | 748 | 25.7 | 98.4 | 77.6 | 48.9 | 10.4 | 9.0 | 85.0 | 0.72 | 44.0 | 239 | 10.3 | 131 | 1.76 | |
| サチホゴールデン平均 | 5/30 | 87.7 | 7.1 | 731 | 25.6 | 98.3 | 77.3 | 49.3 | 10.5 | 9.2 | 85.5 | 0.72 | 43.2 | 236 | 10.5 | 134 | 1.77 | |

整粒歩合は2.5mm以上、整粒重および千粒重は水分12.5%換算値。

**、*:1%, 5%水準で有意。n.s.:有意差無し。表中の同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

芽粗蛋白質含量が増加した。また有意な差は見られなかったが、施肥量の増加に伴って可溶性窒素が増加する傾向があった。

(2) 播種量試験結果

ニューサチホゴールデンの農業特性は、標準播区に比べ少播区で穂数が減少し、標準肥区に比べ多播区で穂長が短くなり、千粒重が低下した。また播種量が増加するに伴って側面裂皮粒率が上昇する傾向があった。サチホゴールデンは標準播区に比べ多播区で穂数の増加、1穂粒数および千粒重の低下、側面裂皮粒率の上昇が見られたが、いずれもニューサチホゴールデンと同水準であった。

麦芽品質は、両品種とも少播区に比べ多播区で麦芽粗蛋白質含量が低下し、いずれも有意な差は見られなかったが、可溶性窒素の増加と粘度が低下する傾向があった。麦芽エキスについては、サチホゴールデンで少播区に比

べ多播区で増加したが、ニューサチホゴールデンでは大きな差は見られなかった。

また両品種とも、成熟期において施肥量×播種量で交互作用が確認された。少播区では多肥条件によって成熟期が早まり、極多肥条件で成熟期が遅くなった。

2) 播種期試験結果

播種期の処理に対する、両品種の農業形質および麦芽品質に与える影響を第8表に示した。

農業特性については、両品種とも播種時が遅れるに伴って成熟期が遅くなった。ニューサチホゴールデンは標準播区に比べ遅播区で穂数および整粒重の低下、千粒重の増加が見られた。サチホゴールデンは標準播区に比べ早播区で1穂粒数の増加、整粒歩合や千粒重の減少が見られ、標準播区に比べ遅播区で整粒重の低下が見られた。子実粗蛋白質含量は両品種とも早播区に比べ遅播区

第8表 播種期の違いが農業形質・麦芽品質に与える影響 (2012, 2013年度)

| 品種名 | 処理区 | 成熟期 月/日 | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/m ² | 一穂 粒数 粒 | 整粒 歩合 % | 整粒 重 kg a ⁻¹ | 千粒 重 g | 子実中 粗蛋白質 % | 側面裂皮 粒率 % | 麦芽 エキス dm/% | 可溶性 窒素 dm/% | コール パツハ数 % | ジラス ターゼカ WK/TN | 麦芽 粗蛋白質 % | β- グルカン mg L ⁻¹ | 粘度 mPa·s |
|-----------------|--------|------------|----------|----------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ニューサチホ ゴールデン | 播種期(A) | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | ** | ** | * | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| | 早播 | 5/27 c | 86.6 a | 6.9 | 782 a | 26.0 | 97.2 | 74.1 a | 47.6 b | 9.8 b | 14.3 | 85.7 a | 0.73 | 47.1 | 230 | 9.7 | 135 | 1.74 |
| | 標準播 | 5/30 b | 86.8 a | 7.1 | 719 a | 25.7 | 98.3 | 73.8 a | 48.5 b | 10.1 ab | 8.4 | 84.6 ab | 0.68 | 41.8 | 233 | 10.2 | 119 | 1.72 |
| | 遅播 | 6/02 a | 78.7 b | 7.2 | 603 b | 25.2 | 98.4 | 49.5 b | 50.3 a | 10.5 a | 8.7 | 83.8 b | 0.71 | 40.5 | 228 | 11.0 | 164 | 1.86 |
| | 年次(B) | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | - | - | - | - | - | - |
| | A×B | ** | ** | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| サチホ ゴールデン | 播種期(A) | ** | n.s. | n.s. | * | * | ** | ** | * | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| | 早播 | 5/27 c | 85.0 | 7.0 | 745 a | 26.1 a | 97.9 | 72.5 a | 47.3 b | 9.8 b | 13.5 | 85.6 ab | 0.71 | 45.5 | 206 | 9.8 | 126 | 1.73 |
| | 標準播 | 5/30 b | 85.6 | 7.0 | 697 ab | 25.3 b | 98.5 | 71.9 a | 49.0 a | 9.9 ab | 11.0 | 86.3 a | 0.72 | 46.0 | 223 | 9.7 | 99 | 1.66 |
| | 遅播 | 6/02 a | 82.0 | 7.2 | 651 b | 25.3 b | 98.5 | 52.9 b | 50.1 a | 10.8 a | 6.9 | 84.4 b | 0.73 | 40.7 | 213 | 11.1 | 161 | 1.84 |
| | 年次(B) | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | - | - | - | - | - | - | - |
| | A×B | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | - | - | - | - | - | - |
| ニューサチホゴールデン平均 | 5/30 | 84.0 | 7.1 | 701 | 25.6 | 98.0 | 65.8 | 48.8 | 10.1 | 10.4 | 84.7 | 0.71 | 43.1 | 230 | 10.3 | 139 | 1.77 | |
| サチホゴールデン平均 | 5/30 | 84.2 | 7.1 | 698 | 25.6 | 98.3 | 65.8 | 48.8 | 10.2 | 10.5 | 85.4 | 0.72 | 44.1 | 214 | 10.2 | 129 | 1.74 | |

整粒歩合は2.5mm以上、整粒重および千粒重は水分12.5%換算値。

**、*:1%, 5%水準で有意。n.s.:有意差無し。表中の同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

で増加した。側面裂皮粒率については、両品種とも有意な差は見られなかったが、早播区で多くなる傾向があった。

麦芽品質については有意な差は見られなかったが、両品種とも遅播区で麦芽エキスおよびコールバツハ数が低くなり、麦芽粗蛋白質含量および粘度が最も高くなる傾向があった。

IV 考 察

ニューサチホゴールドデンが持つ品種特性を最大限に発揮させる施肥量、播種量および播種期を検討した。

1) 適正施肥窒素量

2011 年度のニューサチホゴールドデンは標準肥区に比べ少肥区で整粒重が低下した。これは少肥によって穂数や一穂粒数、千粒重が低下したためである。穂数は、少肥区で m^2 当たり 538 本で、標準肥区の 642 本、多肥区の 709 本に比べ、16~24 % 程度減少した。千粒重は、少肥区で 46.4 g、標準肥区で 54.7 g、多肥区で 56.9 g であり、少肥区は標準肥区および多肥区に比べ 15~18 % 程度の減少であり、特にこの 2 つの要因により、少肥区での収量が低下した。少肥によって減収し、多肥によって穂数や千粒重が増加することで高い収量性を確保できることは、サチホゴールドデンにおいても同様の傾向が見られた。

2011 年度の結果を受け、施肥量水準を 1 段階上げた 2012 年度と 2013 年度において、ニューサチホゴールドデンの整粒重は、標準肥区に比べ多肥区で約 9 %、極多肥区で約 14 % 増加した。これを収量構成要素別に解析すると、一穂粒数は施肥量の変動に対し有意な差はなかったが、穂数は標準肥区に比べ多肥で約 4 % 増加し、極多肥区で約 12 % 増加した。千粒重は標準肥区に比べ多肥区で約 1 %、極多肥区で約 2 % 増加した。しかし多肥区と極多肥区における整粒重は有意な差が無く、一方で多肥区よりも極多肥区で長稈化、子実中粗蛋白質含量の増加やコールバツハ数が低下する傾向があった。つまり、増収効果が低いことおよび倒伏発生や子実粗蛋白質含量の受入品質基準超過の危険性があることから、過剰な増肥は避けるべきである。またこの傾向はいずれも反復親サチホゴールドデンと同様の結果であった。

以上のことから、ニューサチホゴールドデンに最適な施肥窒素量は極多肥栽培よりもやや少ない多肥条件（窒素施肥量 1.0 kg a^{-1} 程度）であると考えられた。しかし今回の試験は場は地力が低いいため実際の施肥窒素量は 0.8 kg a^{-1} 程度が適し、これはサチホゴールドデンも同様であると同時に、現在のサチホゴールドデン栽培技術指針とも合致した（栃木県農政部, 2016）。

2) 適正播種量

いずれの試験年度でも、播種量の違いによるニューサチホゴールドデンの整粒重は有意な差は見られなかった。しかし 2012 年度および 2013 年度における子実粗蛋白質含量と麦芽粗蛋白質含量は多播区に比べ少播区で高くなった。これはサチホゴールドデンも同様で、その原因として少播区は多播区に比べ 1 穂粒数は 0.8 粒多いが穂数が約 10 % 少なく、結果的に単位面積当たりの総粒数が減り、そのことで 1 粒に転流される窒素量が上昇し、少播区収穫物の子実粗蛋白質含量と麦芽粗蛋白質含量が多播区に比べ増加したためと推察される。また子実粗蛋白質含量は受入品質基準項目であり、高すぎる子実粗蛋白質は香味や濁りに影響し、低すぎると酵母の栄養不足や泡持ちに影響するため、その適正範囲が細かく定められている。そして受入品質基準値 9.0~12.0 %（品質目標は 10.0~11.0 %）を超過すると収穫物が出荷できなくなる。さらに“一定期間のうちに子実中粗蛋白質含量の基準を超過するビール麦を一定回数生産した生産者は、今後のビール麦作付ができない”というビール麦作付のルールがあり、高蛋白含量となる可能性のある少播栽培は推奨できない。

側面裂皮粒は、茎立期～出穂期にかけての日照不足によって外穎の発達が遅れるような気象条件の年には多発することがあり、内外穎の長さや幅が急激に増加する止葉展開期から出穂期にかけて、日照不足や低温等の影響を受けて穎の発育が抑制され、穎と粒の大きさがアンバランスな場合に発生しやすいことが知られている（浜地ら, 1989）。いずれの試験年度も 4 月の第 1 半旬から出穂期にかけて低温に遭遇しているが、側面裂皮粒が多発した 2012 年度および 2013 年度は、2011 年度に比べ出穂期～成熟期の降水量が少なく根の活性が維持され登熟が良好だったため、粒が大きくなり（＝千粒重が大きくなり）、側面裂皮粒が多くなったと考えられた。またニューサチホゴールドデンの側面裂皮粒率は少播区に比べ多播区で上昇する傾向が見られ、サチホゴールドデンでは有意に増加した。側面裂皮粒の多発は外観品質の低下による農業者の所得低下の原因となるため、多播栽培は不適である。

以上のことから播種量は 192 粒/m^2 （重量換算： 0.85 kg a^{-1} ）程度が適すると考えられた。

3) 適正播種期

2011 年のニューサチホゴールドデンは、播種期の遅れにより、晩熟化、千粒重及び子実中粗蛋白質含量の増加が見られた。サチホゴールドデンが栽培されている栃木県や群馬県を含む関東地域の梅雨入りの平年値は 6 月 8 日頃で

あり、またビール麦の収穫適期は成熟期から2～3日後が目安であるため、成熟期の遅れによって収穫適期が梅雨入りと重なる可能性がある。ビール麦は収穫適期前に収穫すると発芽勢が落ち、また収穫時期が梅雨入り後ではカビ等の汚染の可能性が高まることから、収穫適期と梅雨入りと重なることは避けなければならない。また“登熟後期の高温かつ成熟期の低温と長雨”があった2014年産栃木県産二条大麦では、主力品種サチホゴールドを中心に穂発芽が発生して大きな被害となったことから、気温上昇のリスクが高まる「成熟期および収穫適期の遅延」は絶対に回避すべきである。さらに遅播によって子実中粗蛋白質含量が増加する可能性がある。実際に遅播区と早播区を設けた2012年度および2013年度では、ニューサチホゴールドの遅播区は標準播区に比べ成熟期が3日遅れ、子実中粗蛋白質含量が0.4%増加し、麦芽粗蛋白質含量も増加傾向を示した。また、穂数は標準播区に比べ遅播区で約20%減少し、整粒重は約33%低下した。麦汁の濾過性に関わるβ-グルカン含量や麦汁粘度も遅播では増加傾向にあり、今現在の基準では問題ないが、高すぎる値は今後問題視される可能性があるため注意が必要である。一方で早播区は標準播区に比べ、成熟期が早くなり、整粒重も同等を確保し、麦芽エキスが高くなったものの、側面裂皮粒の発生程度が大きくなった。また近年は暖冬傾向にあるため、過剰な早播は早期出穂に繋がり、春先の遅霜による幼穂凍死を招く危険もあり、過剰な早播は推奨できない。

以上のことから播種期は過剰な早播および遅播ではなく、年内の生育ステージから算出される地域毎の播種適期を遵守することが重要であると考えられた。

以上、ニューサチホゴールド高品質安定多収生産のための栽培法について、施肥窒素量はa当たり0.8kg、播種量は同0.85kg、播種期は地域毎の播種適期(県北部:11月第1～2半旬、県中部:11月第2～3半旬、県南部:11月9～18日)が適していることが判明し、これはサチホゴールドと同等であった。

そして上記の内容を基に、2015年に栽培マニュアルを作成し、県内普及指導員および指導機関等で、現地指導の際の資料として活用されている。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(平成23～24年度)」および「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(平成25～27年度)」で行ったものであり、関係者各位に感謝申し上げます。また本研究を遂行するにあたり、試験ほ場の管理等には栃木県農業試験場栃木農場の方々にご協力いただき、心から感謝の意を表する。

引用文献

- 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦(1989)ビール大麦における側面裂皮粒の発生に及ぼす環境条件の影響。日作紀58(4):507-512
- 加藤常夫・長嶺 敬・糸川晃伸・山口恵美子・大野かおり・渡辺浩久・大関美香・関和孝博・渡邊修孝・谷口義則・山口昌宏・大塚 勝・小田俊介・常見譲史・五月女敏範・加島典子・仲田 聡・河田尚之・石川直幸・小玉雅晴・野沢清一・福田 暎・佐藤圭一・早乙女和彦・徳江紀子・宮川三郎・神永 明(2006)二条大麦新品種「サチホゴールド」の育成(二条大麦農林22号)。栃木農試研報58:59-77.
- 大関美香(2015)二条大麦新品種「ニューサチホゴールド」の育成。栃木農試研究成果集34:13-14
- 大山 亮・大関美香・関和孝博・山口昌宏・新井 申・加藤常夫・渡邊浩久(2015)2014年産栃木県内の二条大麦穂発芽被害と穂発芽抵抗性品種の可能性。日本作物学会第239回講演会要旨集:154
- 栃木県農業試験場(2015)ニューサチホゴールドの栽培マニュアル
- 栃木県農政部(2016)平成29年産麦の栽培技術指針:19-21
- 山口昌宏・豊島貴子・大山 亮・大関美香・関和孝博・鈴木康夫・薄井雅夫・加藤常夫・五月女敏範(2015)ビール大麦「アスカゴールド」の高品質安定栽培法。栃木農試研報73:1-10

