

Einfluss der Stickstoffdüngung und ihrer Aufteilung auf die Backqualität von Weizen

Cécile Brabant und Lilia Levy Häner

Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 1260 Nyon, Schweiz

Auskünfte: Cécile Brabant, E-Mail: cecile.brabant@agroscope.admin.ch



Seit Anfang des 20. Jahrhunderts war die Backqualität immer eines der wichtigsten Kriterien bei der Weizenzüchtung von Agroscope.

Einleitung

Die schweizerischen Sorten weisen einen hohen Proteingehalt und eine gute Backqualität auf. Sie gehören mehrheitlich zu den Klassen Top und I, die höchsten Qualitätsklassen des Systems von swiss granum. Dies überrascht nicht, da die Backqualität seit Beginn des 20. Jahrhunderts stets ein vorrangiges Ziel des Weizenzüchtungsprogramms von Agroscope war. In Frankreich

werden die Schweizer Sorten meist als Aufmisch- und Qualitätsweizen eingestuft (Qualität BAF: «blé amélioré ou de force»).

In gewissen Jahren wurden in der Schweiz allerdings instabile Proteinwerte beobachtet, die teilweise ziemlich tief fielen (Abb. 1). Für dieses Verhalten können in erster Linie die besonderen klimatischen Bedingungen bestimmter Jahre verantwortlich gemacht werden (Wasserüberschuss oder Trockenheit), welche die Stickstoffaufnahme störten (vorzeitige Auswaschung der Nitrate aus dem Oberboden, Beeinträchtigung der Mineralisierung des Bodens, Störung der Wurzelfunktion). Die Auswirkungen klimatischer Faktoren auf den Proteingehalt der Körner wurden von Arvalis (2013) auf +/- 0,5 bis 2 Prozentpunkte geschätzt.

Eine Instabilität des Proteingehalts wurde auch in anderen Ländern Europas festgestellt (Arvalis 2014), namentlich in Frankreich und Deutschland (Abb. 1). Seit 2001 schwankt der Proteingehalt in der Schweiz stärker als in Frankreich oder Deutschland. Eine Erklärung dafür könnten die in der Schweiz geltenden tieferen N-Düngungsnormen sein (140 kg N/ha bis 160 kg N/ha je nach Zielertrag; Richner *et al.* 2010). Die Schweizer Landwirtschaftsbetriebe verfügen also über weniger Mittel, um einer Verminderung des Proteingehalts entgegenzuwirken.

Der in ungünstigen Jahren resultierende geringe Proteingehalt kann für Abnehmer ein Problem darstellen, die proteinreichen Weizen für bestimmte Brotherstellungen benötigen, wie zum Beispiel für Brote aus Kältetechnologie, tiefgefrorene Brote beziehungsweise Croissants oder intensivere Brotherstellungsmethoden. Seit 2009 haben die Abnehmer ihre Anforderungen an den Feuchtglutengehalt erhöht, der auch ein bestimmendes Kriterium für die Qualitätsklasse der Sorten ist, die in der Liste der empfohlenen Sorten aufgeführt sind (Kleijer *et al.* 2011).

Um den Proteingehalt der Ernten zu verbessern, bezahlen die Mühlen seit der Ernte 2015 die Weizen der Klasse Top nach ihrem Proteingehalt. Dieses Bonus-Malus-System der Getreidebranchenorganisation gilt für Weizen mit einem Proteingehalt ausserhalb der Bandbreite von 12,5%–14,0% (Sonderegger und Scheuner 2014).

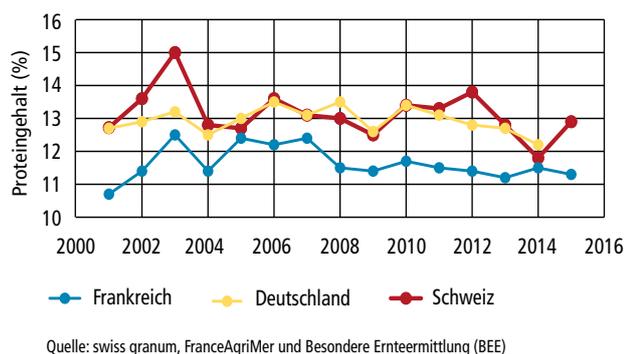


Abb. 1 | Entwicklung des durchschnittlichen Proteingehalts (%) der Ernten in der Schweiz, in Frankreich und in Deutschland über den Zeitraum der letzten 15 Jahre. Die Daten für die Schweiz beruhen auf der Qualitätserhebung der Ernten bei 21 Sammelstellen.

Diese Studie wurde im Zeitraum 2011 bis 2013 durchgeführt, um die Landwirtschaftsbetriebe und Bäckereien im Hinblick auf eine Verbesserung des Proteingehalts zu unterstützen. Ein erster Artikel, der ebenfalls in dieser Ausgabe erschienen ist, zeigt den Einfluss der Stickstoffdüngung (Dosis und Aufteilung) auf den Proteingehalt und den Kornertrag unter Schweizer Anbaubedingungen (Levy und Brabant 2016). Dieser zweite Artikel beschreibt den Einfluss der Stickstoffdüngung (insbesondere nach Entwicklungsstadium und nach Dosis der dritten Gabe) auf die rheologischen Eigenschaften und die Backqualität von Weizen.

Material und Methoden

Die Versuche wurden unter Extensio-Bedingungen (das heisst ohne Wachstumsregulatoren oder Fungizide) durchgeführt, in Changins mit Bewässerung nach der Düngergabe und in Goumoëns ohne Bewässerung. Die Versuchsanordnung ist detailliert im ersten Artikel beschrieben (Levy und Brabant 2016). Sie umfasste sechs Sorten mit unterschiedlicher Backqualität, wovon vier Sorten in diesem Artikel berücksichtigt wurden: Runal und CH Claro (Klasse Top), CH Combin (Klasse 1) und Premio (Klasse 2). Insgesamt wurden acht Düngungsverfahren getestet, sieben davon werden hier betrachtet:

- V1: 0, ohne Stickstoffdüngung
- V2: 60-80 kg N/ha, vereinfachtes Verfahren ohne 3. Düngergabe
- V3: 40-60-40 kg N/ha FB, mit 3. Gabe beim Erscheinen des Fahnenblattes
- V4: 40-60-40 kg N/ha BLÜ, mit späterer 3. Gabe zum Zeitpunkt der Blüte

Zusammenfassung

Bestimmte Arten der Brotherstellung erfordern einen hohen Proteingehalt und genau definierte rheologische Eigenschaften. Der Proteinanteil von Schweizer Weizensorten ist hoch, schwankt jedoch beträchtlich und ist in gewissen Jahren für die Brotherstellung unzureichend. Von 2011 bis 2013 wurde eine Studie mit vier Weizensorten und sieben verschiedenen Stickstoffdüngungsverfahren durchgeführt. Dabei sollte einerseits der Einfluss der Stickstoffdüngung (Dosis und Aufteilung) auf den Proteingehalt der Körner und andererseits die Beziehung zwischen Proteinanteil und rheologischen Eigenschaften beziehungsweise Merkmalen der Backqualität bei verschiedenen Sorten untersucht werden. Die Aufteilung der Düngung in drei Gaben (statt zwei) erhöht nicht nur deutlich den Gehalt an Feuchtgluten, sondern verbessert auch dessen qualitative Merkmale. Eine Aufteilung nach dem Düngungsverfahren 20-40-80 kg N/ha mit der letzten Gabe zum Zeitpunkt des Erscheinens des Fahnenblattes ist optimal für eine Erhöhung des Feuchtglutengehalts ohne Beeinträchtigung der rheologischen Merkmale und des Ertrags. Diese Aufteilung kann für den Anbau der Klasse Top empfohlen werden. Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine Erhöhung des Proteingehalts die Qualität des Glutens nicht zwingend verbessert, da mit einer intensiveren Düngung mehrere Parameter wie der Zeleny-Index, der Dehnwiderstand des Teiges, der Gluten-Index oder das Volumen von Brot aus Kältetechnologie stagnieren oder sich sogar verschlechtern. Diese Beobachtung lässt sich mit dem gleichbleibenden Anteil der Gluteline sowie mit einer Verminderung der Gliadine zugunsten der Albumine und Globuline erklären. Unabhängig vom angewendeten Düngungsverfahren ist der Proteingehalt bei der Sorte Runal immer am höchsten. Obwohl der Proteingehalt der Sorte CH Claro tiefer als bei der Sorte Runal liegt, erreicht diese Sorte in den Tests zum rheologischen Verhalten und zur Backqualität gleichwertige Ergebnisse.

- V5: 20-40-80 kg N/ha FB, mit höherer 3. Gabe beim Erscheinen des Fahnenblattes
- V6: 20-40-80 kg N/ha BLÜ, mit höherer 3. Gabe zum Zeitpunkt der Blüte
- V8: 20-40-140 kg N/ha BLÜ, intensive Düngung mit 200 kg N/ha, mit hoher 3. Gabe zum Zeitpunkt der Blüte.

Bei den Verfahren V2, V3, V4, V5 und V6 werden 140 kg N/ha ausgebracht. Die Wahl der verschiedenen Düngungsverfahren erfolgte auf der Grundlage der gängigen Praxis in der Schweiz und von Ergebnissen französischer

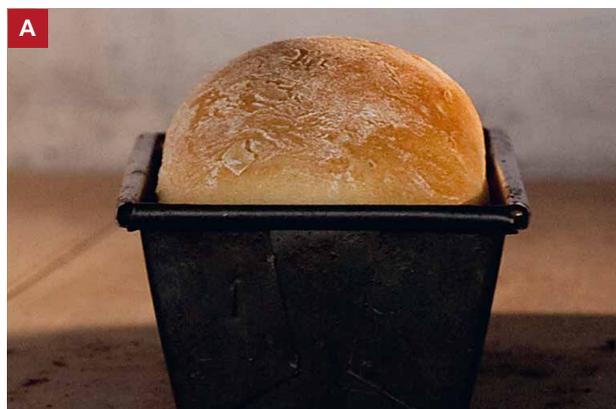


Abb. 2 | Drei Backversuche: Kastenbrot (A), Grossbrot (B) und Brot aus Kältetechnologie (C).

Versuche (A.D.A. 2011; Triboï und Triboï-Blondel 2002) zur Wirkung von Düngergaben auf den Proteingehalt.

Zehn Parameter zur Qualität wurden im Agroscope-Labor gemessen (Kleijer 2002):

- Proteingehalt durch Nahinfrarotspektroskopie (NIRS Büchi)
- Feuchtglutengehalt (ICC-Standard 137) und Gluten-Index (ICC-Standard 155) mit dem Glutomatic-Gerät
- Zeleny-Index (ICC-Standard 116/1)
- Wasseraufnahme, Knetwiderstand und Widerstandsverlust mit dem Farinographen (ICC-Standard 115/1)
- Dehnwiderstand, Dehnbarkeit und Zähigkeit des Teigs mit dem Extensographen (ICC-Standard 114/1).

Es wurden drei verschiedene Tests zur Backqualität durchgeführt (Abb. 2): Kastenbrote durch das Agroscope-Labor, 1-kg-Grossbrote durch die Bäckereifachschule Richemont und Brote aus Kältetechnologie durch ein Labor in Deutschland. Bei diesen drei Brotarten wurde das Volumen gemessen und bei den Grossbroten von der Berufsschule Richemont eine Bewertung nach zehn Kriterien vorgenommen (Abb. 3).

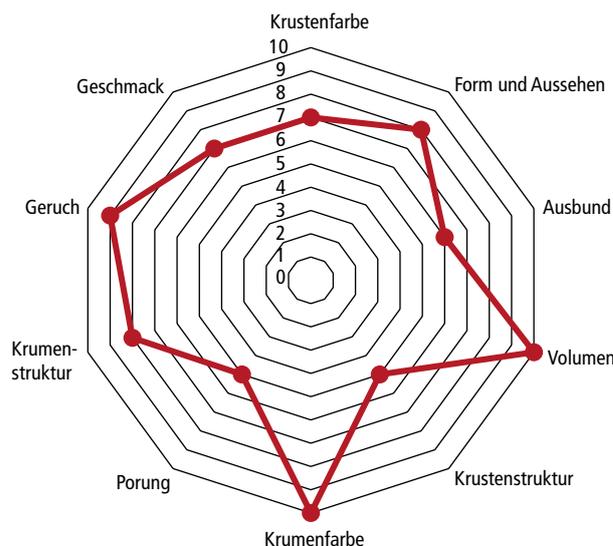


Abb. 3 | Bei der Bewertung der Brote von der Bäckereifachschule Richemont berücksichtigte Parameter. Jeder Parameter wird mit einer Note zwischen 1 und 10 bewertet (Endnote maximal 100 Punkte). Hier sind die Noten für die Sorte Runal nach Anwendung des Düngungsverfahrens V3 im Jahr 2013 dargestellt.

Als Ergänzung zu diesen Tests wurden durch das Agroscope-Labor SE-HPLC-Analysen (Morel et al. 2000) zur Quantifizierung der verschiedenen Weizenproteine durchgeführt.

Die Analysen des Proteingehalts erfolgten pro Parzelle. Die rheologischen Tests, die Tests zur Herstellung von Kastenbrot und Broten aus Kältetechnologie sowie die SE-HPLC-Analysen wurden jeweils bei einer Mischung aus den drei Feldwiederholungen durchgeführt. Die Grossbackversuche fanden jeweils bei einer Mischung aus den drei Feldwiederholungen und den beiden Standorten statt.

Die Varianzanalysen und die Newman-Keuls-Vergleichstests wurden mit der Software SigmaStat durchgeführt.

Resultate und Diskussion

Proteingehalt

Bei fünf von sechs Umweltbedingungen (Standort x Jahr) reagierte der Proteingehalt in vergleichbarer Weise auf die verschiedenen Düngungsverfahren. Der bei Verfahren V1 (ohne Stickstoffdüngung) gemessene Proteingehalt lag um mehr als zwei Prozentpunkte unter dem Proteingehalt, der bei allen anderen Plänen festgestellt wurde. Wenn dieselbe Stickstoffdosis von 140 kg N/ha (V2 bis V6) angewendet wurde, konnte durch eine späte dritte Gabe zum Zeitpunkt der Blüte der Proteingehalt im Vergleich zu einer früheren dritten Gabe gesteigert werden (Abb. 4A). Wir stellten eine signifikante Zunahme des Proteingehalts um 0,43 Prozentpunkte bei V4 im Vergleich zu V3 fest und um 0,62 Prozentpunkte

bei V6 im Vergleich zu V4. Bei klimatischen Bedingungen, die eine gute Verwertung des spät eingetragenen Stickstoffs begünstigen, kann damit durch eine Aufteilung der 140 kg N/ha mit einer späten Gabe von 80 kg/ha bei der Blüte (V6) der Proteingehalt um rund 0,5 Prozentpunkte gesteigert werden. Das Verfahren V8 (200 kg N/ha/Jahr, mit 140 kg N/ha bei der Blüte) führte ausnahmslos zum höchsten Proteingehalt.

Unabhängig vom gewählten Düngungsverfahren wies die Sorte Runal immer den höchsten Proteingehalt auf, gefolgt in absteigender Reihenfolge von CH Claro, CH Combin und Premio.

Bei einer von sechs Umweltbedingungen (Goumoëns 2013) nahm der Proteingehalt bei V4 gegenüber V3 und bei V6 gegenüber V5 unerwartet ab (-0,8 bzw. -2,6 Prozentpunkte). In dieser Situation wurde der Stickstoff bei der Blüte auf einen trockenen und durchlässigen Boden ausgebracht und es folgte kein Regen auf die Düngung. Es lässt sich vermuten, dass der Stickstoff der letzten Gabe nicht von den Pflanzen aufgenommen oder zumindest nicht für die Körner verwertet werden konnte.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Proteingehalt durch eine dritte späte Düngergabe bei der Blüte zwar erhöht werden kann, dass dies jedoch wegen des zu hohen ökologischen und finanziellen Risikos für die Praxis nicht empfohlen wird.

Rheologische Tests

Die Ergebnisse für den Gehalt an Feuchtgluten (Abb. 4B) sind den Resultaten zum Proteingehalt recht ähnlich. Das Verfahren V1 unterscheidet sich durch einen deutlich tieferen Gehalt. Durch die späte Stick-

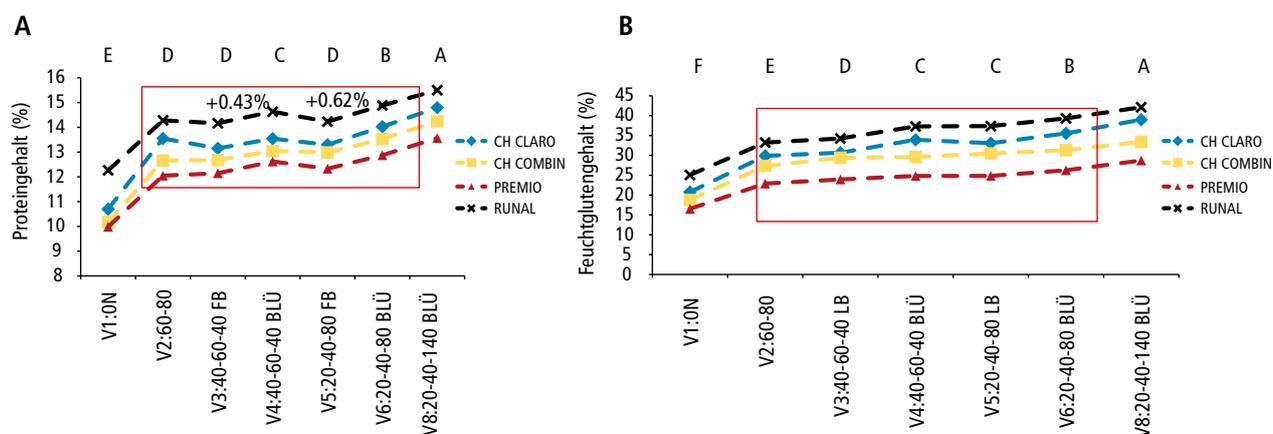


Abb. 4 | Einfluss des Düngungsverfahrens und der Sorte auf den Proteingehalt (A) und den Feuchtglutengehalt (B), jeweils errechnet aus dem Durchschnitt von fünf Kombinationen Standort x Jahr (Changins 2011–2013 und Goumoëns 2011–2012). Die Ergebnisse der Kombination Goumoëns 2013 wurden nicht berücksichtigt, da sie sich stark von den übrigen fünf Kombinationen unterscheiden (Erklärungen im Text). Die Werte bei den Düngungsverfahren mit insgesamt 140 kg N/ha sind rot umrahmt. Die Grossbuchstaben deuten auf signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Durchschnitts der jeweiligen Düngungsverfahren.

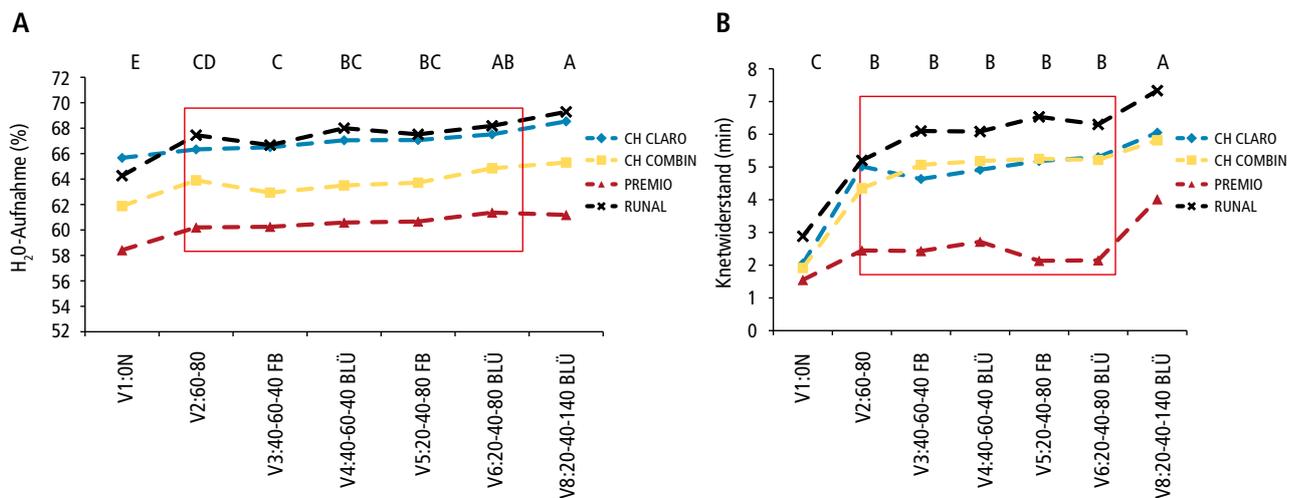


Abb. 5 | Einfluss des Düngungsverfahrens und der Sorte auf die Wasseraufnahme (A) und den Knetwiderstand (B), jeweils errechnet aus dem Durchschnitt von sechs Kombinationen Standort x Jahr (Changins 2011–2013 und Goumoens 2011–2013, die in den Varianzanalysen als Wiederholungen angesehen werden). Die Werte bei den Düngungsverfahren mit insgesamt 140 kg N/ha sind rot umrahmt. Die Grossbuchstaben deuten auf signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Durchschnitten der jeweiligen Düngungsverfahren.

stoffgabe wird der Feuchtglutengehalt erhöht. Mit dem Verfahren V6 (140 kg N/ha mit einer späten dritten Gabe von 80 kg N/ha bei der Blüte) können im Vergleich zum Verfahren V3 3,5 Prozentpunkte gewonnen werden. Im Gegensatz zum Proteingehalt nahm der Feuchtglutengehalt von Verfahren V2 gegenüber V3 signifikant zu (+1,2 Prozentpunkte). Die Aufteilung in drei Düngergaben (statt zwei Gaben) erhöht den Feuchtglutengehalt also signifikant. Ausserdem ist der Gehalt bei Verfahren V5 signifikant höher als bei Verfahren V3. Durch eine höhere Gabe zum Zeitpunkt des Erscheinens des Fahnenblattes (80 kg N/ha statt 40 kg N/ha) kann der Feuchtglutengehalt ebenfalls signifikant gesteigert werden (+1,9 Prozentpunkte). Dieser Unterschied ist sehr wichtig, da mit dem Verfahren V5 der Feuchtglutengehalt erhöht werden kann, ohne das Risiko einzugehen, dass der in die Kultur ausgebrachte Stickstoff nicht verwertet werden kann.

Die mit dem Farinographen gemessenen Parameter **Wasseraufnahme** (Abb. 5A) und **Knetwiderstand** (Abb. 5B) liegen bei Verfahren V1 tiefer als bei allen anderen Verfahren. Die Unterschiede zwischen den Verfahren V2 bis V6 sind gering, das Verfahren V8 erreicht aber die signifikant höchsten Werte. Es ist bekannt, dass der Proteingehalt einen grossen Einfluss auf diese beiden Parameter hat.

Im Gegensatz zu den Parametern, die mit dem Proteingehalt zusammenhängen, nimmt der **Gluten-Index** (Abb. 6A) und damit die Gluten-Qualität im Falle einer hohen Stickstoffgabe bei der Blüte (V8) signifikant ab

(Abb. 6). Der **Zeleny-Index** (Abb. 6B) steigt signifikant zwischen den Verfahren V1 und V2, zwischen V2 und V3 sowie zwischen V3 und V4. Durch die Aufteilung der Düngung in drei statt zwei Stickstoffgaben sowie eine späte dritte Gabe lässt sich also die Qualität der Proteine verbessern. Die Verfahren V5 bis V8, mit einer höheren letzten Gabe, führen jedoch nicht zu einer Erhöhung des Zeleny-Indexes. Diese Stagnation lässt sich auch beim **Dehnwiderstand** des Teiges (Abb. 6C) und bei der **Dehnbarkeit** feststellen (Abb. 6D). Durch die zusätzliche Proteinmenge, die durch eine intensivere Stickstoffdüngung gewonnen wird, lässt sich also die Qualität des Glutens nicht verbessern.

Beim Gluten-Index, Zeleny-Index und der Dehnbarkeit des Teiges reagieren die Sorten auf dieselbe Weise auf die verschiedenen Verfahren. Beim Dehnwiderstand des Teiges lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Düngungsverfahren und der Sorte feststellen. Das intensivste Verfahren V8 verbesserte den Dehnwiderstand des Teiges bei den Sorten CH Combin und Premio, die damit auf die beiden anderen Sorten aufschliessen konnten. Bei zahlreichen rheologischen Tests (Zeleny-Index, Gluten-Index, Dehnbarkeit des Teigs) erreichten CH Claro und CH Combin trotz tieferem Proteingehalt ähnliche Ergebnisse wie Runal und dies unabhängig vom angewendeten Düngungsverfahren.

Backversuche

Das Volumen des **Kastenbrots** steigt schrittweise mit der Intensivierung der Stickstoffdüngung (Abb. 7A).

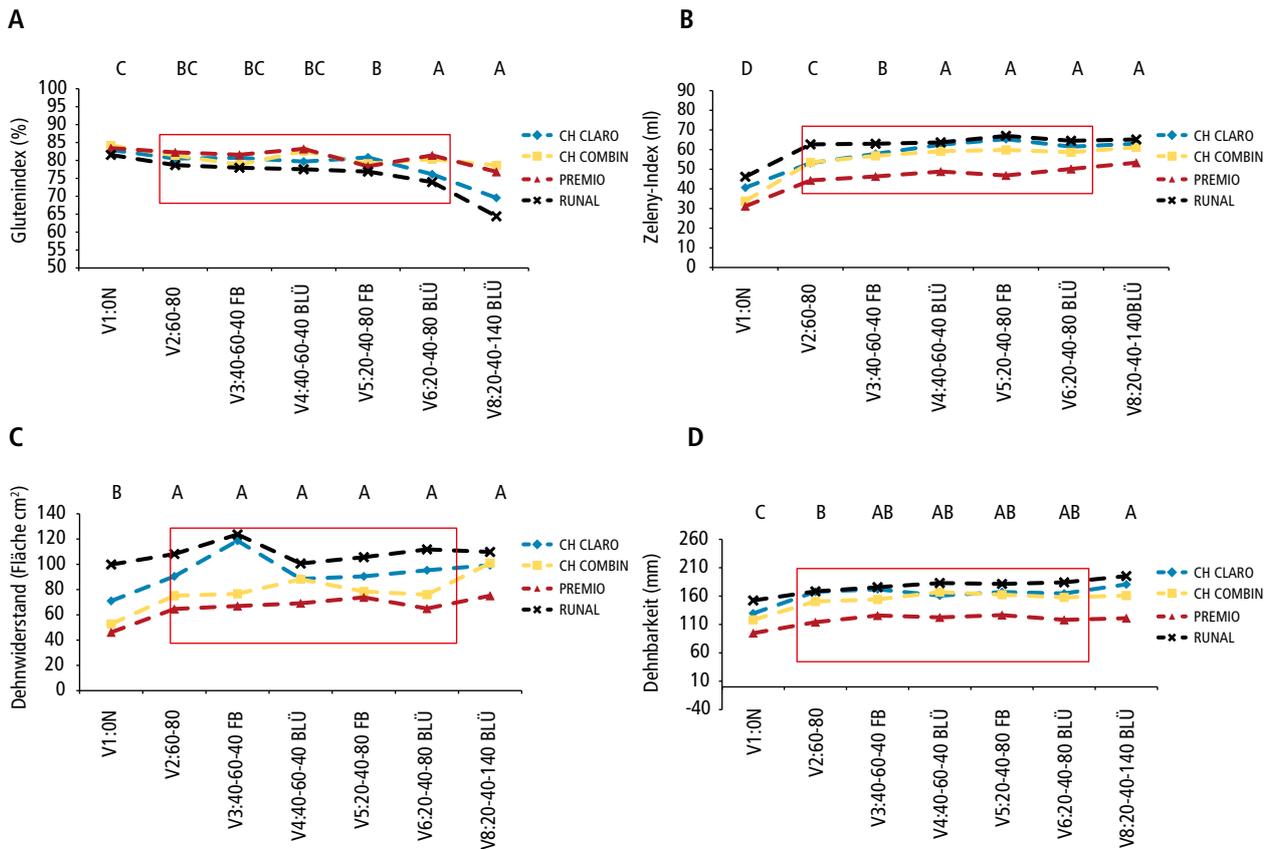


Abb. 6 | Einfluss des Düngungsverfahrens und der Sorte auf den Glutenindex (A), den Zeleny-Index (B), den Dehnmwiderstand des Teigs (C) und die Dehnbarkeit (D), jeweils errechnet aus dem Durchschnitt von sechs Kombinationen Standort x Jahr (Changins 2011–2013 und Goumoens 2011–2013, die in den Varianzanalysen als Wiederholungen angesehen werden). Die Werte bei den Düngungsverfahrens mit insgesamt 140 kg N/ha sind rot umrahmt. Die Grossbuchstaben deuten auf signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Durchschnitts der jeweiligen Düngungsverfahrens.

Das Volumen der **Brote aus Kältetechnologie** (Abb. 7B) nahm mit der Aufteilung auf drei statt zwei Stickstoff-Einträge zwischen V1 und V2 sowie zwischen V2 und V3 signifikant zu. Dieses Volumen veränderte sich zwischen den Verfahren V3 bis V8 nicht mehr signifikant. Bei dieser Art Brotherstellung wird die These der Bäcker nicht bestätigt, dass der Proteingehalt für das Volumen eine wichtige Rolle spielt.

Das Volumen der **Grossbrote** (Abb. 7C) wird stärker von den verschiedenen Düngungsverfahren beeinflusst. Das Volumen steigt signifikant, wenn die Düngung in drei Gaben aufgeteilt wird und wenn die letzte Gabe zum Zeitpunkt der Blüte erfolgt. Die erhaltenen Kurven sehen den Kurven für den Feuchtglutengehalt sehr ähnlich. Das lässt vermuten, dass das Volumen der Grossbrote eng mit dem Feuchtglutengehalt zusammenhängt. Die anderen bei den Grossbroten untersuchten Parameter werden ebenfalls vom Düngungsverfahren beeinflusst, entweder positiv (Form und Geruch), oder negativ (Porung der Krume). Im Gegensatz dazu wird die

abschliessende Bewertung (zehn Kriterien, Abb. 7D) der Grossbrote durch die Intensivierung der Stickstoffdüngung nicht verbessert.

Runal und CH Claro erreichen das beste Brotvolumen in den verschiedenen Tests zur Brotherstellung und ihre Werte liegen im Allgemeinen unabhängig vom Düngungsverfahren sehr nahe beieinander. Die Sorte Premio entwickelt das unvorteilhafteste Brotvolumen und das Volumen wird durch eine Intensivierung der Stickstoffdüngung nicht verbessert.

Anteile der verschiedenen Proteine

Die Anteile der Gluteneine mit hohem Molekulargewicht (HMG) und niedrigem Molekulargewicht (NMG) variieren mit den verschiedenen Düngungsverfahren nur sehr wenig (Abb. 8). Im Gegensatz dazu lässt sich eine signifikante Zunahme des Anteils der Albumine und Globuline sowie eine Verringerung des Anteils der Gliadine beobachten. Während bei steigendem Proteingehalt die prozentualen Anteile der hochmolekularen und

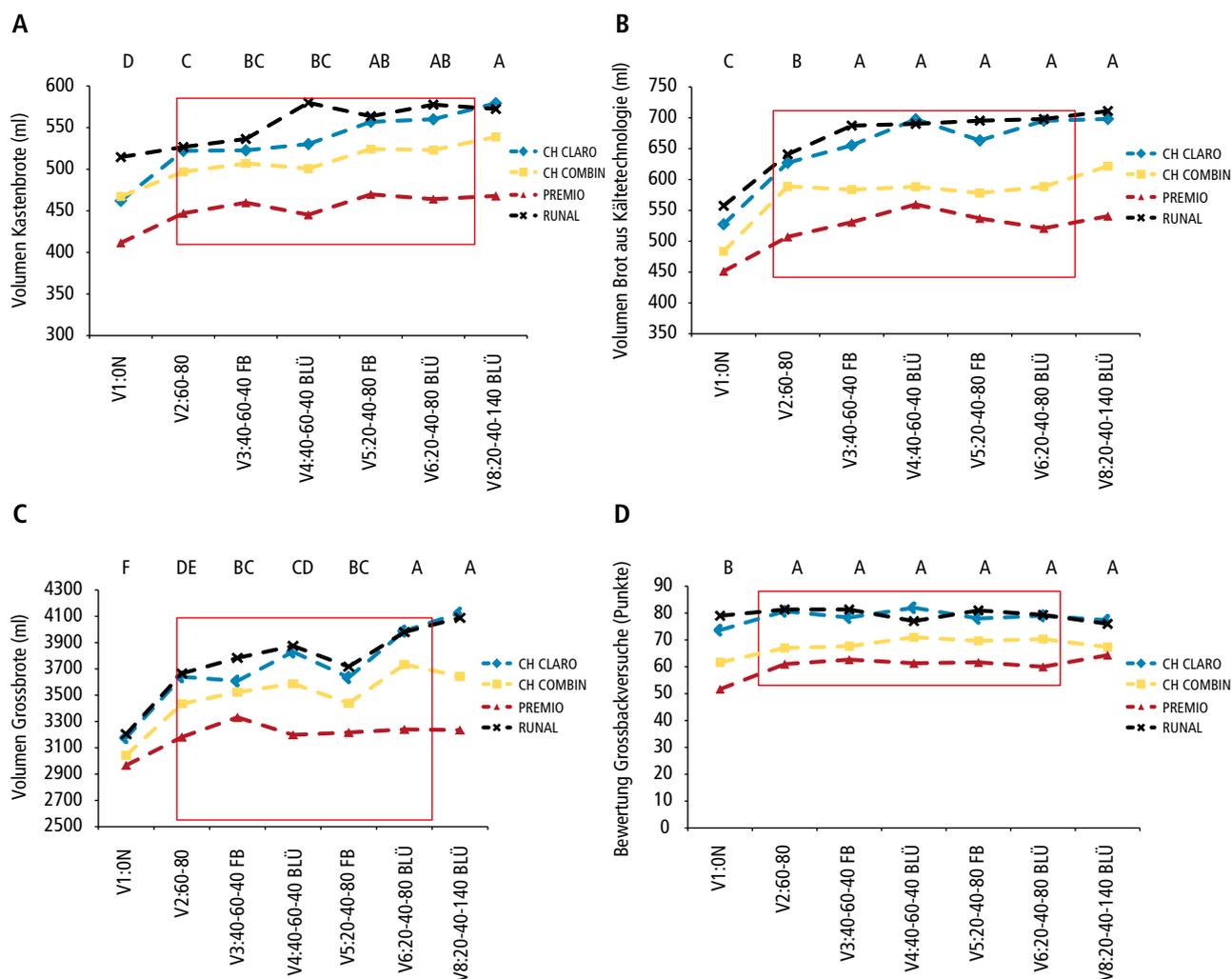


Abb. 7 | Einfluss des Düngungsverfahrens und der Sorte auf das Volumen von Kastenbrot (A), von Brot aus Kältetechnologie (B) und von Grossbrot (C) sowie Bewertung der Grossbackversuche (D), jeweils errechnet aus dem Durchschnitt der drei Jahre (2011–2013, die in den Varianzanalysen als Wiederholungen angesehen werden; die Proben der beiden Standorte wurden vor den Backversuchen gemischt). Die Werte bei den Düngungsverfahren mit insgesamt 140 kg N/ha sind rot umrahmt. Die Grossbuchstaben deuten auf signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Durchschnitten der jeweiligen Düngungsverfahren.

niedermolekularen Glutenine stabil bleiben (Abb. 9A und 9B), steigt der prozentuale Anteil der Albumine und Globuline (Abb. 9C) und der prozentuale Anteil der Gliadine nimmt ab (Abb. 9D). Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten von Dandan *et al.* (2013), widersprechen aber den Ergebnissen von Daniel *et al.* (2000) und Lebrun *et al.* (2001), die zeigten, dass der Anteil der Gliadine mit zunehmender Stickstoff-Gesamtdosis und steigendem Proteingehalt wächst. Diese Autoren beobachteten wie wir, dass der Gluteningehalt nicht von der Stickstoffdüngung, aber wesentlich durch die Sorte beeinflusst wird. Die verschiedenen Studien lassen sich aber nur mit Vorbehalten vergleichen, da sich die angewendeten Düngungsverfahren stark unterscheiden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei gleichbleibender

Stickstoffdosis von 140 kg N/ha die Aufteilung des Stickstoffs die Anteile der verschiedenen Proteine beeinflusst. In zahlreichen Studien (Gupta *et al.* 1992; Metakovsky *et al.* 1997; Branlard *et al.* 2001; Eagles *et al.* 2002) wurde nachgewiesen, dass die Glutenine den günstigsten Einfluss auf die Backqualität ausüben. Die Gliadine haben eine zwar geringere, aber ebenfalls vorteilhafte Wirkung auf die Backqualität. Die zu den Glutenproteinen gehörenden Glutenine und Gliadine spielen eine wichtige Rolle für die rheologischen Eigenschaften des Teiges (Dehnwiderstand des Teiges, Dehnbarkeit, Zähigkeit) und für das Endvolumen des Brotes. Die Gliadine beeinflussen eher die Dehnbarkeit, die Glutenine eher die Zähigkeit und die Elastizität des Teiges. Albumine und Globuline sind kleine Proteine, die

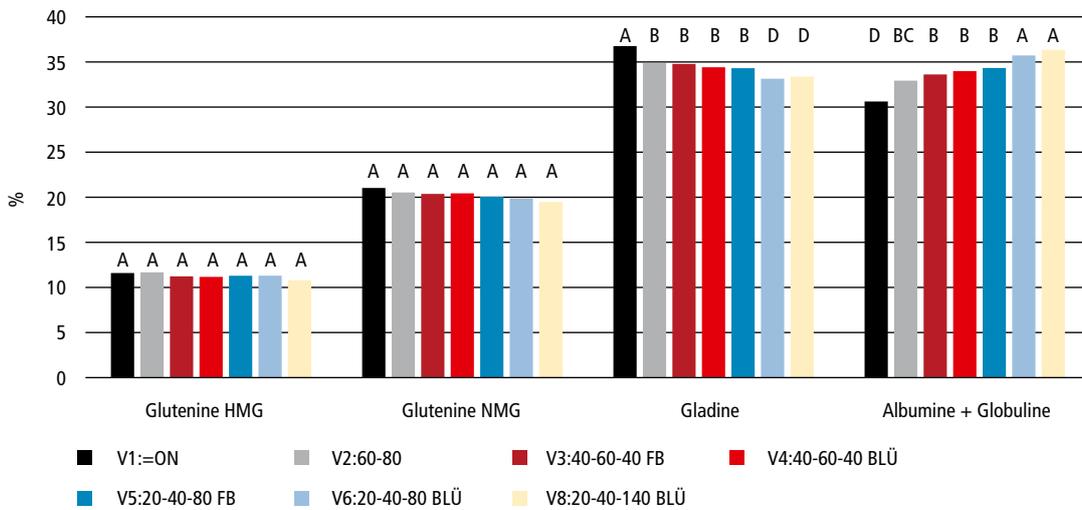


Abb. 8 | Einfluss des Düngungsverfahrens auf den Anteil der verschiedenen Weizenproteine, errechnet aus dem Durchschnitt von vier Sorten und sechs Kombinationen Standort x Jahr. Die Grossbuchstaben deuten auf signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Durchschnitten der jeweiligen Düngungsverfahren. HMG = hohes Molekulargewicht; NMG = niedriges Molekulargewicht.

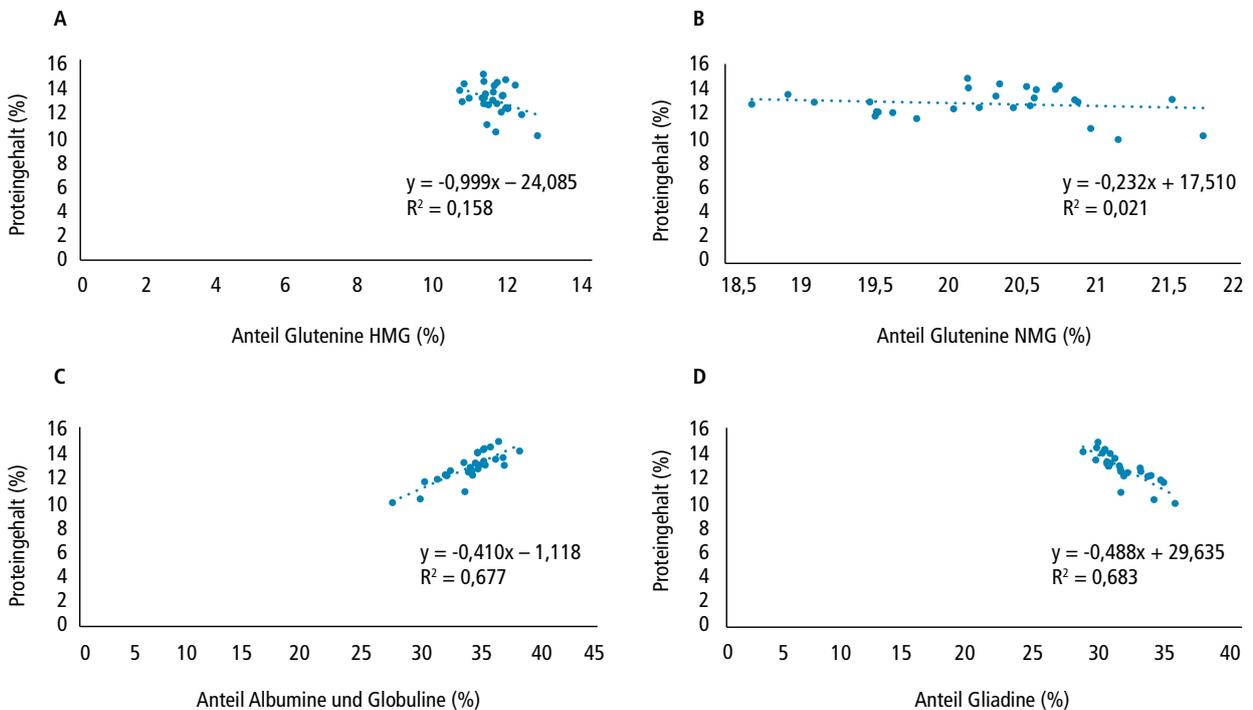


Abb. 9 | Beziehung zwischen dem Proteingehalt und dem Anteil der verschiedenen Weizenproteine: Glutenine HMG (A), Glutenine NMG (B), Albumine und Globuline (C) sowie Gliadine (D). $n = 28$, 7 Düngungsverfahren x 4 Sorten.

hauptsächlich in der Aleuronschicht der Körner zu finden sind und wenig Einfluss auf die Backqualität haben (Singh *et al.* 1991). Diesen Proteinen fällt im Wesentlichen eine enzymatische Funktion zu (Alpha-Amylase, Beta-Amylase, Protease).

Diese Ergebnisse zu den Anteilen der verschiedenen Proteine erklären, weshalb die rheologischen Eigenschaften des Glutens auch bei hohem Proteingehalt nicht verbessert werden.

Schlussfolgerungen

Bei derselben Stickstoffdünger-Menge (140 kg N/ha) kann der Proteingehalt um durchschnittlich 0,5 Prozentpunkte erhöht werden, wenn die Düngergabe aufgeteilt und bei der letzten Gabe 80 kg N/ha ausgebracht wird. Eine hohe letzte Gabe erhöht den Proteingehalt jedoch nur, wenn die Boden- und Klimabedingungen die Aufnahme des Stickstoffs zulassen.

Durch die Aufteilung der Düngung auf drei statt zwei Gaben steigt der Feuchtgluten-gehalt und die Qualität der Proteine signifikant (Zeleny-Index, Brotvolumen bei drei Backversuchen). Für die Produktion von Weizen der Qualität Top ist die Düngungsmethode mit einer

Aufteilung in drei Gaben (20-40-80 kg N/ha, mit der letzten Gabe beim Erscheinen des Fahnenblattes) sehr empfehlenswert.

Die Zunahme des Proteingehalts bei bestimmten intensiven Düngungsverfahren (V4, V6 und V8) ist nicht mit einer Verbesserung der Qualität des Glutens verbunden: die Werte für den Zeleny-Index, den Dehnwiderstand des Teiges, den Gluten-Index und das Volumen von Brot aus Kältetechnologie stagnieren oder vermindern sich sogar mit der Intensivierung der Stickstoffdüngung. Dieses Ergebnis lässt sich mit der Stagnation des Anteils der Glutenine und mit der deutlichen Abnahme der Gliadine zugunsten der Albumine und Globuline erklären.

Der Proteingehalt des Weizens lässt sich am einfachsten durch die Sortenwahl beeinflussen. Von den getesteten Sorten erreicht Runal bei diesem Merkmal die besten Ergebnisse. Obwohl die Sorte CH Claro einen etwas tieferen Proteingehalt aufweist, erweist sie sich bei den Tests zum rheologischen Verhalten und zur Backqualität der Sorte Runal als ebenbürtig. ■

Literatur

- D. A. (Azote Directement Assimilable), 2011. Teneur en protéines du blé: le rôle de la fertilisation azotée. La lettre n°17. Zugang: <http://www.azote.info/images/stories/fichiers/lettreada17avril2011.pdf> [30.10.2015].
- Arvalis-Insitut du végétal, 2013. Teneur en protéines des blés: relever le double défi agronomique et économique. http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream. Zugang: <http://html?id=23905&prop=file> [30.10.2015].
- Arvalis-Insitut du végétal, 2014. Taux de protéines: une évolution fluctuante entre chaque campagne. Zugang: <http://www.arvalis-infos.fr/taux-de-proteines-une-evolution-fluctuante-entre-chaque-campagne-@/view-15869-arvarticle.html> [30.10.2015].
- Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F. & Gourdon J., 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica* **119**, 59–67.
- Carré B., Gomez J., Melcion J.P. & Giboulot B., 1994. La viscosité des aliments destinés à l'aviiculture. Utilisation pour prédire la consommation et l'excrétion d'eau. *INRA Prod. Anim.* **5**, 369–379.
- Dandan L. & Yan S., 2013. Effects of Different Nitrogen Fertilizer on Quality and Yield in Winter Wheat. *Journal of Food Science and Technology* **5** (5), 646–649.
- Daniel C. & Triboué E., 2000. Effect of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *J. Cereal Sci.* **32**, 45–56.
- Eagles H. A., Hollamby G. J., Gororo N. N. & Eastwood R. F., 2002. Estimation and utilisation of glutenin gene effects from the analysis of unbalanced data from wheat breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research* **53**, 367–377.
- Gupta R.B., Batey I.L. & MacRitchie F., 1992. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. *Cereal Chem.* **69** (2), 125–131.
- Kleijer G., Dossenbach A., Städeli C., Rychener M. & Weisflog T., 2011. Feuchtglutengehalt der Weizensorten im Extensio- und ÖLN-Anbau. *Agrarforschung Schweiz* **2** (5), 206–211.
- Kleijer G., 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. *Revue suisse Agric.* **34** (6), 253–259.
- Lebrun D., Bar-L'Helgouac'h C., Salvo L. & Dubois M., 2001. Fertilisation azotée, quelles conséquences sur la qualité des protéines du blé tendre? *Perspectives Agricoles* **266**, 20-25.
- Levy L. & Brabant C., 2016. Die Kunst, den Stickstoffdünger für einen optimalen Ertrag und Proteingehalt von Weizen aufzuteilen. *Agrarforschung Schweiz* **7** (2), 80–87.
- Morel M. H., Dehlon P., Aufran J.C., Leygue J. P. & Bar-L'Helgouac'h C., 2000. Effects of temperature, sonication time, and power settings on size distribution and extractability of total wheat flour proteins as determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography. *Cereal Chem.* **77** (5), 685–691.
- Metakovsky E. V., Branlard G., Chernakov V. M., Upelnik V. P., Redaelli R. & Pogna N. E., 1997. Recombination mapping of some chromosome 1A-, 1B-, 1D- and 6B-controlled gliadins and low-molecular-weight glutenin subunits in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics* **94**, 788–795.
- Richner W., Flisch R., Sinaj S. & Charles R., 2010. Détermination des normes de fumure azotée pour les grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* **1**, (11-12), 410-415.
- Singh N. K., Shepherd K. W., Langridge P. & Gruen L. C., 1991. Purification and biochemical characterization of triticin, a legumin-like protein in wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* **13**, 207–219.
- Sonderegger O. & Scheuner S., 2014. Bekenntnis zur Qualitätsstrategie – Getreidebranche einigt sich auf Proteinbezahlung. Medienmitteilung. Zugang: http://www.swissgranum.ch/files/2014-05-28_mm_loesung_proteingehalt_d.pdf [30.10.2015].
- Triboué E. & Triboué-Blondel A. M. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem - invited paper. *European Journal of Agronomy* **16**, 163-186.

Riassunto

Influenza della concimazione azotata e del suo frazionamento sulla qualità del grano destinato alla panificazione

Alcuni tipi di panificazione necessitano di tenori proteici elevati e di qualità reologiche ben definite. Sebbene il tasso proteico delle varietà svizzere di grano sia elevato, è soggetto a forti variazioni e in certi anni si rivela insufficiente per la panificazione. Dal 2011 al 2013 è stato condotto uno studio su quattro varietà di grano e su sette procedure di concimazione azotata. Da una parte, è stata analizzata l'influenza della concimazione azotata (dose e frazionamento) sul tasso proteico e, dall'altra, è stata esaminata la relazione tra il tasso proteico e i criteri reologici e di panificazione delle varietà. Il frazionamento in tre apporti azotati (al posto di due) aumenta in modo significativo il tenore di glutine umido, ma anche le sue proprietà qualitative. Un frazionamento di 20-40-80 kg N/ha, con un ultimo apporto quando compare l'ultima foglia, è ideale per aumentare il tenore di glutine umido senza intaccare né la qualità reologica né la resa. Questo frazionamento può essere raccomandato per la coltivazione delle varietà della classe TOP. I risultati mostrano che un aumento del tenore proteico non porta necessariamente a una migliore qualità del glutine, in quanto diversi parametri restano invariati o diminuiscono con l'intensificazione della concimazione azotata. Questo dato di fatto può essere spiegato sia con l'invariabilità della proporzione delle glutenine sia con la diminuzione delle gliadine a vantaggio delle albumine e globuline.

Qualunque sia la procedura di concimazione azotata usata, la varietà Runal ottiene sempre i migliori tassi proteici. Nonostante presenti dei tenori proteici più scarsi, la varietà CH Claro ottiene risultati equivalenti a quelli della Runal nei test reologici e di panificazione.

Summary

Influence of splitting the application of nitrogenous fertilisers on the baking quality of wheat

Certain types of bread products require a high protein content and well-defined rheological qualities. Although Swiss wheat varieties have a high protein content, said content fluctuates a great deal, and in some years is too low for breadmaking. From 2011 to 2013, a study was carried out on four varieties of wheat and seven nitrogen fertiliser application methods. The aim was on the one hand to analyse the influence of the nitrogen fertiliser (dose and splitting of application) on protein levels, and on the other to examine the relationship between the protein levels of the varieties and their rheological and baking qualities. The splitting of nitrogenous fertiliser applications into three rather than two doses not only significantly increases wet gluten content, but also substantially improves qualitative properties. A 20-40-80 kg N/ha split with a final dose when the flag-leaf appears is ideal for increasing wet gluten content without affecting either rheological quality or yield. This split can be recommended when cultivating 'Top' class varieties. The results also show that an increase in protein content does not necessarily improve gluten quality, since several parameters stagnate or decrease when nitrogen fertilisation is intensified. This observation can be explained by the stagnation in the proportion of glutenins, as well as by a decrease in gliadins in favour of albumins and globulins.

No matter what nitrogenous fertilisation method is used, the variety 'Runal' always achieves the best protein levels. Despite its lower protein content, the variety 'CH Claro' obtains equivalent results to Runal in the rheological and baking tests.

Key words: nitrogen fertilization, winter wheat, varieties, protein, baking quality, dough properties.